

EDUARDO CÉSAR SANSONE

**RISCOS OCUPACIONAIS NO LABORATÓRIO DE
MECÂNICA DE ROCHAS DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**São Paulo
2010**

EDUARDO CÉSAR SANSONE

**RISCOS OCUPACIONAIS NO LABORATÓRIO DE
MECÂNICA DE ROCHAS DA ESCOLA POLITÉCNICA DA
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**Monografia apresentada ao PECE -
Programa de Educação Continuada em
Engenharia da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Especialista em
Higiene Ocupacional**

**São Paulo
2010**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo por ter me proporcionado uma formação profissional integral e ao PECE - Programa de Educação Continuada em Engenharia por me proporcionar a oportunidade de participar do curso de especialização em Higiene Ocupacional.

Agradeço ao Prof. Dr. Sergio Médici de Eston por todo o apoio que tem me dado nesta oportunidade e em toda a minha carreira acadêmica e profissional. Agradeço ao Prof. Dr. Wilson Iramina Siguemasa pelo companheirismo e por todas as contribuições fornecidas.

Agradeço ao Técnico Laboratorista Jorge Sakamoto pela amizade de tantos anos e por todo o auxílio na realização desta pesquisa. Agradeço aos Mestres em Engenharia André Lomonaco Beltrame e Ivan Koh Tachibana pela inestimável contribuição dada a este trabalho, sem a qual este não poderia ter se realizado. Agradeço, também, à Doutora em Engenharia Maria Renata Machado Stellin pelo auxílio que me forneceu em todos os momentos durante a realização deste curso.

*“Um homem é uma fração cujo
numerador corresponde ao que
ele é, enquanto o denominador
é o que acredita ser”*

Léon Tolstoi

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa realizada para a caracterização dos riscos ocupacionais no Laboratório de Mecânica de Rochas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - LMR/EPUSP. Os riscos analisados foram: iluminação, calor, ruído e pó de sílica. No trabalho foi definido o campo de atuação da Higiene Ocupacional e suas contribuições para a melhoria das condições de trabalho. Foram descritas as características do LMR/EPUSP e identificadas as atividades do técnico especializado de laboratório. Foram identificados os agentes atuantes sobre o trabalhador e realizadas medições. Os resultados foram analisados segundo a legislação pertinente, comparando com os critérios de admissibilidade de modo a avaliar a exposição sofrida pelo trabalhador. Ao final foram propostas medidas para a adequação das atividades, de modo a preservar a saúde do trabalhador.

ABSTRACT

This paper presents the results of a research on the characterization of the occupational risks in the Rock Mechanics Laboratory of the Polytechnic School of the University of Sao Paulo - LMR/EPUSP. The risks are: light, heat, noise and silica. In this research there was defined the field of acting of the Industrial Hygiene and its contributions for the improvement of the work conditions. The characteristics of the LMR/EPUSP were described and the activities of the specialized laboratory technician were identified. The risks were identified and measurements were done. The results were analyzed according to the relevant legislation, comparing with design criteria. Actions were proposed for the adaptation of the activities to preserve the health of the worker.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tabela de Gravidade	55
Figura 2 - Máquina de extração de corpos de prova	59
Figura 3 - Serra com disco diamantado.....	59
Figura 4 - Retífica plana	60
Figura 5 - Máquina de medição tridimensional.....	61
Figura 6 - Sistema de realização de ensaios em Mecânica de Rochas	62
Figura 7 - Célula para ensaios de compressão triaxial.....	63
Figura 8 - Célula para ensaios educacionais de compressão triaxial	64
Figura 9 - Célula para ensaios de cisalhamento direto.....	64
Figura 10 - Máquina para ensaios de compressão pontual.....	65
Figura 11 - Máquina para corte com jato de água de alta pressão.....	65
Figura 12 - Compressor de ar.....	66
Figura 13 - Torre de resfriamento de água	67
Figura 14 - Mapa de Risco do PMI/EPUSP	70
Figura 15 - Detalhe do LMR/EPUSP no pavimento térreo do mapa de riscos ..	71
Figura 16 - Luxímetro	75
Figura 17 - Conjunto IBUTG	76
Figura 18 - Decibelímetro	76
Figura 19 - Dosímetro de ruído.....	77
Figura 20 - Amostrador de poeira.....	78
Figura 21 - Medição do iluminamento no escritório	80
Figura 22 - Medição do iluminamento na máquina de corte com jato de água de alta pressão.....	80
Figura 23 - Medição do iluminamento na máquina para ensaios de compressão pontual.....	80
Figura 24 - Medição do iluminamento na retífica plana	80
Figura 25 - Medição do iluminamento na célula para ensaios de cisalhamento direto	81
Figura 26 - Medição do iluminamento na serra com disco diamantado.....	81
Figura 27 - Medição do iluminamento na máquina de medição tridimensional ..	81
Figura 28 - Medição do iluminamento na máquina de extração de corpos de	

prova	81
Figura 29 - Comparação entre os resultados de medições de iluminamento....	82
Figura 30 - Medição de temperaturas na sala de corte de amostras de rocha..	83
Figura 31 - Valores de pico do nível de pressão sonora por equipamento.....	85
Figura 32 - Medição do nível de pressão sonora para a máquina de extração de corpos de prova.....	86
Figura 33 - Espectro sonoro em faixas de freqüência para a máquina de extração de corpos de prova.....	86
Figura 34 - Medição do nível de pressão sonora para a serra com disco diamantado	87
Figura 35 - Espectro sonoro em faixas de freqüência para a serra com disco diamantado	87
Figura 36 - Medição do nível de pressão sonora para a retífica plana	88
Figura 37 - Medição do nível de pressão sonora para a retífica plana	88
Figura 38 - Medição do nível de pressão sonora para o compressor de ar.....	89
Figura 39 - Espectro sonoro em faixas de freqüência para o compressor de ar	90
Figura 40 - Medição do nível de pressão sonora para a torre de resfriamento de água	90
Figura 41 - Espectro sonoro em faixas de freqüência para a torre de resfriamento de água	91
Figura 42 - Medição do nível de pressão sonora para a máquina de corte com jato de água de alta pressão	92
Figura 43 - Espectro sonoro em faixas de freqüência para a máquina de corte com jato de água de alta pressão	93
Figura 44 - Espectro sonoro em faixas de freqüência por equipamento	93
Figura 45 - Técnico laboratorista com dosímetro de ruído	94
Figura 46 - Dosimetria de ruído na operação da máquina de corte com jato de água de alta pressão.....	94
Figura 47 - Dosimetria de ruído na operação da serra com disco diamantado .	94
Figura 48 - Dosimetria de ruído na operação da máquina de extração de corpos de prova.....	95
Figura 49 - Dosimetria de ruído na operação da retífica plana.....	95

Figura 50 - Resultados de LAVG e TWA da dosimetria do dia 09/02/2010.....	96
Figura 51 - Resultados de LAVG e TWA da dosimetria do dia 23/02/2010.....	97
Figura 52 - Resultados para a dose nas dosimetrias dos dias 09/02/2010 e 23/02/2010	98
Figura 53 - Técnico laboratorista com dosímetro de ruído e amostrador de poeira	99
Figura 54 - Amostragem de poeira na operação da retífica plana.....	99
Figura 55 - Protetor auditivo do tipo “concha” utilizado	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Iluminância por classe de tarefas visuais	29
Quadro 2	- Taxas de metabolismo por tipo de atividade	33
Quadro 3	- Regime de trabalho em função do IBUTG e da atividade	34
Quadro 4	- Máxima exposição diária permissível.....	42
Quadro 5	- Critérios para medição da dose de ruído	44
Quadro 6	- Critério de tomada de decisão (FUNDACENTRO).....	44
Quadro 7	- Valores recomendados e limites de exposição ocupacional para a sílica cristalina.....	51
Quadro 8	- Resultados de medições de iluminamento.....	82
Quadro 9	- Valores de temperatura medidos	83
Quadro 10	- Valores de pico do nível de pressão sonora por equipamento.....	84
Quadro 11	- Resultados da dosimetria do dia 09/02/2010 (dose projetada para 8h)	96
Quadro 12	- Resultados da dosimetria do dia 23/02/2010 (dose projetada para 8h)	97
Quadro 13	- Verificação dos resultados de medições de iluminamento.....	100
Quadro 14	- Verificação dos resultados de medições de nível de pressão sonora	102

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
1.1.	Problema de pesquisa	13
1.2.	Justificativa	14
1.3.	Objetivos.....	14
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1.	A segurança no trabalho.....	16
2.2.	A higiene ocupacional.....	20
2.3.	Análise de riscos ocupacionais.....	22
2.4.	Agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e causadores de acidentes	23
2.5.	Agentes físicos	24
2.5.1.	Iluminação	25
2.5.1.1.	Requisitos de iluminação.....	27
2.5.2.	Calor	30
2.5.2.1.	Avaliação da exposição ao calor	32
2.5.3.	Ruído	35
2.5.3.1.	Avaliação da exposição ao ruído	41
2.6.	Agentes químicos	46
2.6.1.	Pó de sílica	48
2.6.1.1.	Avaliação da exposição ao pó de sílica	50
2.7.	Agentes biológicos.....	52
2.8.	Agentes ergonômicos	52
2.9.	Agentes causadores de acidentes.....	53
2.10.	Mapa de risco	53
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
3.1.	O Laboratório de Mecânica de Rochas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	56
3.1.1.	Descrição das operações realizadas e dos equipamentos utilizados	58
3.2.	O sistema de segurança do trabalho na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	67

3.2.1.	Medidas de segurança implantadas pela CIPA/EPUSP	68
3.2.2.	Mapa de risco do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da EPUSP	69
3.3.	Identificação de agentes no LMR/EPUSP	71
3.4.	Caracterização do trabalhador exposto	72
3.5.	Descrição das análises realizadas para a avaliação da exposição a riscos ocupacionais no LMR/EPUSP	73
3.6.	Equipamentos utilizados	74
3.6.1.	Medidas de iluminação	75
3.6.2.	Determinação do IBUTG	75
3.6.3.	Medidas do nível de pressão sonora	76
3.6.4.	Dosimetria de ruído	77
3.6.5.	Medidas de poeira	77
4.	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A AGENTES DE RISCO OCUPACIONAL NO LMR/EPUSP	79
4.1.	Iluminação	79
4.2.	Calor	82
4.3.	Ruído	83
4.3.1.	Análise dos valores de pico do nível de pressão sonora	84
4.3.2.	Análise do espectro sonoro em faixas de frequência	85
4.3.3.	Dosimetria.....	93
4.4.	Pó de sílica	98
5.	DISCUSSÃO.....	100
5.1.	Análise da iluminação no LMR/EPUSP	100
5.2.	Análise da exposição ao calor no LMR/EPUSP.....	101
5.3.	Análise da exposição ao ruído no LMR/EPUSP	101
5.4.	Análise da exposição ao pó de sílica no LMR/EPUSP	103
6.	CONCLUSÕES.....	104
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico apesar de trazer enormes benefícios e conforto para o homem do século XXI tem exposto os trabalhadores a diversos agentes potencialmente nocivos e que, sob certas condições, podem provocar doenças ou desajustes no organismo das pessoas que desenvolvem suas atividades normais em variados locais de trabalho.

Assim, a Higiene Ocupacional, sendo a ciência e a arte que se dedica ao reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais (químico, físico, biológico, ergonômico e de acidentes), vem sendo aperfeiçoada diariamente, objetivando atuar no ambiente de trabalho, a fim de detectar o tipo de agente prejudicial, quantificando sua intensidade ou concentração e tomando medidas de controle necessárias para resgatar a saúde e o conforto dos trabalhadores durante toda a sua vida de trabalho (SILVA, 2009).

Particularmente os trabalhadores que realizam atividades relacionadas ao corte e ao manuseio de rocha constituem um grupo de pessoas que realizam sua atividade laboral em um ambiente sujeito a acidentes e à insalubridade. Neste sentido, este trabalho propõe-se a analisar os riscos ocupacionais de tal atividade.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

Esta pesquisa tem como assunto principal a Higiene Ocupacional, abordando o tema da caracterização dos riscos ocupacionais de um ambiente de trabalho.

O problema específico a ser discutido é o da caracterização dos riscos ocupacionais no Laboratório de Mecânica de Rochas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.2. JUSTIFICATIVA

Um ambiente de trabalho deve ser seguro, saudável, higiênico, seja ele uma sala de aulas, um shopping, um escritório, uma fábrica ou um laboratório de uma Universidade dedicado ao ensino e à pesquisa. Em qualquer destas e outras estações de trabalho, a empresa deve proporcionar o máximo de proteção à integridade física, moral e social do trabalhador.

Zocchio (2001 p. 22) afirma que:

Empresa é uma organização constituída por pessoas que investem com o objetivo de obter lucro com a venda da mercadoria que produz, comercializa ou do serviço que presta, tendo também a finalidade de suprir as necessidades da sociedade, gerar empregos e criar riquezas.

A saúde do trabalhador deve ser foco da atenção dos administradores não só pelo aspecto da produtividade do trabalho, mas pelo compromisso social que os empregadores devem ter.

Ainda que seja correto estabelecer que os trabalhadores representam a força produtiva e um ativo importante, é preciso ter sempre em mente que este assunto engloba pessoas, com vidas, famílias e histórias diversas, e que isto representa todo o universo de coisas pelas quais o ser humano realmente luta e pelas quais trabalha e se esforça para manter-se vivo (PINTO et al., 2006).

Portanto, além da preservação de um ativo, os administradores devem ter uma preocupação social com as pessoas sob sua responsabilidade, ou seja, devem se preocupar em preservar as pessoas e tudo o que elas representam.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é:

- Caracterizar os riscos ocupacionais no Laboratório de Mecânica de Rochas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

E os objetivos específicos são:

- Definir a forma de atuação da Higiene Ocupacional.
- Apontar as contribuições da Higiene Ocupacional à melhoria das condições de trabalho.
- Apontar e descrever as características do ambiente de trabalho específico a ser estudado.
- Descrever o sistema de segurança do trabalho da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
- Identificar e descrever o trabalhador exposto.
- Identificar os tipos de agentes atuantes sobre o trabalhador.
- Coletar dados de campo sobre os agentes atuantes.
- Analisar os resultados obtidos segundo as normas pertinentes.
- Comparar os resultados com os critérios de admissibilidade.
- Avaliar a exposição sofrida pelo trabalhador.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo apresentamos o resultado da pesquisa bibliográfica realizada a respeito dos seguintes assuntos:

- Segurança no trabalho.
- Higiene ocupacional.
- Análise de riscos ocupacionais.
- Agentes físicos, químicos e biológicos.

2.1. A SEGURANÇA NO TRABALHO

Desde o início da Revolução Industrial no século XVIII, o trabalho tornou-se cada vez mais organizado e padronizado, sendo controlado por um capital financeiro que ditava as novas regras de produção e consumo.

Sendo assim, a sociedade se transformou para dar lugar à era dos extremos, no qual homens, mulheres e crianças foram forçados pela sobrevivência a trabalharem em ambientes como fábricas, usinas, canaviais, carvoarias, dentre outros.

Em relação às condições de trabalho, estas eram marcadas pela insalubridade e periculosidade em graus extremos, não existindo qualquer mecanismo que garantisse a saúde ou a segurança dos funcionários. Uma mudança neste quadro caótico apenas ocorreu na aurora da época contemporânea, com a criação de leis e organismos de defesa do trabalhador.

Dessa forma, a segurança do trabalho tornou-se uma função empresarial que, cada vez mais, transforma-se numa exigência conjuntural. Assim, as empresas devem procurar minimizar os riscos a que estão expostos seus colaboradores, pois, apesar de todo avanço tecnológico, qualquer atividade envolve um grau de insegurança.

Segundo Grohmann (2006, p.02):

A falta de um eficaz sistema de segurança acaba causando problemas de

relacionamento humano, produtividade, qualidade dos produtos e/ou serviços prestadores e o aumento de custos. A pseudo-economia feita não se investindo no sistema de segurança mais adequado acaba ocasionando graves prejuízos, pois, um acidente de trabalho implica baixa na produção, investimentos perdidos em treinamentos, além de outros custos.

Segundo o Ministério do Trabalho e Emprego, através da sua Norma Regulamentadora NR-18, foi estabelecido que o custo direto do acidente é o total das despesas decorrentes das obrigações para com os empregados expostos aos riscos inerentes ao exercício do trabalho, como as despesas com assistência médica e hospitalar aos acidentados e respectivas indenizações sejam estas, diárias ou por incapacidade permanente (EQUIPE ATLAS, 1984).

Então, a segurança do trabalho pode ser entendida como o conjunto de medidas que são adotadas visando minimizar ou eliminar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, protegendo a integridade e a capacidade de trabalho do trabalhador.

Deve ser enfatizado que a preocupação com a segurança no âmbito trabalhista deve acontecer desde o início, isto é, na fase de projeto, pois nessa ocasião os processos executivos podem ser planejados cuidadosamente, priorizando a saúde e a segurança de todos os trabalhadores envolvidos durante a execução das etapas do processo produtivo.

Segundo Cruz (1996, p.12):

A segurança do trabalho é uma conquista recente da sociedade, pois ela só começou a se desenvolver modernamente, no período entre as duas grandes guerras mundiais.

Martel e Moselhi, 1998 apud SILVA 2009, complementam:

Na América do Norte, a legislação sobre segurança foi introduzida em 1908, sendo que a partir dos anos 70 se tornou uma prática comum para todos os integrantes do setor produtivo, já que antes disso ele só era foco de especialistas, governos e grandes corporações.

Para tanto, no Brasil, as leis que começaram a abordar a questão da segurança no trabalho surgiram no início dos anos 40. Segundo Lima Jr. (1995, p. 101), o assunto foi mais bem resolvido em 1943, a partir do capítulo V do Título II da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho).

Todavia, a primeira grande reformulação só ocorreu em 1967, quando se destacou a necessidade de organização das empresas segundo os princípios da Engenharia de Segurança e da Medicina do Trabalho.

O grande salto qualitativo da legislação brasileira em segurança do trabalho ocorreu em 1978, com a introdução das Normas Regulamentadoras (NRs) do Ministério do Trabalho.

A partir do final de 1994, a legislação brasileira que trata da segurança e da saúde no trabalho passou a adotar um novo enfoque, estabelecendo a obrigatoriedade das empresas elaborarem e implementarem o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).

Assim, de acordo com a Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (1999, p. 29):

A Legislação Brasileira adotou como paradigma a convenção 161/85 da Organização Internacional do Trabalho (OIT), passando a considerar as questões incidentes não somente sobre o indivíduo, mas também sobre a coletividade de trabalhadores, promovendo, uma ampliação do conceito restrito de 'medicina do trabalho'.

Entretanto, apesar do Brasil ter ratificado em 1991 a Convenção 161 da OIT, até 1994 as Normas Regulamentadoras (NR), caracterizavam-se por um enfoque individualista, onde as NR-7, e NR-9, eram apenas, respectivamente, Exames Médicos e Análises de Riscos Ambientais. A ênfase era, isoladamente ora para o trabalhador, ora para a avaliação quantitativa de certo risco ambiental.

Sendo assim, as novas Normas, atualmente, preocupadas com uma visão de conjunto da saúde, privilegiaram o instrumento clínico-epidemiológico na abordagem da relação saúde/trabalhador, introduzindo a questão da participação dos trabalhadores e do controle social.

Nesse ângulo, a exigência legal dos novos PCMSO e PPRA representou a superação de um "viés biológico/ambiental", bem como, a introdução de um "olhar

coletivo” nas questões referentes à segurança e saúde dos seus trabalhadores (MOURA, 1998, p. 41 e MIRANDA, 1999, p.18).

Nesse contexto, em todas as atividades do setor privado visa-se o lucro para as empresas e, muitas vezes, a forma escolhida para obter lucros se dá através da redução irrestrita dos custos, sendo um deles o da segurança no trabalho. Como alguns profissionais do setor não percebem o impacto da segurança do trabalho na produtividade da empresa, com freqüência ela é simplesmente deixada para um segundo plano.

Hinze, 1997 apud SILVA, 2009 afirma que de uma forma geral, pode-se evitar acidentes ou então minimizá-los através de medidas de cunho gerencial associados com a implantação das instalações físicas de segurança, como por exemplo: proteção de partes móveis, barreiras, anteparos etc.

Liska et al., 1993 apud SILVA, 2009 também chamam a atenção para a visão ampla do assunto, afirmando ser necessário que se desenvolva um programa de segurança no qual os diversos fatores que a influenciam sejam observados, substituindo a prática simplista de se preocupar única e exclusivamente com a implantação das instalações de segurança.

Dessa forma, para ser possível atingir os níveis ideais de segurança no trabalho, tem-se que partir dos níveis de exigências mínimos, no qual são definidos, no Brasil, por exemplo, pela Norma Regulamentadora NR-18 - Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção, na sua versão mais recente, publicada em julho de 1995.

Todavia, essas novas legislações ainda não foram assimiladas perfeitamente pelos profissionais deste setor, visto que é possível identificar a existência de dúvidas quanto à sua interpretação e questionamentos em relação à viabilidade técnica e econômica de algumas de suas exigências.

2.2. A HIGIENE OCUPACIONAL

No Brasil, os principais termos utilizados para definir a ciência que se dedica ao estudo dos ambientes de trabalho e à prevenção das doenças causadas por eles são: Higiene Ocupacional, Higiene Industrial e Higiene do Trabalho (ALMEIDA JUNIOR et al., 2007).

O termo Higiene Ocupacional foi preferido internacionalmente para definir o campo de atuação desta ciência, após as conclusões extraídas durante a Conferência Internacional de Luxemburgo, ocorrida de 16 a 21 de junho de 1986, que contou com a participação de representantes da Comunidade Econômica Européia - CEE, da Organização Mundial da Saúde - OMS, da Comissão Internacional de Saúde Ocupacional - ICOH e da American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH (ACGIH, 1988).

A definição dos termos Higiene Industrial e Higiene do Trabalho estão contempladas na definição de Higiene Ocupacional, que é considerada mais ampla, visto que não se refere apenas ao ambiente do trabalho ou àquele dito industrial. O seu campo de abrangência e atuação cresce a cada dia, tornando-se necessário estudar as interfaces com outras ciências como a medicina, a segurança, a ergonomia e a sociologia, para de forma interdisciplinar melhorar as condições do ambiente de trabalho e a saúde do trabalhador.

