

ANTONIO COHÉN PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS DA GALERIA ANELAR DA USINA
HIDRELÉTRICA DE TUCURUÍ

São Paulo
2014

ANTONIO COHÉN PINHEIRO

AVALIAÇÃO DOS RISCOS AMBIENTAIS DA GALERIA ANELAR DA USINA
HIDRELÉTRICA DE TUCURUÍ

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo
2014

Ficha Catalográfica

Pinheiro, Antonio Cohen.

Avaliação dos riscos ambientais da galeria anelar da usina hidrelétrica de Tucuruí/ A. C. Pinheiro. -- São Paulo, 2014.

41 p.

Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Risco Ambiental. 2. Ruído. 3. Calor. 4. Limite de Tolerância. 5. Segurança do Trabalho. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao quarteto que mais amo, minha esposa Joana pelo carinho, amor e cuidado e aos meus filhos João Gabriel, Maria Eduarda e Artur pelos momentos em que estive ausente.

AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meu caminho ao longo de minha vida
Aos meus queridos pais, Marilda Cohen e Antonio Pinheiro, pelo amor, dedicação e apoio incondicional.
A minha preciosa esposa, Joana Pinheiro, por sua compreensão e companheirismo ao longo destes anos.
A minha irmã, Nathalia Pinheiro, por sua alegria, atenção e dedicação.
Aos meus amigos e colegas profissionais Jimmison de Oliveira, Marcio Brito, Edileno Cordovil, Geanilson da Silva e Rerolde Lins pelo apoio na realização deste trabalho.
A equipe do PECE pela dedicação e compromisso com desenvolvimento educacional.
A todos os professores do curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, por compartilharem seus conhecimentos, e assim contribuindo para meu crescimento pessoal e profissional.
A Eletrobras Eletronorte por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho em uma de suas instalações.

“O prazer no trabalho aperfeiçoa a obra.”

(Aristóteles)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação dos riscos ambientais existentes na atividade de inspeção das buchas do munhão inferior do distribuidor hidráulico, locados no interior da galeria anelar, de uma das maiores usinas hidrelétricas do mundo, a UHE Tucuruí. Com o propósito de avaliar a exposição dos trabalhadores aos agentes físicos, em particular, o calor e o ruído. As medições utilizarão os procedimentos descritos nas normas de higiene ocupacional, publicadas pela FUNDACENTRO, todavia foram observadas as recomendações da Norma Regulamentadora NR 15 do Ministério do Trabalho e Emprego, e nos casos de discordância prevaleceu à parametrização da Norma Regulamentadora, que no Brasil possuem valor judicial. O presente trabalho proporcionou a aplicação dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de pós-graduação em engenharia de segurança do trabalho, em uma situação real, onde há a necessidade de avaliação do nível de exposição do trabalhador em relação ao limite de tolerância estipulado para o risco ambiental, de tal forma que garanta a conservação da saúde deste indivíduo durante a realização das atividades laborais.

Palavras-chave: Risco Ambiental. Ruído. Calor. Limite de Tolerância. Segurança do Trabalho.

ABSTRACT

This paper presents a review of existing environmental risk in inspection activity of the lower bushing of the hydraulic distributor trunnion, within of the ring-shaped gallery, one of the largest hydroelectric power plants in the world, HEP of Tucuruí . In order to evaluate worker exposure to physical agents, in particular, heat and noise. The measurements used the procedures described in the standards of occupational hygiene, published by FUNDACENTRO. However, were observed the recommendations of Regulatory Norm NR 15, of the Ministry of Labor , and in cases of disagreement prevailed the parameterization of Regulatory Norm, who have legal value in Brazil. This work provided the application of the knowledge acquired during the graduate course, in occupational safety engineering, in a real situation, where there is need to assess the level of exposure of the worker in relation to the tolerance limit specified for the environmental risk, in such a way as to ensure the conservation of the health of the individual in carrying out their work activities.

Keywords: Environmental Risk. Noise. Heat. Tolerance Limit. Work Safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de Produção do Setor Elétrico.....	15
Figura 2 - Região de Atuação da Eletrobras EletroNorte.....	24
Figura 3 - Processo de Conversão/ Transformação.....	26
Figura 4 - Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1 em destaque a localização da Galeria Anelar	29
Figura 5 - Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1.....	30
Figura 6 - Vista do Interior da Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1.....	30
Figura 7 - Vista do Acesso da Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1.....	31
Figura 8 - Medidor de Estresse Térmico Instrutherm, TGD-200.....	32
Figura 9 - Decibelímetro Simpson, 886-2.....	32
Figura 10 - Calibrador Simpson, 890-2.....	32
Figura 11 - Dosímetro Simpson, 897-2.....	33
Figura 12 - Calibrador Simpson, 887-2.....	33
Figura 13 – Local de Medição no Interior da Galeria Anelar.....	36
Figura 14 - Equipamento Instalado na Zona de Medição.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABHO - Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica
ACGIH - Industrial Hygiene, Environmental, Occupational Health
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
dB(A) - Decibéis Corrigido na Curva A
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
IBUTG - Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
ISO - International Organization Standardization
kW–Quilowatt
Lc – Criterion Level
Lt – Threshold Level
Leq–Equivalent ContinuosNoise Level
MW - Megawatt
MEE - Ministério de Minas e Energia
MTE - Ministério do Trabalho e Emprego
NHO - Norma de Higiene Ocupacional
NM - Nível Médio de Ruído
NR - Norma Regulamentadora
OGH - Superintendência de Geração Hidráulica
OGHT - Divisão de Geração de Tucuruí
OGHTM - Setor de Manutenção Mecânica
ONS - Operador Nacional do Sistema Elétrico
PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
UHE - Usina Hidrelétrica

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de Cargos/ Função e Quantitativo de Funcionários	17
Tabela 2 - Resultado da Medição IBUTG em (º C)	19
Tabela 3 - Valores Medidos e Quantificados pelo NPSi.....	22
Tabela 4 - Valores Coletados com o Decibelímetro	23
Tabela 5 – Relação de Cargos/ Função e Quantitativo de Funcionários.....	27
Tabela 6 – Resultado da Medição IBUTG em (º C).....	37
Tabela 7 – Valores Medidos e Quantificados pelo NPSi	39
Tabela 8 - Valores Coletados com o Decibelímetro.....	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 SETOR ELÉTRICO.....	14
2.2 RISCOS AMBIENTAIS.....	16
2.2.1 Ruído.....	18
2.2.2 Calor.....	20
3 MATERIAIS E METODOS.....	23
3.1 A EMPRESA.....	23
3.1.1 Serviços de Manutenção na UHE Tucuruí.....	25
3.1.2 Sujeitos da Pesquisa.....	26
3.1.3 Caracterização do Trabalho.....	27
3.1.4 Caracterização do Local.....	28
3.2. MÉTODO DE PESQUISA.....	31
3.2.1 Medição de Calor.....	34
3.2.2 Medição do Ruído.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 RESULTADO DA MEDAÇÃO DE CALOR.....	37
4.2 RESULTADO DA MEDAÇÃO DE RUÍDO.....	38
5 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

A energia é indispensável para a humanidade, em suas diferentes formas. No último século a energia elétrica se tornou uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, de tal modo a ser um recurso necessário e estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões. Em geral, no Brasil a maior parte destes recursos está localizadas em regiões pouco desenvolvidas, distantes dos grandes centros consumidores e sujeitos a restrições ambientais (ANEEL, 2005).

