

FACULDADE LABORO
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO
TRABALHO

MAURO DE CASTRO SILVA

**AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA OPERAÇÃO MANUAL DE UMA CALDEIRA A
VAPOR: estudo de caso**

São Luís
2017

MAURO DE CASTRO SILVA

**AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA OPERAÇÃO MANUAL DE UMA CALDEIRA A
VAPOR: estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Especialização em Engenharia de
Segurança do Trabalho, da Faculdade Laboro,
para obtenção do título de Especialista.

Orientadora: Prof.^a Leonor Viana de Oliveira
Ribeiro

São Luís
2017

Silva, Mauro de Castro

Avaliação dos riscos na operação manual de uma caldeira a vapor: estudo de caso / Mauro de Castro Silva -. São Luís, 2017.

Impresso por computador (fotocópia)

28 f.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Faculdade LABORO como requisito para obtenção de Título de Especialista. -. 2017.

Orientadora: Profa. Ma. Leonor Viana de Oliveira Ribeiro

1. . Caldeiras. 2. Operação Manual. 3. Avaliação de Riscos. I. Título.

CDU: 331.45

MAURO DE CASTRO SILVA

**AVALIAÇÃO DOS RISCOS NA OPERAÇÃO MANUAL DE UMA CALDEIRA A
VAPOR: estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Especialização em Engenharia de
Segurança do trabalho, da Faculdade Laboro,
para obtenção do título de Especialista.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profª. Ma. Leonor Viana de Oliveira Ribeiro
Mestra em História, Ensino e Narrativas
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

1º Examinador

2º Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele jamais teria concluído essa etapa tão significativa na minha vida profissional, pela boa saúde, proteção durante as viagens e deslocamentos e principalmente pela fé, em fazer acreditar que dias melhores ainda estão por vir.

A minha esposa, Thayse Regina, que sempre foi minha maior incentivadora, sempre me instigando e fazendo acreditar que todo o esforço e dedicação vão ser recompensados com a vitória e êxito.

A Faculdade Laboro, pelo ensino de excelência, professores e a todos os profissionais envolvidos, que durante o curso mostraram dedicação, flexibilidade e comprometimento com os alunos.

A empresa parceira, por abrir as portas e confiar os dados dos manuais, equipamentos e dados de campo, a fim de contribuir com a conclusão do trabalho e desejo de melhoria das condições de trabalho dos operadores da caldeira.

Ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI, pelo apoio e cessão dos instrumentos de avaliação dos riscos ambientais.

Aos colegas de turma, pelas experiências compartilhadas e amizade, a todos que direta ou indiretamente, de alguma forma, contribuíram para conclusão dessa etapa.

RESUMO

O presente estudo visa abordar os riscos envolvidos na operação manual de uma caldeira a vapor de baixa pressão que utiliza lenha e coco babaçu como combustível na geração de vapor. Caracteriza-se como um estudo de caso, onde as avaliações quantitativas e qualitativas foram realizadas em campo em uma empresa de pequeno porte localizada na cidade de Bacabal/MA. A coleta de dados se deu através de visitas a empresa, consulta a manuais, prontuários, registros de segurança e através da observação direta da operação. Durante as avaliações quantitativas foram utilizados o medidor de stress térmico, dosímetro de ruído, decibelímetro, anemômetro de fio quente e luxímetro. O nível de ruído assim como o stress térmico, indicaram condição de insalubridade. O esforço físico despendido pelo operador representa outro fator de risco considerável na atividade, devendo ser melhor quantificado por estudos e laudos ergonômicos específicos.

Palavras-chave: Caldeiras. Operação Manual. Avaliação de Riscos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ANSI | American National Standards Institute |
| API | American Petroleum Institute |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers |
| BPF | Baixo Ponto de Fluidez |
| CIPA | Comissão Interna de Prevenção de Acidentes |
| dB | Decibel – unidade dimensional para medir o ruído |
| EPI | Equipamento de Proteção Individual |
| GAF | Gás de Auto Forno |
| GLP | Gás Liquefeito de Petróleo |
| IBUTG | Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo |
| NBR | Norma Brasileira |
| NHO | Norma de Higiene Ocupacional |
| NR | Norma Regulamentadora |
| PAR | Projeto de Alteração e Reparo |
| PMTA | Pressão Máxima de Trabalho Admissível |
| PMTP | Pressão Máxima de Trabalho Permitida |
| PPRA | Programa de Prevenção de Riscos Ambientais |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 CALDEIRAS: definição e classificação | 8 |
| 3 OPERAÇÃO MANUAL DE CALDEIRAS | 9 |
| 3.1 Caracterização dos Riscos | 10 |
| 3.2 Efeitos dos Riscos Identificados no Organismo | 13 |
| 3.3 Objetivo Geral | 15 |
| 3.3.1 Objetivos Específicos | 15 |
| 3.4 Metodologia | 15 |
| 3.4.1 Descrição Sumaria do Ambiente | 15 |
| 3.4.2 Características da Atividade | 16 |
| 3.4.3 Características Técnicas da Caldeira | 16 |
| 3.4.4 Instrumentos Utilizados na Avaliação dos Riscos Ambientais | 17 |
| 3.5 Procedimentos Experimentais | 18 |
| 3.5.1 Avaliação do Ruído | 18 |
| 3.5.2 Avaliação do Calor | 19 |
| 3.5.3 Avaliação da Iluminância | 19 |
| 3.5.4 Avaliação da Velocidade e Temperatura do Ar | 20 |
| 3.5.5 Avaliação de Outros Riscos | 20 |
| 3.6 Resultados | 20 |
| 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 24 |
| 4.1 Medidas de Controle Recomendadas | 25 |
| REFERÊNCIAS | 27 |

1 INTRODUÇÃO

Caldeira é um equipamento projetado a partir de normas e códigos internacionais e são constituídos de tubos e chapas de aço que quando soldados formam uma estrutura rígida capaz de suportar pressões elevadas. O princípio de funcionamento das caldeiras é baseado na transferência de calor, resultado da queima de um combustível, gerando calor suficiente para elevar a temperatura da água em seu interior, e esta passar do estado líquido para o estado de vapor.