A Higiene Ocupacional é uma ciência, porque está baseada em fatos comprováveis, empíricos e analisáveis por método científico por meio da física, química, bioquímica, toxicologia, medicina, engenharia e saúde pública. Por outro lado, também são consideradas a individualidade de cada trabalhador e as características da atividade e do local de trabalho (BLOOMFIELD, 1999).

Por possuir caráter essencialmente preventivo, as ações da Higiene Ocupacional devem se fundamentar primordialmente na prevenção da exposição e em estudos epidemiológicos prospectivos. Registram-se as exposições ao longo do tempo para que se conheça alguma relação entre a exposição ocupacional e o efeito à saúde (MTE, 1995).

Entre as definições conhecidas e mais amplamente difundidas pode-se citar:

Definição da American Industrial Hygiene Association - AIHA para a Higiene Industrial:

“Ciência que trata da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos originados nos locais de trabalho e que podem prejudicar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, tendo em vista também o possível impacto nas comunidades vizinhas e no meio ambiente”.

Definição da American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH:

“Ciência e arte do reconhecimento, avaliação e controle de fatores ou tensões ambientais originados do, ou no, local de trabalho e que podem causar doenças, prejuízos para a saúde e bem-estar, desconforto e ineficiência significativos entre os trabalhadores ou entre os cidadãos da comunidade”.

Pode-se perceber que o conceito de Higiene, qualquer que seja ele, está diretamente associado à prevenção da saúde; e que esta pode ser vista como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não meramente a ausência de doença ou defeito, de acordo com a OMS, que adota este conceito amplo desde 1957. Para atingir esta meta, o ser humano estabelece uma batalha contínua, com o intuito de manter um balanço positivo contra as forças biológicas, físicas e químicas, mentais e sociais que tendem a romper o equilíbrio (MENDES et al., 1991).

A legislação brasileira, Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, denominada Lei Orgânica da Saúde, no Título II, Capítulo I, art. 6º, postula que: “entende-se por saúde do trabalhador, um conjunto de atividades que se destina, através das ações de vigilância epidemiológica e vigilância sanitária, à promoção e proteção da saúde dos trabalhadores, assim como visa a recuperação e reabilitação da saúde dos trabalhadores submetidos aos riscos advindos das condições de trabalho” (BRASIL, 1990).

Neste contexto, as ações da Higiene Ocupacional encontram-se associadas à saúde e à prevenção de doenças, mediante a antecipação e o reconhecimento dos fatores de risco, dos estudos epidemiológicos prospectivos e da educação (BS 8800, 1996).

2.3. ANÁLISE DE RISCOS OCUPACIONAIS

Segundo a norma “NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade” publicada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, perigo é definido como uma situação ou condição de risco com probabilidade de causar lesão física ou dano à saúde das pessoas por ausência de medidas de controle, e risco é a capacidade de uma grandeza com potencial para causar lesões ou danos à saúde das pessoas.

Neste sentido, o trabalho envolve riscos gerais e outros que são específicos de cada área de atividade. Assim, é importante avaliar o processo de produção para reconhecer o risco inerente àquela atividade. Além disso, deve-se levar em consideração que o próprio ambiente laboral pode ser um fator predisponente ao risco (MACHADO et al., 2008).

Os riscos no ambiente laboral podem ser classificados de acordo com a Portaria nº 3.214, do Ministério do Trabalho do Brasil, de 1978. Esta Portaria contém a série de normas regulamentadoras que consolidam a legislação trabalhista, relativas à segurança e medicina do trabalho. Encontramos a classificação dos riscos na sua Norma Regulamentadora nº 5 (NR-5).

Antes da reformulação da NR-9 que aconteceu em 12/1994, a mesma tinha a denominação de “Riscos Ambientais” e contemplava quatro tipos de risco: Físico, Químico, Biológico e Mecânico (ou de Acidentes). Após a reformulação, quando passou a ser denominada “Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)”, permaneceu somente a citação dos três riscos: Físicos, Químicos e Biológicos.

Quando faz-se o tratamento de problemas do trabalho deve-se passar primeiro pela análise dos riscos envolvidos em cada operação. Esta ação produz um mapa dos riscos envolvidos e a partir deles, as possíveis ações para evitá-los, ou, quando isso não for possível, isolá-los e identificá-los.

A prevenção ou controle dos riscos engloba diversas possíveis ações, como: modificações para eliminação dos perigos, substituição (reparação) dos danos, segregação dos agentes para diminuir exposições, uso de equipamento de proteção

individual (EPI), práticas de trabalho e organização apropriada disseminada através de treinamentos.

Na monitoração e avaliação dos agentes de risco, os agentes identificados devem ser isolados, verificados e medidos. Deve-se observar periodicamente a limpeza, a higiene e a organização do lugar de trabalho, as questões ambientais e avaliar as distorções em relação ao que foi planejado.

2.4. AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS, BIOLÓGICOS, ERGONÔMICOS E CAUSADORES DE ACIDENTES

São considerados agentes ambientais os físicos, químicos e biológicos, além dos ergonômicos e os causadores de acidentes, existentes nos locais de trabalho. Tais agentes são capazes de causar danos à saúde e à integridade física do trabalhador devido a sua natureza, concentração, intensidade, suscetibilidade e tempo de exposição.

Os agentes ambientais, profissionais ou ocupacionais estão divididos em cinco grupos principais (DEFINIÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NO TRABALHO, 2008):

AGENTES FÍSICOS

Os agentes físicos são efeitos gerados por máquinas, equipamentos e condições físicas características do local de trabalho, que podem causar prejuízos à saúde do trabalhador.

AGENTES QUÍMICOS

Estes agentes são representados pelas substâncias químicas que se encontram nas formas líquida, sólida ou gasosa. Quando absorvidos pelo organismo, podem produzir reações tóxicas e danos à saúde. Há três vias de penetração no organismo: via respiratória (inalação pelas vias aéreas), via cutânea (absorção pela pele) e via digestiva (ingestão).

AGENTES BIOLÓGICOS

Os agentes biológicos são causados por microrganismos invisíveis a olho nu, como bactérias, fungos, vírus, bacilos e outros. São capazes de desencadear doenças devido à contaminação e pela própria natureza do trabalho.

AGENTES ERGONÔMICOS

Estes agentes são contrários às técnicas de ergonomia, que propõem que os ambientes de trabalho se adaptem ao homem, propiciando bem estar físico e psicológico. Os agentes ergonômicos estão ligados também a fatores externos (do ambiente) e a fatores internos (do plano emocional). Em síntese: ocorrem quando há disfunção entre o indivíduo, seu posto de trabalho e seus equipamentos.

AGENTES CAUSADORES DE ACIDENTES

Agentes causadores de acidentes ocorrem em função das condições físicas (de ambiente físico e do processo de trabalho) e tecnológicas impróprias, capazes de provocar lesões à integridade física do trabalhador.

Na seqüência analisaremos os principais agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes presentes nas atividades produtivas.

2.5. AGENTES FÍSICOS

São os agentes produzidos por processos e equipamentos produtivos. São eles: ruído e vibrações, pressões anormais em relação à pressão atmosférica, temperaturas extremas, iluminação e radiações ionizantes e não-ionizantes.

Os ruídos são ocasionados por máquinas pesadas, máquinas em geral, serras circulares, vibradores de concreto, betoneiras, martelotes, esmerilhadeiras, compressores e bate estaca, dentre outros.

As vibrações de corpo inteiro são geradas por máquinas pesadas e as localizadas por martelotes pneumáticos, vibradores de concreto, além de ferramentas manuais motorizadas.

As pressões anormais aparecem em locais de altitudes elevadas e nos trabalhos de mergulho e em tubulões pressurizados.

As temperaturas extremas estão presentes em atividades relacionadas à siderurgia, metalurgia, fundições, vidraria e outros aliados a deficiências na ventilação. Também, em trabalhos ao ar livre em climas frios ou em câmaras frigoríficas.

A iluminação está relacionada à segurança do ambiente de trabalho e à produtividade.

As radiações ionizantes são produzidas por substâncias radioativas e equipamentos geradores de radiações magnéticas utilizados especialmente na medicina.

As radiações não-ionizantes são encontradas operações de solda elétrica/oxiacetilênica e operações a céu aberto.

2.5.1. ILUMINAÇÃO

A Iluminação no local de trabalho é tratada, do ponto de vista da Higiene Ocupacional, como um agente passível de afetar o trabalhador de várias maneiras. Uma iluminação deficiente ou inadequada ao local de trabalho, pode degradar a saúde física ou psicológica de um trabalhador, afetar o seu rendimento, ou provocar um acidente de trabalho. Como tal, a Iluminação no local de trabalho deve ser considerada como um agente, que, consoante as características dos locais e as circunstâncias, pode ser tão ou mais perigoso que o risco das substâncias explosivas, por exemplo (MARTINS, 2007).

O problema relacionado à iluminação que mais pode contribuir para a ocorrência de um acidente de trabalho é o simples fato de uma iluminação deficiente potencializar a exposição do trabalhador a outros agentes.

Numa sala com máquinas em movimento, mesmo que existam sinais de perigo, ou proteções, se a iluminação não for adequada, existe sempre o risco de um

trabalhador ser vítima de um acidente devido ao fato de não conseguir ver nem os sinais, nem o perigo do movimento das máquinas.

Relacionado ainda com acidentes de trabalho existe o risco do efeito estroboscópico, fenômeno que ocorre quando a frequência da radiação luminosa num determinado espaço iguala em valor ou valores múltiplos à frequência de uma qualquer máquina rotativa desse local. Quando essas condições são satisfeitas a visão humana não consegue detectar o movimento da máquina em questão, dando a falsa sensação de que esta se encontra parada. Este fenômeno é muito freqüente quando se iluminam máquinas rotativas, que funcionam a uma frequência de 50 Hz, com lâmpadas fluorescentes, que acendem e apagam a uma frequência de 100 Hz (MARTINS, 2007).

A saúde de um trabalhador é influenciada pelos seguintes fatores:

- Níveis de iluminação inadequados do local de trabalho (muito baixos ou muito altos).
- Encadeamentos sucessivos e contínuos.
- Cor da luz existente inadequada ao trabalho a executar.
- Funcionamento deficiente da iluminação (lâmpadas que não mantêm um fluxo luminoso constante, refletor ou difusores sujos, janelas sujas etc.)

A fadiga visual é um fenômeno psicofisiológico muscular (fadiga dos músculos da visão) e nervoso (esgotamento dos neurotransmissores), que é potencializado por solicitações repetitivas e monótonas a níveis deficientes de iluminação, encadeamentos, e cores berrantes. Seus sintomas são olhos vermelhos, lacrimejo, dor e ardor dos olhos.

A fadiga visual repetitiva pode causar:

- Stress.
- Depressão.
- Alterações do sistema nervoso.
- Angústia.
- Origem ou agravamento de doenças como astigmatismo, miopia etc..

2.5.1.1. REQUISITOS DE ILUMINAÇÃO

A norma “NBR 5413 - Iluminância de interiores” de 1992 foi elaborada pela Comissão de Estudo de iluminação Interna (CE), com a participação de profissionais do setor, fabricantes, consumidores, pesquisadores, etc. O documento estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas em serviço para iluminação artificial em interiores onde se realizem atividades de comércio, indústria, ensino, esporte, entre outras. (FARIA, 2008).

De acordo com a norma, a iluminância deve ser medida no campo de trabalho, quando este não for definido a um plano horizontal a 0,75m do chão. No caso de ser necessária a elevação da iluminância em limitado campo de trabalho, pode-se usar iluminação suplementar; a iluminância no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho, mesmo que haja recomendação para valor menor; e recomenda-se que a iluminância em qualquer ponto do trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média determinada segundo a “NBR 5382 - Verificação de iluminância de interiores” de 1985.

A norma determina a iluminância em lux nos seguintes tipos de atividade: acondicionamento, auditórios e anfiteatros, bancos, barbearias, bibliotecas, centrais elétricas, cervejarias, cinemas e teatros, consultórios médicos, corredores e escadas, correios e telégrafos, encadernação de livros, escolas, escritórios, salões para esportes, estações ferroviárias e rodoviárias, estações de tratamento de água e esgoto, estaleiros, farmácias e drogarias, fundições, funilaria, gabinetes dentários, galerias de artes, galvanoplastias e operações similares, garagens, hangares, hospitais, hotéis e restaurantes, igrejas e templos, indústrias de artigos de ourivesaria e joalheria, indústrias de automóveis, indústrias de aviões, indústrias de borrachas, indústrias de calçados, indústrias de cerâmicas, indústrias de chapéus, indústrias de cimentos, indústrias de confeitos, indústrias de conservas de carnes e indústrias de couros.

Também é determinada pela norma a iluminância em lux das indústrias de fumos, indústrias de gelo, indústrias de gravação de desenhos e dizeres, indústrias de luvas, indústrias de materiais elétricos e de telecomunicações, indústrias de papéis,

indústrias químicas, indústrias de sabão, indústrias têxteis, indústrias de tintas, indústria de vestuário, indústrias de vidros, lavanderias, lavatórios, locais de armazenamento, lojas, marcenaria e carpintaria, moinhos de farinha, museus, padarias, pinturas, produtos de papel (caixa de papelão), residências, restaurantes, siderúrgicas, soldas, tapearias, terminais de vídeo, tinturarias, tipografias, trabalhos com couros, tratamento de carvão, usinas de aço, usinas e açúcar e usinas de leite.

No quadro a seguir, a NBR 5413 apresenta requisitos de iluminância por classe de tarefas visuais, onde dos três valores apresentados, deve ser considerado como mínimo o valor do meio, devendo os valores mais baixo e mais alto serem utilizados de acordo com a presença de fatores favoráveis ou desfavoráveis, respectivamente, à realização da atividade.

Quadro 1 - Iluminância por classe de tarefas visuais

Classe	Iluminância (Lux)	Tipo de Atividade
A Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Área pública com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditório
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Fonte: Tabela Nº 1, NBR 5413

A NBR 5413 aponta ainda os seguintes requisitos de iluminâncias para atividades em indústrias metalúrgicas:

- Usinagem grosseira e trabalhos de ajustador: 150 - 200 - 300
- Usinagem média e trabalhos de ajustador, trabalhos grosseiros de plainas, tornos e polimento: 300 - 500 - 750
- Usinagem de precisão e trabalhos de ajustador, máquinas de precisão automática, plainamento, tornos de precisão e polimento de alta qualidade: 750 - 1000 - 1500
- Usinagem de alta precisão de trabalhos de ajustador: 1500 - 2000 - 3000

A NBR 5413 aponta também os seguintes requisitos de iluminâncias para atividades em escolas:

- Salas de aulas: 200 - 300 - 500
- Quadros negros: 300 - 500 - 750
- Salas de trabalhos manuais: 200 - 300 - 500
- Laboratório:
 - Geral: 150 - 200 - 300
 - Local: 300 - 500 - 750
- Anfiteatros e auditórios:
 - Platéia: 150 - 200 - 300
 - Tribuna: 300 - 500 - 750
- Salas de desenho: 300 - 500 - 750
- Salão de reuniões: 150 - 200 - 300
- Salas de educação física: 100 - 150 200
- Costuras e atividades semelhantes: 300 - 500 - 750
- Artes culinárias: 150 - 200 - 300

2.5.2. CALOR

Os tecidos do corpo produzem calor na proporção de sua taxa metabólica. A quase totalidade da energia produzida pelo metabolismo é convertida em calor.

De acordo com Cooper et al. (1971, p.26):

A temperatura do corpo humano está diretamente relacionada ao conteúdo dado pelo calor específico dos tecidos, que é aproximadamente de 0,83 kcal/kg, ou 0,962 Watts/kg.

Sob este aspecto, são substâncias importantes para o metabolismo humano, a glicose, as proteínas e a gordura, extraídas dos alimentos pelo organismo. Sendo os principais subprodutos do metabolismo aeróbico o Dióxido de Carbono (CO₂), Nitrogênio e Água. A combustão de Glicose e Proteína produz 4,1 kcal/kg (4,75 Watts/kg), enquanto que a Gordura produz 9,3 kcal/kg (10,78 Watts/kg).

Por ser um processo enzimático de combustão oxidativa controlado, além dos substratos, o metabolismo depende do comburente que é o Oxigênio sendo conduzido para os tecidos através da respiração (SILVA, 2009).

O cérebro e os grandes órgãos do tronco são os que possuem maior atividade metabólica e, portanto, são os que geram maior quantidade de calor metabólico, quando comparados com os músculos e os demais órgãos.

Contudo, o metabolismo é a única fonte interna de calor, muito embora, esta, possa ser complementada pela ingestão de bebidas e alimentos quentes, além de também a radiação como, por exemplo, na ressonância magnética.

Um baixo gradiente de temperatura entre o interior e exterior do corpo decorre de altas temperaturas do ambiente, ou quando a vasodilatação termoregulatória periférica provoca um aumento no fluxo sangüíneo para esta região, com conseqüente transporte do calor metabólico gerado no compartimento interno.

Segundo Niosh (1973, p.86):

A maioria das pessoas, quando submetida a condições de temperatura elevada, dependendo do nível de metabolismo exigido pelo tipo de trabalho físico, apresenta elevação da temperatura interna do corpo, aumento do ritmo cardíaco e perda excessiva de líquido e sais minerais, principalmente o sódio.

Sendo assim, como o corpo humano produz calor, através do metabolismo e recebe ou dissipa calor para o ambiente, a avaliação de sobrecarga térmica depende da quantificação e interpretação de todos os parâmetros envolvidos.

Dessa forma, é necessário avaliar a temperatura do ar, temperatura radiante, pressão parcial de vapor de água, velocidade do ar, propriedades térmicas da roupa e o metabolismo. Então, a partir do conhecimento destes parâmetros, é possível prever os indicadores biológicos mais importantes, independentes de qual for este, a temperatura interna, oral, freqüência cardíaca e perda de líquido através da transpiração. (SILVA, 2009).

Para tanto, para a análise do estresse térmico, é primordial conhecer a influência do

tipo de roupa utilizada pelo trabalhador avaliado. Grosseiramente, pode-se dizer que quanto maior o calor, a espessura e/ou menor a permeabilidade do tecido, menor será a dissipação do calor por evaporação do suor e convecção com o ar.

Assim, para efeito de definição de risco à saúde, a previdência social brasileira considerava como limite de tolerância uma temperatura igual a 28 °C, dessa forma, acima desse valor a atividade é considerada insalubre (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133).

2.5.2.1. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR

De acordo com a Norma Regulamentadora Nº 15 (NR-15), uma atividade ou operação é considerada insalubre se o seu desenvolvimento se processa, dentre outros fatores, acima dos limites de tolerância previstos nos anexos 1, 2, 3, 5, 11 e 12 (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133).

O Anexo Nº 3 da NR-15, é o que trata dos limites de tolerância para exposição ao calor. Segundo esse Anexo, a exposição ao calor deve ser avaliada através do Índice de Bulbo Úmido - Termômetro de Globo (IBUTG), índice esse que “representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar” (COUTINHO, 1998, p. 176).

A avaliação da exposição ao calor tem como objetivo investigar a possível existência de insalubridade térmica no desenvolvimento de uma atividade, permitindo assim que se atue na definição de um regime de trabalho (período de trabalho e de descanso) adequado, que minimize, controle ou elimine os riscos existentes.

As avaliações de calor efetuadas através do IBUTG estão sujeitas a variações climáticas que dependem das estações do ano. No entanto, para efeito da estipulação de medidas preventivas, devem ser consideradas sempre as piores condições ambientais (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com a NR-15, as equações que definem o IBUTG são as que seguem.

Para ambientes internos ou externos sem carga solar (sem radiação solar direta):

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g \quad (1)$$

Para ambientes externos com carga solar (com radiação solar direta):

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_{bn} + 0,2 t_g + 0,1 t_a \quad (2)$$

Onde:

t_{bn} = temperatura de bulbo úmido natural

t_g = temperatura de globo

t_a = temperatura de bulbo seco

De acordo com o Anexo N° 3 da NR - 15, os instrumentos que devem ser utilizados nesta avaliação são um termômetro de bulbo úmido natural, um termômetro de globo e um termômetro de mercúrio comum.

De posse do IBUTG, procede-se a classificação da atividade que está sendo avaliada em uma das três categorias previstas no quadro abaixo.

Quadro 2 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

TIPO DE ATIVIDADE	kcal/h
Sentado em Repouso	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex: datilografia)	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: Quadro N° 3, Anexo N° 3, NR-15

Essa classificação pode ser realizada ou comparando-se a atividade em questão

com aquelas descritas no quadro anterior, ou então a enquadrando de acordo com uma estimativa da taxa metabólica a ela relacionada. Conforme se pode verificar consultando-se o referido quadro, uma atividade pode ser considerada como do tipo leve, moderada ou pesada, em função das taxas de metabolismo, em kcal/h, relacionadas ao esforço físico despendido pelo trabalhador na realização das tarefas.

Finalmente, com o valor do IBUTG e com a classificação da atividade em leve, moderada ou pesada, entra-se com esses dois parâmetros no quadro apresentado na seqüência, que relaciona os Regimes de Trabalho Intermitentes com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora), verificando-se se o Regime de Trabalho em vigor é compatível com os dados levantados, ou se há necessidade de uma modificação de forma a adequá-lo às características da atividade e dos índices apurados.

Quadro 3 - Regime de trabalho em função do IBUTG e da atividade

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30

Fonte: Quadro N° 1, Anexo N° 3, NR-15

No Brasil, a utilização do IBUTG na definição do regime de trabalho tem como objetivo minimizar, controlar ou eliminar, as conseqüências danosas à saúde ocupacional que a exposição a condições térmicas insalubres pode vir a provocar aos indivíduos. Também é com base nesse índice que se avalia o direito do trabalhador à percepção do adicional de insalubridade, se o exercício do trabalho se

processar acima dos limites de tolerância previstos na NR-15 (OLIVEIRA, 2006).

2.5.3. RUÍDO

O som pode ser definido como uma variação de pressão que o ouvido consegue captar. O limiar da audibilidade humana está na faixa de 20 Hz e 20 kHz.