O Brasil dispõe de diversas fontes de geração de energia elétrica, como o biogás, o carvão, a eólica, o petróleo, a nuclear, a hidráulica, dentre outras que compõem a matriz energética nacional. A EPE (Empresa de Pesquisa Energética) publicou o anuário estatístico de energia elétrica 2013, que apontava as usinas hidrelétricas como principal fonte de geração elétrica, com cerca de 75% da capacidade total instalada no país.

Considerando a importância das usinas hidrelétricas para o cenário energético brasileiro, torna-se primordial a execução adequada da manutenção dos diversos sistemas que integram o complexo de geração hidráulica, de maneira a garantir a confiabilidade operacional e a integridade dos trabalhadores destas instalações.

1.1 OBJETIVOS

Esta monografia tem como objetivo avaliar os riscos ambientais presentes na galeria anelar das unidades geradoras, da usina hidrelétrica de Tucuruí.

1.2 JUSTIFICATIVA

O estudo é justificado pela necessidade de avaliar o nível dos principais riscos ambientais, neste caso identificados como sendo o ruído e o calor, que os trabalhadores do setor de manutenção mecânica ficam expostos ao adentrarem a galeria anelar. A fim de se minimizar os possíveis danos à saúde em decorrência da atividade de inspeção realizada neste local.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura desta monografia foi desenvolvida com base nas normas regulamentadoras NR's do Ministério do Trabalho e Emprego, normas e procedimentos de higiene ocupacional contidas NHO's da FUNDACENTRO, informações do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, além de diversas literaturas referentes ao tema de pesquisa e referenciadas ao longo deste trabalho.

2.1. SETOR ELÉTRICO

O setor elétrico é fundamental para o desenvolvimento da economia, crescimento da produção industrial e melhoria da qualidade de vida da população. A correlação entre o crescimento econômico e a demanda energética pode ser observada, conforme a razão do: processo de desenvolvimento econômico ser o processo de utilização de mais energia para aumentar a produtividade e a eficiência do trabalho humano. De fato, um dos melhores indícios da riqueza de uma população é a quantidade de energia que ela consome por pessoa. Portanto um dos indicadores de um país desenvolvido é o seu consumo de energia elétrica. (RODRIGUES, 2008).

O modelo adotado pelo Setor Elétrico brasileiro visa atingir três objetivos principais: garantir a segurança do suprimento de energia elétrica, promover modicidade tarifária e promover a inserção social no Setor Elétrico Brasileiro, em particular pelos programas de universalização, à exemplo do Programa o Luz para Todos que tem como desafio acabar com a exclusão elétrica do país (ANEEL, 2008). De maneira simplificada, o processo de produção do Setor Elétrico está dividido em quatro etapas:

- Geração: é a etapa responsável pela produção e fornecimento de energia elétrica aos sistemas de transmissão e distribuição. De maneira geral, as usinas geradoras são construídas distantes dos centros consumidores e, por isso a necessidade de um sistema de transmissão capaz de transportar a energia por longas distâncias.

- Transmissão: nesta fase a energia proveniente das usinas geradoras é transportada em grandes quantidades para as unidades distribuidoras ou para grandes consumidores. De modo geral, a operação de transmissão é caracterizada pela utilização de tensões superiores a 230 mil Volts.
- Distribuição: é a responsável pela interligação entre as entidades Transmissoras e os consumidores de pequenos e médios porte. Apesar disso, existem unidades geradoras de menor porte, normalmente menores do que 30 MW, que injetam sua produção diretamente nas redes do sistema de distribuição.
- Consumo: é o último estágio do processo, onde a energia elétrica recebida pelas unidades consumidoras é transformada em vários tipos de produto ou serviços.

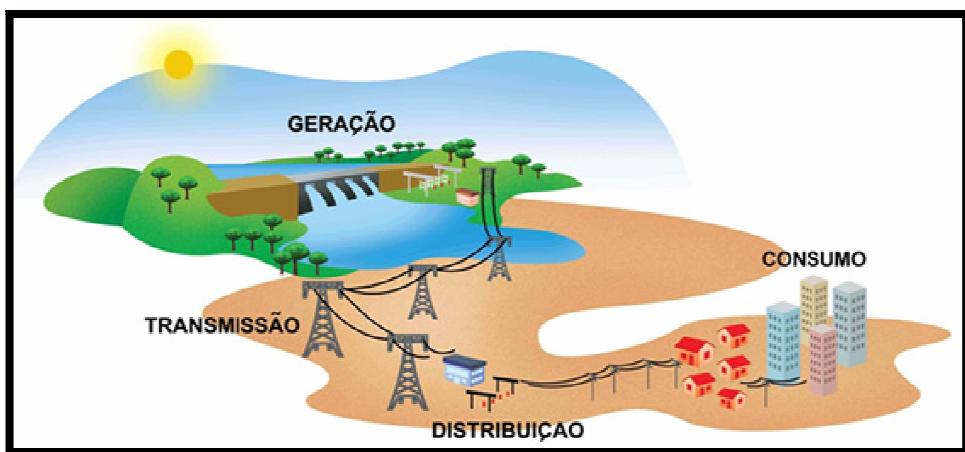


Figura 1 – Processo de Produção do Setor Elétrico
(fonte: ABRADEE, 2014)

2.2. RISCOS AMBIENTAIS

Pela definição da Norma Regulamentadora, NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), os riscos ambientais são ocasionados por agentes físicos, químicos ou biológicos presentes no ambiente laboral e, com capacidade de

causar algum tipo de dano à saúde do trabalhador, em virtude de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição (MANUAIS...,2014).

Os riscos ambientais são classificados em (SALIBA, 2013):

- Riscos Físicos: São aqueles que compreendem, dentre outros, o ruído, vibração, temperaturas extremas, pressões anormais, radiação ionizante e radiação não ionizante;
- Riscos Químicos: São aqueles que compreendem, as névoas, neblinas, poeiras, fumos, gases e vapores;
- Riscos Biológicos: são aqueles que compreendem, entre outros, as bactérias, fungos, helmintos, protozoários e vírus.

Não há previsão de inclusão no PPRA dos riscos ergonômicos e de acidentes. Assim, não necessitam serem previstas questões como o arranjo físico inadequado, mobiliário do posto de trabalho, esforço repetitivo, riscos de queda, iluminação deficiente, etc. Não poderá haver, portanto, aplicação de multa ou qualquer sanção à empresa se não forem incluídos no PPRA os riscos não previstos na NR-9 (...) caso, entretanto, o empregador deseje fazê-la, nenhum problema haverá em sua conduta, tratando-se de providência de maior cautela (PEREIRA, 2005, p. 121 apud FERRER, 2013).