Durante a operação manual de uma caldeira de baixa pressão, o operador está exposto a vários riscos; risco de explosão, incêndios, contato com superfícies aquecidas, exposição a níveis de ruído acima dos limites toleráveis, exposição ao calor, esforço físico intenso, levantamento e transporte manual de carga, etc. Quando não controlados da maneira correta podem causar desde pequenos danos físicos até grandes fatalidades.

Em face do pequeno aporte literário sobre o tema, da grande quantidade de acidentes ocorridos nos últimos anos e do domínio adquirido sobre o assunto no chão de fábrica e em treinamentos ministrados sobre segurança na operação de caldeiras, este estudo versará sobre as condições reais de trabalho, perigos e riscos a que os operadores de caldeiras estão expostos, contribuirá para a redução dos acidentes e servirá de referencial teórico para futuros trabalhos relacionados ao tema.

O trabalho visa realizar uma análise quantitativa e qualitativa dos riscos físicos, químicos, ergonômicos e riscos de acidente existentes na área da caldeira que possam causar danos à saúde do trabalhador.

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo de caso sobre os riscos envolvidos na operação manual de uma caldeira a vapor de baixa pressão que utiliza lenha e coco babaçu como combustível na geração de vapor.

O estudo dividiu-se em fase de antecipação e reconhecimento dos riscos, avaliação dos riscos e exposição dos trabalhadores, finalizando a pesquisa com a recomendação de medidas de controle.

2 CALDEIRAS: definição e classificação

Atualmente, devido a todos os aperfeiçoamentos e intensificação da produção industrial, os geradores de vapor fornecem o vapor indispensável a muitas atividades, não só para movimentar máquinas, mas também para limpeza, esterilização, aquecimento e participação direta no processo produtivo, como matéria-prima. Além da indústria, outras empresas utilizam cada vez mais vapor gerado pelas caldeiras, como restaurantes, hotéis, hospitais e frigoríficos (NOGUEIRA, 2005).

Esse equipamento, por operar com pressões internas bem acima da pressão atmosférica, sendo em grande parte das aplicações industriais aproximadamente 20 vezes maiores e, nas aplicações para a produção de energia elétrica, entre 60 a 100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constitui um risco iminente na sua operação (ALTAFINI, 2002).

2.1 Definição

Caldeira é um equipamento que, utilizando a energia química liberada durante a queima de um combustível, promove a mudança de fase da água do estado líquido para vapor a uma pressão maior que a atmosférica. O vapor resultante é utilizado para o acionamento de máquinas térmicas, para a geração de potência mecânica e elétrica, assim como para fins de aquecimento em processos industriais (PERA, 1990).

Segundo a Norma Regulamentadora - NR nº 13, caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à pressão atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia.

2.2 Classificação

As caldeiras podem ser classificadas de acordo com a classe de pressão, grau de automatização, tipo de energia empregada e tipo de troca térmica.

Quanto ao grau de automatização:

- Manuais;

- Semi automáticas;
- Automáticas.

Quanto as classes de pressão:

- Categoria A: Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA igual ou superior a 19,98 Kgf/cm²;
- Categoria C: PMTA igual ao inferior a 5,99 Kgf/cm²;
- Categoria B: Caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

Quanto a energia empregada no aquecimento:

- Combustíveis sólidos: lenha, bagaço de cana, carvão, babaçu, bambu, briquete de casca de arroz, pó de serragem, etc.
- Combustíveis líquidos: diesel, óleo Baixo Ponto de Fluidez - BPF, sebo, etc.
- Combustíveis gasosos: butano, metano, Gás Liquefeito de Petróleo - GLP, propano, Gás de Auto Forno - GAF, etc.
- Elétricas: jatos-de-água; eletrodos submersos; resistores;
- Caldeiras de recuperação; gases de outros processos; recuperação química.

Quanto ao tipo de troca térmica:

- Flamotubulares: os gases da combustão circulam por dentro dos tubos, ao redor dos quais está a água a ser aquecida e evaporada.
- Aquatubulares: são de uso mais abrangente, a água circula por dentro dos tubos e os gases quentes envolvendo-os.

3 OPERAÇÃO MANUAL DE CALDEIRAS

A operação de uma caldeira consiste na execução de procedimentos que visam garantir a segurança da operação e o funcionamento adequado do equipamento, dentro das condições normais de uso especificadas pelo fabricante da caldeira. Os procedimentos incluem execução de rotinas durante a pré partida, partida, operação normal e parada do equipamento. Conforme descrito no item 13.4.3.1 da NR nº 13, toda caldeira deve possuir manual de operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo:

- procedimentos de partidas e paradas;
- procedimentos e parâmetros operacionais de rotina;
- procedimentos para situações de emergência;

- procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente.

De acordo com o quadro nº 3, taxa de metabolismo por tipo de atividade, da NR nº 15, a operação manual de uma caldeira pode ser enquadrada como trabalho pesado, demandando alto consumo calórico na realização da atividade. Sendo portanto, uma atividade passível de avaliação dos riscos para fins de percepção do adicional de insalubridade ou implementação de medidas que venham eliminar ou reduzir o nível do agente causador ou exposição do trabalhador ao risco.

Dentro do escopo do operador de caldeiras, pode-se evidenciar algumas atividades que são realizadas durante o processo normal de operação de uma caldeira que utiliza coco babaçu como combustível: Transportar em carros de mão coco babaçu para próximo da caldeira; abastecer manualmente com pá a fornalha; verificação dos níveis de água da caldeira e do tanque de alimentação; realizar testes de funcionamento das bombas, exaustores e painéis elétricos; monitorar instrumentos indicadores de pressão e temperatura; realizar manobra de abertura e fechamento de válvulas; acionamento manual das válvulas de segurança; manipular produtos químicos para o tratamento de água, etc.