A audição é um dos sentidos de fundamental importância para o desenvolvimento cognitivo, emocional e social do homem. As perdas auditivas figuram entre as mais freqüentes doenças relacionadas ao trabalho. São provocadas, principalmente, por exposição a ruído, agentes químicos, radiações ionizantes e acidentes com traumatismo craniano. Podem ainda fazer com que trabalhadores tenham cerceada sua ascensão hierárquica ou o acesso a outro emprego, apenas por uma leve alteração auditiva (SILVA, 2009).

Segundo Ibañez (2002, p.01):

Não se dispõe de informações precisas acerca do número de trabalhadores acometidos de problemas, mas pelas amostras de indústrias que divulguem seus dados, de 10 a 60% dos trabalhadores expostos a essas condições sofrem algum grau de lesão auditiva.

O ruído é um som prejudicial à saúde humana que causa sensação desagradável e irritante. Além disso, depende de outros fatores, dentre eles, o tempo de exposição.

No Brasil, a surdez é a segunda maior causa de doença ocupacional, sendo que o ruído afeta o homem, simultaneamente nos planos físico, psicológico e social (SILVA, 2009).

Segundo Saliba (2004) os tipos de ruídos existentes são:

- Ruído contínuo: é contínuo aquele cujo nível de pressão sonora varia 3 dB durante um período longo de observação (mais de 15 minutos);
- Ruído intermitente: é aquele cujo nível de pressão sonora varia até 3 dB em períodos curtos (menores que 15 minutos e superior a 0,2 segundos);
- Ruído de impacto ou impulsivo: é aquele onde ocorrem picos de energia acústica

de durações menores a 1 segundo e a intervalos maiores que 1 segundo.

A Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) é consequência de uma exposição prolongada a um ambiente ruidoso. É causada por qualquer exposição a ruído que exerça uma média de 85/90 dBA, oito horas diárias, regularmente por um período de vários anos.

É uma doença de caráter irreversível e de evolução progressiva, mas totalmente passível de prevenção.

Seligman (1994, p.126), caracteriza a PAIR:

Como uma perda sempre neurossensorial, irreversível e quase sempre similar bilateralmente e que raramente leva à perda auditiva profunda, e que, geralmente, não ultrapassa os 40 dB nas frequências baixas e os 75 dB, nas altas, manifestando-se primeiramente, nas frequências de 3, 4 e 6 kHz e com o agravamento da lesão, estende-se às frequências de 8, 2, 1, 0,5 e 0,25 kHz.

Seligman e Ibáñez (1993, p.76), acrescentam que:

A exposição ao ruído produz deterioração auditiva lenta, progressiva e irreversível com características de disacusia neurossensorial geralmente simétrica. Além das queixas freqüentes de tinnitus, hipoacusia, fadiga, zumbido, quebra do rendimento laboral e alterações neurovegetativas.

O ruído em excesso tem o poder de lesar considerável extensão das vias auditivas, desde a membrana timpânica até regiões do sistema nervoso central. Pois, no ouvido interno ocorrem as principais alterações responsáveis pela perda auditiva induzida pelo ruído, já que as células ciliadas são sensíveis a altas e prolongadas pressões sonoras, a exaustão metabólica, com depleção enzimática e energética, com a morte celular, sendo o espaço preenchido por formações cicatriciais, resultando dessa forma, em déficit permanente da capacidade auditiva.

Ibáñez (2002, p.13), relata que:

As perdas auditivas neurossensoriais relacionadas ao trabalho são irreversíveis, não dispõem de tratamento medicamentoso ou cirúrgico. A prevenção é a única arma disponível no combate ao agravo. Devem ser prevenidos o desencadeamento de novos casos, o agravamento dos casos já existentes e as seqüelas sociais decorrentes da doença.

Para Araújo (2002, p.48), a PAIR é ocasionada pela exposição prolongada a ruídos, existindo dois aspectos fundamentais: as características do ruído e a suscetibilidade individual. Sendo as características: intensidade, frequência, tempo de exposição e natureza do ruído. Para tanto, a intensidade a partir de 85/90 dB de ruído causa uma lesão irreversível, sendo esta lesão mais prejudicial, quanto maior for o ruído.

Na frequência, qualquer área do espectro sonoro é capaz de desencadear problemas no ouvido interno, tendo como mais traumatizantes os ruídos compostos pelas frequências altas.

Em relação ao tempo de exposição, a lesão é proporcional ao tempo em que o indivíduo fica exposto ao ruído. Já a natureza do ruído, refere à distribuição da energia sonora durante o tempo, podendo ser contínua, flutuante e intermitente.

A suscetibilidade individual está relacionada com o sexo, idade e doenças do ouvido. Sendo mais freqüente no sexo masculino, na idade, os mais jovens e os mais idosos têm maior suscetibilidade.

O diagnóstico da PAIR deve ser realizado através da obtenção de uma história de exposição a ruídos, um exame otorrinolaringológico com ênfase na otoscopia e um exame auditométrico tonal limiar, avaliando as frequências tradicionais, acrescidas de 3 e 6 kHz. O trabalhador avaliado, deve estar em repouso acústico, mínimo de 14 h, a fim de ser evitada a detecção de uma perda auditiva temporária (SILVA, 2009).

O portador da PAIR pode apresentar intolerância a sons intensos, zumbidos, além de comprometimento da inteligibilidade da fala, observando na audiometria vocal, com prejuízo no processo da comunicação.

Seligman (1994, p.17), acrescenta:

A PAIR é uma perda neurossensorial, geralmente simétrica, manifesta-se inicialmente nos agudos, nas faixas dos 3.000 aos 6.000 Hz. Atinge perdas de até 40 dB nas frequências baixas e 75 nas altas. Apresenta-se, geralmente após três anos de exposição aos ruídos e mostra tendência de estabilização nas altas frequências após 15 anos de evolução.

Enfatiza-se que, não deverá haver progressão da PAIR, uma vez cessada a exposição ao ruído intenso. Pois, geralmente atinge o seu nível máximo para as frequências de 3, 4 e 6 kHz nos primeiros 10 a 15 anos de exposição sob condições estáveis de ruído.

Seligman (1994, p.127), afirma também:

A PAIR pode agravar-se através da exposição simultânea do trabalhador a ruídos intensos, bem como os outros agentes, tais como produtos químicos e vibrações, além do trabalhador que é portador de alguma doença que provoque suscetibilidade ao ruído aumentada.

Costa (1994, p.914), complementa:

Os efeitos da intensidade e duração da exposição ao ruído, sendo mais bem conhecidos e quantificados o dano causado apenas ao aparelho auditivo, embora existam aspectos extra-auditivos, como alterações físicas e psíquicas causadas pelo ruído.

Assim, o ruído elevado poderá atuar como fator predisponente à ocorrência de acidentes do trabalho, e segundo Leite e Souto (1996, p.401), ser causa agravante de doenças nos sistemas cardiovasculares e endócrinos por ação do sistema nervoso autônomo.

Para Nudelman et al. (1997, p.97):

O ruído ocupacional é um perigoso agente poluente, sendo o mais comum, entre tantos encontrados no ramo industrial. Os sintomas auditivos são os zumbidos, dificuldades na compreensão da fala. Já os extra-auditivos são: alterações do sono e transtornos da comunicação, neurológicos, vestibulares, digestivos, comportamentais, cardiovasculares e hormonais.

De acordo com Araújo (2002, p.51):

A PAIR é um comprometimento auditivo passível de prevenção que pode produzir alterações importantes no trabalhador que interferem na sua quantidade de vida, produzindo desvantagens e incapacidade auditiva. A incapacidade auditiva se dá através da redução da percepção da fala em ambientes ruidosos. Desvantagens sendo conseqüências não-auditivas como estresse, ansiedade, isolamento e auto-imagem pobre, as quais comprometem as relações do indivíduo na família, no trabalho e na sociedade, prejudicando o desempenho de suas atividades de vida diária.

Dessa forma, a necessidade de utilização de protetores auditivos para a redução

mecânica do ruído e a de Programas de Conservação Auditiva em ambientes ruidosos, ruído excedendo 85 dB, é de extrema importância.

O Programa de Conservação Auditiva (PCA) é um conjunto de medidas que objetivam impedir determinadas condições de trabalho que provoquem deterioração dos limiares auditivos.

Ibañez (2002, p.17) enfatiza que:

A prevenção das perdas auditivas relacionadas ao trabalho se faz principalmente pela melhoria dos ambientes de trabalho, com a eliminação ou o controle rigoroso dos riscos existentes. Paralelamente devem ser implantadas medidas de proteção individual, que nada mais são do que o uso paliativo de protetores auditivos tipo plug ou concha até que as medidas ambientais sejam implantadas. A manutenção de um programa de conservação auditiva por parte dos empregados é a forma de organizar de forma racional e medidas a serem adotadas.

Nos Programas de Conservação Auditiva são importantes as medições acústicas envolvendo pressão sonora e tempo para determinação dos níveis de exposição a ruído.

As informações obtidas com o monitoramento pessoal são fundamentais para a seleção dos protetores auditivos individuais, como também o controle e análise das audiometrias ocupacionais.

O PCA deve ser considerado como um investimento para as empresas que, através da preservação da saúde auditiva de seus colaboradores, sabem que os resultados em longo prazo, resultarão em benefícios para ambas as partes. Este deve ser desenvolvido dentro da empresa por profissionais capacitados e envolvidos com a preservação e com a redução dos acidentes de trabalho.

Envolve uma equipe multidisciplinar, no qual é primordial o envolvimento das áreas: de saúde (médico e fonoaudiólogo); de segurança (engenheiro e técnico), de gerência industrial e de recursos humanos da empresa.

Para tanto, a equipe multidisciplinar deverá identificar e avaliar os locais de riscos através do mapeamento do ruído, a vibração, dos agentes químicos, entre outros,

observando, principalmente, a interação destes, no mesmo local de trabalho.

A partir daí, os profissionais deverão mapear o controle dos mesmos e propiciar proteção coletiva ou individual, oferecendo acompanhamento e treinamento da utilização dos equipamentos de segurança.

Para Rocha (2000, p.78):

É um trabalho gratificante em que todos ganham. Ganham o trabalhador para ter uma audição monitorada, ganha o empregador para estar melhorando a higiene industrial, ganha o sistema previdenciário por ter redução no pagamento de benefícios e ganha a sociedade por esta empresa estar cumprindo o seu papel de ator social, na concepção de saúde como um todo e para todos.

De acordo com Otacílio e Campos (1994, p.87), as audiometrias limiares tonais, são classificadas como:

Nível de audição normal até 25 dB; Disacusias: leve, de 25 até 40 dB; Moderada, de 41 a 70 dB; Severa, de 71 a 90 dB e, Profunda, acima de 91 dB. As audiometrias ocupacionais, classificadas em três grupos: Audiometrias Normais, Audiometrias sugestiva de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído e Audiometria devido a outras doenças auditivas. As audiometrias sugestivas de PAIR, aquelas que apresentam laudo de disacusia neurosensorial leve representando um entalhe em 4 kHz e 6 KHZ e disacusia neurosensorial simétrica bilateral variante de nível leve e moderado com alguma frequência em nível severo. Normais: todas cujos limiares foram no máximo até o nível de 25 dB. E, audiometrias devido outras doenças auditivas, aquelas que apresentam alterações não relacionadas à PAIR.

Segundo as Normas Regulamentadoras, em suas normatizações, estabelecem os parâmetros para a aplicação das leis. Atlas (2006, p. 137), a NR-15 (Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres) em seu anexo I, estabelece os limites de tolerância para os trabalhadores expostos ao ruído.

Para tanto, os trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora (ruído) superiores aos estabelecidos e tolerados pela NR-15 devem ser, obrigatoriamente, protegidos por meio de equipamentos de proteção individual e coletiva (EPIs e EPCs).

De acordo com Atlas (2006, p.138), em seu Anexo I (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente):

5. Não é permitida exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos

que não estejam adequadamente protegidos;

7. As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão riscos grave e eminente.

Além da NR-7, obrigando a implementação do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), objetivando a preservação da saúde do conjunto de trabalhadores, no seu quadro II, estão os parâmetros para a monitoração de exposição ocupacional a agentes de risco à saúde, incluindo o ruído. Enquanto no Anexo II, constam as diretrizes e parâmetros mínimos para avaliação e acompanhamento da audição em trabalhadores expostos a níveis de pressão sonora elevados e os subsídios para a adoção de programas de preservação da saúde auditiva dos trabalhadores, inclusive os parâmetros para a realização dos exames audiométricos, bem como a sua interpretação.

Portanto, é importante ressaltar, a grande responsabilidade dos profissionais que trabalham com saúde e segurança do trabalho na implantação de medidas que diminuam as perdas auditivas e auxiliem as empresas a alcançarem tais objetivos.

2.5.3.1. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO

Segundo a legislação trabalhista brasileira (BRASIL, 1994), o ruído é definido como um agente nocivo e insalubre ao homem e todo indivíduo que trabalha ou trabalhará em um ambiente com elevados níveis de ruído deve ser submetido a exames audiométricos periódicos, para que o estado de sua audição seja avaliado. O primeiro exame audiométrico é realizado no momento da admissão e este exame é considerado como referencial, pois os exames posteriores serão comparados com ele.

As normas trabalhistas indicam os valores máximos de tempo que um trabalhador pode estar submetido a níveis específicos de ruídos. A estimativa do tempo máximo de exposição tolerada T_t , ou seja, o tempo máximo permitido sem proteção auditiva pode ser obtida da expressão:

$$T_t = 8 \times 2^{(L_{crit} - L_{eq})/q} \quad (3)$$

Onde:

L_{crit} = nível limiar de integração a partir do qual os valores devem ser computados para fins de determinação da dose de exposição

L_{eq} = nível médio baseado na equivalência de energia

q = incremento de dose que quando adicionado a um determinado nível, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo permitido.

O quadro na seqüência apresenta a máxima exposição permissível sem protetor auditivo em função dos níveis de pressão sonora, segundo a NR-15 (Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho).

Quadro 4 - Máxima exposição diária permissível

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

DOSE

De acordo com Gerges (2000) a dose é o parâmetro utilizado para caracterização da exposição ocupacional ao ruído, expresso em porcentagem de energia sonora.

A exposição a níveis diferentes é considerada dentro dos limites permitidos da Portaria Brasileira N° 3.214, se o valor de Dose Diária de Ruído (D) não excede a unidade

A dose pode ser calculada por meio da expressão:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \frac{C_4}{T_4} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (4)$$

Onde:

C_i = tempo real de exposição a um específico nível de pressão sonora

T_i = tempo total permitido para a exposição

Para o cálculo da dose percentual de ruído absorvida diariamente, também pode ser utilizada a expressão:

$$D = \frac{T_{exp}}{8} \times 2^{(L_{crit} - L_{eq})/q} \times 100\% \quad (5)$$

Onde:

T_{exp} = tempo de exposição

L_{crit} , L_{eq} e q já detalhados anteriormente

Um exemplo para a compreensão do incremento de dose é o seguinte: se utilizarmos o fator $q = 5$, que é o valor utilizado no Brasil e nos EUA, para um L_{eq} de 90 dB(A) e uma exposição diária de 8 horas, temos uma dose diária de 200%, caso utilize-se um fator $q = 3$, que é o valor utilizado nos países europeus, para o mesmo L_{eq} de 90 dB(A) e tempo de exposição diária de 8 horas, teremos uma dose diária de 317%.

O quadro apresentado na seqüência expressa os critérios a serem adotados na análise da dose diária segundo a NR-15 que estabelece em seu Anexo N° 1, os Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente.

Quadro 5 - Critérios para medição da dose de ruído

Parâmetro	Valor
Jornada	8 horas
Ruído para Jornada	85 dB
Incremento de dose	5 dB
Circuito de Ponderação	A
Circuito de Resposta	Lenta
Nível Limiar de Integração	85 dB
Faixa de Medição	85-115 dB

Os limites segundo a NR-15 são objetos de estudos a fim de verificar sua real eficácia na proteção do trabalhador. Algumas entidades preocupadas com a segurança, como a FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho estipulam critérios mais rígidos para a avaliação da exposição pessoal ao ruído. Em sua Norma de Higiene Ocupacional NH0-01, que não possui força de lei, a FUNDACENTRO (1999) recomenda que seja adotado o incremento de dose de 3 dB além do nível limiar de integração de 80 dB, ou seja, exposições a níveis inferiores a 80 dB(A) não são consideradas no cálculo da dose.

A FUNDACENTRO também recomenda que de acordo com o valor constatado pela medição de ruído, sejam adotadas medidas para preservação auditiva dos trabalhadores. O quadro na seqüência apresenta estas medidas em função da dose (%) e como estes valores podem ser considerados tecnicamente (CREPPE e PORTO, 2001).

Quadro 6 - Critério de tomada de decisão (FUNDACENTRO)

Dose - %	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 – 50	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente
50 – 80	Acima do nível de ação	Adoção de medidas preventivas
80 – 100	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas
Acima de 100	Acima do limite de exposição	Adoção de medidas corretivas

PROTEÇÃO AUDITIVA

Existem três possíveis formas de intervenção para o controle do ruído nos ambientes de trabalho (MATOS, 1994):

- Intervenção sobre a fonte emissora: consiste no controle ou redução da emissão de ruído de máquinas e equipamentos.
- Intervenção sobre a propagação sonora: consiste na utilização de barreiras sonoras, através de blindagens ou barreiras, utilização de silenciadores e tratamento fonoabsorvente.
- Proteção sobre o indivíduo: medidas administrativas para redução do tempo de exposição ao ruído e uso de equipamentos de proteção individual.

Existem muitos meios de proteção sobre o indivíduo, sendo os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) os mais usuais, tais como os dispositivos do tipo tampão (tipo plug) e os protetores do tipo fone (concha). Segundo Gerges (2000), os EPI's não vedam completamente a passagem do ruído, pois este pode chegar ao ouvido interno através da vibração de ossos e tecidos do crânio, vibração do EPI e passagem através do espaço gerado pelo mau ajuste na orelha externa.

O modelo tipo plug de inserção é introduzido na parte inicial do canal auditivo e atua reduzindo a intensidade das vibrações sonoras que atingem os tímpanos. Utiliza-se papel, algodão, cera, lã de vidro, silicone ou espuma para confeccioná-los. O protetor tipo concha realiza a vedação acústica diretamente na cabeça, através das hastes que realizam pressão. O material é rígido, denso e não perfurado. A vedação no fone é de espuma ou material fluido, atenuando as freqüências altas (AYRES e CORRÊA, 2001).

Existem vantagens e desvantagens para cada tipo de protetor. O modelo plug de inserção é pequeno, fácil de carregar e guardar, tornando-se mais confortável em ambiente quente e conveniente para locais apertados ou fechados. Permite o uso de óculos, possui tamanho variável e sua atenuação (nível de redução de ruído - NRR) varia de 10 dB a 30 dB. Suas desvantagens estão relacionadas ao maior tempo e esforço para ajustá-lo, sua proteção é menor e varia de acordo com a vedação no conduto do usuário. Quanto à higiene, necessita de mais cuidados para não causar

infecções de orelha, e precisa também de cuidado com a colocação e retirada do mesmo. É difícil de ser visualizado, dificultando a fiscalização da empresa, e, por ser pequeno, é facilmente perdido.

O modelo concha possui apenas tamanho único, é mais aceito pelos funcionários e pode ser visto à distância, auxiliando no controle. É confortável em ambientes frios, possui vida útil longa, e é indicado para ruídos intermitentes devido à facilidade de remoção e colocação durante a exposição e sua atenuação (nível de redução de ruído - NRR) varia de 15 dB a 50 dB. Suas desvantagens estão relacionadas com o maior custo, com a proteção que depende da pressão do arco na cabeça e que com o tempo poderá ser reduzida, é difícil de guardar e carregar e, ainda interfere com o uso de óculos e máscaras, também causa desconforto pelo peso durante toda jornada de trabalho (ZOCCHIO, 2002).

De acordo com NIOSH (1975) o “nível protegido” de pressão sonora que atingirá o trabalhador que utiliza um equipamento de proteção auditiva poderá ser calculado utilizando a seguinte expressão:

$$NPS_P = NPS_L - (NRR - 7) \quad (6)$$

Onde:

NPS_P = nível de pressão sonora protegido em dB(A)

NPS_L = nível de pressão sonora no local em dB(A)

NRR = nível de redução de ruído fornecido pelo equipamento de proteção

2.6. AGENTES QUÍMICOS

São agentes decorrentes da manipulação e processamento de matérias primas, destacando-se as: poeiras e fumos; névoas e neblinas e gases e vapores.

Os fatores de risco de natureza química constituem um dos mais numerosos grupos de agentes de doença profissional, alguma das quais com ação mutagênica e cancerígena, além das com potencial alergênico.

Os danos físicos relacionados à exposição química incluem, desde irritação na pele e olhos, passando por queimaduras leves, indo até aqueles de maior severidade, causado por incêndio ou explosão.

Assim, os danos à saúde podem advir de exposição de curta e/ou longa duração, relacionadas ao contato de produtos químicos tóxicos com a pele e olhos, bem como a inalação de seus vapores, resultando em doenças respiratórias crônicas, do sistema nervoso, nos rins e fígado, e até mesmo alguns tipos de câncer.

Savarez (1994, p.01):

Considera os agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo do trabalhador pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, gases, neblinas, névoas ou vapores, ou que seja, pela natureza da atividade, de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo através da pele ou por ingestão.

Dessa forma, ao lidar com produtos químicos, a primeira providência é ler as instruções do rótulo, no recipiente ou na embalagem, observando a classificação quanto ao risco à saúde que ele oferece, bem como, às medidas de segurança para o trabalho.

De acordo com Câmara e Galvão (1995, p.618):

A exposição é representada pelo período em que o ser humano está sujeito aos diversos componentes ambientais através das diversas vias possíveis de absorção da substância tóxica pelo organismo: respiratória, cutânea, digestiva e placentária.

Assim, nos ambientes de trabalho a absorção ocorre predominantemente pela via respiratória. O fato de uma pessoa estar exposta a uma substância química não quer dizer que necessariamente desenvolverá uma intoxicação.

Devem ser considerados fatores inerentes ao indivíduo, tais como: sexo, idade, raça, genéticos, nutricionais, psíquicos e doenças prévias, que interferem no aparecimento, duração e gravidade dos efeitos adversos ocasionados pelos agentes presentes no ambiente.

