

# **SISTEMA DE VENTILAÇÃO EM MINAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA UNIDADE OPERACIONAL TAQUARI VASSOURAS, SERGIPE, BRASIL.**

**Sérgio Luiz Costa Santos<sup>1</sup>**

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo apresentar o sistema de ventilação utilizada na mina subterrânea de Taquari Vassouras da Vale potássio nordeste (VPN). Esse sistema é um componente muito importante que viabiliza o atingimento das metas de produção de cloreto de potássio, em consonância com os parâmetros legais de controle, os quais podem garantir em primeiro lugar o conforto do trabalhador e a segurança operacional, atrelada a um melhor rendimento e eficiência de sua vida laboral.

Palavras Chave: Sistema de Ventilação. Saúde do Trabalhador. Conforto Térmico. Mina.

## **ABSTRACT**

This work aims at presenting the ventilation system used in underground mine of Taquari Brooms of potassium Valley northeast (VPN). This system is a very important component that enables the achievement of the goals of production of potassium chloride, in line with the legal parameters of control, which can ensure firstly worker comfort and operational safety, pegged to a better yield and efficiency of its working life.

Keywords: ventilation system. Workers ' health. Thermal Comfort. Mine.

---

<sup>1</sup>SANTOS, Sérgio Luiz Costa – Graduado em Engenharia Produção – Faculdade de Negócios de Sergipe - Fanese, Pós Graduação – Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho – Faculdade de Negócios de Sergipe - Fanese, Exercendo suas atividades laborais na VPN – Vale Potássio Nordeste. Artigo sob a orientação do Prof. João Lins de Carvalho Neto.

## INTRODUÇÃO

Considerada como uma das atividades econômicas mais antigas do mundo, a mineração traz consigo uma estrutura secular e que há pouco tempo era encontrada nas frentes de trabalho, tanto em minas a céu aberto como subterrâneas. Nesta unidade operacional onde utiliza-se o sistema de poços para entrada e saída do ar é extraído o minério de potássio sob a forma de silvinita, rico em Cloreto de potássio (KCl).

O estudo do estado gasoso, atmosfera, suas leis e variação de estado, são instrumentos que promovem conhecimentos da parte qualitativa da atmosfera e gases que podem ocorrer nas minas, seus efeitos sobre o homem e o ambiente físico. Discute-se na atualidade, através da Comissão Nacional a adequação da NR-22 a algumas normas da ABNT, além de adotar os Limites de Tolerância da ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienist dispostos na NR-9 ou na NR-15. Conforme a NR-22, a ventilação em atividade de subsolo deve dispor de um sistema de ventilação mecânica que atenda aos seguintes requisitos:

- suprimento de oxigênio;
- renovação contínua do ar;
- diluição eficaz de gases inflamáveis ou nocivos;
- temperatura e umidade adequada ao trabalho humano.

Sabendo-se que a ventilação é fator primordial para um bom desempenho em qualquer atividade laboral, seja na superfície ou em subsolo sendo o ar enviado mecanicamente (forçado), têm-se fatores determinantes para controlar a sua qualidade. A NR-22 estabelece critérios de avaliação para o controle da ventilação em uma mina subterrânea, através de um dispositivo onde para cada mina, deve-se elaborar e implantar um projeto de ventilação com fluxograma atualizado quando houver uma implementação ou mudanças significativas no processo.

O proposto trabalho objetiva-se na apresentação das condições da ventilação relativa ao conforto térmico na mina subterrânea da Vale Potássio Nordeste, sabendo-se que a temperatura é um problema em diversas minas devendo ser mantida a um nível que permita um bom rendimento dos trabalhadores. Assim sendo, o devido controle deste parâmetro operacional gera bons resultados ao homem e ao rendimento do profissional, já que a ventilação permite tal controle até certos limites de temperatura  $\leq 36,5^{\circ} \text{C}$  e acima deste valor, deve-se adotar a climatização destes locais. Ressalta-se

também o controle da umidade, visto que o bem estar e a influência da temperatura são de grande importância, pois a atmosfera nunca atinge a idealidade, mas atmosferas com níveis satisfatórios, além do controle do nível de acedentes que melhora a eficiência da ventilação gerando produtividade.

## SISTEMA DE VENTILAÇÃO EM MINAS SUBTERRÂNEAS: O CASO DA UNIDADE OPERACIONAL TAQUARI VASSOURAS, SERGIPE, BRASIL.

A Mina Subterrânea de Potássio da Vale, esta localizada na região Nordeste do Estado de Sergipe, na cidade de Rosário do Catete, a cerca de 40 Km da cidade de Aracaju, e a 20 Km do litoral, entre os rios Sergipe e Japarutuba, na parte ocidental da bacia evaporítica costeira.

O projeto Potássio foi implantado em 1979 pela Petromisa, subsidiária da Petrobrás na área de mineração e beneficiamento. Em 1990, a Petromisa foi extinta, e em Janeiro de 1992 por meio de contato de arrendamento assinado com a Petrobrás, a CVRD assumiu o gerenciamento da Mina de Potássio Taquari Vassouras, que é a única produtora de Cloreto de Potássio no Brasil.

O Cloreto de Potássio (KCl) é um insumo para a Indústria de Fertilizantes, participando na composição do adubo NKP (Nitrogênio + Fósforo + Potássio). É um importante componente para o desenvolvimento das plantas, dando-lhes resistência contra pragas, estiagens prolongadas e geadas, proporcionando crescimento normal e sadio.

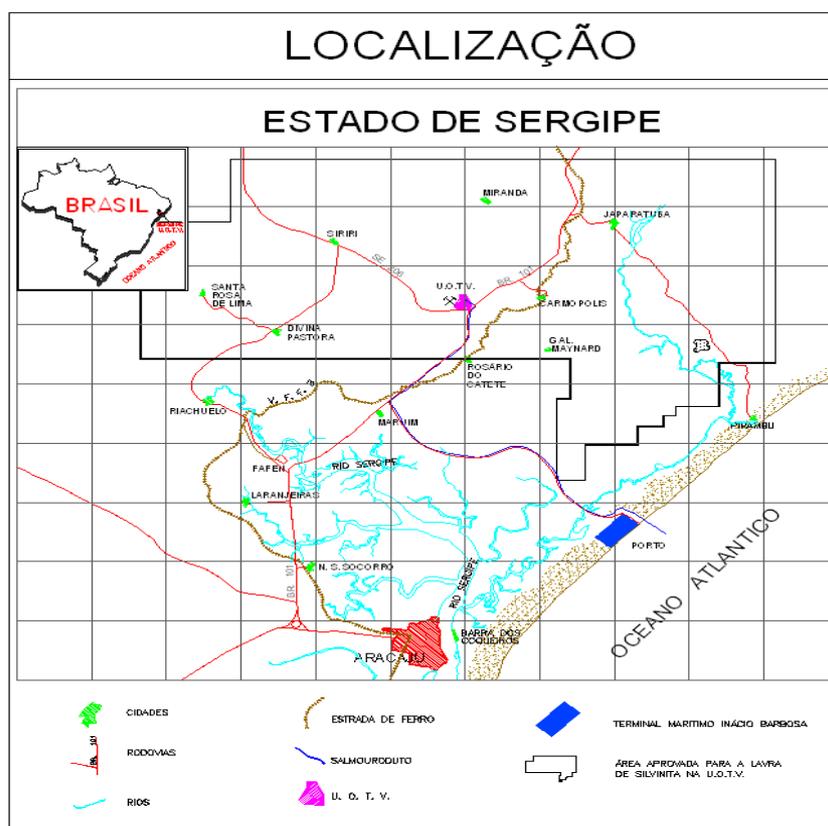


Figura 01 – Mapa de localização da mina de potássio.