3.1 Caracterização dos Riscos

Conforme a NR nº 9, são considerados riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Consideram-se agentes físicos, as diversas formas de energia que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, não ionizantes, infrassom e o ultrassom. (NR nº9, 2017)

Consideram-se agentes químicos, substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pelas vias respiratórias, em forma de poeiras, fumus, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou pela natureza da atividade, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. (NR nº9, 2017)

Consideram-se agentes biológicos, as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoário, vírus, entre outros, que possam estar expostos os trabalhadores.

Arno Rothbarth, afirma que os riscos associados as caldeiras estão na manutenção e operação do equipamento, e que a NR nº 13 por si só não determina todos os procedimentos seguros na condução do processo de geração de vapor, estabelece apenas parâmetros preventivos para a administração do sistema, sem se aprofundar numa análise de risco ao longo da vida de um gerador de vapor.

A probabilidade de falhas do equipamento é função do tempo em serviço e das ações corretivas realizadas. Uma caldeira deve ser avaliada pelo seu comportamento ao longo do tempo e enquadrada em duas categorias: condições variáveis e condições fixas. As condições fixas têm a ver com a estrutura da caldeira considerando seu projeto original e as condições variáveis são aquelas que dependem da forma como a caldeira foi operada e mantida ao longo do tempo (apud ROTHBARTH, 2017).

A matriz de risco sugerida pelo Instituto Americano do Petróleo – API, a probabilidade é função do tempo de serviço da caldeira considerando 04 fatores:

Fator universal: avalia os riscos inerentes das condições ambientais;

Fator Técnico: avalia os riscos através das taxas de acúmulo de danos;

Fator Mecânico: leva em conta os riscos associados às características do projeto da caldeira;

Fator Operacional ou de Processo: é um dos mais significativos, pois leva em consideração a forma como a caldeira é operada.

O ruído assim como o calor, deve ser avaliado a fim de ser verificado sua intensidade e o tempo de exposição do trabalhador, sendo determinante para o enquadramento do adicional de insalubridade da atividade, conforme determina a norma NR 15 no item 15.2, afirma que o exercício de trabalho em condições de insalubridade, assegura ao trabalhador a percepção de adicional, incidente sobre o salário mínimo da região, equivalente a: 10, 20 ou 40%, correspondendo respectivamente aos graus mínimo, médio e máximo de insalubridade.

Para Gyurkovits (2004), a presença de ruído de baixa frequência dos queimadores e de alta frequência proporcionados por vazamentos de vapor, acidentais ou intencionalmente provocados pelas válvulas de segurança, constitui

um espectro sonoro peculiar e variável ao longo da jornada de trabalho. Desconforto térmico nas operações de caldeiras é muito frequente e de fácil constatação, porém a sobrecarga térmica para ser identificada, exige a análise de cada caso em particular, sendo necessário para tanto, não só avaliações com termômetros de globo e de bulbo úmido, como também exames médicos e acompanhamento individual.

Em termos ergonômicos, o corpo de um operador de caldeira é solicitado muitas vezes por movimentos desordenados e excessivos, localizados ou generalizados: visores mal posicionados, manômetros instalados em ângulos inadequados, válvulas emperradas e que possuem volantes exageradamente pequenos, regulagem de chamas que exigem operações interativas, etc. (apud ALTAFINI, 2002).

O risco de explosão em casas de caldeiras é eminente e envolve desde fatores de projeto, operação e manutenção do equipamento, que quando somados potencializam o grau de periculosidade da atividade. Sendo o superaquecimento o maior causador de explosões em caldeiras, sendo causado na maioria das vezes pela seleção inadequada do aço na fabricação da caldeira, choque térmico, falhas em juntas soldadas, corrosão, e elevação da pressão de trabalho acima da PMTA.

Segundo Gyurkovits (2004, p. 15), os riscos de explosões são, entretanto, os mais significantes pelas seguintes razões:

- Por se encontrar presente durante todo o tempo de funcionamento, sendo imprescindível seu controle de forma contínua;
- Em razão da violência com que as explosões acontecem, pois na maioria dos casos, suas consequências são catastróficas, em virtude da enorme quantidade de energia liberada instantaneamente;
- Por envolver não só os operadores, como também as pessoas que trabalham nas redondezas;
- Por que sua prevenção deve ser considerada em todas as fases: projeto, fabricação, operação, manutenção, inspeção e outras.

Há também riscos dos operadores terem os olhos expostos à radiação infravermelha em operações de regulagem de chama e em observações prolongadas de superfícies incandescentes. Fumaças, gases e vapores expelidos pela chaminé representam, em certas condições, riscos não somente aos

operadores, como também à comunidade, ou seja, pelo risco de intoxicação por monóxido de carbono, por exemplo (ALTAFINI, 2002).

Agentes de acidentes ou riscos mecânicos: Caracterizam-se pela presença e/ou contato do homem com máquinas, objetos escoriantes, cortantes, abrasivos e perfuro - cortantes, explosivos, inflamáveis, choques elétricos e outros capazes de causar danos à saúde do trabalhador. Estão incluídos: arranjo físico inadequado, máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas defeituosas e/ou impróprias, instalações elétricas inadequadas (aterramento), sinalização (ausências de indicação de risco), edificações (pisos inadequados, escadas impróprias), probabilidade de incêndio e explosão (riscos com produtos inflamáveis, sobrecarga elétrica), luminosidade deficiente, ventilação deficiente, etc.

3.2 Efeitos dos Riscos Identificados no Organismo

Efeitos do calor

A seguir estão algumas consequências da exposição do homem à altas temperaturas, de acordo com Coutinho (1998) e Shi *et al* (2013):

- Hipertermia: pode causar desnaturação das proteínas e a morte. Durante este processo, o trabalhador apresenta-se desorientado e delirante;
- Tontura e desfalecimento por déficit de sódio: O trabalhador apresenta fraqueza muscular, cansaço, câimbras, náuseas, vômito, cefaleia, irritabilidade, elevação da frequência cardíaca e ausência de sede;
- Tontura e desfalecimento por hipovolemia relativa: menor presença de sangue no coração e no cérebro. Apresenta também os seguintes sinais: tonturas, desmaios, náuseas, sudorese fria, palidez facial, respiração em suspiros, pulsação lenta e baixa pressão arterial;
- Desidratação: levando à sintomas como: sede, irritabilidade, sonolência, pulso acelerado, temperatura elevada e oligúria (pouca urina). A perda de 10% de água é incompatível para a execução de trabalho, e com perdas de 15% aparecem sinais de hipovolemia (diminuição do volume sanguíneo).