Em 29 de Dezembro de 1994, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) publicou a portaria nº 25, sendo que o art 2º atribuía a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) a obrigatoriedade da elaboração do Mapa de Riscos, com base nas orientações constantes do anexo IV (BRASIL, 1994b).

Tabela 1 - Classificação dos Principais Riscos Ocupacionais em Grupos, de acordo com a sua natureza e a padronização das cores correspondentes

Grupo 1 VERDE	Grupo 2 VERMELHO	Grupo 3 MARROM	Grupo 4 AMARELO	Grupo 5 AZUL
Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidentes
Ruído	Poeiras	Vírus	Esforço Físico Intenso	Arranjo físico Inadequado
Vibração	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção Ferramentas manuais defeituosas, inadequadas ou inexistentes
Radiação Ionizante	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	
Radiação não Ionizante	Neblina	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Frio	Gases	Parasita	Imposição de ritmos excessivos	Eletricidade
Calor	Vapores	Bacilos	Trabalhos em turnos diurnos e noturnos	Probabilidade de Incêndio ou explosão
Pressões Anormais	Substância, compostos ou produtos químicos em geral.		Jornada de trabalho prolongada	Armazenagem Inadequada
Umidade			Monotonia e Repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de stress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Fonte – Brasil, 2011.

2.2.1 Ruído

De acordo com (BISTAFA, 2011), o ruído é um som indesejável, que geralmente é associado a uma conotação negativa. Em níveis suficientemente elevados podem causar: perda da audição, aumento da pressão arterial, perturbação do sono, stress, tensão e queda do desempenho, além disso, costuma interferir na comunicação oral, que por sua vez podem ocasionar acidentes. É um dos principais agentes físicos encontrado no ambiente de trabalho, e por estes motivos o ruído é objeto de estudo dos profissionais da saúde ocupacional.

O som pode ser definido como uma variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo (BISTAFA, 2011). Os principais componentes mensuráveis do som são: frequência e amplitude (GERGES, 1992). Todavia, para os fins ligados a higiene ocupacional é caracterizado pela duração e amplitude.

Segundo a Norma Regulamentadora NR 15, o ruído é dividido em três classificações relacionadas a sua duração: ruído contínuo, ruído intermitente e ruído de impacto. Sendo sua definição conforme abaixo:

- Ruído Contínuo ou Intermitente: Todo e qualquer ruído que não está classificado como ruído de impacto
- Ruído de Impacto: o ruído que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a 1(um) segundo, a intervalos superiores a 1 (um) segundo.

A intensidade sonora é diretamente proporcional à potência sonora, podendo ser definida como nível de intensidade sonora. Para ondas planas ou esféricas progressivas no ar à temperatura ambiente, o nível de intensidade sonora coincide numericamente com o nível de pressão sonora, que corresponde a amplitude da vibração sonora. A escala logarítmica é aplicada para facilitar a manipulação numérica (BISTAFA, 2011).

Seguindo este prisma, a NR 15 apresenta a tabela com o limites de tolerância para exposição ocupacional ao ruído continuo e intermitente, esta tabela relaciona o nível de ruído em dB(A) a máxima de exposição diária permitível.

Tabela 2 – Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente

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 horas e 15 minutos
100	1 horas
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

Fonte – Brasil, 2011

A avaliação do ruído contínuo e intermitente deve ser realizada utilizando um equipamento para medição de nível de pressão sonora, em dB(A) e com resposta lenta (*SLOW*), sendo as leituras praticadas na região próxima ao ouvido do trabalhador. (BRASIL, 2011).

A determinação da dose de exposição deve ser feita, preferencialmente, por meio de medidores integradores de uso pessoal (dosímetros de ruído) (FUNDACENTRO, [201-]).

Na impossibilidade da utilização de medidores integradores de uso pessoal, poderão ser utilizados medidores portados pelo avaliador (FUNDACENTRO, [201-]).

Para o caso de utilização do medidor integrado de uso pessoal:

- O limite de exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermediário corresponde a dose diária igual a 100%.
- O nível de ação para a exposição ocupacional ao ruído é a dose diária igual a 50%.
- O limite de exposição valor teto para o ruído contínuo ou intermitente é 115 dB(A).

Na situação em que seja utilizado um medidor portado pelo avaliador, a dose diária pode ser determinada por meio da seguinte equação:

$$\text{DOSE DIÁRIA} = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \times 100 \ [\%]$$

onde,

C_n = tempo total diário em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico.

T_n = tempo máximo diário permitível a este nível, segundo a anexo 1.

2.2.2 Calor

O Calor é um agente que pode ser encontrado em diferentes ambientes de trabalho, mesmo ao ar livre é possível ocorrer exposições superiores ao limite de tolerância, seguramente que dependem das condições climáticas do local e do tipo de atividade desenvolvida (SALIBA, 1998 apud ARAÚJO, 2006). Alguns arranjos físicos deficientes, aliados a processos produtivos específicos podem criar tais condições.

A realização de trabalho exposto ao calor é mais frequente do que as atividades laborais executadas em baixas temperaturas. O organismo tenta mitigar as temperaturas elevadas, principalmente por condução e temperaturas excessivas. A sudorese é dificultada quando o grau higrométrico do ambiente é elevado.

“...Além disso, há que se considerar que fatores vários concorrem para a dificuldade na luta contra o calor, como a saturação da atmosfera por umidade, a falta de movimentação do ar, a ausência dos vestuários

adequados, entre outros. Quando os meios comuns de defesa contra o calor são colocados em prática, inclusive a compensação do organismo pela perda de água e sal eliminados pela sudorese, é possível haver a prevenção dos sintomas dos acidentes hipotérmicos, tais como câimbras, proteção térmica, insolação, golpe de calor, entre outros." (ARAÚJO, 1994 apud REZENDE, 2003).

Entre os índices que analisam o estresse térmico por calor estão os seguintes: Índice de Bulbo Úmido temperatura de Globo (IBUTG); Taxa requerida de Evaporação (Ereq); Fração requerida de pele molhada (Wreq); Taxa requerida de suor (SWreq).

A NR 15 instrui que a exposição ao calor deve ser avaliada através do Índice de Bulbo Úmido temperatura de Globo (IBUTG). Em consonância legislação pertinente, a Norma de Higiene Ocupacional NHO 06 apresenta os critérios e procedimento técnicos para a avaliação da exposição ocupacional ao calor, que impliquem em sobrecarga térmica e, consequentemente, risco potencial de dano à saúde do trabalhador.

