

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

**CRISTIANE SANTIAGO CRUCILLO GARCIA**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO E TEMPERATURA NA APLICAÇÃO  
DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO QUENTE - CBUQ**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2014**

**CRISTIANE SANTIAGO CRUCILLO GARCIA**

**AVLIAÇÃO DO RUÍDO E TEMPERATURA NA APLICAÇÃO DE  
CONCRETO BETUMINOSO USINADO QUENTE - CBUQ**

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

Orientador: Prof. M.Eng. Massayuki Mario Hara.

CURITIBA  
2014

**CRISTIANE SANTIAGO CRUCILLO GARCIA**

**AVALIAÇÃO DO RUÍDO E TEMPERATURA NA APLICAÇÃO DE  
CONCRETO BETUMINOSO USINADO QUENTE – CBUQ**

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

Banca:

---

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

---

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

---

Prof. Dr. Ronaldo Luis dos Santos Izzo  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

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

Curitiba  
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## AGRADECIMENTO

Hoje percebo que acabou mais uma etapa. E lembro-me que o início de mais esse momento deu-se a mais de 5 anos atrás, quando ingressei na vida acadêmica, onde vi a nova atmosfera que me foi apresentada e encarei esse caminho como um grande projeto de vida. Ao finalizar este trabalho proposto pela especialização, me reporto nesse espaço, às pessoas essenciais, sem as quais a escrita desta monografia não seria possível e dedico a todas elas meus sinceros agradecimentos.

Agradeço primeiramente a Deus pela força espiritual para a realização desse trabalho. Obrigada senhor, pelo fim de mais uma etapa.

Agradeço a minha família, meu marido Fausto, meus pais Luiz e Graça e meus irmãos Fernanda, Flavia, Wilson e Fabiana, pelo eterno orgulho de nossa caminhada, pelo apoio e compreensão, ajuda e por todo carinho e amor ao longo deste percurso.

Agradeço ao orientador Rodrigo Eduardo Catai que colaborou de forma fundamental neste trabalho, indicando sugestões que contribuíram de forma significativa.

Aos amigos de trabalho que contribuíram muito. Gilson (in memória) por me incentivar, aconselhar, passar seus conhecimentos e por me autorizar a realizar o projeto na empresa, Sergio pelo grande apoio que me deu até o momento e a Rita por contribuir com seus conhecimentos. Obrigada a vocês pela ajuda, dedicação e principalmente pela grande amizade que conquistamos nesses quase 3 anos que trabalhamos juntos.

Aos colegas de especialização pela oportunidade de convívio com as mais diferentes figuras, de diferentes lugares.

A todos que contribuíram para que eu pudesse subir mais esse degrau, não me canso de agradecer. Não posso dizer que este é o fim. Este é apenas o começo da próxima jornada. Até a próxima.

## RESUMO

Esta pesquisa buscou-se avaliar as condições de trabalho, sob as quais os funcionários da pavimentação, avaliando exclusivamente a equipe de aplicação de concreto betuminoso usinado quente, encontram-se expostos com relação ao ruído e temperatura. Foram realizadas as medições de ruído através do decibelímetro e medições para a verificação do calor, através dos termômetros de bulbo seco, bulbo úmido e de globo, para verificar o ambiente que o trabalhador esta exposto. Para a análise da sobrecarga térmica, foi utilizado o índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG), pois o mesmo leva em consideração todos os fatores ambientais e fisiológicos do equilíbrio homeotérmico e, atualmente, é utilizado pela ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) e NR-15 da Portaria n.3.214 Segurança e Medicina do Trabalho. Série: Manuais de Legislação. Atlas. 73ª. Edição, 2014.

Diante das medições realizadas foi possível observar que tanto na medição de ruído como na medição de temperatura, ambas deram seus resultados acima do permitido.

**Palavras-chave:** Concreto Betuminoso, Asfalto, Ruído, Temperatura.

## ABSTRACT

With this research we sought to assess the working conditions under which employees paving exclusively evaluating the enforcement team of asphalt concrete hot machined, are set forth with respect to noise and temperature. The noise measurements were performed using a decibel meter and measurements for verification of heat through the dry bulb thermometers, wet bulb and globe, to verify the environment that the worker is exposed. For the analysis of thermal overload , the index wet bulb globe thermometer ( WBGT ) was used because it takes into account all environmental and physiological factors homeotherm balance and is currently used by ACGIH ( American Conference of Governmental Industrial Hygienists ) , NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health ) and NR - 15 Ordinance n.3.214 Safety and Occupational Medicine. Series: Books of Law. Atlas .73rd .Edition, 2014.