Conforme o anexo 03 da NR nº 15, os limites de tolerância para exposição ao calor devem ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" – IBUTG.

Efeitos do ruído

De acordo com Medeiros (1999), a nocividade do excesso de ruído afeta o indivíduo sob vários aspectos, a única doença específica associada à exposição a esse agente agressivo, é a perda auditiva. Os distúrbios atribuídos à exposição, vão depender de fatores como: a frequência do ruído, a intensidade, a duração, e o ritmo, assim como o tempo de exposição, a suscetibilidade individual, e a atitude de cada indivíduo frente ao som.

Colleoni e Cols (1981), comentam que na faixa de frequências baixas, iniciando-se com as frequências infrassônicas (abaixo de 16Hz), os efeitos do ruído não são auditivos, e dentre eles estão enjoos, vômitos, tonturas, etc. À medida que a frequência aumenta, os efeitos são diferentes e podemos encontrar alterações na atenção e concentração mental, no ritmo respiratório, ritmo cardíaco, aumento da irritabilidade, perda de apetite e estados pré-neuróticos.

A NR nº 15, no seu anexo nº 01 define os valores de tolerância para ruído contínuo ou intermitente em função do tempo de exposição ao agente.

Efeitos do esforço físico intenso

Cansaço, dores musculares, fraquezas, alterações do sono e da libido e da vida social, com reflexos na saúde e no comportamento, hipertensão arterial, taquicardia, cardiopatia (angina, infarto), diabetes, asma, doenças nervosas, doenças do aparelho digestivo (gastrite, úlcera, etc.), tensão, ansiedade, medo, comportamentos estereotipados. (SANTOS, 2012).

Efeitos das radiações não-ionizantes

A radiação não ionizante é considerada um risco físico, sendo as mais conhecidas: luz visível, infravermelho e ultravioleta, presentes no processo de alimentação manual da fornalha da caldeira. Tal processo, em alguns momentos expõe o operador, mesmo que em níveis baixos, levando o trabalhador a sofrer as seguintes consequências: inflamação dos tecidos do globo ocular, em especial da córnea e da conjuntiva; queimaduras cutâneas de incidência e gravidade variáveis. As ultravioletas produzem envelhecimento precoce da pele e podem exercer sobre ela o efeito carcinogênico e fotosensibilização dos tecidos biológicos.

Efeitos da iluminação artificial inadequada

Uma iluminação deficiente no local de trabalho pode prejudicar a saúde física ou psicológica de um trabalhador, afetar seu rendimento e acabar provocando um acidente de trabalho. Além disso a iluminância adequada é mais do que um fator de saúde e qualidade de vida, é uma exigência legal, conforme consta no item 13.4.2.3 da NR nº 13.

A iluminação insuficiente gera sintomas desagradáveis como: cansaço ou fadiga visual, dores de cabeça, náuseas e dores no pescoço que muitas vezes acompanham o cansaço visual.

3.3 Objetivo Geral

Avaliar os riscos potenciais envolvidos na operação manual de uma caldeira a vapor.

3.3.1 Objetivos Específicos

- Identificar os riscos na operação manual de caldeiras;
- Descrever sobre os riscos nas operações manuais;
- Caracterizar a intensidade e a variação temporal das exposições dos trabalhadores na área da caldeira;
- Priorizar e recomendar ações para controlar exposições que representam riscos inaceitáveis e intoleráveis;
- Verificar o nível de insalubridade a que os operadores estão expostos;
- Verificar o grau de comprometimento do estabelecimento na aplicação da NR nº 13.

3.4 Metodologia

3.4.1 Descrição Sumaria do Ambiente

- Edificação: estrutura metálica; alvenaria de tijolos
- Cobertura: telhas metálicas galvanizadas
- Piso: cimento s/ revestimento
- Iluminação natural: luz do dia / aberturas laterais
- Iluminação artificial: quatro luminárias do tipo fluorescente

- Ventilação natural: satisfatória
- Ventilação artificial: ausente
- Conforto térmico: variável em função da temperatura ambiente, umidade relativa e velocidade do ar; ambiente com carga térmica significativa (calor radiante).

3.4.2 Características da Atividade

- Tipo: muscular dinâmica
- Classificação: pesado
- Gasto calórico máximo: 440 kcal/h
- Postura: alternada em pé/sentado
- Pausas: existente
- Turno: rotativo de 8 horas
- Exigência cognitiva: baixa

3.4.3 Características Técnicas da Caldeira

- Fabricante: MML Indústria e Comércio Ltda
- Modelo: Power volcano
- Número de série: 728/10
- Ano de fabricação: 2010
- Norma do projeto: ABNT NB-55 / ASME / procedimentos MML
- Tipo: Horizontal
- Categoria: B
- Produção de vapor: 3000 Kgv/h com água a 26°C
- Pressão máxima de trabalho admissível (PMTA): 10 Kgf/cm²
- Pressão de prova hidrostática: 15 Kgf/cm²
- Combustível: Lenha em toras / casca de babaçu
- Tiragem: Forçada
- Vaporização específica por m²: 26 kgv
- Volume de água de uso normal: 4,6 m³
- Superfície de aquecimento: 135 m²

3.4.4 Instrumentos Utilizados na Avaliação dos Riscos Ambientais

3.4.4.1 Medidor de stress térmico

Instrumento utilizado para mensurar a carga térmica a que o operador da caldeira está exposto. As medições de calor foram realizadas utilizando-se o monitor de sobrecarga térmica, marca INSTRUTHERM, Modelo TGD-400. Esse instrumento determina através de sensores os três parâmetros necessários para avaliação do IBUTG (índice de bulbo úmido termômetro globo), ou seja, temperatura de bulbo úmido natural, temperatura de globo e temperatura de bulbo seco. O equipamento foi calibrado antes e depois das avaliações através do sensor específico.