Para ambientes Internos ou externos sem carga solar direta, o cálculo é realizado pela equação abaixo:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

onde,

tbn = temperatura de bulbo úmido natural em °C

tg = temperatura de globo em °C

Para ambientes externos com carga solar direta, o cálculo é realizado pela equação abaixo:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,2\text{tg} + 0,1 \text{ tbs}$$

onde,

tbn = temperatura de bulbo úmido natural em °C

tg = temperatura de globo em °C

tbs = temperatura de bulbo seco em °C

Em função do índice obtido, o regime de trabalho é definido no quadro nº1 do anexo 3, da Nr 15.

Tabela 1 – Limites de tolerância para exposição ao calor, em função do tipo de atividade (IBUTG °C)

Regime de Trabalho	Tipo de Atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho Contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalhados 15 minutos de descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalhados 30 minutos de descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalhados 45 minutos de descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,8 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 30,0

Fonte – Brasil, 2011

A taxa metabólica relativa às diversas atividades físicas exercidas pelo trabalhador deve ser estimada utilizando os dados constantes na figura 4. Caso haja dificuldade no enquadramento, poderão ser utilizadas outras tabelas disponíveis na literatura nacional e internacional, como as disponíveis na ISO8996/90 e ACGIH/1999.

Tabela 4 – Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade

Tipo de Trabalho	Tipo de Atividade	Kcal / h
Trabalho Leve	Sentado em repouso	100
Trabalho Leve	Sentado, movimentos moderados com braços e troncos (ex.: datilografia)	125
Trabalho Leve	Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir)	150
Trabalho Leve	De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
Trabalho Moderado	Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
Trabalho Moderado	De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
Trabalho Moderado	De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Trabalho Moderado	Em movimento, trabalho moderado de levantar e empurrar.	300
Trabalho Pesado	Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho Pesado	Trabalho Fatigante	550

Fonte – Brasil, 2011

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentada a empresa onde foi realizado o estudo de caso, bem como, o método utilizado para o desenvolvimento deste trabalho.

3.1 A EMPRESA

A Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. – Eletronorte, sociedade anônima de economia mista e subsidiária da Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobras, é uma concessionária de serviço público de energia elétrica (ELETRONORTE, 2014). Fundada em 20 de julho de 1973, com o intuito de gerar e fornecer energia elétrica no norte do Brasil, em especial na área correspondente a Amazônia Legal, em destaque na figura 2. Também tinha como objetivo fomentar o desenvolvimento regional e suprir a necessidade energética dos polos minero-metalúrgicos que

estavam sendo criados nos estados do Pará e Maranhão, como por exemplo: Albras, Alunorte, Alumar e Vale. Com a integração dos recursos da geração e transmissão do sistema elétrico brasileiro, por meio do Sistema Interligado Nacional – SIN, a Eletrobras Eletronorte passou a fornecer energia elétrica aos clientes das demais regiões do País, tem cerca de 10% de participação no mercado de energia assegurada do SIN.



Figura 2 –Região de Atuação da Eletrobras Eletronorte
(fonte: ELETRONORTE, 2014)

A Eletrobras Eletronorte opera e mantém quatro hidrelétricas – Tucuruí e Curuá-Una no estado do Pará, Coaracy Nunes no estado do Amapá, Samuel em Rondônia. Incluindo o parque termoelétrico, a potência total instalada é de 9.294,33 megawatts e os sistemas de transmissão contam com mais de 9.888,02 quilômetros de linhas. Com exceção da hidrelétrica de Coaracy Nunes, todas as outras unidades são administradas pela Superintendência de Geração Hidráulica (OGH).

3.1.1. Serviços de Manutenção na UHE Tucuruí

Para atender a demanda energética nacional foi construída a Usina Hidrelétrica (UHE) Tucuruí que é uma unidade de produção da Superintendência de Geração Hidráulica (OGH). Está localizado no rio Tocantins, a 300 quilômetros ao sudoeste da capital paraense, Belém, no município de Tucuruí, estado do Pará. Cabe ressaltar que a UHE Tucuruí é a maior usina genuinamente brasileira e, é a quarta maior do mundo, sua capacidade total instalada é de 8.365 MW. (ELETRO NORTE, 2014)

As obras de construção da usina hidrelétrica de Tucuruí iniciaram em 21 de novembro de 1975 e operação a das primeiras unidades geradoras apenas em 1984. Em 1992 foi concluída a Casa de Força 1, resultando em um potencial instalado de 4.240 MW. Em 1998 foram iniciadas as obras de ampliação, com a construção da Casa de Força 2, concluída em 2007, que adicionou 4.125 MW totalizando 8.365 MW de potência instalada (97,14% da potência instalada da OGH).

A Casa de Força 1 é constituída por 14 Unidades Geradoras Hidráulicas (UGHs), sendo que 12 destas com potência nominal de 350 MW e, outras 2 com 20 MW de potência nominal. Com uma arquitetura diferente, a Casa de Força 2 é composta de 11UGHs, com potência nominal de 375 MW.

O setor de manutenção mecânica (OGHTM) está localizado dentro do organograma da Divisão de Geração de Tucuruí (OGHT). A OGHTM é responsável pela manutenção dos sistemas mecânicos das unidades administradas pela OGH, estes sistemas estão divididos em quatro grupos principais, que são: adução e descarga, gerador hidráulico, regulador de velocidade e turbina.

O princípio de funcionamento de uma hidrelétrica é a conversão de energia. A energia potencial está armazenada na água represada, encontrada no lago formado pela barragem. Ao abrir as comportas da usina a água flui para o interior do conduto forçado e, adquire velocidade devido ao diferencial de altura, neste instante a energia potencial vai sendo convertida em energia cinética. Após sair do conduto forçado a energia cinética é transformada em energia mecânica, por meio da movimentação da pá da turbina. Como a turbina hidráulica está acoplada ao gerador de energia, por meio de um eixo, consequentemente acontece a transformação de energia mecânica em energia elétrica (rotor e estator).

Como forma de reduzir as perdas durante o processo de transmissão de energia elétrica, ela é direcionada a um transformador, através de uma subestação blindada, para elevar a tensão de 13,8 kV para 500 kV, e em seguida essa energia é entregue ao sistema de transmissão. A Figura 3 apresenta este esquema de produção de energia.