Na Higiene ocupacional, as concentrações de agentes químicos são expressas em

termos volumétricos e massa. Sendo adotadas as seguintes unidades:

- Parte por milhão (ppm): as partes do contaminante por milhão de parte de ar.
- Porcentagem (%): volume de contaminação em relação ao volume total.
- Miligrama por metro cúbico (mg/m³): corresponde a massa contaminante, em miligrama por metro cúbico de ar.

Ressalvam-se ainda os limites de exposição, sendo um valor genérico, podendo englobar todos os limites, dentre eles, o limite de curta exposição, limite de tolerância, valor teto, não tendo, portanto, um valor absoluto e englobando os seguintes valores:

- Limite de Tolerância: é o valor limite da concentração do agente dentro do qual a maioria de trabalhadores pode permanecer exposta 8 horas diárias e 48 horas semanais durante toda a vida laboral, sem apresentar nenhum sintoma de doença.
- Valor Teto: representa a concentração do agente que não deve ser nunca excedida, mesmo instantaneamente, durante o tempo de trabalho.
- Valor Máximo: é o valor limite de exposição do tipo média ponderada no tempo, estabelecido pela legislação brasileira, que não pode ser ultrapassado em nenhum momento na jornada de trabalho.
- Limite de Curta Exposição: corresponde ao valor estabelecido pela ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) indicando o limite que o trabalhador pode ficar exposto durante 15 minutos a intervalos superiores e 60 minutos e não podendo ultrapassar 4 exposições numa jornada diária.
- TLV (Threshold Limit Value): termo americano de "limite de tolerância", com a exceção de que o TLV é para 8 h/diárias e 40 h/semanais, enquanto no Brasil, é de 8 h/diárias e 48 h/semanais.
- TLV - TWA (Threshold Limit Value - Time Weighted Average): termo americano que expressa o limite de tolerância ponderado no tempo, isto é, média ponderada de todas as exposições durante a jornada, calculada em função de exposição a cada nível.

2.6.1. PÓ DE SÍLICA

Devido à grande ocorrência da sílica cristalina na crosta terrestre, e ao grande uso

de materiais em que ela está presente, os trabalhadores podem se expor à sílica em grande número de ocupações de vários ramos de atividade econômica. Assim, a exposição ocupacional à sílica cristalina pode ocorrer em atividades de mineração, lavra e beneficiamento de rochas (como granito, por exemplo), nas indústrias de vidro, de cerâmicas, de cimento, da construção e nas fundições (BON, 2006).

A silicose é uma doença pulmonar causada pela inalação, retenção e reação pulmonar a partículas na fração respirável contendo sílica cristalina em suspensão no ar. É caracterizada por fibrose do tecido pulmonar e, uma vez a doença iniciada, é irreversível e geralmente progressiva (NIOSH, 2002).

Partículas contendo sílica cristalina são muito tóxicas para o organismo humano e, além da silicose, podem causar bronquite crônica, limitação crônica ao fluxo aéreo, aumento da incidência de tuberculose, doenças auto-imunes e câncer (ALGRANTI et al., 2003).

A sílica cristalina foi considerada carcinogênica na forma de quartzo e de cristobalita provenientes de fontes com exposições excessivas como as ocupacionais. A Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer da Organização Mundial da Saúde avaliou o risco de câncer com base em extensa bibliografia e publicou uma monografia sobre o assunto (BON, 2006).

As informações disponíveis sobre os fatores de risco que determinam o desenvolvimento da silicose, bem como sobre os respectivos métodos de prevenção e controle, são suficientes para considerar a doença como um problema de saúde pública.

A silicose é uma pneumoconiose importante, não só no Brasil. É grande o número de casos novos diagnosticados por ano no mundo. Por ser uma doença com altos índices de prevalência, a Organização Internacional do Trabalho e a Organização Mundial da Saúde lançaram em 1995 o “Programa Internacional da OIT/OMS para a Eliminação Global da Silicose” (GOELZER, 2001).

2.6.1.1. AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO PÓ DE SÍLICA

Os Limites de Exposição Ocupacional (LEO) para poeiras contendo sílica cristalina sofreram modificações ao longo dos últimos anos em função da melhoria das técnicas de amostragem e análise. Atualmente, são baseados em concentrações médias ponderadas pelo tempo, parâmetros que se correlacionam com efeitos crônicos, como é o caso da silicose (BON, 2006).

Segundo a American Industrial Hygiene Association (AIHA), 1998, os valores de referência mais adequados para exposições ocupacionais a substâncias de efeito crônico são os limites de exposição ocupacional da média de exposição de longa duração Long-term Average Exposure (LTA). No entanto, não existem valores de Limite de Exposição Ocupacional (LEO) - LTA para poeira e para sílica cristalina respirável.

Assim, até o momento os LEOs utilizados, como de referência são valores de média ponderada pelo tempo para jornadas diárias ou semanais. Não há um LEO universal para sílica cristalina. Vários países estabelecem seus próprios limites ou adotam os de instituições como o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ou Occupational Safety and Health Administration (OSHA). No quadro apresentado na seqüência são apresentados vários exemplos de LEOs para poeira respirável, inclusive o adotado no Brasil.

Quadro 7 - Valores recomendados e limites de exposição ocupacional para a sílica cristalina

Instituição	Nomenclatura	Valor Recomendado ou LEO (mg m ³)
NIOSH	REL-TWA (<i>recommended exposure limit-time-weighted average</i>) Jornada 10 horas diárias ou 40 horas semanais	REL = 0,05
OSHA	PEL-TWA (<i>permissible exposure limit-time-weighted average</i>) Jornada 8 horas diárias ou 40 horas semanais	$PEL = \frac{10}{\%SiO_2 + 2}$ (Quartzo) PEL = Metade do valor calculado para quartzo (Tridimita ou Cristobalita)
ACGIH	TLV - TWA (<i>threshold limit value - time-weighted average</i>) Jornada 8 horas diárias ou 40 horas semanais	TLV = 0,05
MTE (Ministério do Trabalho e Emprego/Brasil) NR-15, Anexo 12	Limite de Tolerância Jornada 8 horas diárias ou 48 horas semanais	$LT = \frac{8}{\%SiO_2 + 2}$

Os LEOs são considerados padrões de referência importantes para o controle dos ambientes de trabalho e tomada de decisão com relação à melhoria destes controles, a fim de prevenir as doenças ocupacionais.

O LEO brasileiro para poeira respirável contendo sílica cristalina, na forma de quartzo, foi definido em legislação como limite de tolerância. Ele está vigente desde 1978, e encontra-se na Norma Regulamentadora N° 15 (NR 15), anexo N° 12 (BRASIL 1978). Este LEO foi baseado na recomendação da ACGIH de 1974, e corrigido para a jornada de trabalho 48 horas semanais. O quadro acima apresentou a expressão para o cálculo deste limite. Na legislação brasileira, NR-9 encontra-se a definição de nível de ação, metade do valor do LEO. (BRASIL, 1994)

2.7. AGENTES BIOLÓGICOS

São aqueles oriundos da manipulação, transformação e modificação de seres vivos microscópicos, tais como: genes, bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, dentre outros.

Tais agentes podem ser encontrados em escavações de valas e tubulões, bem como, nas obras de saneamento, na indústria de alimentos e nas atividades relacionadas à manipulação de material biológico como nos laboratórios de análises clínicas.

2.8. AGENTES ERGONÔMICOS

São os agentes caracterizados pela falta de adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas do trabalhador (MANUAL DE ELABORAÇÃO - MAPA DE RISCOS, 2010).

Entre os agentes ergonômicos mais comuns estão:

- Trabalho físico pesado.
- Posturas incorretas.
- Posições incômodas.
- Repetitividade.
- Monotonia.
- Ritmo excessivo.
- Trabalho em turnos e trabalho noturno.
- Jornada prolongada.

Trabalho físico pesado, posturas incorretas e posições incômodas: provocam cansaço, dores musculares e fraqueza, além de doenças como hipertensão arterial, diabetes, úlceras, moléstias nervosas, alterações no sono, acidentes, problemas de coluna, etc.

Ritmo excessivo, monotonia, repetitividade, trabalho em turnos, jornada prolongada,

conflitos, excesso de responsabilidade: provocam desconforto, cansaço, ansiedade, doenças no aparelho digestivo (gastrite, úlcera), dores musculares, fraqueza, alterações no sono e na vida social (com reflexos na saúde e no comportamento), hipertensão arterial, taquicardia, cardiopatias (angina, infarto), tenossinovite, diabetes, asma, doenças nervosas, tensão, medo, ansiedade.

2.9. AGENTES CAUSADORES DE ACIDENTES

Dentre as causas de acidentes podem ser apontadas:

- Falha de projeto, construção ou montagem.
- Deficiência de equipamentos ou instalações.
- Falha de componentes.
- Deficiência de limpeza ou ordem.
- Falha de manutenção.
- Treinamento insuficiente do operador.
- Uso de ferramenta e equipamento impróprio.
- Falta de equipamento de proteção individual apropriado.
- Iluminação excessiva ou deficiente.
- Erro do operador.
- Falta de atenção.

A diminuição de produtividade e o aumento do número de acidentes imputáveis à fadiga provocada por horários de trabalho excessivos e por más condições de trabalho, especialmente no que se refere à iluminação e à ventilação, demonstram que o corpo humano, apesar da sua imensa capacidade de adaptação, tem um rendimento muito maior quando o trabalho decorre em condições ótimas.

2.10. MAPA DE RISCO

O mapa de risco é a expressão gráfica da distribuição dos riscos ocupacionais em um processo de trabalho específico. Foi instituído na legislação brasileira a partir de 1992 baseado no modelo operário desenvolvido na Itália no final da década de 60, e

todas as empresas, independente do grau de risco e da quantidade de funcionários, devem possuí-lo. Consiste na visualização gráfica dos riscos existentes no ambiente de trabalho, através de cores específicas (MACHADO et al., 2008).

As etapas da elaboração do mapa de risco incluem o levantamento dos dados do processo de trabalho, incluindo o número de funcionários que trabalham no setor, uma avaliação do ambiente de trabalho, das atividades desenvolvidas e a identificação dos riscos existentes. Além disso, faz-se a identificação das medidas de proteção e se elas são eficientes, estado de higiene e conforto das instalações e identificação dos problemas de saúde, acidentes de trabalhos ocorridos e as doenças ocupacionais registradas no setor.

Esse levantamento dos pontos de risco nos diferentes setores das empresas serve para identificar situações e locais potencialmente perigosos ou capazes de trazer prejuízos à saúde dos trabalhadores.

No mapa, os riscos são caracterizados graficamente por cores e círculos. As cores definem o tipo de risco enquanto a dimensão do círculo define o tamanho do risco, com o maior tamanho significando o maior risco. Os riscos podem ser:

- Verde representa risco físico.
- Vermelho representa risco químico.
- Marrom representa risco biológico.
- Amarelo representa risco ergonômico.
- Azul representa risco mecânico.

Para traçar um mapa de risco é necessário não apenas o conhecimento teórico do que seja risco. É preciso conhecer o ambiente físico, as pessoas que atuam naquele ambiente, o processo de produção e os fatores intercorrentes que eventualmente podem interferir em algum desses elementos. Assim temos um tripé: ambiente x homem x produção (MACHADO et al., 2008).

O conhecimento do ambiente vai além da planta baixa, pois é a disposição das máquinas que cria os ambientes, as vias de circulação do serviço e dos funcionários. O processo de produção não pode ser visto apenas como o funcionamento de cada máquina, mas a seqüência do serviço gerando um produto ou serviço. E o terceiro

fator, influenciado pelos anteriores e que por sua vez interfere nos mesmos, o trabalhador, o fator humano, o imponderável da equação.




Símbolo	Proporção	Tipos de Riscos
	4	Grande
	2	Médio
	1	Pequeno

Figura 1 - Tabela de Gravidade. Fonte: CIPA - Segurança.

Disponível em: <http://www.btu.unesp.br/cipa/mapaderisco.htm>

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão descritas as instalações e atividades realizadas no Laboratório de Mecânica de Rochas, bem como, o sistema de segurança do trabalho na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; será caracterizado o trabalhador exposto; serão identificados os agentes de risco ocupacional no laboratório, e ao final descritas as análises dos agentes realizadas.

3.1. O LABORATÓRIO DE MECÂNICA DE ROCHAS DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

O Laboratório de Mecânica de Rochas do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - LMR/EPUSP iniciou seus trabalhos a partir de 1992 tendo como objetivo principal promover e contribuir para o desenvolvimento de pesquisas que levem ao progresso da Mecânica de Rochas e ao desenvolvimento de técnicas para sua aplicação às obras de engenharia.

Perseguindo este objetivo o LMR/EPUSP se vale prioritariamente dos seguintes veículos e meios:

- Interação com empresas nas áreas da mineração, construção civil e petróleo; estabelecendo convênios que permitam o desenvolvimento de pesquisas para o estudo e solução de problemas específicos da área.
- Contribuição com estudos de pós-graduandos, colocando à disposição seus recursos laboratoriais e facilidades, por meio de convênios e inserção em suas linhas de pesquisa.
- Incentivo e participação na divulgação e no debate de questões da área e/ou resultantes de dados de cuja obtenção tenha participado, junto à comunidade técnico-científica.
- Constituição de um banco de dados sistematicamente organizado, para consulta permanente e divulgação periódica dos parâmetros de caracterização geomecânica de rochas levantados no LMR/EPUSP.

O LMR/EPUSP desenvolve suas atividades por meio da execução de tarefas seqüenciais e complementares entre si, como segue:

PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

Confecção de amostras com variadas geometrias de acordo com as especificações de cada ensaio em particular:

- Extração de amostras cilíndricas.
- Corte em serra com disco diamantado.
- Retificação de superfícies.
- Controle dimensional.

ENSAIOS

Realização de ensaios para a determinação de parâmetros relativos ao comportamento mecânico das rochas, tais como:

- Resistência à compressão uniaxial.
- Módulo de elasticidade.
- Coeficiente de Poisson.
- Resistência à tração.
- Coesão.
- Ângulo de atrito.
- Resistência à compressão triaxial.
- Resistência em pós-ruptura na compressão.
- Resistência ao cisalhamento.
- Resistência à compressão pontual.
- Resistência à flexão.
- Resistência ao atrito em plano inclinado.
- Índice de Abrasão "Los Angeles".
- Índice de Desgaste Amsler.

PESQUISAS EM ENGENHARIA DE ROCHAS E MECÂNICA DE ROCHAS

Desenvolvimento das seguintes atividades:

- Análise e interpretação de resultados de ensaios.
- Estudo do comportamento mecânico de materiais rochosos.

- Modelamento numérico de obras em rocha.
- Estudos de estabilidade de obras em rocha, em subterrâneo e a céu aberto.
- Desenvolvimento de modelos físicos em mecânica de rochas.
- Instrumentação de campo.
- Corte de rocha com jato de água de alta pressão.

3.1.1. DESCRIÇÃO DAS OPERAÇÕES REALIZADAS E DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS

As operações de preparação de corpos de prova no LMR/EPUSP visam fornecer amostras com formatos geométricos e dimensões de acordo com as normas de ensaio utilizadas internacionalmente da International Society of Rock Mechanics - ISRM, de modo que os resultados possam ser utilizados adequadamente nas atividades de projeto e possam ser comparados a resultados obtidos em qualquer outra instituição que utilize as mesmas normas de ensaio.

Equipamento: Máquina de extração de corpos de prova.

Fabricante: Hilti do Brasil Ltda.

Modelo: DCM-2.

Função: Corte corpos de prova cilíndricos de diferentes diâmetros à partir de blocos de rocha.

Obs.: Atualmente no LMR tem-se disponíveis coroas diamantadas em diâmetros de 2", 3", 4", 6" e NX (54,7 mm).



Figura 2 - Máquina de extração de corpos de prova

Equipamento: Serra com disco diamantado.

Fabricante: Norton S. A.

Modelo: Clipper BW-III.

Função: Corte dos cilindros na dimensões requeridas para os ensaios, e preparação de corpos de prova prismáticos.

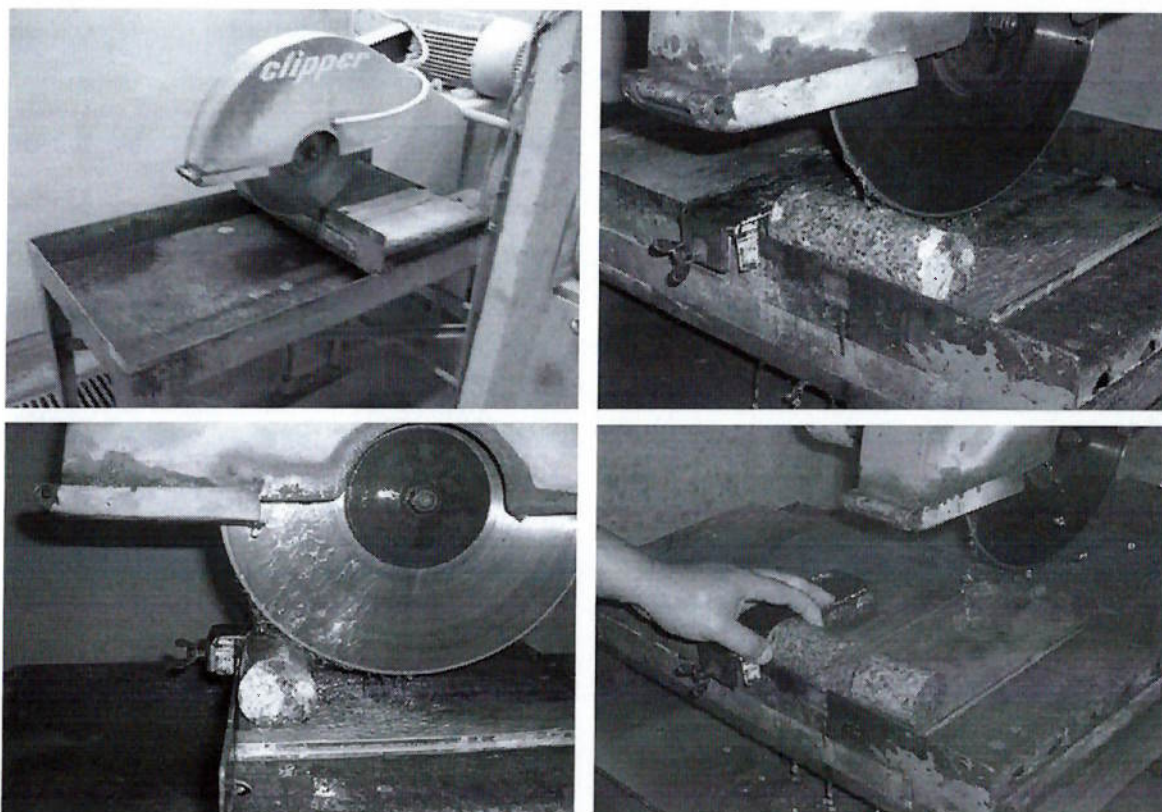


Figura 3 - Serra com disco diamantado

Equipamento: Retífica plana.
Fabricante: Sulmecânica Industrial Ltda.
Modelo: RAPH-640/E.
Função: Retificação das faces dos corpos de prova de modo a atender às especificações de ensaio quanto à planicidade, paralelismo entre as faces e ortogonalidade das faces em relação ao eixo do corpo de prova.

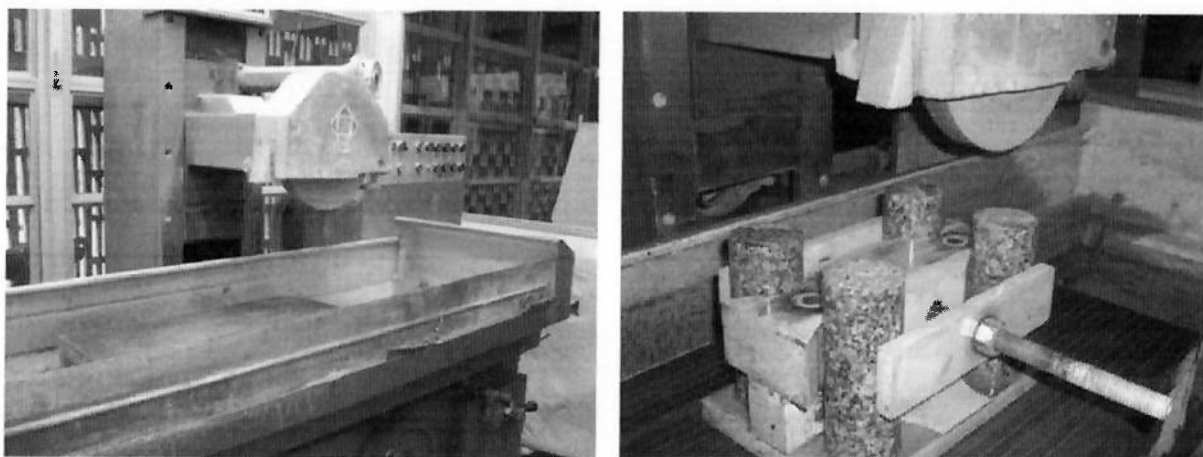


Figura 4 - Retífica plana

Equipamento: Máquina de medição tridimensional.
Fabricante: Mitutoyo do Brasil Ltda.
Modelo: B-231 (com apalpador de precisão: fabricação Renishaw Inc., modelo MIP).
Função: Análise dimensional, com precisão de medidas da ordem de 4 μm , para controle de qualidade da operação de retificação dos corpos de prova, quanto ao acabamento das superfícies.
Obs.: Caso o corpo de prova não atenda às especificações da ISRM suas faces deverão ser retrabalhadas.



Figura 5 - Máquina de medição tridimensional

ENSAIOS

Depois de adequadamente preparados, os corpos de prova de rocha são então submetidos aos vários tipos de ensaios de caracterização do seu comportamento mecânico e levantamento de parâmetros elásticos e plásticos.

Equipamento: Sistema de realização de ensaios servo-controlados em Mecânica de Rochas.

Fabricante: MTS Systems Co.

Modelo: MTS 815 Rock Mechanics Testing System.

Função: Realização de ensaios de compressão, tração e flexão sobre amostras de rocha, com instrumentação de deformações através de transdutores e controle digital do carregamento em tempo real.



Figura 6 - Sistema de realização de ensaios em Mecânica de Rochas

Com capacidade para aplicação de força em compressão de até 2.600 kN, este equipamento é um sistema com ciclo fechado de controle servo-hidráulico totalmente digital e operado através de computador, dotado dos seguintes sensores:

- Transdutor com célula de pressão diferencial para medida da força aplicada.
- Sensor LVDT de posição do atuador.
- Transdutores para monitoração das deformações radial (circunferencial ou lateral) e axial.