3.4.4.2 Audiodosímetro (dosímetro de ruído)

Equipamento de teste para avaliar a condição de ruído do ambiente de trabalho, medindo a exposição ao ruído acumulado. Marca INSTRUTHERM, modelo DOS-600, tipo 2, conforme especificações na norma ANSI SI.25-1991.

Este instrumento foi calibrado no local antes da medição com calibrador marca INSTRUTHERM, modelo CAL-4000, conforme especificações da norma ANSI.

3.4.4.3 Sonômetro (decibelímetro)

Marca INSTRUTHERM, modelo DEC-490, tipo 2. Instrumento utilizado para medir o nível de pressão sonora instantâneo. Sendo utilizado para medição de nível de ruído contínuo ou intermitente e ruído de impacto.

Este instrumento foi calibrado no local antes da medição com calibrador marca INSTRUTHERM, modelo CAL-4000, conforme especificações da norma ANSI.

3.4.4.4 Luxímetro digital portátil

Instrumento utilizado para medir o nível da intensidade de luz no ambiente de trabalho. Modelo: LD-200, Fabricante: Instrutherm.

3.4.4.5 Anemômetro de fio quente

É um instrumento utilizado para medir a velocidade do fluxo, temperatura, e taxa de fluxo volumétrico de ar no ambiente de trabalho. Modelo: TAFR-190, Fabricante Instrutherm.

3.5 Procedimentos Experimentais

3.5.1 Avaliação do Ruído

Para as medições de ruído contínuo ou intermitente instantâneo, as leituras foram efetuadas com o instrumento operando no circuito de compensação “A” e modo de resposta lento “Slow”, conforme determina a NR nº 15, anexo 01.

O medidor de nível de pressão sonora foi posicionado na altura do ouvido do trabalhador, tendo sido efetuadas 03 (três) leituras em cada ponto. Nos locais onde não havia interferência de operações vizinhas, considerou-se o nível médio de ruído; já onde verificou-se tal interferência, foram registrados os níveis encontrados e observada a interferência.

Para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído foram realizadas dosimetrias com instrumento configurado segundo os parâmetros da NR nº 15 para ruído contínuo ou intermitente:

- Faixa de medição: 70 a 140
- Tempo de medição: 8 h
- Taxa de amostragem: 1 s
- Incremento de duplicação de dose: 5
- Circuito de resposta: lenta “slow”
- Circuito de compensação: A
- Nível limiar de integração: 80 dB
- Nível de critério: 85 dB

O microfone do instrumento foi posicionado na zona auditiva do trabalhador durante o tempo de medição preestabelecido de 8 horas. A primeira etapa da avaliação foi realizada das 05:00 as 10:00 h, sendo pausada e reiniciada das 12:00 às 15:00h. Após decorrido o tempo de medição, os dados gravados no instrumento foram descarregados no computador a fim de serem interpretados e avaliados.

3.5.2 Avaliação do Calor

Conforme a Norma de Higiene Ocupacional - NHO nº 6, foi considerado o tempo de 60 minutos de exposição como período de amostragem, correspondente ao período de maior sobrecarga térmica desfavorável, entre as 14:00 e 17:00 horas. O conjunto de sensores foi instalado de maneira a interferir o mínimo possível nas condições ambientais e operacionais habituais no exercício das funções do operador. O instrumento após instalado e posicionado, permaneceu ligado durante 20 minutos a fim de estabilizar as temperaturas dos sensores, só então iniciar a gravação dos dados.

Utilizando o tripé que acompanha o instrumento e uma extensão, o instrumento foi posicionado na altura do tórax trabalhador. Foram definidos pontos onde o operador sofre maior incidência do calor e calculador IBUTG médio a fim de caracterizar a exposição ao calor.

3.5.3 Avaliação da Iluminância

Conforme prevê a Norma Brasileira - NBR 5382, a superfície da fotocélula do instrumento deve estar posicionada no plano horizontal a uma distância de 0,80 m do solo. Como a área da caldeira possui o formato retangular, duas linhas contínuas de luminárias e iluminação através de luz em padrão regular, os pontos de medição foram definidos conforme o item 4.4 e figura 1 do anexo da referida norma.

Antes da leitura, a fotocélula do instrumento foi exposta a iluminância mais ou menos igual à da instalação, durante 7 minutos, até se estabilizar. As avaliações foram efetuadas durante o início do turno, às 23:00 h.

Conforme o item 5.3.50, da NBR 5413 – Iluminância de interiores, os valores mínimos, médios e máximos referente a iluminação artificial em áreas de caldeiras são respectivamente 150, 200 e 300 lux. Por tratar-se de uma atividade que demanda leitura de instrumentos em nível superior a linha de visão do operador, área de baixo contraste e trabalho visual crítico, foi adotado o valor 300 lux como referência.

NOTA: A iluminação deficiente não é considerada agente que caracterize insalubridade no ambiente de trabalho, conforme portaria 3751, publicada em

26/12/90, sendo portanto, avaliada neste trabalho apenas para fins de cumprimento do item 13.4.2.4 da NR nº 13 e norma da Associação Brasileira de Normas técnicas - ABNT 5413.

3.5.4 Avaliação da Velocidade e Temperatura do Ar

Conforme o Manual de Conforto Térmico nos Locais de Trabalho, da FUNDACENTRO, as medições devem ser realizadas durante o expediente normal de trabalho e no período das 14h às 17 horas. As medições devem ser feitas a 0,60 m do piso para pessoas sentadas e a 1,10 m do piso para pessoas em pé.

Foram definidos 6 pontos de medição, sendo 4 pontos alinhados e distantes 1,5 m do vértice do retângulo representativo da caldeira e 2 pontos localizados no ponto médio dos lados de maior comprimento.