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

NAHASS et all (2001) destaca a mineração no Brasil que remonta à época colonial, quase dois séculos posteriores à chegada dos portugueses em território Sul Americano, mais precisamente no século XVII. A demora em descobrir jazidas leva a crer que os interesses portugueses estavam voltados para outros recursos, como o pau-brasil, tabaco, açúcar e mão-de-obra escrava. No século XVIII, ocorreu o primeiro grande *boom* mineral, ocasionado pela descoberta do ouro, dando início ao surgimento das bases para a constituição do setor mineral brasileiro. O setor mineral brasileiro foi construído sob uma visão estratégica de desenvolvimento nacional, tendo por base uma política e legislação fomentadoras. As preocupações com a preservação do meio ambiente aparecem nos anos 80, embora algumas empresas tenham começado a incorporá-las já nos anos 70. Nesse sentido, tem-se uma evolução do equacionamento da dimensão ambiental no Brasil, que se refletiu no setor mineral e que se pode identificar em três grandes fases: a primeira até aos anos 60, que se caracterizou por uma visão fragmentada, quando a proteção ambiental incidia apenas em alguns recursos, particularmente aqueles relacionados mais estreitamente com a saúde humana, como o controle da água potável, a preocupação por algumas espécies da flora e fauna e pelas condições no ambiente de trabalho; a segunda dos anos 70 a 80 inicia-se com o enfrentamento de questões mais amplas, como a poluição ambiental e o crescimento das cidades, para culminar com uma visão holística do meio ambiente como um ecossistema global; e a terceira a partir dos anos 90, que coloca o paradigma do desenvolvimento sustentável como o grande desafio, ou seja, como equacionar desenvolvimento econômico e social com preservação do ecossistema planetário.

No mundo existem vários tipos de sistema de ventilação que são utilizadas em minas subterrâneas ou a céu aberto, mas de uma forma geral, todas com o mesmo objetivo no que se refere ao processo de utilizar do ar limpo (às vezes ar externo) para reduzir o nível de concentração de poluentes em um determinado local de trabalho e proporcionar o conforto térmico necessário para vida laboral do trabalhador. A ventilação por diluição utiliza-se para reduzir a concentração de gases e vapores inflamáveis ou combustíveis abaixo de um mínimo aceitável. Quando a ventilação é utilizada para este fim, um fator de segurança deverá ser considerado para estimar a quantidade de ar necessária. Para tal, a ventilação dispõe de métodos para controlar um ambiente ocupacional, consistindo na movimentação do ar num ambiente através de ventiladores.

Segundo Andrade Jr, F. S. (1997), o cérebro seria um complexo conjunto de computadores capazes de receberem os dados, armazená-los, processá-los, analisá-los, construir e modificar modelos dinâmicos em sistemas auto- atualizáveis dos fenômenos e operações que são desenrolados na mina e, o sistema nervoso sensitivo, o confinado e diversificado sistema de sensores e condutores a que se destinarem, encaminhar estes dados ao cérebro que, os processará e emitirá uma resposta como comando a outros tipos de instrumentos que atuaram no fenômeno, modificando ou não as variáveis e parâmetros, para que o fenômeno medido ou controlado se ponha com valores dentro do intervalo de variação estabelecido para funcionamento. É um verdadeiro controle harmônico das operações de mina pelo sistema instrumentação-computação analógica que, tendo sido previamente programado para funcionar em certos limites. Visando atender as medidas regulamentadoras de ventilação em minas subterrâneas, podem ser destacados dois tipos de sistema de ventilação:

O Sistema de Ventilação Natural, que baseia-se na diferença de temperatura do ar exterior e do ar interior que pode provocar circulação de ar gerando uma corrente capaz de suprir as necessidades de ar da mina. É empregado em pequenas minas ou quando a “tiragem natural” é capaz de suprir adequadamente o ar necessário. A variação de temperatura exterior é responsável pelas variações de vazões e também pela inversão de sentido de fluxo de ar no interior da mina. Em virtude desta situação é que a ventilação natural torna-se mais efetiva nos climas frios; uma vez que, nas regiões de climas temperados não se pode contar com “tiragem natural” para uma ventilação regular dos serviços subterrâneos.

No Sistema de Ventilação Mecânica, a maioria das minas modernas emprega a ventilação exaustora, embora em alguns casos a ventilação “soprante” ou insufladora seja empregada. È também muito utilizado os ventiladores axiais embora em alguns casos e para algumas aplicações especiais os ventiladores centrífugos e outros equipamentos de ventilação sejam empregados.

## Tipos de Ventiladores:

Ventiladores Estáticos - são ventiladores rotativos de grandes diâmetros que trabalhavam a baixa depressão motriz com muito pequenas fugas entre as partes móveis e fixa, com relativamente baixa rotação. Foram empregados em minas de vazões moderadas. Atualmente estes ventiladores são obsoletos.

Ventiladores Dinâmicos - São rotativos, trabalham a rotações bem mais altas e distinguem-se dos anteriores por gerarem maiores depressões e ter comunicação livre entre montante e jusante, induzem bem maior velocidade à corrente de ar que os anteriores.

Segundo Andrade Júnior (1997) os ventiladores são classificados como:

Helicoidais ou Axiais - A corrente de ar gerada em filetes segue uma trajetória de capas cilíndricas com distâncias constantes do eixo de rotação do rotor impelidor.

Centrífugos - A trajetória da corrente de ar é normal ao eixo de rotação do rotor impelidor.

Hélico-Centrífugos - Equipamento intermediário entre os tipos anteriores com trajetória reversa e saída oblíqua em relação ao eixo de rotação.

Diametrais - Nestes a trajetória da corrente é perpendicular ao eixo de rotação do qual se aproximam e depois afastam.

Para manter as funções fisiológicas involuntárias o organismo humano consome em média para o seu metabolismo básico 16 litros de  $O_2$  ( $0^\circ C$ , 760 mmHg) por hora. Do oxigênio que entra nos pulmões (20,99% do ar em volume) retorna ao ar expelido apenas (15,4% do ar em volume) o que aumenta o teor de  $CO_2$ . São portanto, apenas 5,5% do volume de ar inspirado que é aproveitado para o metabolismo. Não há uma regra fixa para se determinar a quantidade de ar necessário à ventilação de uma mina. Assim, na prática, usa-se o volume de ar que possa produzir condições satisfatórias de trabalho. Só há um meio seguro de se verificar se o volume de ar alimentado é satisfatório: fazer medidas dos vários componentes na atmosfera da mina em vários pontos. Devemos medir:

- Nível de poeiras.
- Gases emanados de extratos: metano,  $SO_2$ , etc.
- Gases de combustão:  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $NO$ ,  $O_2$ .
- Gases radioativos e radônio.
- Umidade.

- Temperatura.

A avaliação dos gases presentes na atmosfera de uma mina é feita por amostragem. Uma das técnicas de medição é através de detectores, os quais são utilizados para medições rápidas de gases e cujos resultados são imediatos. Existem monitores que fazem a detecção e amostragem contínua da atmosfera e que possuem algum tipo de alarme para o caso de concentrações maiores que os limites encontrados.

Para determinações completas e mais exatas são necessárias análises laboratoriais do gás coletado. Neste caso o resultado obtido não é imediato. Dentre os tipos de detetores utilizados nesta mina têm-se:

Detetor de Metano;

Detetor de oxigênio e monóxido de carbono;

Detetor de dióxido de Carbono;

Amostradores de Nox e dióxidos de enxofre (SO<sub>2</sub>);

Monitores digitais;

### **Controle de Gases na Atmosfera Subterrânea**

O controle de gases na atmosfera das minas subterrâneas é feito através de medições da qualidade e quantidade dos gases presentes na mina, o controle de gases somente são feitos por instrumentos, com medição imediata.

### **Controle da Exaustão dos Equipamentos de Motor a Explosão**

Motores a gasolina são proibidos em mineração subterrânea: Produzem muito monóxido de carbono e deixam escapar combustível sob a forma de vapor sem que tenham sido queimado. Equipamentos a Diesel são empregados em minas subterrâneas.

### **Minimização da produção de gases nos motores de combustão**

Isto é conseguido com a adequada operação dos equipamentos, seleção do combustível e manutenção da regulagem adequada da mistura pelas bombas de injeção nas câmaras de combustão. A relação de ar para combustível usada é de 20:1 em peso para assegurar uma produção mínima de gases tóxicos.

## Poeiras na atmosfera da mina

AEROSSÓIS são sistemas de dispersão cujo meio é o gasoso e cuja fase dispersa pode ser líquida ou gasosa. Andrade Júnior (1997) classifica os aerossóis como:

**POEIRAS** - Formadas por dispersão de partículas sólidas com diâmetro geralmente superior a 1 micrón (poeira de sílica, asbesto, silicato, carvão, algodão, etc);

**NÉVOAS** - Formadas de partículas líquidas independente da origem e tamanho (névoa de pintura, de ácido sulfúrico, etc);

**FUMOS** - Formados por condensação, sublimação, reações químicas e constituídos por partículas sólidas com diâmetro geralmente menor que 1 micrón (fumos metálicos, fumos de cloreto de amônio, etc);

**FUMAÇAS** - Resultado de combustão incompleta de substância orgânicas. São geralmente partículas com diâmetro menor que 1 micrón.