Durante a execução de um ensaio em rocha, o ciclo de controle servo-hidráulico se desenvolve da seguinte maneira: os sinais adquiridos pelos sensores são utilizados como feedback no ciclo de controle. Durante a realização do ensaio o circuito controlador do sistema, compara o sinal de feedback com um sinal pré-programado fornecido por um gerador de função digital e fornece um sinal de erro proporcional à diferença entre estes, a partir daí este sinal de erro é amplificado de forma a se tornar um sinal de comando para a servo-válvula, que deverá acionar o atuador da estrutura de carga na direção apropriada de forma a compensar o erro. Este ciclo fechado deve se repetir continuamente e sua eficiência dependerá da sensibilidade dos transdutores e da velocidade do controlador.

Equipamento: Célula de compressão triaxial.
Fabricante: Robertson Geologging Ltd.
Modelo: RG Steel Instrumented Triaxial Cell.
Função: Realização de ensaios de compressão com aplicação de tensão confinamento de até 70 MPa, e instrumentação de deformações através de transdutores.

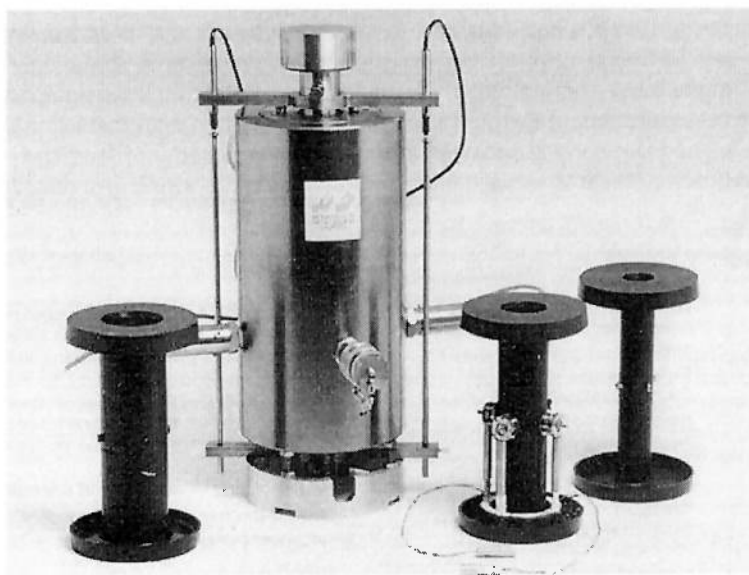


Figura 7 - Célula para ensaios de compressão triaxial

Equipamento: Célula de compressão triaxial educacional.
Fabricante: ELE International Ltd.
Modelo: EL70-010 Hoek Cell.
Função: Realização de ensaios de compressão com aplicação de tensão confinamento de até 70 MPa, para propósitos educacionais do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

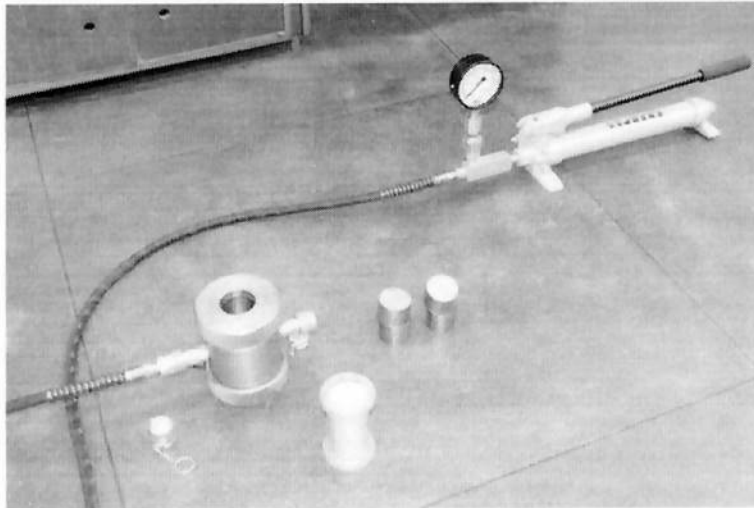


Figura 8 - Célula para ensaios educacionais de compressão triaxial

- Equipamento:** Célula para ensaios de cisalhamento direto.
- Fabricante:** Structural Behavior Engineering Laboratories Inc. - SBEL.
- Modelo:** RM 102 Direct Shear Machine.
- Função:** Realização de ensaios de cisalhamento direto sobre amostras de rocha em laboratório e em campo, com capacidade para aplicação de forças normal e cisalhante de até 4,5 tf.

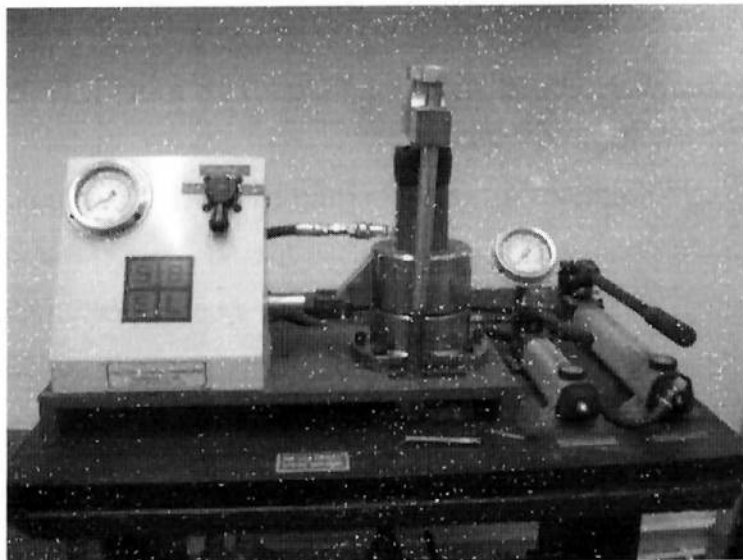


Figura 9 - Célula para ensaios de cisalhamento direto

- Equipamento:** Célula para ensaios de compressão pontual.
- Fabricante:** ELE International Ltd.
- Modelo:** EL77-0110.

Função: Realização de ensaios de compressão pontual sobre amostras de rocha em laboratório e em campo, com capacidade para aplicação de carga de até 55 kN.

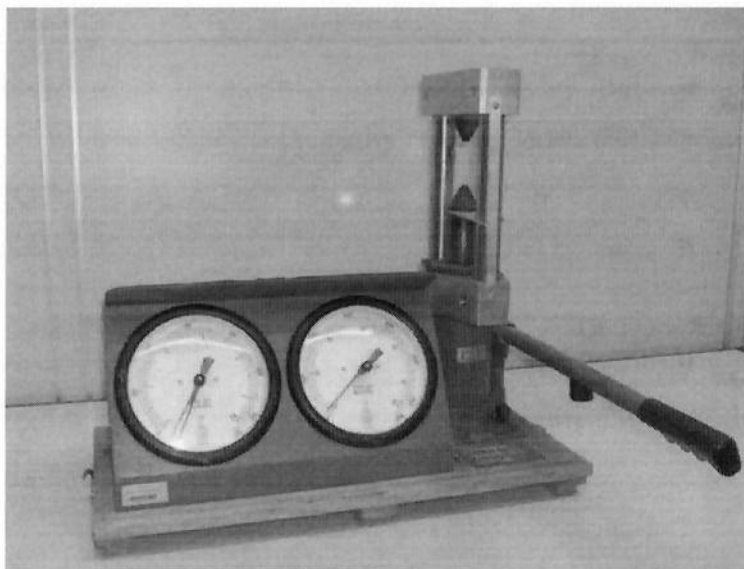


Figura 10 - Máquina para ensaios de compressão pontual

Equipamento: Máquina para corte com jato de água de alta pressão.

Fabricante: Omax Inc.

Modelo: 2652A Jet Machining Center

Função: Corte de rocha através jato de água de alta pressão em sistema de traçagem bidimensional controlado por computador.



Figura 11 - Máquina para corte com jato de água de alta pressão

Equipamento: Compressor de ar.
Fabricante: Tecnomecânica Ltda.
Modelo: WTV 10N
Função: Pressurização e armazenagem de ar.

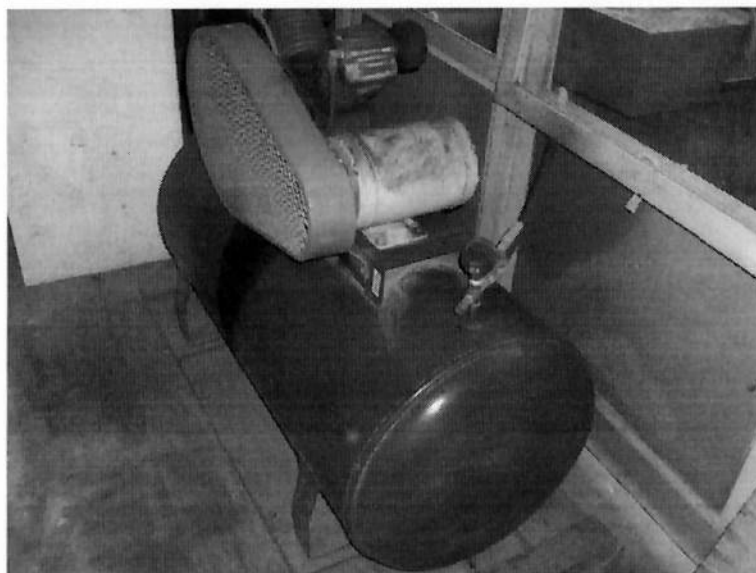


Figura 12 - Compressor de ar

Equipamento: Torre de resfriamento de água.
Fabricante: Latina Ltda.
Modelo: TRA30RM
Função: Resfriamento da água que refrigera o óleo hidráulico do sistema de realização de ensaios MTS 815.

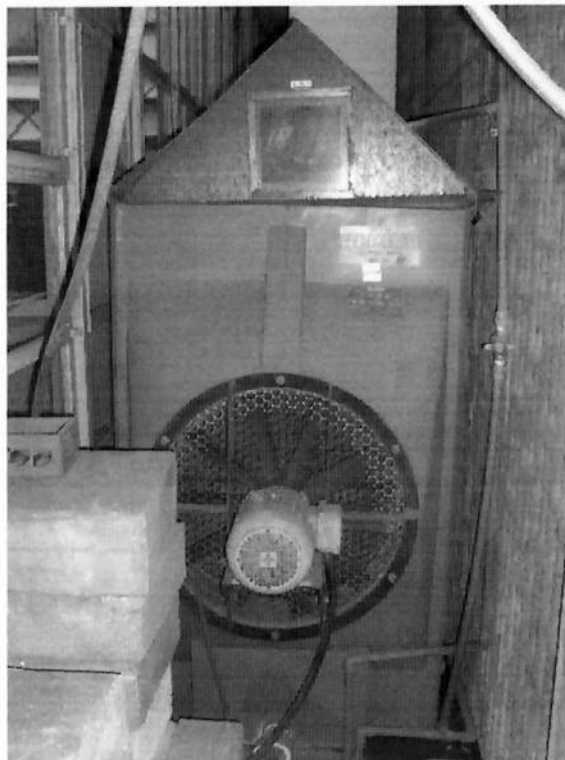


Figura 13 - Torre de resfriamento de água

3.2. O SISTEMA DE SEGURANÇA DO TRABALHO NA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

A Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) tornou-se obrigatória, a partir de 10 de novembro de 1944, através da "Nova Lei de Prevenção de Acidentes". Em 08 de junho de 1978 a Portaria nº 3.214, do Ministério do Trabalho estabeleceu 28 Normas Regulamentadoras sobre Higiêne, Segurança e Medicina do Trabalho. Dentre elas a norma Regulamentadora NR-5, trata da regulamentação da CIPA quanto a sua constituição, organização, atribuições, funcionamento, treinamento e processo eleitoral. Em 23 de fevereiro de 1999, o Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho - DSST do Ministério do Trabalho alterou a NR-5, através da Portaria nº 08.

Na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo a CIPA tem como objetivo principal a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho. O desenvolvimento do trabalho aliado à integridade física do trabalhador proporciona melhor qualidade de vida e saúde.

Os campos de atuação fundamentais são:

- Vistoria das condições de riscos nos ambientes de trabalho.
- Adoção de medidas de segurança para reduzir ou neutralizar os riscos existentes.
- Fornecimento de equipamentos de proteção individual ao trabalhador, adequados às respectivas funções.
- Formação, treinamento e manutenção de equipes especializadas para atendimento em situações de emergência.
- Orientação e divulgação, buscando conscientizar sobre a importância da adoção de uma postura preventiva.

A diretoria da CIPA/EPUSP na gestão 2009/2010 é composta por:

- Presidente: Marli Bonassa Ruiz (marli.bonassa@poli.usp.br).
- Vice-Presidente: Elaine Cristina Cogo Honorato (elaine.cogo@poli.usp.br).
- Secretária: Sandra Regina Morena da Silva Fideles (sandra.fideles@poli.usp.br).

3.2.1. MEDIDAS DE SEGURANÇA IMPLANTADAS PELA CIPA/EPUSP

Segurança contra Incêndios, dimensionamento – recarga - testes dos extintores e brigadas de incêndio:

Com o dimensionamento de extintores de incêndio e sua implantação, juntamente com a formação das Brigadas de Incêndio, a EPUSP está resguardada de riscos e capacitada a combater focos de incêndios de forma ágil, eficiente e rápida.

Equipamento de proteção individual - EPI:

Considera-se EPI todo dispositivo de uso individual, destinado a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador. Conforme estabelece a Norma Regulamentadora NR-06, são fornecidos periodicamente EPIs adequados à atividade do empregado.

Segurança Global dos Laboratórios, vistorias e caracterização dos riscos:

Qualquer tipo de ocorrência de acidente, no âmbito da EPUSP, envolvendo, docentes, discentes, funcionários ou visitantes, a princípio é de responsabilidade da EPUSP. Portanto, para prevenir e resguardar tanto a integridade física quanto danos ou prejuízos à propriedade, é dever desta Comissão juntamente com o apoio e

cooperação de todos os departamentos, laboratórios, e demais setores, observar e vistoriar periodicamente as instalações da EPUSP, objetivando sanar quaisquer desvios e adotar medidas preventivas visando a segurança geral.

SIPAT - Semana Interna de Prevenção de Acidentes e cursos - treinamentos:

Atividades de orientação, informação e conscientização são realizadas através da SIPAT e de cursos e treinamentos constantes.

Caderno informativo de prevenção de acidentes:

As Revistas CIPA, de periodicidade mensal, estão disponíveis para consulta, na sede da CIPA/EPUSP.

3.2.2. MAPA DE RISCO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E DE PETRÓLEO DA EPUSP

O Mapa de Risco do PMI/EPUSP está localizado na entrada do prédio e é apresentado de forma apenas ilustrativa na próxima folha.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES

Prédio da Eng. de Minas e Petróleo

Mapa de Risco

GESTÃO 2009/2010

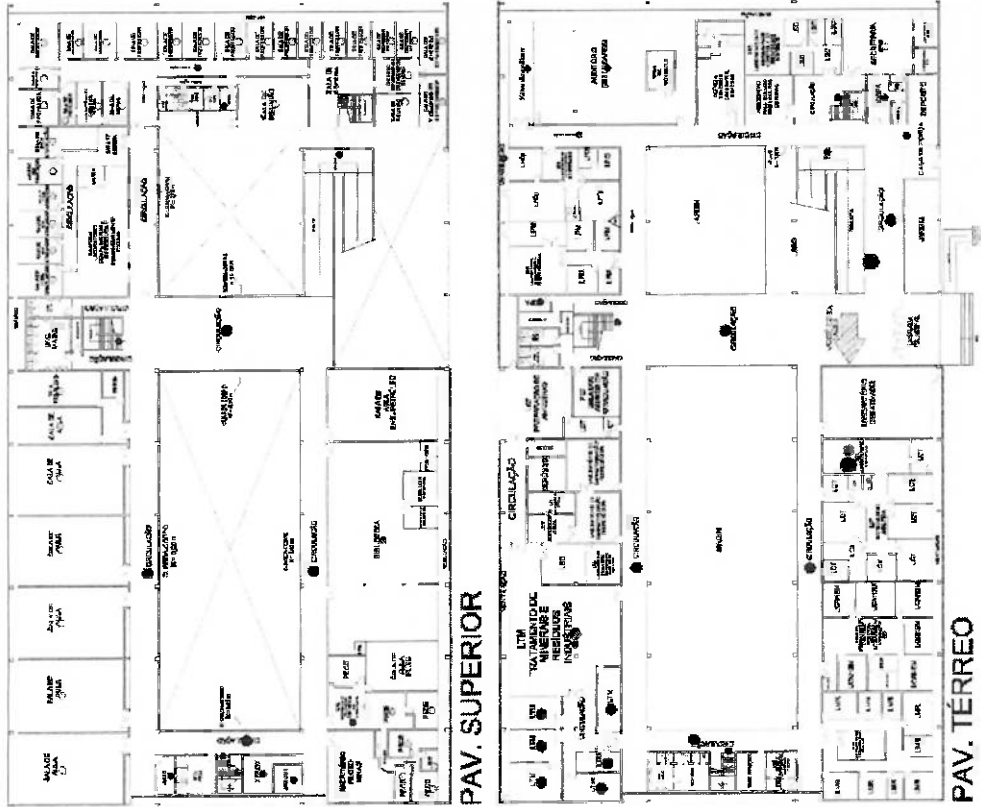
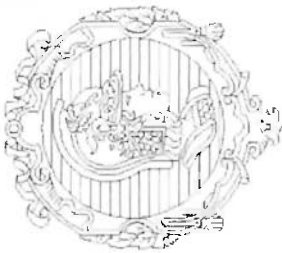


Figura 14 - Mapa de Risco do PMI/EPUSP

GESTÃO 2009/2010

PRE-SIDENTE
 Mari Bonafina Iruiz
 E-mail: mari_bonafina@poli.usp.br
 Admin: mari@poli.usp.br

VICE-PRESIDENTE
 Elaine Cristina Cogo Honorato
 E-mail: elaine_cogo@poli.usp.br
 SVORCC - Ramal 5225

SECRETARIA
 Sandra Regina Moreira da Silva Fideles
 E-mail: sandra.fideles@poli.usp.br
 Admin: sandra@poli.usp.br

REPRESENTANTES DOS EMPREGADOS

Membros TITULARES
 Elaine Draibes Cogo Honorato - Ramal 5226
 Rosalva Morde - Ramal 5284
 Tereza Menezes Rodrigues - Ramal 5319
 Jovani Rodrigues Pafelha - Ramal 5034
 Marcia Fracalossi Silva - Ramal 5240
 Elise Noqueles de Olive - Ramal 5123

Membros SUPLENTEs
 Nilson Augusto do Carmo - Ramal 6371
 Julio César Gomes dos Santos - Ramal 4632
 Valdiria dos Santos Silva - Ramal 5246
 José Ivan Narcis Lobo - Ramal 2280
 Leda Sueli - Ramal 9287

REPRESENTANTES DO EMPREGADOR

Membros TITULARES
 Marli Donussa Ruiz - Ramal 5464
 Alina Macedo Mello - Ramal 5289/5224
 Rosa Andréa Franco - Ramal 18203
 Lucio César de Carvalho - Ramal 5508/5444
 Leandro Carlos Damasceno - Ramal 5351
 Adriano Figueiredo Silva Filho - Ramal 5575
 Luis Antonio do Oliveira - Ramal 6563

Membros SUPLENTEs
 Miguel Rosa Nunes - Ramal 5619
 Maria Auxiliadora de Silva Marz - Ramal 5501
 Danilo Augusto de Almeida Filho - Ramal 5244
 Seleni Silva de Souza - Ramal 5174
 Alessandra Rodrigues de Oliveira - Ramal 2243

REVISÃO E DESENHADO: A. M. S. / Universidade de São Paulo

Na figura que segue podemos observar o detalhe do mapa de risco do PMI/EPUSP referente ao LMR/EPUSP, onde não aparecem quaisquer apontamentos.

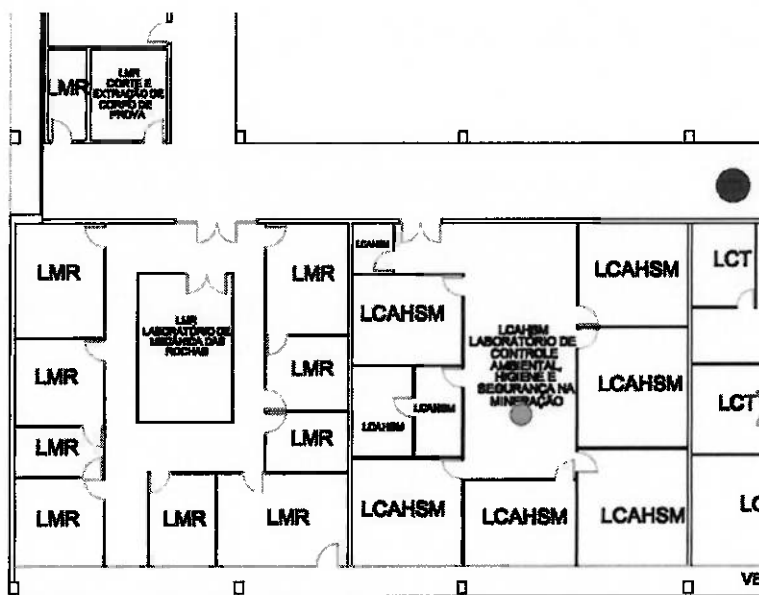


Figura 15 - Detalhe do LMR/EPUSP no pavimento térreo do mapa de riscos

Deve ser destacado que segundo informações obtidas da CIPA da EPUSP, nunca foi elaborado Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) para o prédio do PMI/EPUSP.

Atualmente o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT da Universidade de São Paulo vem trabalhando para atender esta necessidade, tendo concluído recentemente o PPRA do prédio da Engenharia Química e está atualmente trabalhando no prédio da Engenharia Civil. O prédio da Engenharia de Minas - PMI/EPUSP deverá ser alvo de estudos ainda no ano de 2010.