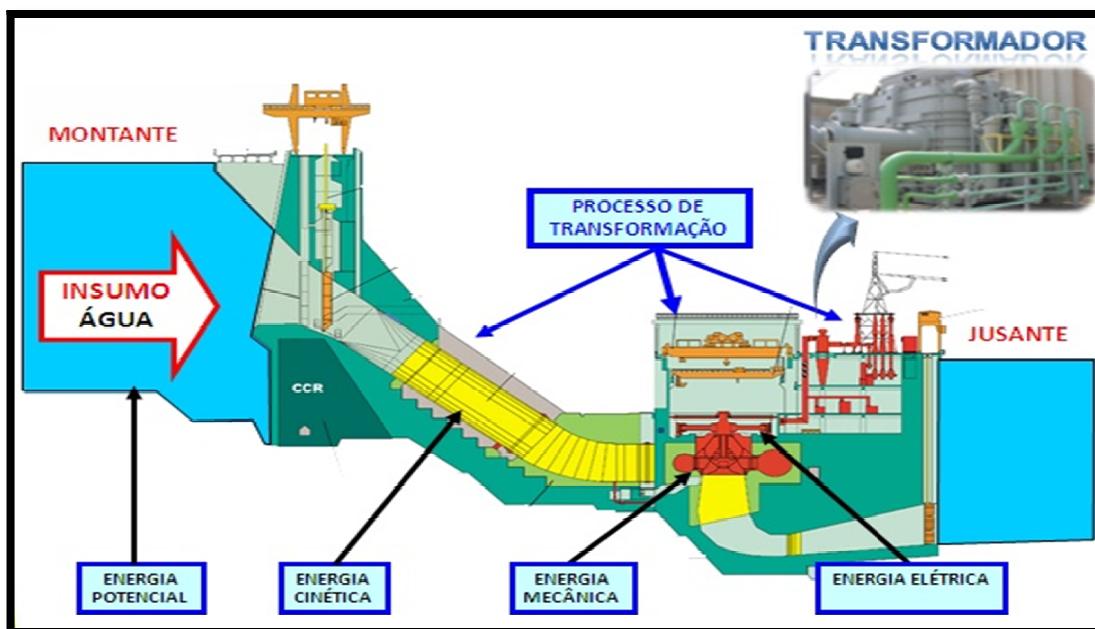


Figura 3 - Processo de Conversão/ Transformação
(Fonte: Acervo Técnico Eletronorte, 2014)

3.1.2. Sujeitos da Pesquisa

Os dados foram coletados durante a pesquisa de campo de novembro de 2013 a janeiro de 2014, nesta ocasião a OGHTM possuía um total de 43 funcionários, divididos em cargos de gerente (01), técnico (22) e auxiliar técnico (20). A relação de cargos / funções e quantitativo de funcionários lotados na OGHTM estão discriminados na tabela 5.

Tabela 5 – Relação de Cargos/ Função e Quantitativo de Funcionários

Cargo / Função	Nº de Funcionários
Engenheiro Mecânico IV / Gerente	01
Técnico Industrial / Mecânico	19
Técnico Industrial / Eletrônico	01
Técnico Industrial / Programador	01
Técnico Industrial / Soldador	01
Auxiliar Técnico Industrial / Mecânico	20

Fonte – Pesquisa de Campo

A exigência do grau de escolaridade entre os cargos varia entre ensino fundamental ao ensino superior completo, da seguinte maneira: o cargo de auxiliar técnico requer a conclusão do ensino fundamental, o cargo de técnico industrial requer a conclusão do ensino médio técnico e, por fim o cargo de engenheiro a conclusão do ensino superior. Contudo, 35% dos técnicos industriais possuem graduação em áreas correlatas a atividade laboral desenvolvida na OGHTM. A equipe responsável pela manutenção das buchas inferiores das pás das turbinas é formada por três técnicos e dois auxiliares técnicos.

3.1.3. Caracterização do Trabalho

O trabalho realizado pela equipe de manutenção mecânica na Galeria Anelar pode ser dividido em duas atividades, conforme abaixo:

- Inspeção das Buchas Inferiores: verificação visual das condições da bucha dos munhões inferiores do distribuidor. Esta atividade é realizada eventualmente, para verificação da integridade dos componentes que compõem este mecanismo. Em média, a inspeção é realizada em uma ou duas unidades geradoras por ano, com duração de 40 minutos cada. Para realização desta tarefa é necessário de dois trabalhadores. A inspeção é realizada com unidade geradora em operação.

- Substituição das Buchas Inferiores: consiste na substituição das buchas e verificação estrutural da galeria anelar. Esta atividade é realizada periodicamente, durante as revisões quinquenais das unidades geradoras. De modo geral, na janela de um ano pelo menos uma ou duas unidades geradoras ficam fora de operação, em virtude da revisão quinquenal. São necessários quatro trabalhadores, exclusivamente para manutenção das buchas inferiores. É importante ressaltar, que esta tarefa é realizada com unidade geradora fora de operação, esgotamento do conduto forçado e comporta de *stop log* aplicada.

3.1.4. Caracterização do Local

Existem duas arquiteturas de galeria anelar na UHE Tucuruí, as construídas na casa de força 1 e, a outra na casa de força 2. Este trabalho foi desenvolvido considerando a arquitetura da casa de força 1, portanto, quando for citado galeria anelar entende-se que é referente a construída na casa de força 1.

Com aproximadamente 8 metros de diâmetro e um perímetro de 25 metros, a galeria anelar comporta 26 munhões inferiores das pás do distribuidor hidráulico, aos quais são acopladas as buchas inferiores. Do piso ao teto possui altura de 1,40 metros e, para acessá-la é necessário passar por uma abertura de 0,5 x 0,6 metros.