A composição do ar seco da atmosfera considerado para objetivos de ventilação de mina, está mostrada a seguir:

**Tabela 01 – Tabela de composição do ar seco da atmosfera**

	<b>Efeitos Respiratórios</b>	<b>Análise Precisa</b>		<b>Ventilação da Mina</b>	
	por vol.	por peso	por vol.	por vol.	por peso
Oxigênio	20,93%	23,024%	20,93%	21,0 %	23%
Gás carbônico	0,03%	0,04%	0,03%	-	-
Nitrogênio	78,10%	75,499%	79,04%	79,0 %	77%
Argônio	0,94%	1,437%	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

A presença de um contaminante no ar sempre influi na proporção de oxigênio presente.

Os gases contaminantes são prejudiciais à saúde do homem e podem ser classificados em gases TÓXICOS ou EXPLOSIVOS, a saber:

**Tóxicos:** São aqueles que quando inalados em concentrações e tempos determinados podem incapacitar ou levar o homem à morte. Podem ser:

Asfixiantes - Aqueles que na atmosfera apenas reduzem a proporção de oxigênio presente mas, não produzem nenhum efeito no organismo. As consequências sofridas pelo organismo se deve a falta de oxigênio para a respiração.

Irritantes - São aqueles que em contato com tecidos e mucosas produzem irritação ou até inflamação. As membranas do aparelho respiratório e dos olhos são normalmente as mais sensíveis.

**Explosivos:** Os gases que em presença de ar em proporções adequadas podem permitir a combustão simples ou violenta (explosão) da atmosfera, são ditos explosivos. O METANO é o principal deles e quando em proporções adequadas na atmosfera a mistura recebe o nome de GRISU. Andrade Filho (1997) denomina grisú como uma mistura completa de gases naturais das minas, na maioria hidrocarbonetos com predominância do METANO, com a atmosfera que pode atingir proporções perigosas, pois a atmosfera pode tornar-se explosiva. As emanações de grisú apresentam composições de 93 a 99% de metano,  $\pm$  1% de etano e outros hidrocarbonetos e traços de H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>.

## O CONTROLE DE POEIRA

### 1. Controle da poeira

**SUSPENSÃO:** consiste em adicionar ao ar algumas substâncias que reajam ou tenham aderência às partículas de poeira facilitando sua precipitação ou eliminação pelo organismo

**ISOLAMENTO:** Ocorre na galeria de retorno de ar, onde consiste em separar áreas com operações de risco de contaminação com poeiras adotando medidas especiais para o pessoal diretamente envolvido nestas operações que ficam em atmosfera distinta do restante das operações. As medidas especiais de proteção: máscaras de ar mandado ou com balões individuais e máscaras filtrantes. Adota-se então: Detonações restritas e com ar fechado imediatamente para a exaustão proibindo retorno do pessoal antes do ar atingir as condições higiênicas satisfatórias.

- Operações isoladas, emprego de captores e filtros.
- Operações enclausuradas com purificação local de ar usado.
- Sistemas de exaustão local.

**DILUIÇÃO:** usada para a redução relativa da quantidade de poeira no ar. O principal recurso é a ventilação diluidora que pode ser:

- Local- ventilação auxiliar.
- Geral - ventilação principal.

## 2. Meios médicos

Os meios médicos empregados consiste em fazer as avaliações na admissão e periodicamente do pessoal exposto, analisar a história ocupacional do trabalhador exposto e prescrever mudanças no ar ambiente em função dos resultados das amostragens do ar e das avaliações clínicas do pessoal envolvido. Para tanto faz-se necessário:

- amostragens de controle periódicos no ar de mina em seus pontos críticos;
- exames médicos especiais periódicos.

Numa mina subterrânea a atmosfera é semi-confinada o que dificulta e restringe a dispersão, efusão e difusão dos agentes presentes no ar (solução, suspensões e misturas de gases, vapores, gotículas e particulados) resultando em concentrações que podem ser prejudiciais à saúde conservação e funcionamento dos organismos, materiais e equipamentos. Para evitar estes males e aumentar a capacidade de difusão/efusão e dispersão na atmosfera de mina cria-se circulação de ar na mina através da VENTILAÇÃO. Ressalta-se que na mina em estudo não ocorre a presença de poeiras contaminadas, como a sílica que causa grandes problemas de insuficiência respiratória. Os trabalhadores passam por exames periódicos obrigatórios, objetivando a anamnese no diagnóstico de possíveis doenças pulmonares. Pode-se classificar a ventilação como sendo:

**VENTILAÇÃO DE HIGIENE:** Objetiva o suprimento de ar (O<sub>2</sub>) necessário e suficiente aos consumidores de modo que a atmosfera local não venha a ter deficiências de oxigênio ou contaminantes a níveis de comprometer a saúde ou o funcionamento de equipamentos, máquinas e materiais.

**VENTILAÇÃO DE SEGURANÇA:** Objetiva evitar que a atmosfera local atinja níveis de concentração de gases que a tornem explosivas ou susceptível de incêndios sem controle.

Pela ventilação consegue-se fazer circular mais ou menos ar na mina buscando-se a vazão adequada aos objetivos da ventilação no suprimento das necessidades de ar.

As necessidades de ar nas minas, podem ser classificadas como:

### VENTILAÇÃO DE HIGIENE

Quantidade de ar necessária definida por:

- Limite de tolerância dos contaminantes.
- No número de trabalhadores presentes.
- No nível de produção.
- Na potência mecânica oriunda de motor de explosão usada no ambiente da mina.
- Emissões gasosas dos extratos.
- Consumo de explosivos.
- Nível e concentração de gases de incêndio detectados no ar ambiente da mina.
- Nível e concentração de poeiras explosivas no ar ambiente da mina.
- Nível de radiação presente na atmosfera de mina.

### VENTILAÇÃO DE SEGURANÇA

Baseada nas emissões de gases explosivos e poeiras explosivas.

No limite de tolerância de gases explosivos e poeiras explosivas.

Finalidades de ventilação em mina subterrânea necessárias para garantir a higiene e segurança de todo complexo – homens e máquinas- existentes nela:

- Suprimento de oxigênio aos consumidores e equipamentos;
- Proporcionar ar adequado à respiração;
- Controle da temperatura a níveis satisfatórios;
- Diluição e remoção de gases nocivos, inflamáveis ou explosivos que ocorram na mina;
- Diluição e remoção de poeiras decorrentes das operações de lavra;
- Diluição e remoção de radiações controlando o nível de radiação no ar ambiente da mina.

Frente às estas finalidades, percebe-se que as exigências de ventilação são de ordem quantitativa e qualitativa do ar circulado. Desta forma um dos principais objetivos da ventilação é, portanto, manter o ar adequado em cada ponto da mina onde haja necessidade do ar ambiente permanecer em condições satisfatórias à presença humana e a garantia de segurança de condições de operação e de permanência.

A mina, como ambiente dinâmico, tem partes em estágios distintos de desenvolvimento e de operação, com características e exigências diferenciadas, sendo necessários arranjos diferentes para que o ambiente e o ar se mantenham adequados em todos os pontos onde as características o imponham.

## Aspectos gerais do suprimento e distribuição do ar nas minas

Dispositivos de distribuição que guiam as correntes de ar com vazão suficiente às necessidades das galerias da mina, são incorporados aos sistemas a fim de garantir uma quantidade de ar adequada a todos que nela trabalham.

Fundamentos de fluxo de ar aplicados à ventilação de mina.

No fluxo de ar nas minas subterrâneas são observados os seguintes princípios:

- O fluxo de ar em uma mina é induzido por diferença de pressão entre as aberturas de insuflação e de exaustão ( $\Delta h$ ).

- A diferença de pressão é causada pela imposição de certa forma de pressão em um ponto ou em vários pontos, no sistema de ventilação.

- A diferença de pressão criada deve ser suficiente para vencer a resistência devido à fricção e às perdas de carga por impacto.

- As vias subterrâneas, tanto as de entradas como internas ou as de saída, devem ser providas de condutos de ar.