A sonda foi posicionada na vertical e o sensor de velocidade do ar a uma altura média de 1,10 m acima do nível do solo. Em cada ponto, o sonda permaneceu durante 4 minutos, sempre posicionando o sensor a favor da corrente de ar, conforme indicação no instrumento.

3.5.5 Avaliação de Outros Riscos

Os riscos químicos, ergonômicos e os riscos de acidentes foram avaliados qualitativamente através da observação do ambiente e da rotina de trabalho, esforço físico dispendido pelo operador durante o processo de operação normal do equipamento.

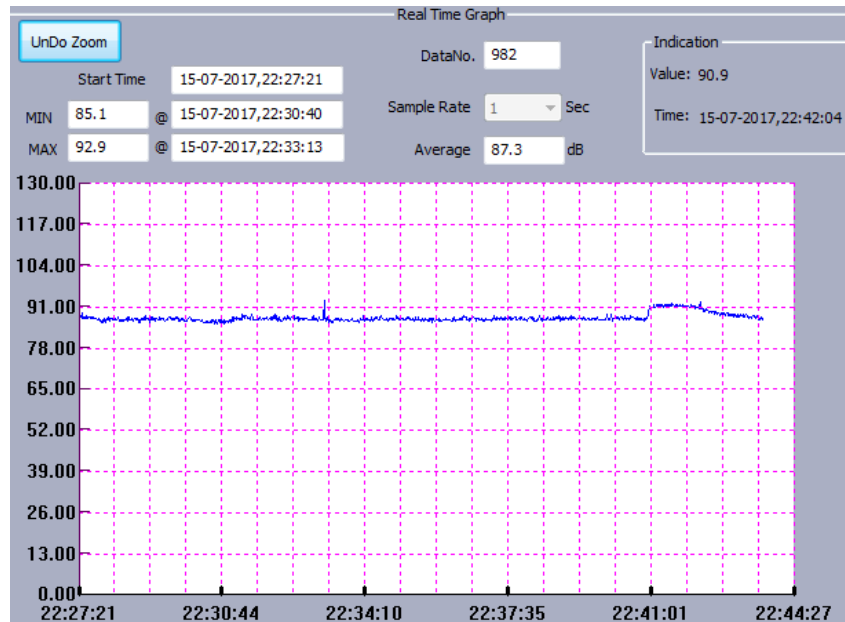
3.6 Resultados

3.6.1 Riscos Físicos

Conforme dados representados no gráfico abaixo, percebe-se que o nível de ruído mínimo encontrado; 85,1 dB e o nível máximo; 92,9 dB representam valores acima do limite tolerável para jornada diária de 8 horas, sendo necessário a adoção medidas de controle a fim de reduzir o dano causado ao grupo de trabalhadores

expostos. Pelo gráfico, nota-se que às 10:41h houve uma elevação do nível de ruído devido a abertura das válvulas de segurança da caldeira.

Gráfico 01: Nível de ruído instantâneo



Fonte: Decibelmetro instrutherm: DEC-490, 2017.

Durante as medições, foi verificado que a interferência causada por outro equipamento está diretamente relacionada aos níveis elevados de ruído verificados na área da caldeira.

A figura abaixo representa a quantificação do ruído acumulado durante uma jornada diária de 8 horas, sendo o valor da dose determinante para considerar o ambiente como insalubre, pois conforme o quadro do item 6.6.1.3, critério de julgamento e tomada de decisão, da norma NHO nº1, o valor da dose encontrado 182,14, representa uma situação de exposição inaceitável, portanto, necessário adoção de medidas de controle que venham atenuar o nível de ruído e exposição do operador.

Quadro 01: Resultado da dosimetria.

| Dose | Leq | SE | L(10) | L(50) | L(90) | L(95) | L(99) | LEPd | SEL | Peak | TWA | PTWA | LAvg | PDose |
|--------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 182.14 | 91.0 | 4.0005 | 92.0 | 88.5 | 72.5 | --- | --- | 90.9 | 135.5 | 137.5 | 89.1 | 89.0 | 89.3 | 183.3 |

| No.s | Data Hora | dB | Ponderação de tempo | Ponderação de frequência | Taxa de troca | TEMPO DE PAUSA | | | |
|-------|---------------------|------|---------------------|--------------------------|-----------------|----------------|----------|----------|----------|
| 17315 | 2017/08/23 08:06:35 | 90.1 | Slow | A | 5 | No.s | Pausa | Retorno | período |
| 17316 | 2017/08/23 08:06:36 | 89.9 | | | | 1 | 08:48:12 | 11:02:05 | 02:13:53 |
| 17317 | 2017/08/23 08:06:37 | 90.3 | Nível de critério | Escala | Nível de Limiar | 2 | 13:28:39 | 13:31:31 | 00:02:52 |
| 17318 | 2017/08/23 08:06:38 | 90.5 | | | | 85 | 70-140 | 80 | |
| 17319 | 2017/08/23 08:06:39 | 90.4 | Valor de pico | | LSMax dB | | | | |
| 17320 | 2017/08/23 08:06:40 | 90.5 | 137.5 | | 115.0 | | | | |
| 17321 | 2017/08/23 08:06:41 | 90.8 | | | | | | | |
| 17322 | 2017/08/23 08:06:42 | 90.8 | | | | | | | |
| 17323 | 2017/08/23 08:06:43 | 90.3 | | | | | | | |
| 17324 | 2017/08/23 08:06:44 | 90.2 | | | | | | | |
| 17325 | 2017/08/23 08:06:45 | 90.1 | | | | | | | |
| 17326 | 2017/08/23 08:06:46 | 90.3 | | | | | | | |