3.3. IDENTIFICAÇÃO DE AGENTES NO LMR/EPUSP

Em função das características particulares das atividades realizadas no LMR/EPUSP identificamos os seguintes agentes que serão objeto de avaliação:

- Agentes Físicos: iluminação, calor e ruído.
- Agente Químico: pó de sílica.

Neste trabalho não serão analisados os agentes biológicos, ergonômicos e os causadores de acidentes, pois em razão de sua maior dificuldade de caracterização, deverão ser objeto de um estudo posterior.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DO TRABALHADOR EXPOSTO

A equipe do LMR/EPUSP é composta por três pesquisadores de nível superior, um técnico de nível médio e um estagiário, aluno de graduação do curso de Engenharia de Minas.

Nesta pesquisa o trabalhador a ter sua exposição a riscos ocupacionais estudada será o Técnico Especializado de Laboratório, pois é este que executa as tarefas sujeitas a maiores riscos e opera equipamentos em condições de maior insalubridade.

Descrição das atividades exercidas pelo trabalhador:

- Coleta de amostras de rocha.
- Corte e preparação de corpos de prova de rocha, argamassa e concreto para a realização de ensaios mecânicos.
- Operação da máquina de extração de corpos de prova com coroa diamantada.
- Operação de serra de corte de rocha e concreto com disco diamantado.
- Operação da retífica plana para preparação de corpos de prova de rocha e de concreto.
- Medição de corpos de prova em máquina de medição tridimensional.
- Execução de ensaios em rocha: abrasão Los Angeles, desgaste Amsler, índices físicos, tilt-test, resistência ao cisalhamento, ao impacto de corpo duro, martelo Schmidt e compressão uniaxial.
- Preparação de montagens específicas para ensaios ensaio de cisalhamento direto e tilt-test.
- Preparação e corte de placas de rochas ornamentais para ensaio de flexão e impacto.
- Confecção de dispositivos para ensaios.
- Operação de manutenção de máquina de corte com jato de água de alta pressão

e abrasivo.

- Treinamento de alunos de pós-graduação na operação da máquina de corte com jato de água.
- Auxílio às atividades práticas desenvolvidas no LMR/EPUSP em aulas de graduação e pós-graduação.

Para execução das atividades citadas são utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual:

- Sapato de segurança com biqueira de aço.
- Calça bota em borracha e PVC.
- Óculos de segurança.
- Protetor auricular: plug e concha.
- Luva de raspa em couro.
- Luva em fio de aço inox emborrachada.
- Avental guarda pó em algodão.
- Avental de proteção de raspa de couro.

3.5. DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA A AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A RISCOS OCUPACIONAIS NO LMR/EPUSP

As seguintes análises de agentes de risco ocupacional foram realizadas no LMR/EPUSP nos meses de fevereiro e março de 2010:

1. Medidas de iluminação, com uso de luxímetro, em áreas e equipamentos diferentes:
 - Máquina de extração de corpos de prova.
 - Serra com disco diamantado.
 - Retífica plana.
 - Máquina de medição tridimensional.
 - Máquina de corte com jato de água de alta pressão.
 - Máquina para ensaios de compressão pontual.
 - Célula para ensaios de cisalhamento direto.

- Escritório.
2. Levantamento de IBUTG (Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo), com uso de Monitor Térmico Ambiental - Conjunto IBUTG, para a avaliação do efeito do calor na sala de corte de amostras.
 3. Medidas do ruído, com uso de decibelímetro e dosímetro, gerado pelas seguintes máquinas:
 - Máquina de extração de corpos de prova.
 - Serra com disco diamantado.
 - Retífica plana.
 - Compressor de ar.
 - Torre de resfriamento de água.
 - Máquina de corte com jato de água de alta pressão.
 4. Avaliação da geração de pó de sílica, com uso de amostrador de poeira, na operação de retificação de amostras de rocha.

3.6. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Foram utilizados nas medições os seguintes equipamentos:

- Luxímetro.
- Monitor Térmico Ambiental - Conjunto IBUTG.
- Decibelímetro.
- Dosímetro.
- Amostrador de poeira.

Estes equipamentos são detalhados nos itens seguintes.

3.6.1. MEDIDAS DE ILUMINAÇÃO

Equipamento: Luxímetro

Fabricante: Sper Scientific

Modelo: 840022 Broad Range Lux/FC Meter

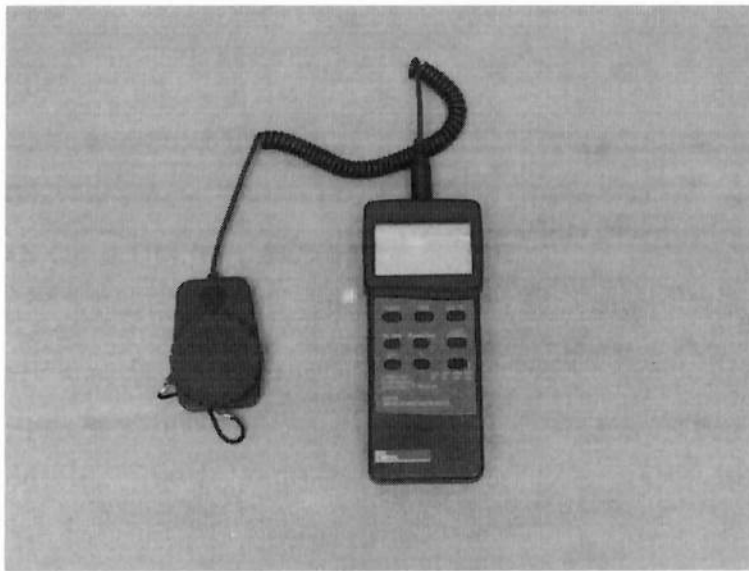


Figura 16 - Luxímetro

3.6.2. DETERMINAÇÃO DO IBUTG

Equipamento: Monitor Térmico Ambiental - Conjunto IBUTG

Fabricante: Quest Technologies

Modelo: Thermal Environment Monitor QUESTemp 36

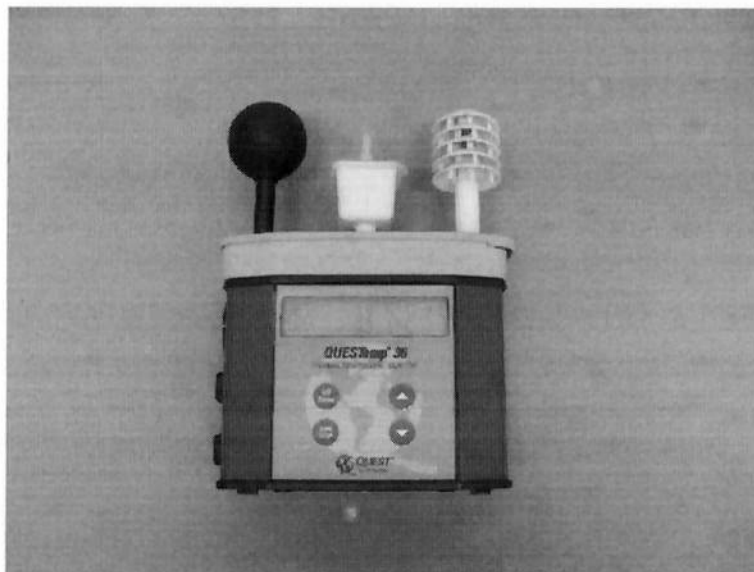


Figura 17 - Conjunto IBUTG

3.6.3. MEDIDAS DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

Equipamento: Decibelímetro

Fabricante: Quest Technologies

Modelo: SoundPro



Figura 18 - Decibelímetro

3.6.4. DOSIMETRIA DE RUÍDO

Equipamento: Dosímetro

Fabricante: Quest Technologies

Modelo: NoisePro

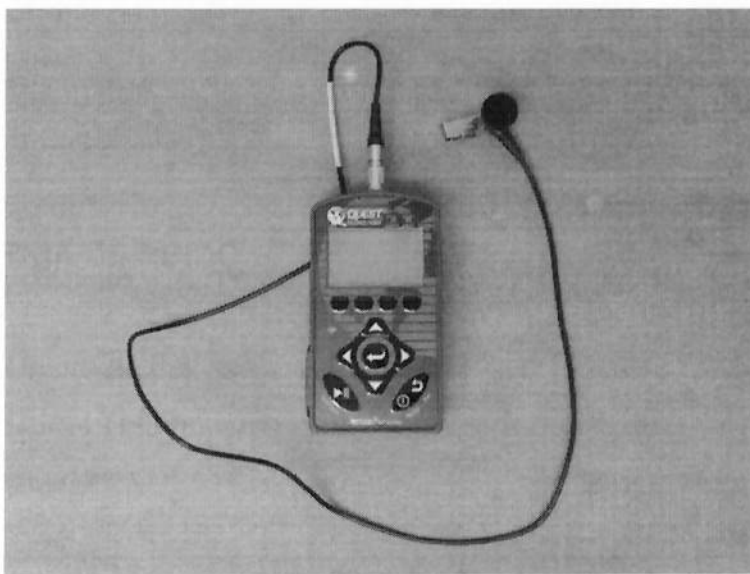


Figura 19 - Dosímetro de ruído

3.6.5. MEDIDAS DE POEIRA

Equipamento: Amostrador de poeira

Fabricante: MSA

Modelo: Escort ELF Sampling Pump

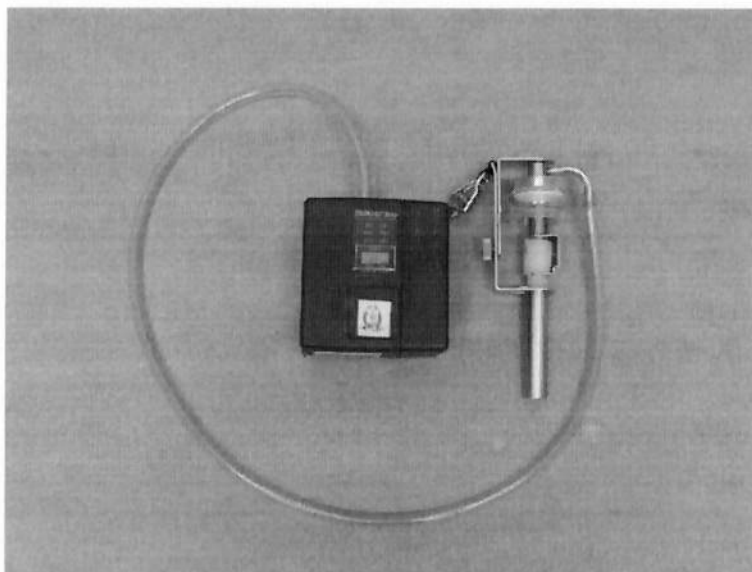


Figura 20 - Amostrador de poeira

4. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A AGENTES DE RISCO OCUPACIONAL NO LMR/EPUSP

Neste capítulo apresentamos os resultados da avaliação da exposição ocupacional no LMR/EPUSP, segundo os vários tipos de riscos analisados.

Agentes analisados:

- Iluminação.
- Calor.
- Ruído.
- Pó de sílica.

4.1. ILUMINAÇÃO

As medições foram realizadas com o luxímetro calibrado, no campo de trabalho onde se realiza cada uma das tarefas visuais, procurando-se sempre realizar leituras nos piores casos. Procurou-se evitar, também, temperaturas e umidades elevadas, bem como o uso de roupas claras e sombras nos pontos de medição.

Em todos os casos a fotocélula foi posicionada paralela à superfície de trabalho e ficou exposta à luz por pelo menos de cinco minutos, para permitir a estabilização.

Na seqüência apresentamos fotos de alguns dos locais analisados.



Figura 21 - Medição do iluminamento no escritório



Figura 22 - Medição do iluminamento na máquina de corte com jato de água de alta pressão

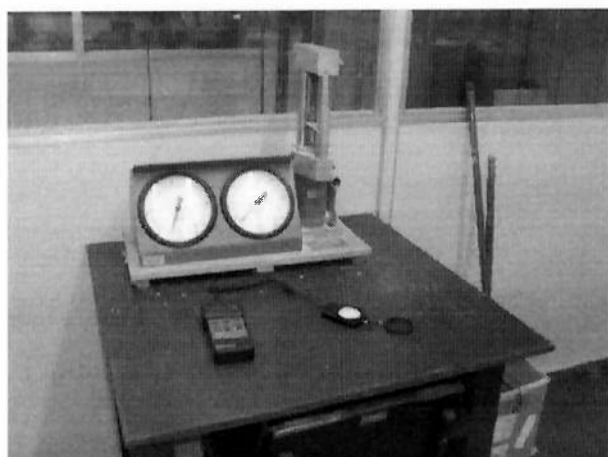


Figura 23 - Medição do iluminamento na máquina para ensaios de compressão pontual



Figura 24 - Medição do iluminamento na retífica plana



Figura 25 - Medição do iluminamento na célula para ensaios de cisalhamento direto



Figura 26 - Medição do iluminamento na serra com disco diamantado



Figura 27 - Medição do iluminamento na máquina de medição tridimensional



Figura 28 - Medição do iluminamento na máquina de extração de corpos de prova

Na seqüência apresentamos quadro e figura com os resultados das medições de iluminamento no LMR/EPUSP.

Quadro 8 - Resultados de medições de iluminação

Ponto de Medição	Iluminamento (Lux)
Máquina de Extração de Corpos de Prova	236
Serra com Disco Diamantado	178
Retífica Plana	636
Máquina de Corte com Jato de Água de Alta Pressão	595
Máquina de Medição Tridimensional	612
Máquina para Ensaios de Compressão Pontual	433
Célula para Ensaios de Cisalhamento Direto	559
Escritório	766
Sala de Aula	645

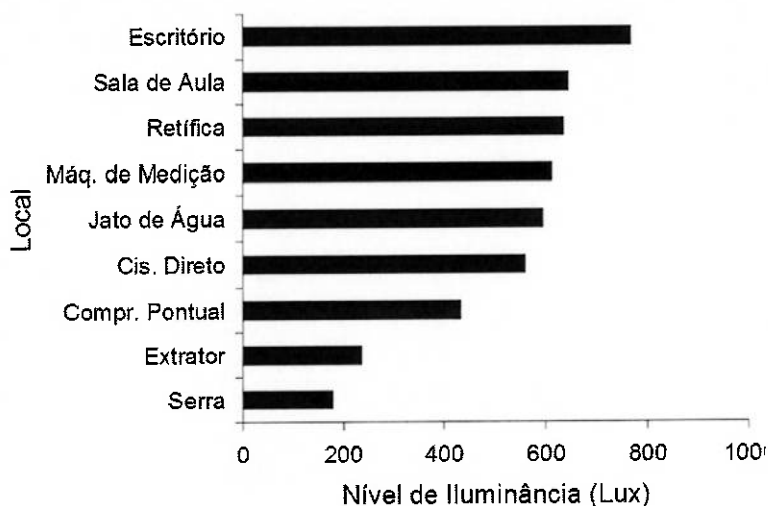


Figura 29 - Comparação entre os resultados de medições de iluminação

4.2. CALOR

As medições foram realizadas na sala de corte de amostras de rochas do LMR\EPUSP com o monitor térmico ambiental - conjunto IBUTG calibrado, com registro em graus centígrados ($^{\circ}\text{C}$), após espera de cerca de 30 minutos para que as leituras se estabilizassem.

As medições foram efetuadas no local onde permanece o trabalhador e na altura da região do corpo mais atingida.

Na seqüência apresentamos foto da medição realizada no dia 08/03/2010.

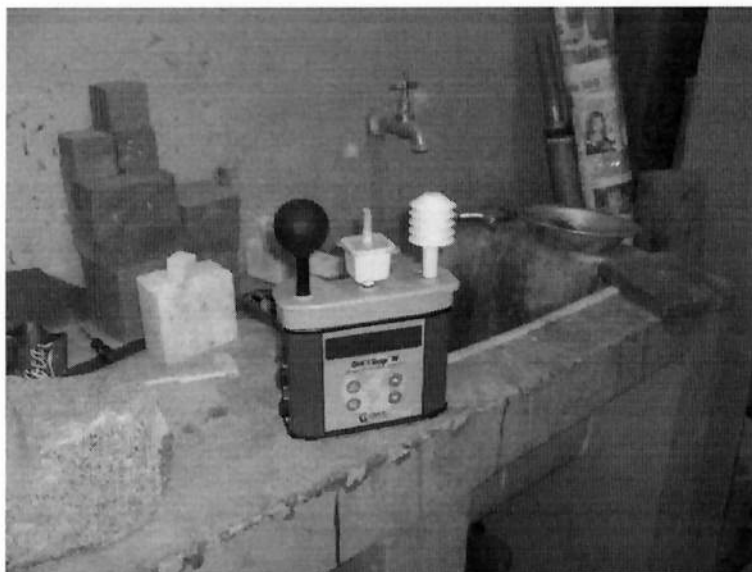


Figura 30 - Medição de temperaturas na sala de corte de amostras de rocha

Na seqüência apresentamos quadro com os resultados dos valores de temperatura e na seqüência o IBUTG.

Quadro 9 - Valores de temperatura medidos

Índice	Temperatura (°C)
Temperatura de Bulbo Úmido	19,4
Temperatura de Bulbo Seco	22,9
Temperatura de Globo	22,3

A umidade relativa do ar medida foi de 69% e o valor do IBGTU para o ambiente interno foi:

IBUTG = 20,3 °C.

4.3. RUÍDO

Na avaliação da exposição do trabalhador a ruídos foram realizados os seguintes estudos:

- Análise dos valores de pico do nível de pressão sonora.
- Análise do espectro sonoro em faixas de freqüência.
- Dosimetria.

Foram analisados os seguintes equipamentos:

- Máquina de extração de corpos de prova.
- Serra com disco diamantado.
- Retífica plana.
- Compressor de ar.
- Torre de resfriamento de água.
- Máquina de corte com jato de água de alta pressão.

4.3.1. ANÁLISE DOS VALORES DE PICO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

As medições foram realizadas com medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro) calibrado, com registro em decibéis (dB), operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta "Slow", nas proximidades da zona auditiva.

Na seqüência apresentamos quadro e figura com os resultados dos valores de pico do nível de pressão sonora para as principais fontes de ruído no LMR/EPUSP.

Quadro 10 - Valores de pico do nível de pressão sonora por equipamento

Equipamento	Nível de Pressão Sonora Máximo (dB(A))
Serra com Disco Diamantado	99,5
Máquina de Extração de Corpos de Prova	95,7
Torre	79,4
Máquina de Corte com Jato de Água de Alta Pressão	77,9
Retífica Plana	77,8
Compressor	77,6

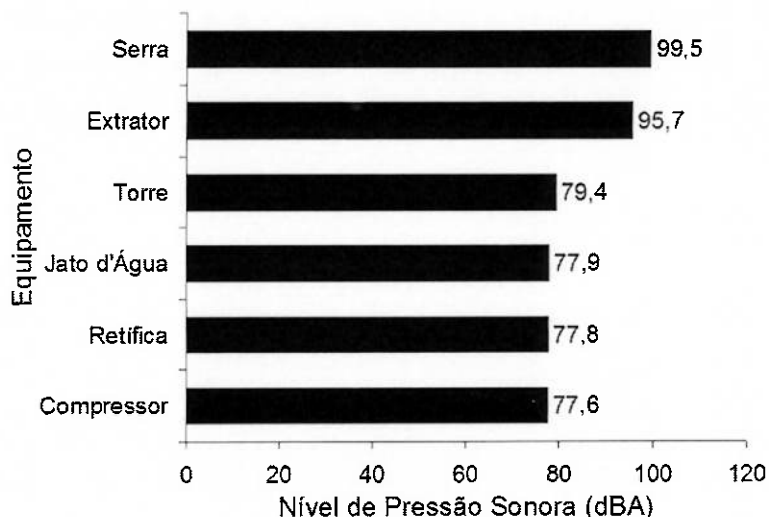


Figura 31 - Valores de pico do nível de pressão sonora por equipamento

4.3.2. ANÁLISE DO ESPECTRO SONORO EM FAIXAS DE FREQUÊNCIA

As medições realizadas com o decibelímetro forneceram o nível sonoro associado a faixas ou bandas de frequências. As frequências amostradas foram: 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz, 4.000 Hz, 8.000 Hz e 10.000 Hz.

No espectro sonoro cada barra vertical representa uma faixa de frequências, enquanto que a altura representa o nível sonoro dos sons contidos na respectiva faixa de frequências.

MÁQUINA DE EXTRAÇÃO DE CORPOS DE PROVA

Na seqüência apresentamos foto da operação de extração de amostras de rocha e o gráfico com o espectro sonoro em faixas de frequência.



Figura 32 - Medição do nível de pressão sonora para a máquina de extração de corpos de prova

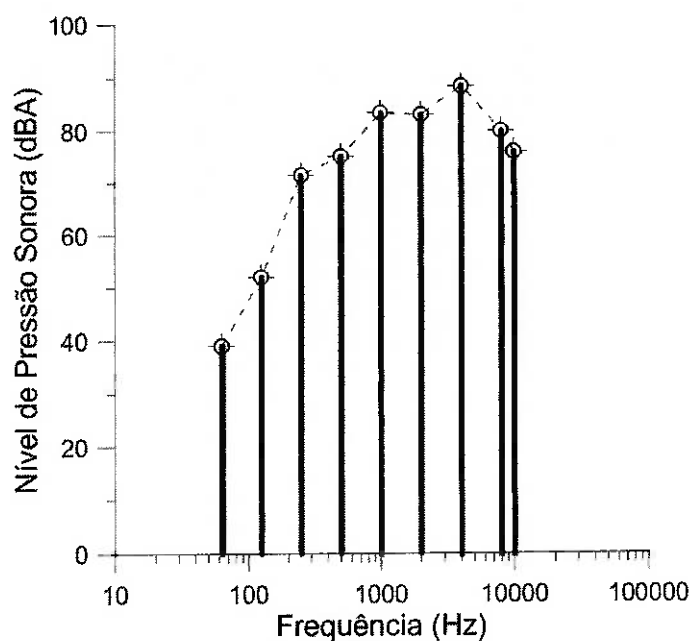


Figura 33 - Espectro sonoro em faixas de frequência para a máquina de extração de corpos de prova

Observa-se que o maior nível de pressão sonora está próximo a 89 dB(A) na região de 4.000 Hz. A região com maiores níveis se estende de 1.000 Hz a 8.000 Hz.

SERRA COM DISCO DIAMANTADO

Na seqüência apresentamos foto da operação de serragem de amostras de rocha e o gráfico com o espectro sonoro em faixas de freqüência.