- O ar, via de regra, flui de um ponto de alta pressão para outro de menor pressão.

- O fluxo de ar obedece a uma relação quadrática entre o volume e a pressão que é duas vezes o volume referido para a pressão, ou melhor:  $h \propto Q^2$ .

- A diferença da pressão atmosférica para a pressão de ventilação pode ser positiva (seria insuflação, sistema com ventilador forçando o ar a entrar na mina) ou negativa, exaustão (sistema com ventilador na saída puxando o ar por dentro da mina).

Andrade Júnior (1997) assegura que as perdas de pressão são dos tipos:

Perdas por fricção ( $h_f$ ), causadas pela resistência oferecida ao fluxo de ar pelas paredes das vias de circulação de ar. Dependem então das condições de rugosidade das superfícies das paredes.

Perdas por choque ( $h_x$ ), causadas pela variação abrupta da velocidade do ar em movimento como resultado da mudança de direção da corrente de ar, da redução da área ou da forma das seções das vias de circulação de ar, como também, do grau de obstrução e regulagens destas correntes de ar.

**Tabela 02- Dados quantitativos da respiração**

<b>Coefficiente de respiração</b>	<b>Atividade</b>	<b>Razão de respiração por minuto</b>	<b>Ar inalado por cada inspiração (L)</b>	<b>Ar inalado por minuto (L)</b>	<b>Oxigênio consumido (Cfm)</b>
0,75	repouso	12 - 18	0,393-0,705	4,916-13,109	0,01
0,90	moderada	30	1,475-1,966	45,884-58,993	0,07
1,0	vigorosa	40	2,458	98,322	0,10

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

A respiração humana constitui-se basicamente de duas ações mecânicas: a sucção do ar da atmosfera - inspiração; o expelimento do ar servido aos pulmões - expiração. Do ar que entra nos pulmões uma parte em cinco é constituída pelo oxigênio e apenas uma em seis partes do ar contido nos pulmões é trocado numa respiração normal. Por sua vez a razão de respiração vai depender também da quantidade de oxigênio presentes na atmosfera. É bom lembrar que nas montanhas altas onde a atmosfera é mais pobre em oxigênio a respiração tem que ser mais rápida para compensar o menor teor de O<sub>2</sub> na atmosfera. O quadro abaixo mostra composição do ar em 3 condições diferentes:

**Tabela 03 – Composição Volumétrica do ar**

<b>Componentes</b>	<b>Composição Volumétrica</b>		
	<b>Ar normal seco</b>	<b>Ar inalado a 21<sup>0</sup> C e 50% de umidade relativa</b>	<b>Ar expirado a 36<sup>0</sup> C e 100% de umidade relativa</b>
Gases inertes (N <sub>2</sub> )	79,00%	78,00%	75,00%
Oxigênio	20,97%	20,69%	16,00%
Vapor d' água	0,00%	1,25%	5,00%
Gás Carbônico	0,03%	0,06%	4,00%

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

Do ar que entra nos pulmões uma parte em cinco é constituída pelo oxigênio e apenas uma em seis partes do ar contido nos pulmões é trocado numa respiração normal. Por sua vez a razão de respiração vai depender também da quantidade de oxigênio presentes na atmosfera. É bom lembrar que nas montanhas altas onde a atmosfera é mais pobre em oxigênio a respiração tem que ser mais rápida para compensar o menor teor de O<sub>2</sub> na atmosfera. A atmosfera de mina difere ligeiramente da atmosfera exterior em termos da composição de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>. Uma outra maneira de

verificar a qualidade do ar local numa mina consiste em considerar que a atmosfera é constituída de três componentes:

- Ar atmosférico normal (composição do ar exterior): O ar atmosférico seco na proporção normal funciona como um gás com propriedades bem definidas!

- Gases ativos: % dos gases explosivos (combustíveis) liberado ou formado no subsolo que se misturam à atmosfera de mina.

- Ar Mortal: é a mistura de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$  contida no ar da mina em proporções que excedam a da atmosfera normal. O Ar Mortal deve à redução do  $\text{O}_2$  no ar, abaixo de 16 % de  $\text{O}_2$ .

- A composição do Ar Mortal (ar nocivo) em diferentes minas varia nos limites de 5 a 15% de  $\text{CO}_2$  e 85 a 95% de  $\text{N}_2$ .

### SISTEMA DE VENTILAÇÃO

Em um sistema de ventilação, medidas devem ser observadas no sentido de se adequar um eficiente sistema exaustor para os locais onde haja formação de pó. Estas medidas quando tomadas na fase do projeto são as que melhor satisfazem, além de minimizar o custo de implantação, pois evitam arranjos improvisados e pouco eficientes. Em um sistema de ventilação, deve-se conciliar sistemas seguros em todos os locais em que permanecem trabalhadores realizando atividades perigosas. O destino do pó-capturado é retornar através das correias transportadoras, já que o mesmo possui minério explorado decantado, no caso o potássio. É importante conciliar o problema das emissões de retorno de ar com o trabalho de conscientização do homem, pois são observadas muitas vezes condições não propícias para que o ar circule com vazão e temperaturas adequadas, tais como tapumes em posições inadequadas, lonas rasgadas, perda de ar em virtude da abertura de uma porta ou cortina antes da chegada ao painel de lavra, dentre outros. Um bom sistema de ventilação visa equacionar o problema, sob os aspectos de: segurança contra incêndios e explosões, higiene ocupacional, controle de emissões externas, sem descuidar com o custo final do mesmo. Para tal, cuidados devem ser tomados para o equacionamento do problema e a solução correta das medidas saneadoras que abrangem todos os parâmetros operacionais. O método de lavra utilizada na mina Taquari Vassouras é o de câmaras e pilares retangulares, escavadas por equipamentos tais como: mineradores contínuos de rotores Marieta 900, Shuttle Car Joy, Feeder Breaker, Exaustores, Minerador Alpine, dentre outros. O minerador realiza o desmonte das rochas, transportando-as através do Shuttle Car Joy com capacidade de

15 toneladas, e levando-as até o Feeder Breaker, que faz o transporte até as correias dosando os minérios, que são içados através do poço 1, por onde a produção é escoada até a superfície. Atualmente existem sete frentes: Onde são seis painéis de lavra e uma praça de sondagem. Na sondagem, são definidos os locais de futuros painéis a serem lavrados, visto que nesta etapa localizam-se as melhores condições de parâmetros técnicos para definição de exploração dos maciços. O Minerador Alpine desenvolve o painel que será desmontado ou lavrado. É importante ressaltar que os equipamentos são geradores de carga térmica, e influenciam o fluxo de ventilação. A separação dos circuitos ou galerias é feita por paredes, tapumes, pontes, cortinas e ventiladores.

A ventilação do processo, operações que emitem contaminantes e a ventilação de ambientes em geral constitui um dos mais importantes métodos de controle. Consiste-se na movimentação do ar por meios naturais ou mecânicos, quer introduzindo-o num ambiente (insuflação), quer retirando-o desse ambiente (exaustão). Sendo a atmosfera a fonte natural do oxigênio necessário ao metabolismo do homem e a fonte de suprimento para circulação do ar para melhor permitir a recomposição e a qualidade da atmosfera, corrigindo-lhe o estado físico (temperatura, pressão e umidade contida), é responsável pela sensação de conforto térmico e satisfação física, ambiente de propagação do som e veículo de transporte das impurezas (gases, vapores e sólidos em suspensão). Deve-se conhecer e estudar os recursos que se pode utilizar para, empregando sistemas adequados de ventilação, conseguir-se ambiente adaptado ao bem estar físico, sadio e sem riscos de incêndios ou explosões.

Segundo MACINTYRE (1990, p.57-146), a ventilação mecânica preocupa-se com a natureza das questões ambientais no trabalho, visto que se deve fornecer condições favoráveis às atividades ora praticadas cotidianamente, dirigidas ao objetivo de ventilação para o conforto. Ressalta-se que, em se tratando de ventilação com insuflamento e remoção mecanizadas, como por exemplo nas mobilizações para abertura de portas e cortinas, ocasionam-se perdas de ar devido ao fluxo do ar limpo fluir para o ar de retorno.