Given the measurements it was observed that both the measurement noise as temperature measurement, both gave results above allowed.

**Keywords:** Bituminous Concrete, asphalt, noise, temperature.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PINTURA DE LIGAÇÃO.....	38
FIGURA 2 - APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADA QUENTE – CBUQ.....	39
FIGURA 3 - APLICAÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADA QUENTE – CBUQ.....	41
FIGURA 4 - OPERADORES.....	41
FIGURA 5 - MEDIÇÃO DE RUÍDO.....	43
FIGURA 6 - EQUIPAMENTO UTILIZADO.....	37

## LISTA DE QUADROS

1. LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE.....	17
2. LIMITE DE TOLERÂNCIA PARA A EXPOSIÇÃO DE CALOR EM REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM PERÍODO DE DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO.....	29
3. LIMITES DE TOLERÂNCIA MÁXIMA IBUTG.....	31
4. TAXA DE METABOLISMO POR TIPO DE ATIVIDADE.....	31
5. FUNÇÃO DOS TRABALHADORES E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL UTILIZADOS.....	37
6. EXPOSIÇÃO DE RISCOS.....	40
7. EXPOSIÇÃO DE RISCOS – OPERADORES.....	42
8. MEDIÇÃO DE RUÍDO.....	43
9. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA.....	47



## SUMARIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	11
1.2 OBJETIVO ESPECIFICO .....	11
1.3 JUSTIFICATIVA .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1 HISTORICO DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL .....	12
2.2 RUÍDO.....	14
2.3 CONCEITO DE CALOR .....	18
<b>2.3.1 Conforto Térmico.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.2 Mecanismos de Troca de Calor.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3.3 Fatores que Influenciam nas Trocas Térmicas entre o Ambiente e o Organismo</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3.4 Equilíbrio Homeotérmico .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.5 Efeitos do Calor no Organismo.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.6 Consequências da Hipertermia .....</b>	<b>22</b>
2.4 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	23
<b>2.4.1 Escalas Termométricas .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.2 Termômetro de Bulbo Seco (Tbs) .....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.3 Termômetro de Globo (Tg) .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.4 Termômetro de Bulbo Úmido Natural (Tbn) .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.5 Psicrômetro .....</b>	<b>24</b>
<b>2.4.6 Anemômetro .....</b>	<b>25</b>
2.5 ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO E SOBRECARGA TÉRMICA .....	25
2.6 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA (TE).....	25
2.7 TEMPERATURA EFETIVA CORRIGIDA (TEC).....	25
2.8 ÍNDICE DE SOBRECARGA TÉRMICA (IST).....	26
2.9 TERMÔMETRO DE GLOBO ÚMIDO.....	27
2.10 ÍNDICE DE BULBO ÚMIDO TERMÔMETRO DE GLOBO (IBUTG) .....	27
2.11 AVALIAÇÃO DE CALOR.....	28
<b>2.11.1 Avaliação Ocupacional .....</b>	<b>28</b>
<b>2.11.2 Instrumentos de Medição .....</b>	<b>28</b>
<b>2.11.3 Limites de Tolerância.....</b>	<b>29</b>

<b>2.11.4 Avaliação de Calor para Caracterização de Insalubridade .....</b>	<b>33</b>
2.12 MEDIDAS DE CONTROLE.....	34
<b>2.12.1 Medidas relativas ao homem .....</b>	<b>34</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>37</b>
3.1 ESTUDO DE CASO.....	38
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>40</b>
4.1 AVALIAÇÃO DE RUÍDO.....	44
<b>4.1.1 Tabela de Medição de Ruído .....</b>	<b>45</b>
4.2 AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO AO CALOR EM AMBIENTE DE TRABALHO....	46
<b>4.2.1 Avaliações.....</b>	<b>47</b>
4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS– TEMPERATURA.....	48
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização de Concreto Betuminoso Usinado Quente – CBUQ, comumente conhecido como “asfalto” apresenta grande utilidade nas ruas, rodovias, pista de pouso, e etc., para o conforto da população, contudo para os trabalhadores de pavimentação o contexto é um pouco diferente.