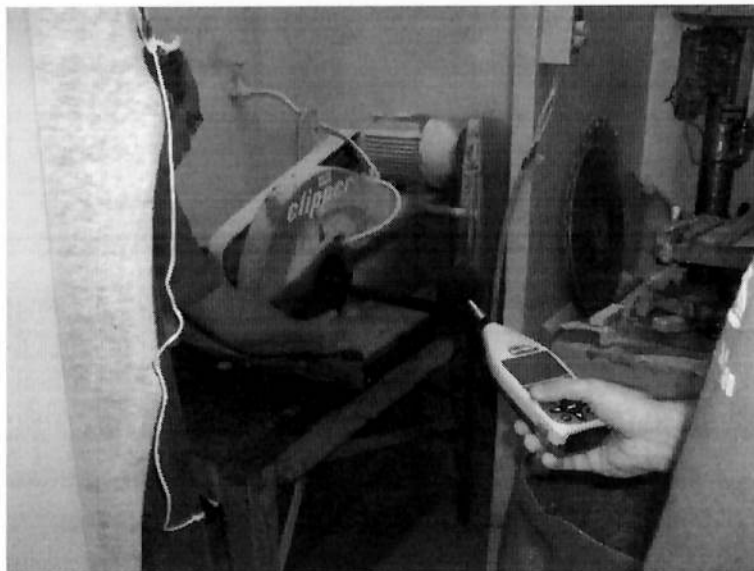


Figura 34 - Medição do nível de pressão sonora para a serra com disco diamantado

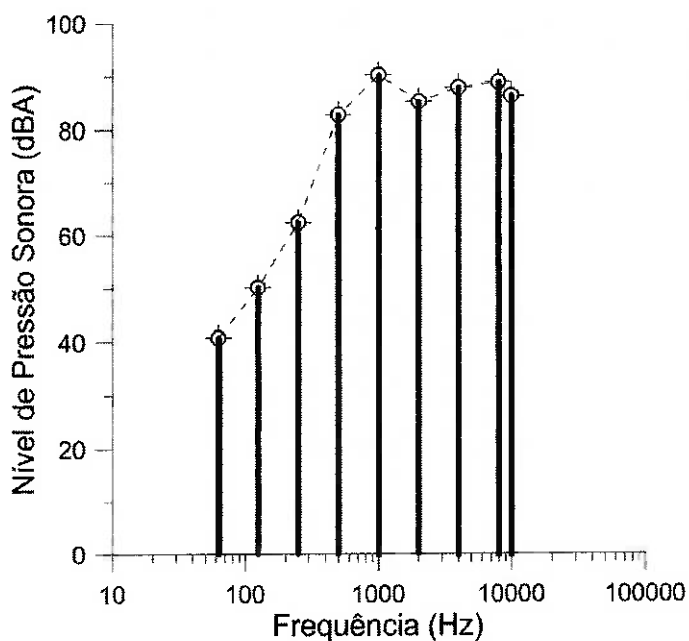


Figura 35 - Espectro sonoro em faixas de freqüência para a serra com disco diamantado

Observa-se que o maior nível de pressão sonora está próximo a 90 dB(A) na região

de 1.000 Hz. A região com maiores níveis se estende de 1.000 Hz a 8.000 Hz.

RETÍFICA PLANA

Na seqüência apresentamos foto da operação de retificação de amostras de rocha e o gráfico com o espectro sonoro em faixas de freqüência.



Figura 36 - Medição do nível de pressão sonora para a retífica plana

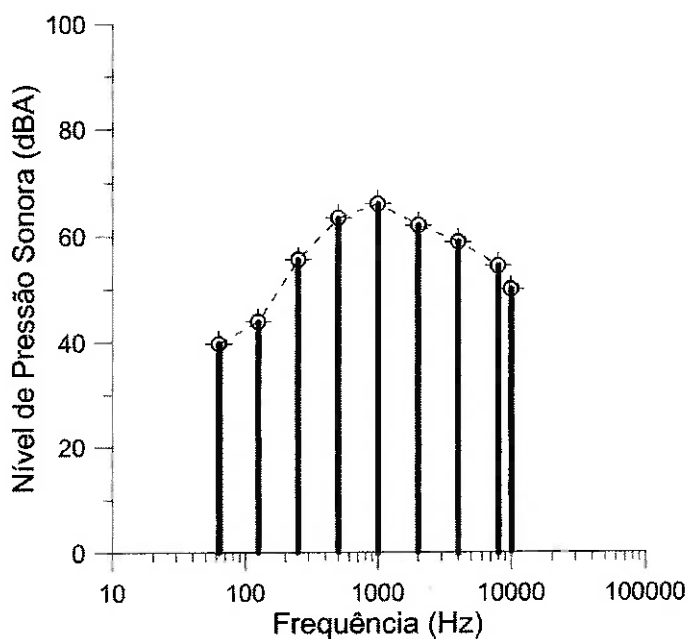


Figura 37 - Medição do nível de pressão sonora para a retífica plana

Observa-se que o maior nível de pressão sonora está próximo a 66 dB(A) na região de 1.000 Hz. A região com maiores níveis se estende de 500 Hz a 2.000 Hz.

COMPRESSOR DE AR

Na seqüência apresentamos foto do compressor de ar e o gráfico com o espectro sonoro em faixas de freqüência.

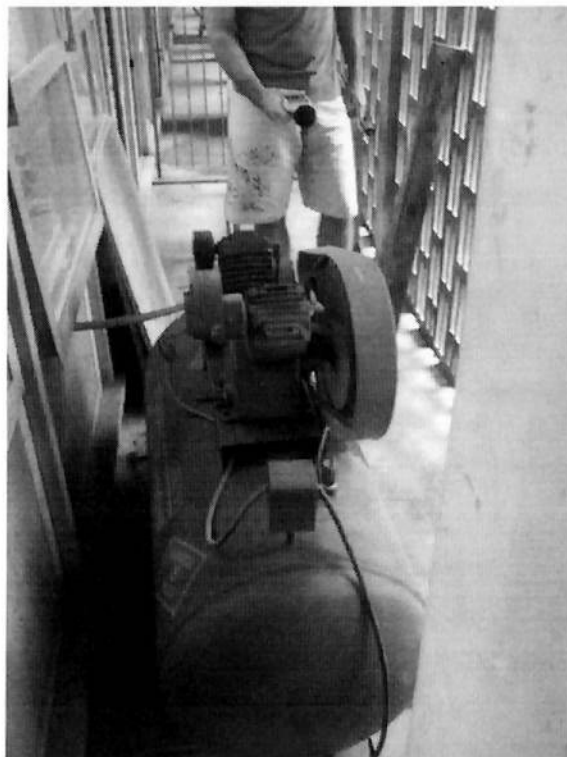


Figura 38 - Medição do nível de pressão sonora para o compressor de ar

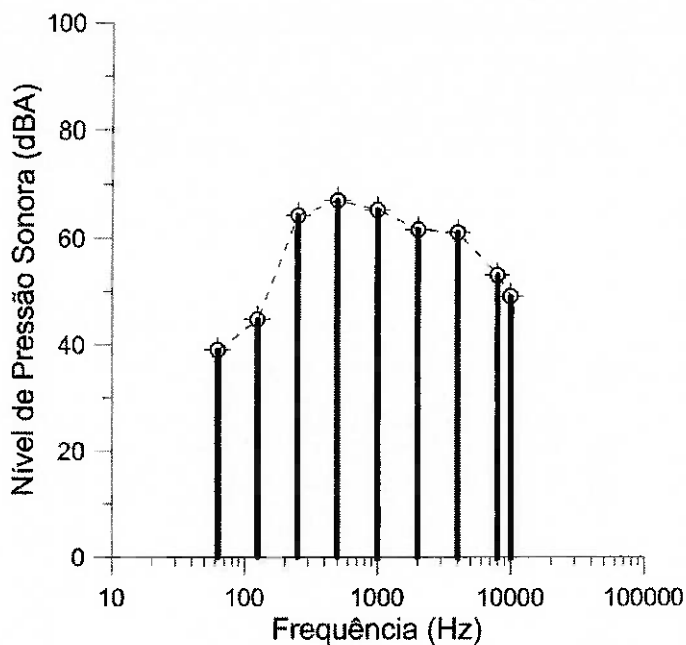


Figura 39 - Espectro sonoro em faixas de frequência para o compressor de ar

Observa-se que o maior nível de pressão sonora está próximo a 67 dB(A) na região de 500 Hz. A região com maiores níveis se estende de 250 Hz a 4.000 Hz.

TORRE DE RESFRIAMENTO DE ÁGUA

Na seqüência apresentamos foto da torre de resfriamento de água e o gráfico com o espectro sonoro em faixas de frequência.

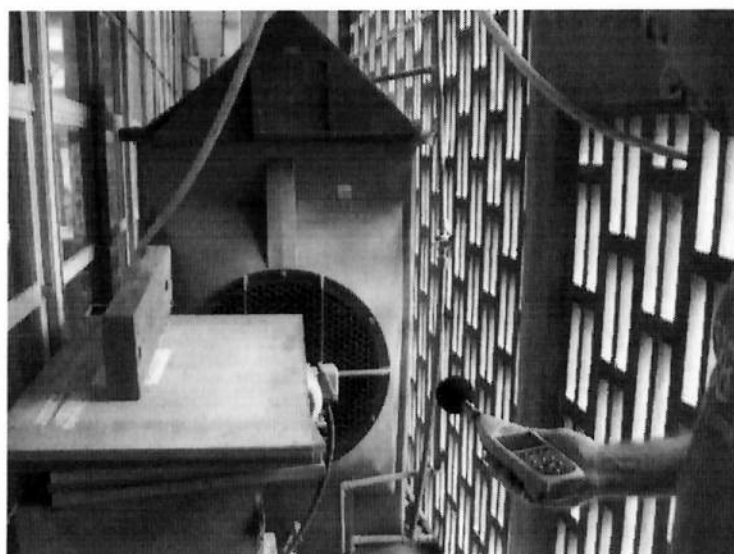


Figura 40 - Medição do nível de pressão sonora para a torre de resfriamento de água

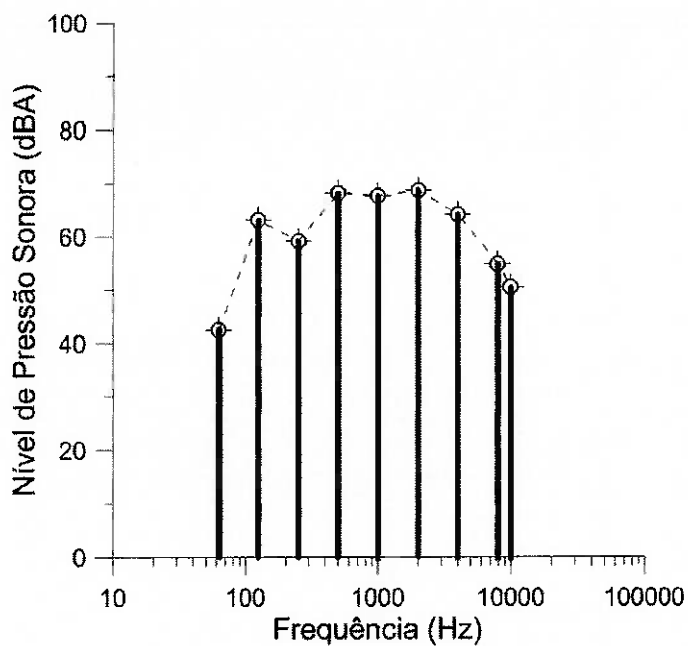


Figura 41 - Espectro sonoro em faixas de frequência para a torre de resfriamento de água

Observa-se que o maior nível de pressão sonora está próximo a 69 dB(A) na região de 2.000 Hz. A região com maiores níveis se estende de 500 Hz a 4.000 Hz.

MÁQUINA DE CORTE COM JATO DE ÁGUA DE ALTA PRESSÃO

Na seqüência apresentamos foto da operação de corte de amostras de rocha e o gráfico com o espectro sonoro em faixas de frequência.



Figura 42 - Medição do nível de pressão sonora para a máquina de corte com jato de água de alta pressão

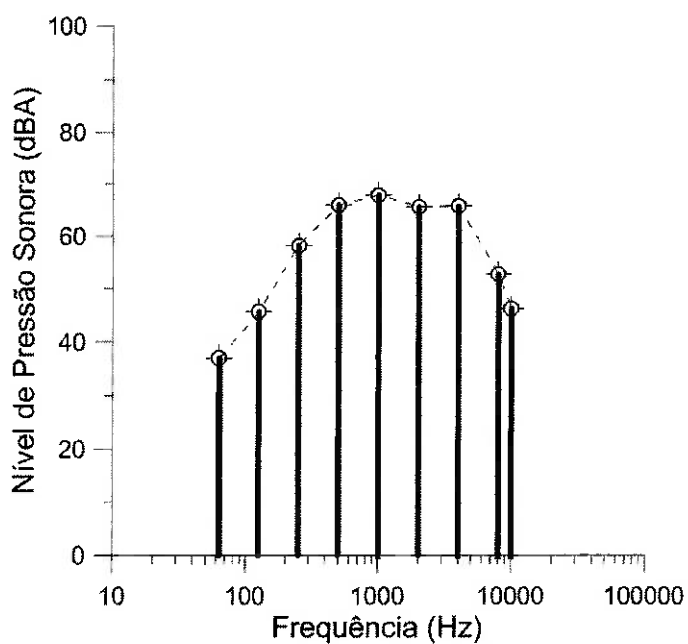


Figura 43 - Espectro sonoro em faixas de frequência para a máquina de corte com jato de água de alta pressão

Observa-se que o maior nível de pressão sonora está próximo a 68 dB(A) na região de 1.000 Hz. A região com maiores níveis se estende de 500 Hz a 4.000 Hz.

Na seqüência apresentamos gráfico reunindo todos os espectros sonoros em faixas de frequência para os equipamentos amostrados de modo a permitir a comparação

entre os resultados.

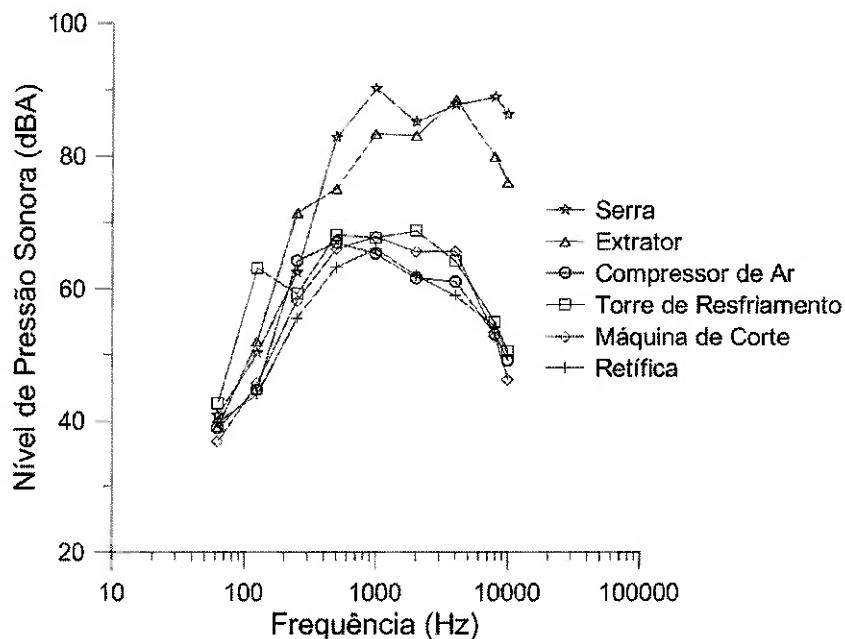


Figura 44 - Espectro sonoro em faixas de frequência por equipamento

Observa-se que as curvas correspondentes à serra com disco diamantado e à máquina de extração de corpos de prova apresentam níveis de pressão sonora bastante mais elevados em comparação aos outros equipamentos, que apresentam espectros de frequência bastante semelhantes.

4.3.3. DOSIMETRIA

As medições foram realizadas com dosímetro de ruído calibrado, com registro em decibéis (dB) e operando no circuito de compensação "A". O microfone esteve, durante todo o tempo, preso na gola da camisa próximo ao ouvido do operador.

A análise da dose de ruído foi realizada segundo as normas "NR-15 - Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres" do Ministério do Trabalho do Brasil e "NHO-01 - Norma de Higiene Ocupacional Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído" da Fundacentro, sendo registrados os valores dos níveis de pressão sonora mínimo, máximo, de pico, além do L_{AVG} e do TWA.

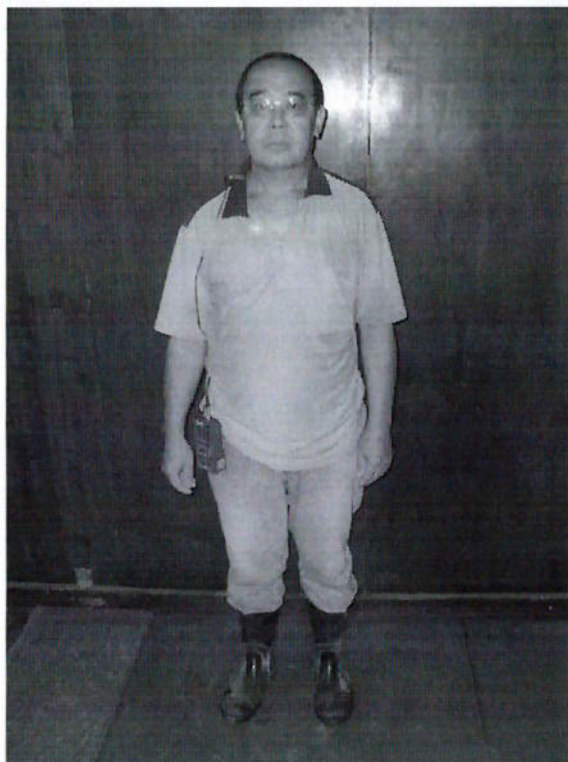


Figura 45 - Técnico laboratorista com dosímetro de ruído

Na seqüência apresentamos fotos das operações analisadas.



Figura 46 - Dosimetria de ruído na operação da máquina de corte com jato de água de alta pressão



Figura 47 - Dosimetria de ruído na operação da serra com disco diamantado



Figura 48 - Dosimetria de ruído na operação da máquina de extração de corpos de prova



Figura 49 - Dosimetria de ruído na operação da retífica plana

Habitualmente o trabalhador não executa, em sua rotina de trabalho diária, sempre as mesmas atividades. Estas podem variar segundo a diversidade de projetos de pesquisa, serviços e atividades educacionais que são realizadas no LMR/EPUSP.

Na seqüência apresentamos os resultados de dosimetrias realizadas em dois dias, 09/02/2010 e 23/09/2010, quando o trabalhador executou atividades com características de exposição ao ruído bastante diferentes.

DOSIMETRIA: 09/02/2010

Tarefas realizadas pelo trabalhador neste dia:

- Operação da máquina de extração de corpos de prova.
- Operação da serra com disco diamantado.

Dados da dosimetria:

- Tempo: 4h51min (no restante do tempo foi realizado trabalho de escritório)
- Nível de Pressão Sonora Mínimo: 45,2 dB(A)

- Nível de Pressão Sonora Máximo: 108,2 dB(A)
- Nível de Pressão Sonora de Pico: 134,2 dB

Na seqüência apresentamos quadro e gráfico com os resultados da dosimetria do dia 09/02/2010.

Quadro 11 - Resultados da dosimetria do dia 09/02/2010 (dose projetada para 8h)

Norma	Dose (%)	L _{AVG} (dB(A))	TWA (dB(A))
NR-15	218,4	94,2	90,6
NHO-01	1132,5	97,7	95,5

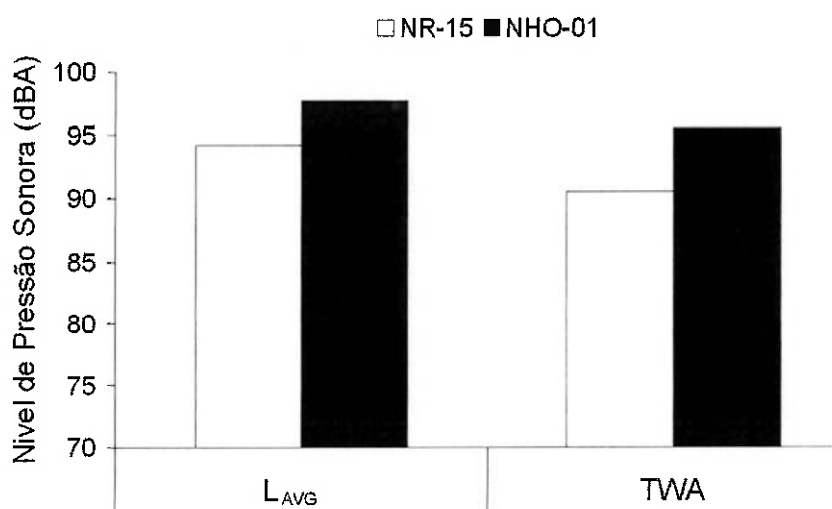


Figura 50 - Resultados de L_{AVG} e TWA da dosimetria do dia 09/02/2010

Observam-se resultados maiores em relação à exposição do trabalhador para a norma NHO-01 em comparação à NR-15.

DOSIMETRIA: 23/02/2010

Tarefas realizadas pelo trabalhador neste dia:

- Operação da retífica plana.
- Operação da máquina de corte com jato de água de alta pressão.

Dados da dosimetria:

- Tempo: 6h05min (no restante do tempo foi realizado trabalho de escritório)
- Nível de Pressão Sonora Mínimo: 49,3 dB(A)
- Nível de Pressão Sonora Máximo: 95,6 dB(A)
- Nível de Pressão Sonora de Pico: 144,6 dB

Na seqüência apresentamos quadro e figura com os resultados da dosimetria do dia 23/02/2010.