Para a realização do monitoramento ambiental são utilizados: a carta psicrométrica, que verifica o percentual de umidade e outros parâmetros; também o anemômetro, para a verificação da velocidade do ar. O anemômetro deve ser colocado na direção perpendicular ao ar e deve-se tomar cuidados quanto aos erros de medição das velocidades do ar, principalmente quanto aos praticados pelo homem, prejudicando

assim, as variações de vazão, importante parâmetro para o monitoramento ambiental da mina.

Segundo MACINTYRE (1990), na carta psicrométrica são averiguadas as escalas de:

- Temperatura de Bulbo Seco;
- Umidade Específica;
- Umidade Relativa (%);
- Temperatura de Bulbo Úmido;
- Volume Específico;
- Entalpias;
- Temperatura do ponto de orvalho;
- Pressão de vapor;
- Razão entre o calor sensível e calor total.

Ainda, MACINTYRE (1990) aborda que existem diversas cartas psicrométricas, publicadas pela CARRIER, pela Trane Company, por empresas fabricantes de equipamentos de ar condicionado, além da ASHRAE (American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers).

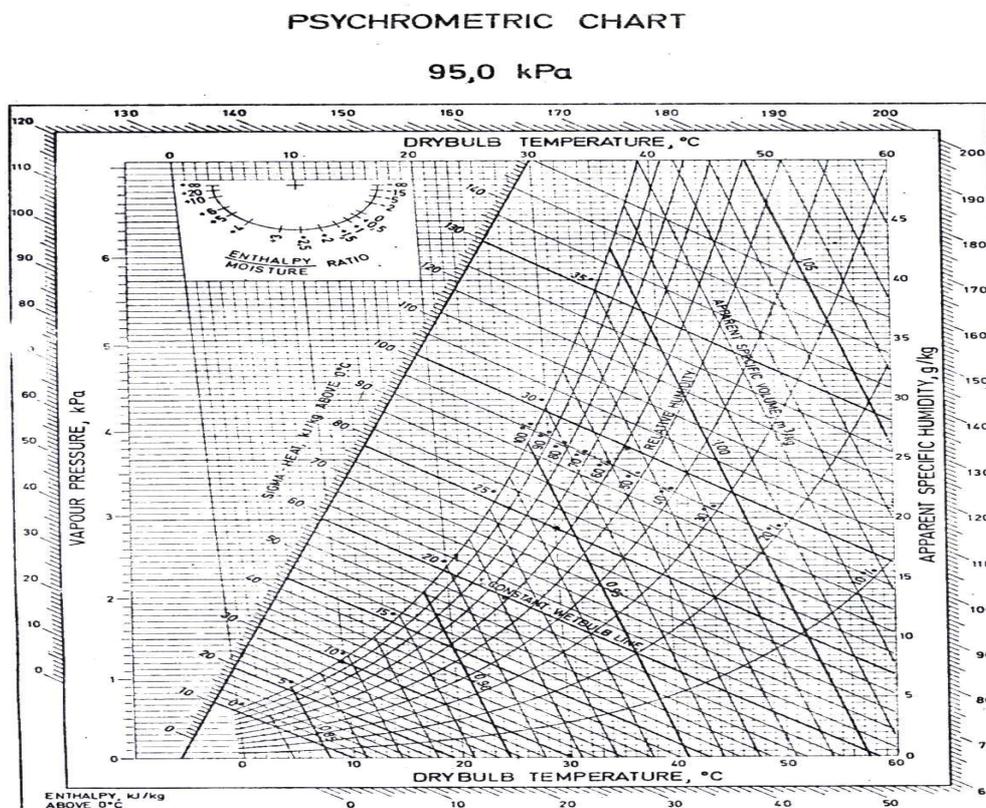


Figura 02 – Carta Psicrométrica

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

## Umidade Relativa

A umidade relativa é definida como sendo a razão entre a fração molar do vapor de água do ar úmido e a fração do vapor de água no ar saturado à mesma temperatura a pressão total. Das relações para gases perfeitos pode-se sugerir que:

$$\phi = \frac{\text{pressão parcial do vapor de água}}{\text{pressão de saturação de água pura a mesma temperatura}}$$

## Umidade Absoluta

A umidade absoluta,  $w$ , é a massa de água contida em 1 kg de ar seco. A sua determinação pode ser feita com a equação dos gases perfeitos.

$$W = \frac{\text{kg de vapor de água}}{\text{kg de ar seco}}$$

$$W = \frac{ps/Rs}{(pt - ps)/Ra}$$

A pressão atmosférica está associada à pressão barométrica, considerada fixa para a carta. Existe uma relação direta entre a umidade absoluta e a pressão parcial do vapor de água, de modo que os parâmetros podem ser colocados indistintamente como ordenadas. A relação entre  $w$  e  $ps$  não é linear; ressalta-se que na maioria das cartas psicrométricas, a escala de  $w$  é dividida linearmente, o que resulta uma escala de  $ps$  levemente não linear.

## Entalpia

A entalpia de uma mistura de ar seco e vapor de água é a soma das entalpias dos componentes. Os valores da entalpia são sempre referidos a um estado de referência. Assim, o ar é admitido com entalpia nula à temperatura de 0° C. Para o vapor de água o estado de referência é o da água, líquido saturado a 0° C, coincidente com aquele das tabelas de vapor. Pode-se escrever a equação da entalpia da seguinte forma:

$$h = c_p.t + w.h_g \quad (\text{kJ/kg ar seco})$$

### **Volume específico**

O volume específico é definido como ao volume (m<sup>3</sup>) de mistura por kg de ar seco, podendo também ser definido como o volume em m<sup>3</sup> de ar seco por kg de ar seco, uma vez que os volumes ocupados pelas substâncias individualmente são iguais. Da equação dos gases perfeitos resulta que:

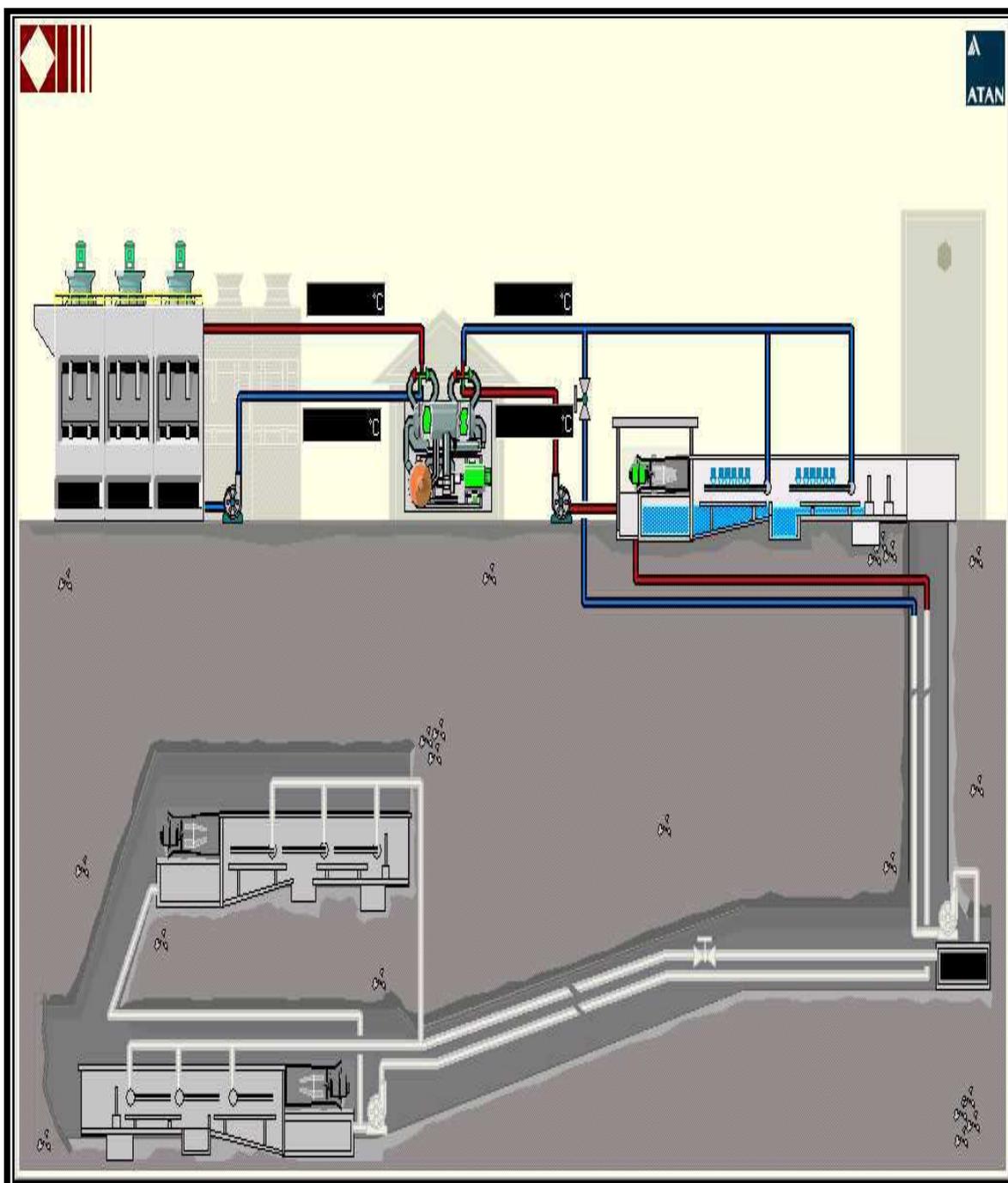
$$v = \frac{Ra \cdot T}{pt - ps} \quad \text{m}^3/\text{kg ar seco}$$