Segundo Freitas (2005), observou-se que os funcionários da área de pavimentação como: motorista de rolo vibratório, rolo de pneu, máquina vibroacabadora, mini carregadeira “Bobcat”, motorista de caminhão basculante e caminhão espargidor, além, é claro da equipe propriamente dita não costumam utilizar os EPI’s (Equipamento de Proteção Individual) adequados para este tipo de serviço, sendo assim além de ficarem expostos aos ruídos e altas temperaturas, também acabam inalando compostos químicos tóxicos. A exposição dos trabalhadores em locais como estes com nível de ruído e temperatura elevada, emissões de gases e vapores tóxicos bem como material particulado, pode causar diversos danos aos trabalhadores.

Este trabalho tem a finalidade de avaliar o nível de ruído e temperatura que os trabalhadores de pavimentação estão expostos na aplicação do CBUQ e verificar se a empresa está cumprindo com as legislações e normas regulamentadoras.

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é analisar o nível de exposição do trabalhador de pavimentação com relação ao ruído e temperatura excessiva.

### 1.2 OBJETIVO ESPECIFICO

Verificar o cumprimento das normas regulamentadoras em relação a estes itens, perante a empresa de estudo.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho encontra justificativa no fato de que a grande maioria dos trabalhadores da pavimentação asfáltica desempenha suas atividades sem o conhecimento dos agentes físicos e ergonômicos que estão expostos como exemplo ruído e temperatura, sendo assim a grande maioria acabam não fazendo o uso de EPI’s específicos para os mesmos.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 HISTORICO DA PAVIMENTAÇÃO NO BRASIL

Segundo Concer (1997), a primeira rodovia concessionada no Brasil foi a estrada de Rodagem União e Industria a qual ligava Petrópolis (RJ) a Juiz de Fora (MG) na qual foi idealizada pelo comendador Mariano Procópio e inaugurada por D. Pedro II em 1860. Foi a primeira estrada a utilizar macadame como base/revestimento. O usual daquela época era utilizar calçamento de ruas com pedra importadas de Portugal (atualmente conhecidas como petitpave). Essa estrada tinha um traçado que permitia a então impressionante velocidade de 20 km/h das diligências. Muito além do seu percurso de 144 km, a União e Indústria representam um marco modernização da pavimentação e do país. Sua construção envolveu o levantamento de capital em Londres e no Rio de Janeiro. A estrada antiga ainda restou pontes e construções, incluindo o Museu Rodoviário, onde se pode aprender mais sobre a história da estrada em questão e do rodoviarismo brasileiro. A estrada original hoje esta alterada e absorvida em alguns trechos pela BR-040/RJ.

Segundo Prego (2001), na época do império (1822 – 1889) não houve muito desenvolvimento relacionado aos transportes do Brasil, principalmente o transporte rodoviário. No início do século XX, havia no país 500 km de estradas com revestimento de macadame hidráulico ou variações, sendo que o tráfego era restrito para veículos de tração animal. Da Europa para o Brasil em 1896 chegou o primeiro veículo de carga. Já em 1903 foram licenciados os primeiros carros particulares e em 1906 foi criado o Ministério da Viação de Obras Públicas. O primeiro automóvel foi lançado nos Estados Unidos por Henry Ford, foi o modelo T em 1909, sendo que a fábrica Ford Motor Company foi instalada no Brasil em 1919. O primeiro Congresso Nacional de Estradas e Rodagens no Rio de Janeiro foi realizado em 1916.

Em 1928, foi inaugurado pelo presidente Washington Luiz a Rodovia Rio-São Paulo, com extensão de 506 km, na qual representou um marco da nova política rodoviária federal.

A BR-2, rodovia que passou a se chamar Presidente Dutra foi entregue em 1949, sendo este mais um trecho de obra de pavimentação entregue. Também em 1928 foi inaugurado pelo presidente a Rio-Petropolis.

Em 1937 destacou-se a criação pelo presidente Getulio Vargas, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), subordinado ao Ministério de Viação de Obras Públicas. Na década de 40 observou-se um avanço de pavimentação fruto da tecnologia desenvolvida na 2ª guerra mundial. Em 1942, um engenheiro brasileiro junto com um

engenheiro norte americano construiu pistas de aeroportos e estradas de acesso durante a guerra utilizando o ensaio recém desenvolvido de CBR – California Bearing Ratio. O Brasil possuía neste ano somente 1300 km de rodovias pavimentadas, consideradas uma das menores extensões da America Latina.