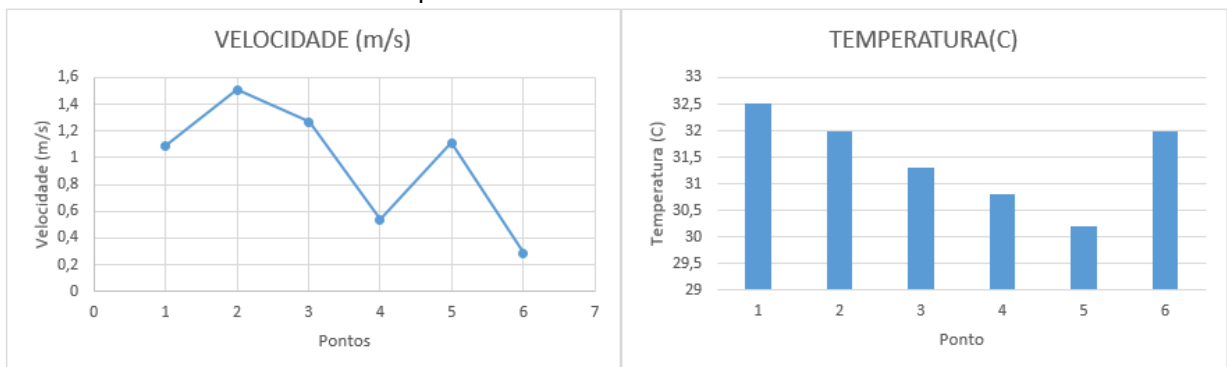
| | |
|--------------|---|
| Nome | Mauro de Castro Silva |
| Departamento | Setor - Área da caldeira |
| Empresa | xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx Ltda |
| Observação | A dosimetria foi realizada durante no período das 03:00 as 09:00 e das 11:00 às 13:00 h |

Fonte: Dosímetro instrutherm, DOS-600, 2017.

Através da análise dos dados coletados relacionados ao conforto térmico, pode-se afirmar que a área da caldeira apresenta boa ventilação natural, contribuindo significativamente para o aumento da taxa de evaporação do suor e consequentemente tornar o ambiente mais agradável ao operador.

Abaixo está representado através de gráficos os valores médios encontrados em cada ponto, da velocidade do ar e temperatura do ar no entorno da caldeira.

Gráfico 02: Conforto térmico – temperatura e velocidade do ar.



Fonte: próprio autor, 2017.

O valor médio de temperatura do ar encontrado 31,5°C, e velocidade do ar, 0,96 m/s, representam uma condição favorável a taxa de evaporação do suor.

A avaliação ocupacional do calor foi realizada com o tempo ensolarado e iniciada às 14:30 h, os valores encontrados estão descritos no quadro abaixo.

Quadro 02: Avaliação da exposição ao calor.

| Descrição das Atividades | Tempo (minutos) | IBUTG (°C) | M (kcal/h) | IBUTG (Médio) | M (Médio) | Situação de Exposição |
|--|---------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Abastecer a fornalha com coco babaçú | 20 | 30,4 | 440 | 28,8 | 263 | Há indícios de prejuízo a saúde |
| Acompanhar o funcionamento da caldeira | 40 | 28 | 175 | | | |

Fonte: próprio autor, 2017.

Comparando os valores obtidos com os valores dos limites tolerável no anexo III da NR nº 15 e o quadro II da NHO nº 6, pode-se afirmar que de acordo com o valor da taxa de metabolismo médio; 263 kcal/h, o IBUTG máximo permissível seria de 28,5°C, caracterizando ambiente insalubre. Portanto, necessário a atenuação do agente adotando medidas de controle que venham reduzir a exposição do trabalhador.

3.6.2 Riscos Químicos

Os agentes químicos avaliados qualitativamente na operação, representam uma parcela significativa de doenças ocupacionais relacionadas a atividade, pois há presença de poeira vegetal, particulado em suspensão, fumaça, gases e vapores provenientes da combustão do coco babaçú.

A manipulação de produtos químicos adicionados no tratamento de água da caldeira representam também fonte de risco ao operador, devendo ser melhor controlado através de treinamento e uso de Equipamentos de Proteção Individual - EPIs adequados e certificados.

3.6.3 Riscos Ergonômicos

Os fatores ergonômicos identificados na atividade estão relacionados a exigências de esforço físico intenso, com movimentação do corpo e membros durante a alimentação manual da fornalha da caldeira. Há também movimentação manual de carga, durante o deslocamento do coco babaçú para próximo da caldeira. Os fatores citados estão presentes durante toda a fase de operação da caldeira, devendo ser melhor quantificados por estudos futuros ou laudos ergonômicos específicos.

3.6.4 Riscos de Acidente

Após realizados os cálculos da iluminância média da área da caldeira, o valor encontrado; 8,66 lux, representa uma condição de iluminância inadequada para áreas de caldeiras, pois conforme NBR 5413, áreas de caldeiras devem possuir no mínimo 150 lux e máximo 300 lux. Portanto, não atende ao item 5.3.50 da NR nº 13, representando uma condição insegura e caracterizando risco de acidente.

Durante a operação normal da caldeira, foram identificados riscos de choque elétrico, pois o painel de comando da caldeira é operado em tempo integral com sua tampa em aberto, além da identificação de curto circuito nos cabos de alimentação dos painéis elétricos.

O risco de queimaduras por contato com superfícies aquecidas, vapor e água aquecida, está presente durante toda a fase da operação, sendo potencializados pela presença de tubos aquecidos adaptados a caldeira, vazamentos de vapor e vazamentos de água quente. Há riscos de queimaduras também durante as manobras de válvulas e queimaduras decorrentes da irradiação do calor e da chama da fornalha.

O risco de explosão é o risco de maior gravidade, e a probabilidade de ocorrência está presente durante toda a fase de operação da caldeira, devendo ser melhor administrado e controlado através de treinamentos periódicos dos operadores, elaboração e aprovação de Projetos de Alteração ou Reparo - PAR por profissional habilitado e implementação do plano de manutenção preventiva da caldeira.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante o desenvolvimento do estudo, podemos verificar que na empresa há iniciativas que demonstram a preocupação em implementar programas e ações voltadas para a prevenção de acidentes, como a constituição da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA, implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, capacitações e treinamentos.