Para determinar o lugar geométrico dos pontos de igual volume específico na carta psicrométrica, basta diminuir  $v$  por 0,9 e introduzir o vapor da pressão barométrica,  $pt$ , e, para valores arbitrários de  $T$ , obter os valores correspondentes de  $ps$ . Os pares  $(ps, t)$  determinam a linha de volume específico constante.

### **Temperatura de bulbo úmido**

Segundo CREDER (1990, p. 37), é obtida cobrindo-se o termômetro com uma flanela molhada, onde a temperatura de equilíbrio é a temperatura de bulbo úmido. Usualmente é obtida juntamente com a temperatura do termômetro de bulbo seco, onde se girando o psicrômetro, melhora-se o contato com o ar. Quando o ar, em contato com o bulbo úmido, não está saturado, há vaporização da água contida na flanela e esta vaporização faz baixar a temperatura do bulbo úmido até o ponto de equilíbrio. A diferença entre as temperaturas do bulbo seco e do bulbo úmido é denominada depressão de equilíbrio.

É importante destacar que o sistema de ventilação da VALE é tipo mecânico, com o auxílio de potentes ventiladores. Existem vários locais de tomadas de temperatura para o monitoramento ambiental e controle da vazão de ar na mina, variando-se conforme às mudanças dos painéis de lavra, sondagem ou desenvolvimento (avanço da lavra), principalmente quando têm-se uma bifurcação nas galerias. Pode-se constatar que neste caso acontece um sistema de ventilação auxiliar, onde se utiliza combinação por insuflação e por exaustão. Destaca-se a seguir, os diagramas esquemáticos do fluxograma da planta de ventilação:

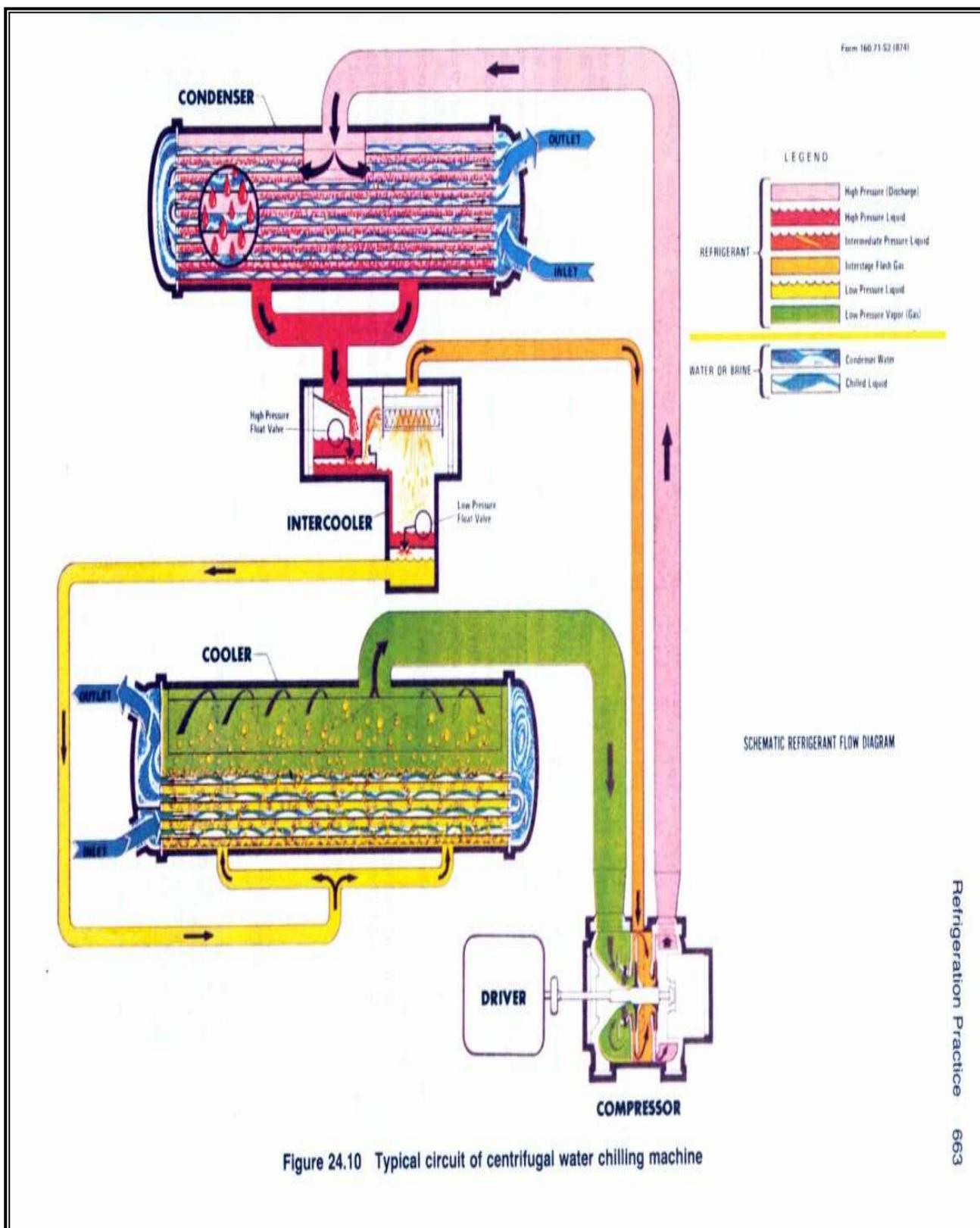


**Figura 03- Fluxograma da Planta de Refrigeração**

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

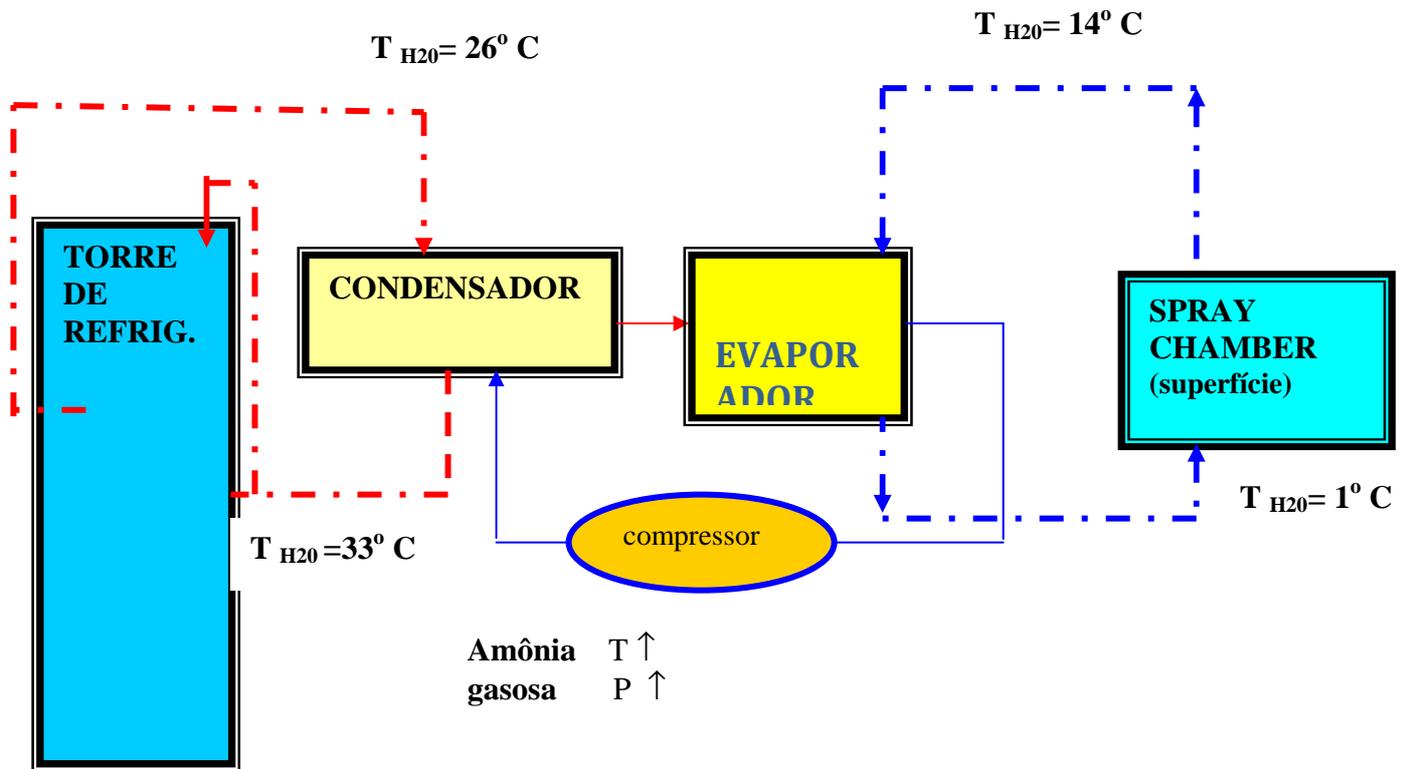
Existem três circuitos que funcionam simultaneamente para atender ao processo de refrigeração da mina que são:

- a) Circuito de Condensação;
- b) Circuito de Evaporação;
- c) Circuito de fluido frigorígeno.



**Figura 04 – Circuito de ventilação da mina**  
 Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

## FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO DA PLANTA DE VENTILAÇÃO



**Figura 05 - Fluxograma simplificado da planta de ventilação da mina**

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

No Circuito de Condensação, a água adentra no trocador de calor (amônia (gás) + água) a uma temperatura de  $26^\circ C$ , e troca calor com a amônia que está a temperatura e pressão altas, onde a água sai a uma temperatura de  $33^\circ C$  e segue para a torre de refrigeração. Na torre de refrigeração existe o abaixamento da temperatura da água para voltar para o circuito de condensação. A amônia líquida sai do condensador a temperatura e pressão baixa e com o auxílio do compressor, segue para o circuito de evaporação.

No Circuito de evaporação, a amônia líquida troca calor com a água de evaporação; neste caso, acontece a mudança de estado físico da amônia, do estado líquido para o gasoso e acontece troca de calor com a água, abaixando a temperatura de  $14^\circ C$  para  $1^\circ C$ .

No circuito de fluido frigorígeno, a água gelada do circuito de evaporação, vai para a câmara de spray da superfície, onde existe troca de calor com o ar ambiente, esfriando a temperatura do ar para  $7^\circ C$ . O ar aduzido à mina a  $7^\circ C$ , através do sistema de ventilação mecânica, é composto por: ventiladores na superfície e no subsolo. Todos os ventiladores funcionam em paralelo. No subsolo, existem dois ventiladores axiais,

também em paralelo. Os dois ventiladores axiais da fabricante NEU estão localizados nas proximidades do poço 2, local de descida de pessoal e equipamentos, são principais da mina, cada um com 1000 kW de potência. Estes ventiladores trabalham em paralelo, gerando uma depressão de 250 mmca propiciando a entrada de 275 m<sup>3</sup>/s de ar, isto para as condições estabelecidas para o ângulo das pás. É importante ressaltar que os ventiladores são monitorados para a sala de controle da superfície.

Na ventilação auxiliar adotada nos painéis de lavra e desenvolvimento, os ventiladores axiais insuflam e retiram o ar da mina através das galerias. Torna-se necessário vencer as perdas de carga do sistema nas vazões estabelecidas no projeto. De fato, consegue-se uma ventilação bem mais controlável tanto em relação a qualidade do ar que entra, quanto à distribuição do mesmo. A seguir, dados dos ventiladores marca NEU que atuam na mina no sistema de ventilação principal:

Volts – 4,16 Kv

Potência Nominal – 1000 kW

Corrente Nominal – 163 A

Vazão Nominal – 160 m<sup>3</sup>/s

Vazão Real – 140 m<sup>3</sup>/s

Pressão Total – 465 mmca

Os procedimentos de controle do sistema implantado obedecem a NRM-06, onde as atividades em subsolo devem dispor de sistemas de ventilação mecânica que atenda aos requisitos a seguir:

- a) Suprimento de oxigênio com renovação contínua do ar, diluição eficaz de gases inflamáveis ou nocivos e de poeiras do ambiente de trabalho, temperatura e umidade adequada ao trabalho humano e ser mantido e operado de forma regular e contínua;
- b) Cada mina deve elaborar e implantar um projeto de ventilação com fluxograma atualizado periodicamente, contendo no mínimo os dados de: localização, vazão, pressão dos ventiladores principais, direção e sentido do fluxo de ar, além de localização e função de todas as portas, cortinas, barricadas, tapumes e demais dispositivos para controlar o fluxo de ventilação.



## ENTRADA E SAÍDA DO AR ENTRE OS POÇOS DE VENTILAÇÃO.

Quando o ar penetra pelo poço 2, apresenta vazão mássica em torno de 240 Kg/s e a temperatura de 7° C, encontra diversas bifurcações para onde é levado às frentes de desenvolvimento ou exploração do cloreto de potássio. No circuito principal o ar entra puro (novo), isento de contaminantes como gases e poeira por entre as galerias de acesso de equipamentos e pessoal. Ressalta-se que é de grande importância a condução do ar até as frentes de lavra, superando-se as resistências do circuito com controle das portas, cortinas, etc, para que o ar chegue com total intensidade.

As galerias de exaustão do ar funcionam paralelamente ao ar puro que retorna conjuntamente com as correias transportadoras de minério por onde flui o ar viciado. No circuito de ventilação, onde há pressões altas próximas aos ventiladores, necessita-se de mais de uma porta com janelas de segurança, com o objetivo de aliviar a pressão.

Deve-se ressaltar a resistência aos esforços mecânicos das pressões envolvidas, dilatações, aterramento, etc. O ar viciado (contaminado) e o pó das frentes de lavra retornam através das galerias de reconhecimento, que são as de retorno, e saem pelo poço 1. O pó captado retorna para o próprio sistema, sendo reaproveitado pois contém minério. Periodicamente são realizadas limpezas onde existem grandes deposições, visto que não é permitido trabalho nesta situação, já que prejudicam os trabalhadores, pois o ar está viciado.



**Figura 07 - Vista das Torres dos Poços de Ventilação e Exaustão da Mina.**

Fonte: Mineradora localizada em Rosário do Catete – SE (Abr.2009)

## CONDICIONAMENTO DO AMBIENTE

Dentre os preceitos básicos para ter-se um conforto adequado para um bom condicionamento do ambiente de trabalho, deve-se: controlar os efeitos da temperatura no ser antrópico, o controle da qualidade e quantidade de ar, além do controle dos efeitos em máquinas e materiais existentes na mina.

O ser humano na concepção de COUTO (1995, p. 30-45), possui certo grau de adaptabilidade tanto a climas quentes quanto a climas frios, já que a possibilidade do homem de autoproteção seja maior em climas frios, porém, para adaptar-se passa por roupas pesadas e muitas vezes desconfortáveis e limitadores de seus movimentos. Em ambientes quentes, o organismo passa por uma série de medidas que vão desde a pausas para a recuperação até a seleção adequada de pessoal. Sendo o homem classificado como animal homeotérmico, ou seja, a temperatura do sangue praticamente não se altera, consegue tolerar variações de  $-50^{\circ}$  C até  $100^{\circ}$  C. Apesar dessa faixa de tolerância, o homem não tem condições de tolerar variações de  $4^{\circ}$  C na sua temperatura interna sem o comprometimento de sua capacidade física, mental e risco de vida.