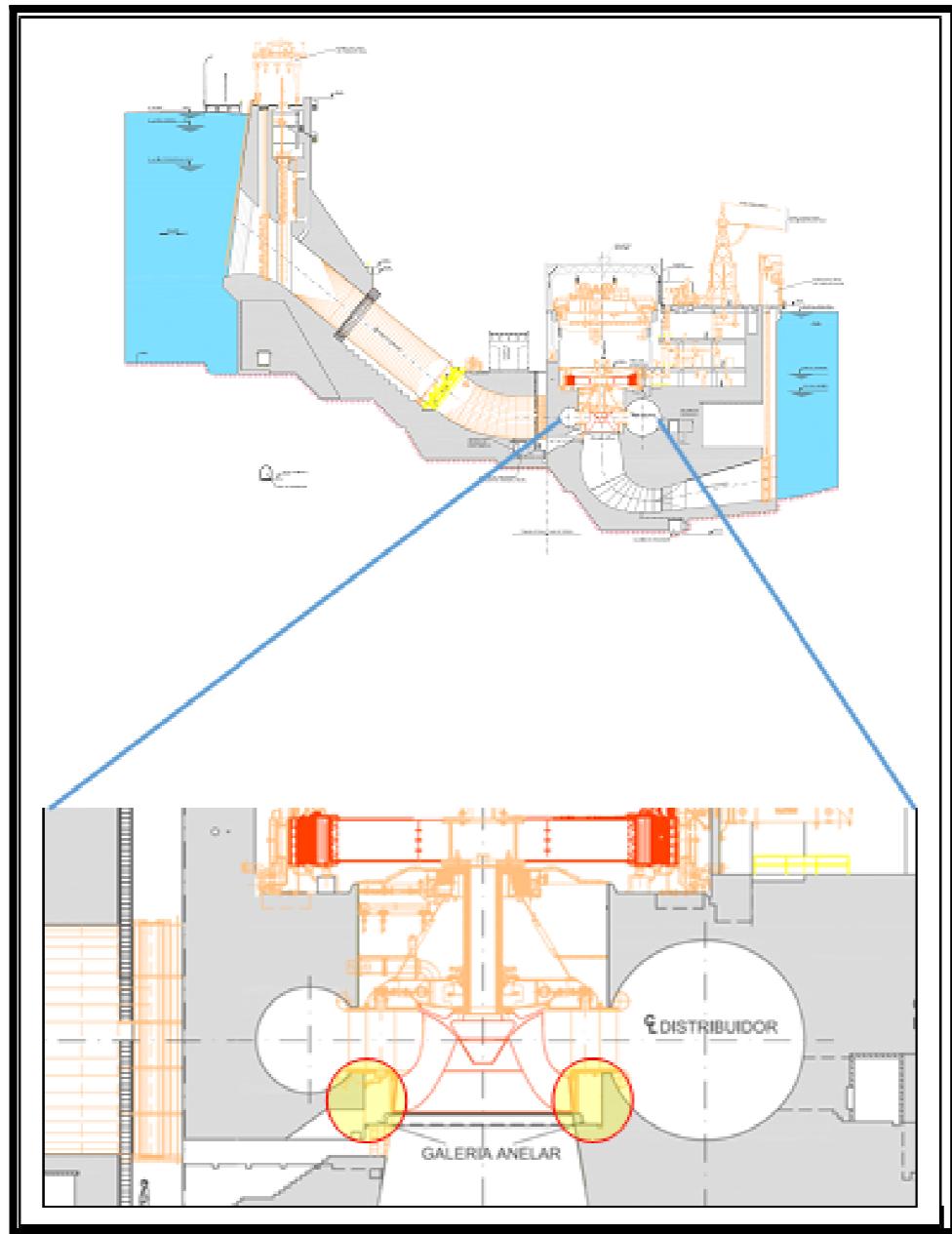


Figura 4 – Corte Transversal da Unidade Geradora da Casa de Força 1, em destaque a localização da Galeria Anelar

(Fonte: Acervo Técnico Eletronorte, 2014)

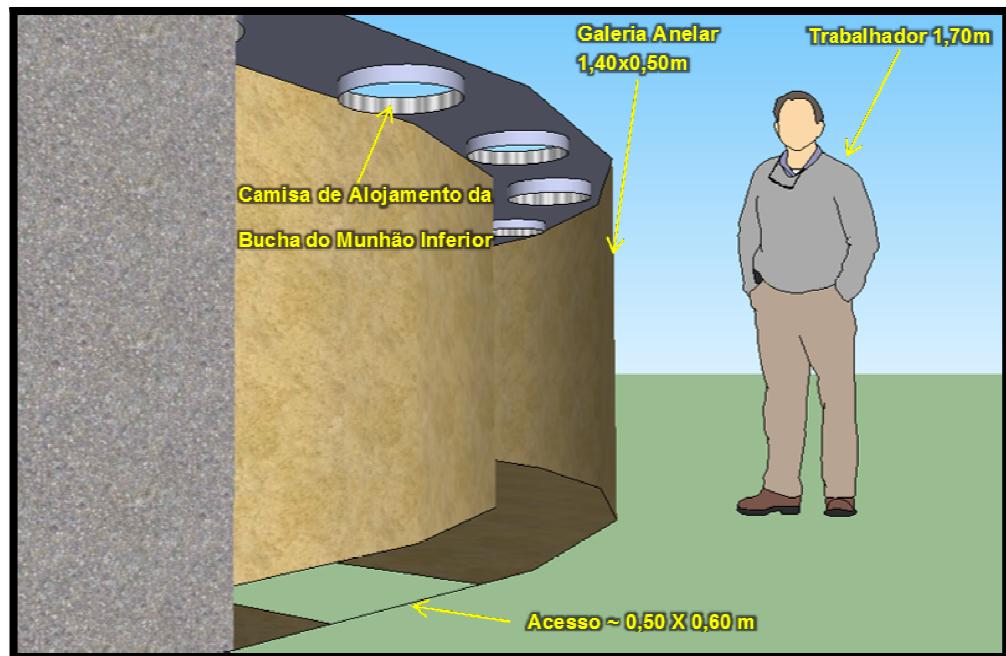


Figura 5 – Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1.
(Fonte: Acervo Particular)



Figura 6 – Vista do Interior da Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1.
(Fonte: Acervo Particular)



Figura 7 – Vista do Acesso da Galeria Anelar das Unidades Geradoras da Casa de Força 1.
(Fonte: Acervo Particular)

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

No desenvolvimento desta monografia foram utilizados os conceitos de calor e ruído, bem como as normas e procedimentos de higiene ocupação referentes a identificação e avaliação destes agentes. Desta forma, atendendo ao preconizado na legislação vigente no Brasil.

Primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica em alusão aos riscos ambientais, em especial o ruído e o calor, que são os objetos de identificação e avaliação deste trabalho.

Em seguida foi caracterizada a empresa, a área de atuação, a equipe trabalhadores e local de trabalho, com vistas a elucidar acerca das dimensões do empreendimento, processos relacionados a área de atuação e o entendimento sobre estrutura conhecida como Galeria Anelar.

O equipamento utilizado para medição do calor foi o medidor de estresse térmico portátil, fabricado pela Instrutherm, modelo TGD-200. Os procedimentos para as medições seguiram as recomendações NHO 06.

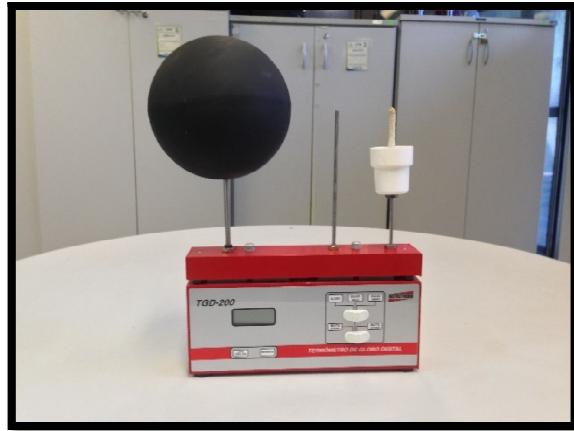


Figura 8 - Medidor de Estresse Térmico Instrutherm, TGD-200.
(Fonte: Acervo Particular)

Para a avaliação pontual do nível do ruído utilizou-se um decibelímetro fabricado pela Simpson, modelo 886-2. E calibrador do mesmo fabricante, modelo 890-2. Os procedimentos para as medições seguiram as recomendações NHO 01.



Figura 9 - Decibelímetro Simpson, 886-2.
(Fonte: Acervo Particular)



Figura 10 - Calibrador Simpson, 890-2.
(Fonte: Acervo Particular)

Para a avaliação ocupacional através da dosimetria utilizou-se um dosímetro fabricado pela Simpson, modelo 886-2. E calibrador do mesmo fabricante, modelo 890-2. Os procedimentos para as medições seguiram as recomendações NHO 01.