De acordo com os resultados das avaliações, podemos inferir que o nível de ruído assim como a exposição ao calor, representam condição de insalubridade para o trabalhador. O esforço físico desprendido pelo operador representa outro fator de risco considerável na atividade, devendo ser melhor quantificado por estudos e laudos ergonômicos específicos.

No setor da caldeira podemos evidenciar a capacitação e treinamento anual dos operadores da caldeira, registro de segurança atualizado e documentos legais do equipamento em bom estado, disponibilização de EPIs aos funcionários, etc. O estabelecimento atende parte dos requisitos legais contidos na NR nº 13, principalmente os relacionados a documentação e registros de segurança.

É necessário que a empresa estabeleça como prioridade a resolução de problemas e pendências relacionadas principalmente a manutenção e funcionamento normal da caldeira, além da implementação de medidas de controle, garantindo assim a integridade funcional do equipamento e principalmente um ambiente de trabalho seguro, contribuindo em proporcionar qualidade de vida ao trabalhador e ao mesmo tempo cumprindo as recomendações legais contidas na NR nº 13.

4.1 Medidas de Controle Recomendadas

As medidas de controle aqui evidenciadas foram baseadas na observação da operação, ambiente de trabalho e resultados da avaliação quantitativa dos riscos. Durante as avaliações foi observado a utilização de alguns EPIs, estando estes não inclusos na relação abaixo.

4.1.1 Medidas de Proteção Coletiva

- ✓ Instalar sistema de iluminação de emergência e melhorar iluminação artificial na área da caldeira;
- ✓ Instalar sistema de proteção nas superfícies dos tubos de descarga de fundo, a fim de evitar contato físico e queimaduras;
- ✓ Restabelecer a função de operação automática da caldeira (indispensável);
- ✓ Atenuar o nível de ruído na área da caldeira, adaptando uma curva de 180º na saída do exaustor do secador;
- ✓ Calibrar as válvulas de segurança e instrumentos de controle periodicamente;

- ✓ Confirmar periodicamente a eficácia do tratamento de água da caldeira;
- ✓ Implementar o plano de manutenção preventiva da caldeira.

4.1.2 Medidas de Proteção Individual

- ✓ Utilizar avental e luvas em raspa de couro;
- ✓ Verificar eficácia da atenuação do nível de ruído;
- ✓ Óculos de proteção com lentes verde escuro (contra radiação infravermelha na abertura da fornalha);
- ✓ Máscara semifacial (respirador purificador de ar) descartável revestida com carvão ativado, na remoção de cinzas, limpeza da fornalha e manipulação dos produtos voláteis utilizados no tratamento de água da caldeira;
- ✓ Óculos de proteção tipo ampla visão, luvas de pvc/hexanol ou raspa de couro em todos os trabalhos que envolvam manipulação de produtos químicos (tratamento de água)
- ✓ Treinamento sobre manipulação de produtos químicos e preparo de soluções no tratamento de água da caldeira.

Substituir regularmente os EPIs recomendados ou sempre que necessário (quando danificados), registrando as trocas na ficha individual de controle de entrega de EPI, além de acompanhamento e orientação dos funcionários quanto ao uso correto dos EPIs.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **Norma Regulamentadora n.º 09**. Brasília, DOU, 1994. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09.pdf>. Acesso em: 10 Mai 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **Norma Regulamentadora n.º 13**. Brasília, Diário Oficial da União, 2014. Disponível em: <<http://www.normaslegais.com.br/legislacao/portariamte-594-2014.htm>>. Acesso em: 10 de maio de 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **Norma Regulamentadora n.º 15**. Brasília, DOU, 2011. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf>. Acesso em: 10 Mai 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **Norma Regulamentadora n.º 17**. Brasília, DOU, 2007. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_17.pdf>. Acesso em: 10 Mai 2017.

GYURKOVITS, José L. **Caldeiras**. Apostila: (S.L) 2004. Disponível em: <http://www.slideshare.net/educacaof/caldeiras-3485277?from_search=7>. Acesso em: 17 jun 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12177-1 Caldeiras estacionárias a vapor - inspeção de segurança parte 1**: caldeiras flamotubulares. 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12177-2 Caldeiras estacionárias a vapor - inspeção de segurança parte 2**: caldeiras aquotubulares. 1999.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382: Verificação de Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

BOTELHO, M. H. C. e BIFANO, H. M. **Operação de Caldeiras**: gerenciamento, controle e manutenção. São Paulo: Blucher, 2. Ed. 2015, 209p.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual Prático de avaliação e controle do Ruído**: PPR. São Paulo: LTR, 9. Ed. 2016, 143p.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual Prático de avaliação e controle de calor**: PPR. São Paulo: LTR, 7. ed. 2016, 80p.

Manuais de Legislação Atlas. **Segurança e Medicina do Trabalho**. São Paulo: Atlas, 75. ed. 2015, 803p.

ALBERICHI, Mariano. **Estudo das Instalações e Operações de Caldeiras de uma Indústria de Produtos Químicos do Estado do Paraná, sob ótica da nr-13 e nr-28**. Curitiba, 2013. Disponível em:<
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3818/1/CT_CEEEST_XXVI_2014_24.pdf>. Acesso em: 13 jul 2017.

ALTAFINI, Carlos R. **Curso de engenharia mecânica** – disciplina de máquinas térmicas – apostila sobre caldeiras – Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em:<<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeirasapostila.pdf>>. Acesso em: 12 jun 2017.

MEDEIROS, Luana Bernardines. **Ruído: efeitos extra-auditivos no corpo humano**. Porto Alegre, 1999. Disponível em:<
<http://www.cefac.br/library/teses/3f1dbb59a55ef6335162f736db63c961.pdf>>. Acesso: 13 jul 2017.

FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional NHO-6: avaliação da exposição ocupacional ao calor**. São Paulo, 2002.

FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional NHO-1: avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo, 2001.

FUNDACENTRO. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. São Paulo, 1999.