É de extrema importância a observação deste fato que acontece com o organismo, pois se sabe que quanto mais o homem aumenta o seu ritmo de trabalho, a tolerância para que tenha eficiência em suas atividades laborais sofre mudanças, muitas vezes significativas, já que o ambiente focado é uma mina subterrânea. A adaptação a altas temperaturas apresenta um problema especial: a própria atividade energética do ser humano é de baixíssimo rendimento, ou em outras palavras, produz bastante calor interno. Ressalta-se que a implantação da planta de refrigeração trouxe grandes benefícios para os que realizam grandes esforços físicos para a produção de minério, além de outras atividades no ramo da mecânica, elétrica dentre outras.

Os ambientes quentes representam um dos pontos mais importantes no estudo da Patologia Ocupacional devido a dois fatores:

A alta frequência de fadiga física ocasionada por ambientes quentes. Nesse aspecto cabe chamar atenção para a alta ocorrência de indivíduos que começaram a trabalhar jovens e saudáveis em ambientes quentes e que, depois de poucos anos, encontram-se anormalmente envelhecidos e fracos.

A perda de produtividade, motivação, velocidade, precisão, continuidade e o aumento da incidência de acidentes causados pelo desconforto térmico em ambiente quente.

A principal característica do condicionamento do ar para conforto é que se visa a produção de uma condição ambiental confortável para a maioria dos ocupantes do local, uma vez que sempre eventualmente acontecem um descontrole dos parâmetros operacionais. O máximo de conforto não pode ser obtido facilmente, mas o uso do controle automático individual para o recinto ajuda consideravelmente a satisfazer a maioria dos trabalhadores, contanto que os valores de temperatura e umidade estejam dentro de seus limites padrões.

## **CONFORTO TÉRMICO**

As exigências humanas de conforto térmico, segundo a Norma ANSI/ASHRAE 55-81, determinam que “o ambiente deve apresentar condições térmicas tais que 80 % dos ocupantes expressem satisfação com o ambiente térmico” (citado por AKTSU, 1987, P. 5). Estas estão relacionadas ao funcionamento do organismo, e às trocas de energia do corpo com o meio ambiente, de modo que a temperatura interna se mantenha em equilíbrio, em torno de 37° C – homeotermia.

RIBEIRO Jr, L. (2003) enfoca que na presença do calor ocorrem em sequência os seguintes mecanismos: a vaso dilatação periférica, que faz com que aumente a temperatura da pele evitando a perda de calor do meio por convecção e por radiação; o suor, que será evaporado. A evaporação incrementa as perdas de calor do corpo. A temperatura da pele aumenta muito ou se o ar estiver muito úmido não ocorre a evaporação total e parte do suor fica na superfície. Poderá ocorrer também, a redução automática do metabolismo com o intuito de diminuir a produção interna do calor no organismo. Depois de todos esses fatores podemos dizer que o conforto térmico ocorre quando as trocas de calor que o corpo está submetido forem nulas e a temperatura da pele e o suor estiver dentro de certos limites, satisfazendo as condições de conforto de organismo humano. Os fatores que influem no metabolismo são diversos:

**Idade:** O metabolismo do homem até os 5 anos é mais ou menos o dobro daquele entre os 20 e 40 anos.

**Digestão:** Torna-se mais elevado para proteínas e menos elevado para açúcar e gordura.

**Subnutrição:** diminui o metabolismo.

**Estados Patológicos:** Aumenta em geral.

**Ambiente Adverso:** Aumenta o metabolismo.

**Atividade:** é significativa sua influência no processo metabólico.

As variáveis de conforto térmico se dividem em variáveis ambientais, atividade física e vestimenta. As variáveis ambientais são as temperaturas do ar, umidade relativa e a velocidade do ar. Quanto maior a atividade física, tanto maior será o calor gerado por metabolismo. Por esse motivo, o trabalhador deverá ter a preocupação de saber a sua função a fim de prever o nível de atividade que será realizada em seu interior, para proporcionar a sensação de conforto. Dentre as vantagens da existência de conforto térmico podemos citar:

- Maior rendimento do trabalho;
- Menor índice de acidentes;
- Menor índice de doenças (fadiga, exaustão, desidratação);
- Melhor entrosamento funcional x social;
- Maiores lucros.

Desta maneira pode-se verificar que a observação do conforto térmico dos ocupantes é de fundamental importância no projeto, e de forma a proporcionar aumento de produtividade das pessoas que ocupam o ambiente. A combinação de altas temperaturas (significativamente acima do normal) e umidade relativa alta pode reduzir drasticamente a capacidade do corpo humano de manter a sua temperatura interna correta. Exposições prolongadas em ambientes com temperatura excessiva e umidade alta podem causar câimbras, esgotamento, fadiga térmica, e até danos ao cérebro – AVC (Acidente Vascular Cerebral). O Índice de Calor (IC), também chamado de "Temperatura Aparente", é uma medida de como a umidade associada a altas temperaturas reduz a capacidade do corpo em manter-se frio. O IC é a sensação térmica que o corpo humano interpreta quando a umidade e/ou temperatura fogem dos níveis normais. Por exemplo, se a temperatura do ar é de 34°C, e a umidade é de 50% o efeito destas condições no corpo equivale a uma temperatura de 39,5°C. A premissa para o cálculo do Índice de Calor é que, a pessoa a ser avaliada, esteja à sombra, ao nível do mar, e com vento de 10 km/h. Exposições ao sol podem aumentar o IC entre 3° e 8°C. Variações na velocidade do vento normalmente tem pequeno efeito sobre o IC. A tabela a seguir, mostra a Temperatura Aparente (IC) com base na Temperatura do Ar e a Umidade Relativa do Ambiente.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho foi mostrado um estudo de conhecimentos utilizado na mina de potássio do estado de Sergipe, o qual visa atender as normas e as legislações vigentes sobre o sistema de ventilação, criando assim as condições adequadas nas práticas da segurança e no conforto do trabalhador. Dentro do contexto, ficou claro que o objetivo dos legisladores é da opção pelas medidas técnicas que, desejavelmente, eliminem os riscos ocupacionais ou, ao menos, os reduzam. Alinhada aos preceitos básicos da segurança e saúde do trabalhador, podemos constatar que a unidade operacional, vem buscando técnicas eficientes e eficazes, a fim de promover um ambiente de trabalho em subsolo, com melhoras constantes das condições de trabalho para o homem e, por conseguinte aumentando a sua produtividade. Esse exemplo pode ser direcionado ao uso da nova tecnologia da planta de refrigeração automatizada, aos quais os trabalhadores da mina usufruem atualmente.

Pode-se concluir que a implantação do modelo atual do sistema de ventilação da mina, é um dos fatores preponderantes para a redução do número de acidentes de trabalho, além dos problemas relacionados à saúde dos trabalhadores como fadiga, estresse, e outras doenças inerentes a exposição a altas temperaturas. Fica claro que todo investimento voltado a um ambiente de trabalho seguro e sadio, é fundamental para o sucesso de qualquer empresa. Pois além de evitar ações judiciais trabalhistas no futuro, no presente esses investimentos aumentam a motivação dos trabalhadores, e a empresa por outro lado irá obter melhores resultados no seu processo de produção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL

NAHASS, Samir; LIMA, Maria H. R.; SIROTHEAU, Glória J. C.; FERNANDES, Francisco; Mineração no Brasil. São Paulo, 2001.

Norma Regulamentadora, NR22.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho**. Manual técnico da máquina humana. Ed. Ergo, Vol. 1, p. 01-150, Belo Horizonte, 1995.

RIBEIRO, LOURIVAL JR. **Clima e Conforto Humano**. Artigo da Cabano Engenharia. Em [www.canano.com.br](http://www.canano.com.br), 2003.

ANSI/ASHRAE – AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **Thermal environment conditions for human occupancy** (ANSI/ASHRAE 55-81).

CREDER, Hélio. **Instalações de ar condicionado**. 4ª edição, p. 39-49, Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e científicos, Rio de Janeiro, 1990.

MACINTYRE, Archibald J. **Ventilação Industrial e controle da poluição**. 2ª edição, ed Guanabara, Rio de Janeiro, p. 4-6; 58-63; 74-75, 1990.