Quadro 12 - Resultados da dosimetria do dia 23/02/2010 (dose projetada para 8h)

Norma	Dose (%)	L _{AVG} (dB(A))	TWA (dB(A))
NR-15	51,2	82,1	73,5
NHO-01	56,0	83,6	78,5

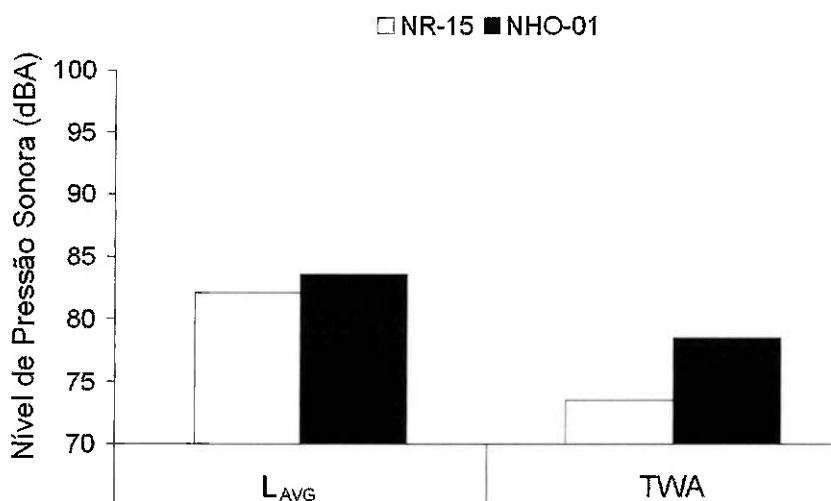


Figura 51 - Resultados de L_{AVG} e TWA da dosimetria do dia 23/02/2010

Observam-se resultados maiores em relação à exposição do trabalhador para a norma NHO-01 em comparação à NR-15.

Na seqüência apresentamos figura com os resultados das doses para os dias 09/02/2010 e 23/02/2010.

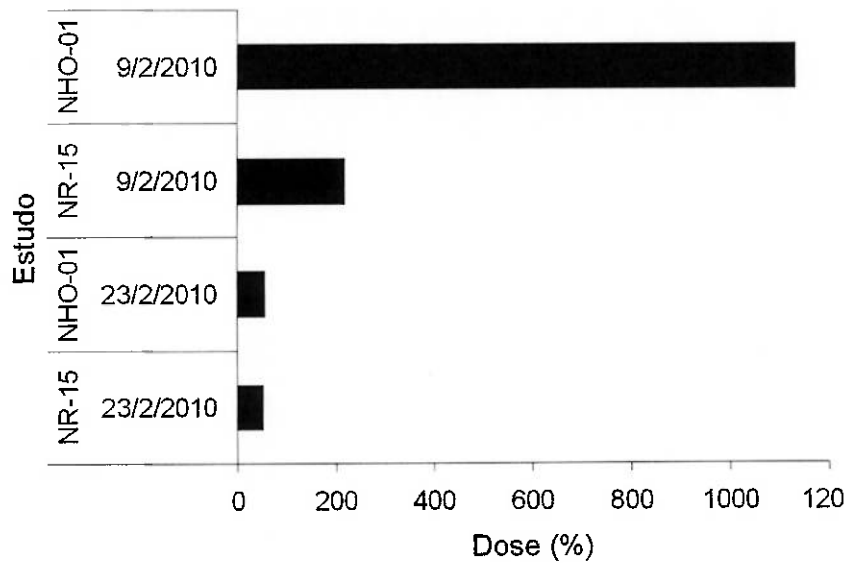


Figura 52 - Resultados para a dose nas dosimetrias dos dias 09/02/2010 e 23/02/2010

Observam-se resultados maiores em relação à exposição do trabalhador para a norma NHO-01 em comparação à NR-15.

4.4. PÓ DE SÍLICA

O amostrador de poeira foi montado no corpo do trabalhador nas proximidades da boca e nariz de modo a analisar os efeitos da operação de retificação de amostras de rocha, a operação com maior potencial gerador de poeira do LMR/EPUSP.

Na seqüência apresentamos fotos do trabalhador e da operação de retificação.



Figura 53 - Técnico laboratorista com dosímetro de ruído e amostrador de poeira



Figura 54 - Amostragem de poeira na operação da retífica plana

A amostragem foi realizada por um período de 154 min. O peso inicial do filtro foi de 14,9 g, peso este que não se alterou na pesagem ao final da operação.

5. DISCUSSÃO

Neste capítulo os resultados obtidos na avaliação da exposição ocupacional no LMR/EPUSP em relação à iluminação, ao calor, aos ruídos e ao pó de sílica, serão analisados em relação à adequação aos limites recomendáveis para as boas condições de trabalho.

5.1. ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO NO LMR/EPUSP

Analisando os valores das medições realizadas no LMR/EPUSP, temos:

Quadro 13 - Verificação dos resultados de medições de iluminação

Ponto de Medição	Iluminamento (Lux)	Requisito da NBR 5413 (Lux)	Situação em Relação à NBR 5413
Máquina de Extração de Corpos de Prova	236	500 ¹	Desacordo
Serra com Disco Diamantado	178	500 ¹	Desacordo
Retífica Plana	636	500 ¹	Acordo
Máquina de Corte com Jato de Água de Alta Pressão	595	500 ¹	Acordo
Máquina de Medição Tridimensional	612	1000 ²	Desacordo
Máquina para Ensaio de Compressão Pontual	433	500 ¹	Desacordo
Célula para Ensaio de Cisalhamento Direto	559	500 ¹	Acordo
Escritório	766	500 ³	Acordo
Sala de Aula	645	300 ⁴	Acordo

¹ Usinagem média e trabalhos de ajustador, trabalhos grosseiros de plainas, tornos e polimento.

² Usinagem de precisão e trabalhos de ajustador, máquinas de precisão automática, plainamento, tornos de precisão e polimento de alta qualidade.

³ Laboratório local.

⁴ Salas de aulas.

As situações em desacordo deverão ser regularizadas com a melhoria dos sistemas de iluminação, o quanto antes, de modo a atender a NBR 5413, para garantir a produtividade esperada das atividades e para preservar a saúde do trabalhador.

5.2. ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO CALOR NO LMR/EPUSP

Analisando os valores das medições realizada no LMR/EPUSP, temos:

IBUTG = 20,3 °C → Valor adequado para trabalho contínuo mesmo que em atividade pesada (Limite de Tolerância = 25 °C).

Deve-se ressaltar que as medições foram realizadas apenas na sala de corte de amostras de rochas do LMR\EPUSP, pois nos outros locais de trabalho existe refrigeração artificial. Também observamos que o valor do IBUTG pode variar de acordo com a estação do ano e medidas em períodos mais quentes devem ainda ser realizadas para uma análise mais detalhada.

5.3. ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO NO LMR/EPUSP

Os níveis de pressão sonora registrados para os equipamentos: torre, máquina de corte com jato de água de alta pressão, retífica plana, compressor ficaram todos abaixo do limite de 85 dB(A). Considerando-se que estes equipamentos estão localizados em salas separadas dentro do LMR/EPUSP, não havendo soma dos seus efeitos, não é necessário o uso de proteção e o trabalhador não deverá sofrer danos auditivos em uma jornada de trabalho de 8 horas diárias.

Já para os equipamentos: serra com disco diamantado e máquina de extração de corpos de prova, os níveis de pressão sonora registrados são superiores a 85 dB(A). Neste caso o trabalhador realiza suas tarefas nestes equipamentos utilizando protetor auditivo do tipo “concha” com NRR = 8,5 (adotado como 50% do valor fornecido pelo fabricante de 17, por segurança). Considera-se, também, que não ocorre soma de efeitos, pois os equipamentos não são utilizados simultaneamente.



Figura 55 - Protetor auditivo do tipo “concha” utilizado

Analisando os valores de nível de pressão sonora no local (NPS_L) e “protegido” (NPS_P) para os equipamentos, temos:

Quadro 14 - Verificação dos resultados de medições de nível de pressão sonora

Equipamento	NPS_L (dB(A))	NPS_P (dB(A))	Máxima Exposição Diária Permissível (h e min)
Serra com Disco Diamantado	99,5	98,0	1 h e 15 min
Máquina de Extração de Corpos de Prova	95,7	94,2	2 h e 15 min

Desta maneira, para que não ocorram danos auditivos no trabalhador, este não deverá exceder um período de trabalho de 1 hora e 15 minutos na serra com disco diamantado e 2 horas e 15 minutos na máquina de extração de corpos de prova. Deve ser ressaltado que na rotina normal de trabalho do LMR/EPUSP estes períodos não são excedidos.

Em relação à dose de ruído, na dosimetria do dia 09/02/2010 os valores obtidos foram de 218,4% para a NR-15 e 1.132,5% para a NHO-01. Neste dia foram utilizados os equipamentos: serra com disco diamantado e máquina de extração de corpos de prova e o trabalhador manteve-se com protetor auditivo do tipo “concha”. Desta maneira, não sendo ultrapassados os limites de Máxima Exposição Diária Permissível o trabalhador está protegido.

Na dosimetria do dia 23/02/2010 os valores obtidos foram de 51,2% para a NR-15 e 56,0% para a NHO-01. Neste dia foram utilizados os equipamentos: retífica plana e máquina de corte com jato de água de alta pressão e a dose ultrapassou o Nível de Ação, assim medidas preventivas devem ser adotadas, tais como, a limitação do tempo de exposição do trabalhador ou o uso de protetor auditivo.

5.4. ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO PÓ DE SÍLICA NO LMR/EPUSP

Na amostragem de poeiras realizada na operação de retificação de amostras de rocha, não foi possível registrar qualquer quantidade de material, mas as seguintes considerações podem ser feitas:

- A operação foi realizada a úmido o que diminui a quantidade de poeira dispersa no ar.
- Existe uma variação grande na quantidade de poeira liberada em função do tipo de rocha ou outro material que é retificado. Sabe-se, por experiência anterior, que amostras de certas rochas mais friáveis ou até mesmo de concreto tendem a produzir uma grande quantidade de poeira, que chega até a recobrir a roupa do trabalhador.
- A amostragem foi feita na retificação de amostras de diabásio, rocha com menor potencial de geração de poeiras.
- O trabalhador sempre executa a operação de retificação utilizando respirador purificador de ar do tipo peça semifacial filtrante (PFF-1).

De qualquer maneira recomenda-se que nova amostragem de poeira venha a ser realizada quando da retificação de materiais mais problemáticos.

6. CONCLUSÕES

O objetivo geral da pesquisa realizada foi caracterizar os riscos ocupacionais no Laboratório de Mecânica de Rochas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (LMR/EPUSP), este objetivo foi alcançado, pois foi possível analisar e quantificar a atuação dos seguintes riscos: iluminação, calor, ruído e pó de sílica.

Para que este objetivo fosse alcançado inicialmente foi necessário definir o campo de atuação da Higiene Ocupacional, bem como apontar as suas contribuições para a melhoria das condições de trabalho. Descrevemos as características do LMR/EPUSP e identificamos e listamos as atividades do técnico especializado de laboratório Jorge Sakamoto. Posteriormente foram identificados os agentes atuantes sobre este trabalhador. Na seqüência fizemos medições dos agentes atuantes e analisamos os resultados segundo a legislação pertinente, comparando com os critérios de admissibilidade de modo a avaliar a exposição sofrida pelo trabalhador. Finalmente, quando necessário propusemos medidas para a adequação das atividades, de modo a preservar a saúde do trabalhador.

Em relação à iluminação, identificamos que as áreas dos equipamentos: máquina de extração de corpos de prova, serra com disco diamantado, máquina de medição tridimensional e máquina para ensaios de compressão pontual encontram-se em situação de desacordo com as normas e esta situação deve ser corrigida com a preparação de um novo projeto de iluminação.

Em relação ao calor, a sala de corte de amostras de rochas encontra-se em situação adequada, mas salienta-se que novas medidas devem se realizadas em outros períodos do ano para um acompanhamento mais cuidadoso.

Em relação ao ruído, observou-se que os equipamentos: serra com disco diamantado e máquina de extração de corpos de prova, apresentaram os maiores níveis de pressão sonora ultrapassando os 85 dB(A). Estes equipamentos devem ser objeto de atenção, pois sua operação deve ser sempre feita com a utilização de protetor auditivo. Já para os equipamentos: retífica plana e máquina de corte com jato de água de alta pressão a dose medida ultrapassou o Nível de Ação, assim

medidas preventivas como a limitação do tempo de exposição do trabalhador e o uso de protetor auditivo serão adotadas.

Em relação ao pó de sílica, a medição realizada na operação de retificação de amostras de rocha não registrou a presença de qualquer quantidade de material, mas novas medidas devem se realizadas quando outros materiais forem utilizados.

Lembramos que os riscos biológicos, ergonômicos e os riscos de acidentes não foram objetos desta pesquisa e devem se constituir em tema para futuras pesquisas em razão do grande impacto que estes riscos podem representar sobre a saúde do trabalhador.

Desta maneira, concluímos que é de grande importância o trabalho de caracterização dos riscos em um ambiente de trabalho, sendo esta uma atividade que requer a combinação de conhecimentos teóricos e práticos, bem como, paciência e dedicação. Mas, quando bem realizado, este trabalho certamente traz benefícios aos trabalhadores, às empresas e à sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[MTE] Ministério do Trabalho e Emprego. Secretaria de Segurança do Trabalho. Portaria N°. 25 de 29/12/1994. Norma Regulamentadora N° 9: Programas de Prevenção de Riscos Ambientais. Disponível em: <[http:// www.mtb.gov.br](http://www.mtb.gov.br)>. Acesso em: 05 fev. 2010.

ALGRANTI E.; DE CAPITANI, E. M.; CARNEIRO, A. P. S.; SALDIVA, P. H. N. Patologia Respiratória Relacionada com o Trabalho. In René Mendes editor: Patologia do Trabalho. 2ª ed. São Paulo; 2003. p.1330-97.

ALMEIDA JUNIOR, A. T.; MARTINS, P. R.; SOUZA, W. J. Atuação da higiene ocupacional na gerência de rejeitos radioativos em serviços de saúde. Monografia (Pós-graduação Lato-Sensu) Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais. 2007. 71 p.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. Training and Education in Occupational Hygiene: An International Perspective. Cincinnati: ACGIH, 1988, v. 15, 202 p.

ARAÚJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. Revista Brasileira Otorrinolaringológica. V. 68, nº 01, 47-52. Jan-fev, 2002.

ATLAS, Manual de Legislação. Segurança de Medicina do Trabalho. Lei N° 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Normas Regulamentadoras - NR-1 a 32, Portaria N° 3.214, de 8/ 6/ 1978. São Paulo: Editora Atlas, 2006.

AYRES, O. D.; CORRÊA, P. A. J. Manual de Prevenção de Acidentes do Trabalho, Ed. Atlas S.A., São Paulo, 2001.

BLOOMFIELD, J. J. Introducción a la Higiene Industrial. México: CRAT, 1999. 318 p.

BON, A. M. T. Exposição ocupacional à sílica e silicose entre trabalhadores de marmorarias, no município de São Paulo. Tese (Doutorado). Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2006. 323 p.

BRASIL Portaria No 24, Norma Regulamentadora (NR-7), Brasília, Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho, 29 de dezembro de 1994 (DOU de 30 de dezembro de 1994).

BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Lei Orgânica da Saúde.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora nº 9: Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Publicada no D. O. U. em 15 de fevereiro de 1995.

CÂMARA, V. M. & GALVÃO, Lac. A patologia do trabalho numa perspectiva ambiental. In: MENDES, R. Ed. Patologia do trabalho. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 1995.

COOPER, T. E.; TREZECK, G. J. Correlation of thermal properties of some human tissue with water content. *Aerospace Med*; 42:24-7. 1971.

COSTA, V. H. C. o ruído e suas interferências na saúde do trabalhador. *Revista da SOBRAC*, 912-26, 1994.

COSTELLA, M. F. Análise dos acidentes do trabalho e doenças profissionais ocorridos na atividade de construção civil no Rio Grande do Sul em 1996 e 1997. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, 1999.

COUTINHO, A. S. Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho. João Pessoa: Edições PPGEF, 1998.

CREPPE, R. C.; PORTO, L. G. C. Utilização do dosímetro nas avaliações de Ruído Ocupacional. In: VIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2001, Bauru. Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção.

CRUZ, S. O ambiente do trabalho na construção civil: um estudo baseado na norma. Santa Maria: Monografia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSM, 1996.

DEFINIÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS NO TRABALHO. *Medicina e Saúde*. 2008. Disponível em: <<http://pt.shvoong.com/medicine-and-health/epidemiology-public-health/1821378-definição-riscos-ambientais-trabalho/>>. Acesso em: 15 fev. 2010.

EQUIPE ATLAS. Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho. São Paulo: Atlas, 1984.

FARIA, N. NBR 5413: O que e por que deve mudar?. Portal Lumière. 2008. Disponível em: <<http://www.portallumiere.com.br/index.php?strArea=noticias&id=8651>> Acesso em: 21 fev. 2010.

FERREIRA, M. J. Bom senso e consenso. VK. São Paulo, 1998 26-27p.

FONSECA JÚNIOR, G. A.; GONÇALVES, G. S.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. D.; PORTO, R. Z. C. Desenvolvimento de um sistema de controle médico e de saúde ocupacional. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Guaratinguetá, 2001. 119 p.

GERGES, S. N. Y. Ruído: fundamentos e controle, 2 ed. Florianópolis, Brasil, NR, 2000.

GOELZER, B. I. F. Silicose. In: Seminário Internacional sobre Exposição à Silica "Prevenção e Controle"; 6-10 de Novembro 2000; Curitiba, Brasil. Disponível http://www.fundacentro.gov.br/SES/seminario_1.asp?D=SES. [21/ 01/ 2010]

GROHMANN, Márcia Zampieri. Segurança no trabalho através do uso de EPIs: estudo de caso realizado na construção civil de Santa Maria. Universidade Federal de Santana Maria - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Santa Maria, 2006.

IBAÑEZ, Raul Nilsen. *Audição e trabalho*. Porto Alegre: Secretaria de estado da Saúde do Rio Grande do Sul. Política de Atenção Integral a Saúde do Trabalhador, 2002.

LEITE, J. C. B.; SOUTO, D. F. *Avaliação das perdas auditivas induzidas por exposição a níveis elevados de pressão sonora no ambiente de trabalho*. Rio de Janeiro: Anteprojeto de Instrução Normativo, 1996.

LIMA JR., J. M. *Legislação sobre segurança e saúde no trabalho na indústria da construção*. In: Congresso Nacional sobre Condições e Meio Ambiente do Trabalho na Indústria da Construção. 2º, 1995. Rio de Janeiro: Anais, FUNDACENTRO, 1995.

MACHADO, J. G. B; PIRES, K. S. *Mapa de risco: realidade que contribui*. Monografia (Pós-Graduação Lato-Sensu) Sindicato dos Odontologistas do Distrito Federal. 2008. 86 p.

MANUAL DE ELABORAÇÃO - MAPA DE RISCOS. Governo do Estado de Goiás. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/links/arq_284_apostila_elaboracao_mapa_risco.doc>. Acesso em 19 fev. 2010.

MANUAL SOBRE SISTEMAS DE GESTÃO DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. A nova Norma BS 8800. São Paulo: Risk Tecnologia, 1996.

MARTINS, M. *A Iluminação*. 2007. Disponível em: <http://www.forma-te.com/mediateca/view-document-details/685-a-iluminacao.html>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

MATOS, M. P.; SANTOS, U. P. *Conceitos e aplicações práticas sobre controle do ruído*. In: SANTOS, U. P. (Org.) *Ruído, riscos e prevenção*. São Paulo: Hucitec, 1994.

MENDES, R.; DIAS, C. E. *Da medicina do trabalho à saúde do trabalhador*. Revista de Saúde Pública, São Paulo, 1991, v. 25, n. 5, p. 341-359.

MIRANDA C. R. *Inspeção do trabalho, epidemiologia e segurança e saúde no trabalho*. IN: Sindicato Nacional dos Agentes de Inspeção do Trabalho organizador. *A importância da inspeção do trabalho*. Brasília: Sindicato Nacional dos Agentes da Inspeção do Trabalho, 1999.

MOURA, M. A. *Um olhar coletivo sobre o método epidemiológico*. Revista Proteção, 1998.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. *NIOSH Hazard Review - Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica*. Cincinnati (Ohio): DHHS (NIOSH) Publication n. 2002 - 129; 2002.

NIOSH - National Institute for Occupational, Safety and Health: *The Industrial Environment - its Evaluation & Control*, U. S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service, 1973.

NUDELMANN, A. A.; COSTA, E. A.; SELIGMAN, J.; IBAÑEZ, R. N. PAIR: perda auditiva induzida por ruído. Porto Alegre: Bagagem Comunicação, 1997.

OLIVEIRA, R. F. A.; PESSOA, V. M. N. A Influência do índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) na perda de peso de eletricitistas do grupo de manutenção de linhas energizadas da companhia energética de alagoas (CEAL). Revista Produção Online. Vol. 6, Nº 1, 2006.

OTACÍLIO, L. F.; CAMPOS, C. A. H. Tratado de otorrinolaringologia. São Paulo: Roca, 1994.

PINTO, N. M.; XAVIER, A. A. P.; COELHO JÚNIOR, T. P. KOVALESKI, J. L. Gestão de segurança e saúde no trabalho aplicável a um ambiente de mineração de granito. In: In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2006, Bauru. XIII SIMPEP, 2006.

ROCHA, J. E. F. Criação de um Programa de Conservação Auditiva (P.C.A.). In: Manual de consenso - o estudo do ruído. Grupo de Especialistas em Saúde Ocupacional de Jundiaí. Jundiaí. 2000.

SAVAREZ, M. C. Manual de produtos perigosos. Emergência e transporte. 2ª edição. Porto Alegre: Sagra - DC Luzzatto, 1994.

SECRETARIA DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. Legislação de segurança e saúde no trabalho. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1999.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. 47. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SELIGMAN, J. Perda auditiva induzida pelo ruído relacionada ao trabalho. ACTA AWHO, 126-127, 1994,

SELIGMAN, J.; IBAÑEZ, R. N. Considerações a respeito da perda auditiva induzida pelo ruído. ACTA AWHO, 75-79, 1993.

SILVA, M. P. B. Ambientes severos na construção de obras civis industriais. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal de Sergipe. 2009. 66 p.

ZOCCHIO, A. Prática na prevenção de acidentes: ABC da segurança no trabalho, Editora Atlas, 2002.

ZOCCHIO, A. Segurança e saúde no trabalho: como entender e cumprir as obrigações pertinentes. - São Paulo: LTr ed. 2001.