Figura 11 - Dosímetro Simpson, 897-2
(Fonte: Acervo Particular)



Figura 12 - Calibrador Simpson, 887-2.
(Fonte: Acervo Particular)

3.2.1 Medição de Calor

Por motivos operacionais, todas as medições foram realizadas com as unidades geradoras em operação.

As medições foram realizadas em condições normais de operação, as mesmas para o caso da atividade de inspeção das buchas na galeria anelar, que possui duração média de 40 minutos.

O equipamento foi fixado a um tripé e a altura foi ajustada para coincidir com a região mais atingida pelo calor no corpo, que neste caso é equivalente à altura do tórax. As leituras somente foram iniciadas após aguardar 25 minutos para a estabilização do equipamento. Todas as medições foram realizadas dentro do intervalo de 14h às 15h, no período de 20 à 31 de janeiro de 2014. A zona de realização das medições foi denominada de A, sendo a mesma para todas as unidades geradoras.

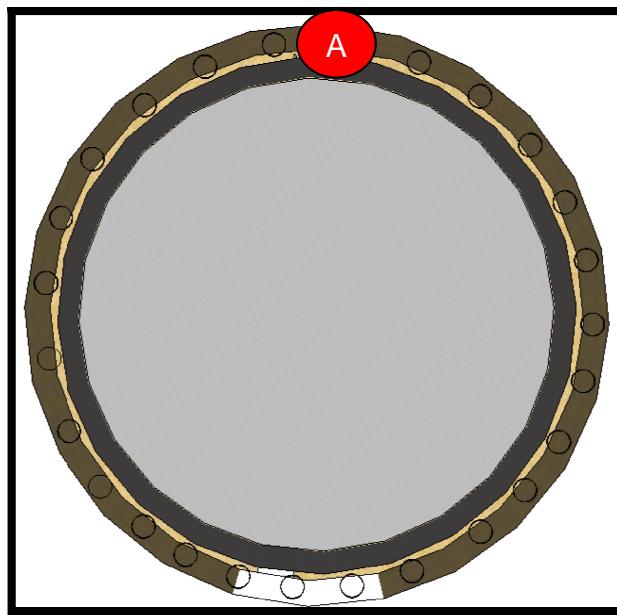


Figura 13 - Local de Medição no Interior da Galeria Anelar.
(Fonte: Acervo Particular)



Figura 14 - Equipamento Instalado na Zona de Medição.
(Fonte: Acervo Particular)

3.2.2 Medição do Ruído

Por motivos operacionais, todas as medições foram realizadas com as unidades geradoras em operação, desta forma não foi possível realizar a medição do ruído representativo a atividade de substituição das buchas. Logo as medidas realizadas referem-se ao cenário característico da atividade de inspeção das buchas inferiores.

Para a avaliação do ruído utilizando um decibelímetro, antes das medições foram realizadas a etapas listas abaixo:

- Recarga completa da bateria
- Ajuste dos parâmetros de medição para operar em circuito de ponderação “A”, circuito de resposta lenta (SLOW).
- Calibração conforme orientação do fabricante.

As medições foram realizadas no mesmo local das medições de calor (Figura 11), com o microfone dentro da zona auditiva do trabalhador, por um período de 40

minutos e, em intervalos de medição de 10 segundos. O nível médio representativo e o nível equivalente foram determinados pelas expressões matemáticas a seguir:

$$NM = 10 \log \left[\frac{1}{n} (n_1 \times 10^{0,1NPS_1} + n_2 \times 10^{0,1NPS_2} + \dots + n_i \times 10^{0,1NPS_i} + \dots + n_n \times 10^{0,1NPS_n}) \right]$$

$$Leq = 10 \log \left(\frac{\sum 10^{\frac{NPS_i}{10}}}{n} \right)$$

Onde,

NM = Nível médio representativo da exposição do trabalhador avaliado

Leq = Nível equivalente de pressão sonora

ni = número de leituras obtidas para um mesmo nível assumido - NPS_i

n = número total de leituras [devem ser incluídas as leituras de valores abaixo de 80 dB(A)]

NPS_i = iésimo nível depressão sonora assumida, em dB(A) [não deve, ser incluídos os níveis de pressão sonora inferiores a 80 dB(A)]

Para a dosimetria da atividade de inspeção das buchas inferiores, o instrumento foi ajustado conforme a norma regulamentadora NR 15, com Lc = 85, Lt = 80 e fator de duplicativo de dose igual a 5. Além disso, foram observadas as etapas presentes na NHO 01, conforme roteiro a seguir:

- Substituição da bateria do equipamento, por uma nova.
- Ajuste dos parâmetros de medição para operar em circuito de ponderação “A”, circuito de resposta lenta (SLOW) e faixa de medição de 80 a 115dB(A).
- Calibração conforme orientação do fabricante.
- Posicionamento e fixação do microfone dentro da zona auditiva do trabalhador
- Ajuste e fixação do cabo entre o microfone e dosímetro
- Bloqueio de alteração da programação do equipamento

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As medições foram realizadas na galeria anelar, das unidades geradoras instaladas na casa de força 1, da usina Hidrelétrica de Tucuruí, conforme a disponibilidade operacional do período. E com o foco na atividade de inspeção das buchas munhão inferiores do distribuidor hidráulico.

4.1 RESULTADO DA MEDIÇÃO DE CALOR

O resultado do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG, apresentou uma variação entre 28,2°C e 28,6°C, referente as 12 galerias e na condição de operação de todos os geradores da casa de força 1.

A inspeção das buchas inferiores foi enquadrada como atividade do tipo moderada, em virtude de ser realizada em pé, em postura inadequada e com exigência de movimentação.

Levando em consideração o IBUTG, a taxa metabólica da inspeção, e o tempo médio de 40 minutos para realização da inspeção, conclui-se que as condições térmicas para realização da atividade de inspeção estão acima do nível de tolerância aceitável, previsto na norma regulamentadora NR 15. É importante ressaltar que o limite de tolerância nestas condições é de 30 minutos de trabalho, com intervalos de descanso de 30 minutos. Sendo necessária a implementação de medidas mitigatórias para redução do tempo de exposição ou temperatura do local.

Tabela 6 – Resultado da Medição IBUTG em (° C)

Galeria Anelar												
UGH1	UGH2	UGH3	UGH4	UGH5	UGH6	UGH7	UGH8	UGH9	UGH10	UGH11	UGH12	
28,4	28,2	28,6	28,5	28,5	28,4	28,2	28,2	28,3	28,2	28,3	28,3	

4.2. RESULTADO DA MEDIÇÃO DE RUÍDO

Com base nos valores medidos, o ruído equivalente (Leq) calculado foi na ordem de 100,8 dB(A), referente a galeria anelar da unidade geradora 6, na condição de operação de todos os geradores da casa de força 1.

A dosimetria referente à atividade de inspeção resultou em uma dose 86,8 % da dose diária de exposição ao ruído, sendo que o ruído equivalente Leq = 100,5 dB(A). No caso da dosimetria da atividade, o tempo total de medição foi aproximadamente 52 minutos, divididos em 6 minutos de deslocamento da sala de manutenção mecânica até a galeria anelar do gerador 6, acrescido de 40 minutos de inspeção nas buchas inferiores e, por fim mais 6 minutos de deslocamento de retorno para sala de manutenção.

Considerados que a atividade de inspeção das buchas do munhão inferior é uma atividade não rotineira e grande número de atividade desenvolvido pela equipe de manutenção mecânica em região ruidosa, desta forma torna-se inviável o cálculo da soma das doses das diversas combinações de forma a compor as 8 horas de jornada de trabalho diárias. Além disso, a complexidade estrutura da usina e o grande número de fontes geradoras de ruído, também inviabilizam um estudo em curto prazo para redução dos níveis de ruído.

Pelo exposto, com o objetivo de mitigar os efeitos adversos deste agente físico e proteger à saúde dos trabalhadores envolvidos na atividade de inspeção da bucha inferior, recomenda-se:

- A utilização de protetor auricular adequado, observando as orientações contidas na norma regulamentadora NR6 e, nas informações dos fabricantes destes equipamentos de proteção individual.
- Nos dias que ocorrem atividade de inspeção, remanejar a equipe que realizou esta atividade para tarefas administradas, tais como: relatório de manutenção, planejamento de manutenção, criação de ordens de serviço e outras, onde não haja exposição ao ruído a valores superiores a 85 dB(A).

Tabela 7 – Valores Medidos e Quantificados pelo NPSi

i	NPS _i	n _i
1	100	109
2	101	101
3	102	21
4	103	9
NM = 100,8		

Tabela 8 – Valores Coletados com o Decibelímetro

100	100	100	100	101	100	101	101	100	100	101	100	101	101	101	100	101	101
101	100	103	100	100	102	101	100	100	100	101	100	100	101	101	100	100	100
101	100	101	100	100	102	101	100	101	101	100	101	101	101	101	101	101	100
101	101	101	100	100	102	100	100	100	100	100	101	101	101	101	100	100	101
101	101	101	100	100	102	100	100	101	100	101	100	102	102	101	101	101	101
100	100	100	100	101	101	103	102	100	101	100	100	101	101	101	101	101	101
100	100	100	101	101	101	103	102	100	101	100	100	100	100	100	100	100	100
100	101	102	102	100	101	103	100	100	101	101	101	101	100	100	100	100	103
100	101	101	101	100	100	103	101	100	101	101	100	101	100	101	100	101	101
100	101	101	101	101	100	100	101	100	100	103	100	101	102	101	101	101	100
101	101	103	102	101	100	101	100	101	100	101	100	102	101	100	101	100	100
100	102	101	101	101	100	102	101	100	100	100	101	101	102	100	101	101	101
101	101	101	101	101	102	103	100	100	100	100	100	100	101	101	100	101	101
101	101	100	100	101	102	101	100	101	102	101	101	100	100	100	101	100	100
100	101	101	101	100	100	102	101	100	102	101	101	101	100	100	100	100	100

Leq = 100,8 dB(A)

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou a importância da avaliação dos riscos ambientais na preservação da saúde ocupacional. Aplicando os procedimentos de avaliação descritos em norma de higiene ocupacional, em consonância com o exigido pela legislação brasileira.

Os dados coletados proporcionaram o entendimento referente à exposição dos trabalhadores aos agentes físicos (ruído e calor), através da relação do tempo de exposição, intensidade do agente e ao limite de tolerância previsto na Norma Regulamentadora 15. Desta forma, foi possível verificar a contribuição específica do período que o trabalhador ficou expostos a determinado agente, no desempenho da atividade de inspeção realizada na galeria anelar.

A avaliação indica a necessidade de implementação de medidas de controle e redução da exposição dos trabalhadores aos riscos ambientais presentes na galeria anelar. Com o intuito de garantir a manutenção da saúde dos trabalhadores que exercem atividades nestes locais.

Por fim conclúisse que o objetivo proposto deste trabalho foi alcançado: avaliar os riscos ambientais na galeria anelar da usina hidrelétrica de Tucuruí.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 2. ed. Brasília: ANEEL, 2005. p. 1-4.
- ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008. p. 18.
- ARAÚJO, A. N. **Análise do trabalho em espaço confinado:** o caso da manutenção de redes subterrâneas. Dissertação. Mestrado apresentada à ao programa de pós-graduação em engenharia de produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA – ABRADEE. **Visão geral do setor elétrico.** Disponível em <http://www.abradee.com.br>. Acessado em 12/02/2014.
- BISTAFÁ, Sylvio R.. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** São Paulo: Blücher, 2011.
- BRASIL. Ministério do Trabalho Emprego. **Norma Regulamentadora NR 1:** disposições gerais. Brasília, 2009.
- _____. **Norma Regulamentadora NR 9:** programa de prevenção de riscos ambientais, Brasília, 1994a.
- _____. **Norma Regulamentadora NR 15:** atividades e operações insalubres. Brasília, 2011.
- _____. **Portaria 25:** atribuições da CIPA. Brasília, 1994b.
- ELETRONORTE. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. 2014. Disponível em: <<http://www.eletronorte.org.br>>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- ELETRONORTE. Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. **Servidor UHTNAS01.** Disponível no Acervo Técnico da Usina Hidrelétrica de Tucuruí,. Acesso em: 10 fev. 2014.
- FERRER, E. C. M. **Análise do PPRA de uma empresa de implementos rodoviários.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013. p. 21-22.
- FUNDACENTRO, **Norma de higiene ocupacional:** avaliação de exposição ocupacional ao ruído, NHO 01. [201-]. Disponível em <http://www.fundacentro.gov.br>. Acessado em 18/12/2013.
- FUNDACENTRO, **Norma de higiene ocupacional:** avaliação de exposição ocupacional ao calor, NHO 06. [201-]. Disponível em <http://www.fundacentro.gov.br>. Acessado em 18/12/2013.

GERGES, Samir Nagi Yousir. **Ruído: fundamentos e controle.** 2. ed. Florianópolis: Ed. NR, 1992. p. 91.

MANUAIS de Legislação Atlas. **Segurança e medicina do trabalho.** 73. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2014.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Programa Luz para Todos.** Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/luzparatodos>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

ONS. O Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 10 fev. 2014.

REZENDE, M. P. **Agravos à saúde de auxiliares de enfermagem resultantes da exposição ocupacional aos riscos físicos.** Dissertação. Mestrado apresentada à Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

RODRIGUES, M. C. **Economia, energia e meio-ambiente: elementos para formulação de políticas públicas e análise de oportunidade de investimentos.** Dissertação. Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em economia, PPGE, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, UNISINOS, 2008.

SALIBA, T. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional.** 5. ed. São Paulo: Ed. LTR, 2013.