Prego (2001) destacou que em 1950 foi o inicio da execução da pavimentação em escala industrial e da organização de grandes empresas construtoras. Embora já existisse anteriormente o Laboratório Central do DNER, não havia procedimentos amplamente aceitos para ampliação das tecnologias rodoviárias. A falta de procedimento é tão verdadeira que a pavimentação da Presidente Dutra, em 1950, foi realizada sem estudos geotécnicos, com espessura de 35 cm, sendo 20 cm de base de macadame hidráulico e 15 cm de um revestimento de macadame betuminoso por penetração dosado pela regra “a quantidade de ligante é a que o agregado pede”. Alguns trechos foram adotados o pavimento de concreto de cimento Portland. Em 1950 houve um programa de melhoria de estradas vicinais, incluindo a abertura e melhoramento das estradas do Nordeste como forma de aliviar a precariedade da situação desta região que era castigada por secas periódicas.

No ano de 1955 começou a funcionar a primeira fabrica de asfalto da Refinaria Presidente Bernardes da Petrobras, com capacidade de 116.000t/ano, e em 1956 foi implantada no país a indústria automobilística. O governo de Juscelino Kubitschek (1956-1961) impulsionou o rodoviário aumento sobremaneira a área pavimentada do país. Em 1958 e 1959, foi criado, respectivamente, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), no âmbito do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico), atuando em colaboração com o DNER, e a Associação Brasileira de Pavimentação (ABPv). Em Brasília foi inaugurada em 1960.

Durante o período (1964-1984) época de o governo militar, os projetos de destaque durante este período estava a Rodovia Transamazônica e a Ponte Rio-Niterói. O Brasil em 1985 já contava com aproximadamente 110.000km de rodovias pavimentadas e em 1933 passou para aproximadamente 133.000km. Em 2005 os números apontam para 1.400.000km de rodovias não pavimentadas sendo elas federais, estaduais e municipais e somente 196.000 km de rodovias pavimentadas, sendo eles 58.000km federais, 115.000km estaduais e 23.000km municipais. Este percentual indica cerca de 10% de rodovias pavimentadas o que contrasta bastante com os Estados Unidos e Europa, sendo mais de 50% e uma média na América do Sul superior a 20%.

Para mostrarmos o atraso do país com relação aos investimentos na área de estrutura principalmente na pavimentação, em 1998 o consumo de asfalto por ano nos Estados Unidos

era de 27 milhões de toneladas, ultrapassando 33 milhões em 2005, já no Brasil o consumo retomou a marca em 1998 de cerca de 2 milhões de toneladas por ano. Analisando que os dois países têm áreas semelhantes, de 9,8 e 8,5 milhões de km<sup>2</sup>, fica claro a condição precária de desenvolvimento do país neste aspecto.

## 2.2 RUÍDO

Segundo Gereges (1992), o conceito de ruído é associado a som desagradável e/ou indesejável. O som pode ser definido como variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e banda de frequências ao qual o ouvido humano responde. O ruído pode afetar o ser humano simultaneamente nos planos físicos, psicológicos e sociais. Os efeitos causados nele pela energia sonora vão desde uma ou mais alterações passageiras até graves danos irreversíveis. De acordo com pesquisas da FUNDACENTRO (2001), pode-se dividir as ações do ruído sobre o organismo humano em:

- Efeito sobre o sistema auditivo – são mudanças temporárias do limiar de audição; surdez permanente; trauma acústico;
- Efeitos sobre o organismo em geral – perturbação da circulação sanguínea e provocar efeitos psicológicos como o “stress”;
- Efeitos sobre o rendimento do trabalho – fadiga, falta de atenção, etc;
- A ocorrência de acidentes – causa indireta.

Segundo Macedo (1998), os riscos de lesões auditivas aumentam com o nível de pressão sonora e com o tempo de exposição. Quanto mais alto o nível de ruído mais danos com a perda grave da audição ele pode causar. Os níveis de ruído sobre acuidade auditiva dependem de certos fatores físicos e do sujeito afetado. Os fatores físicos compreendem as características qualitativas do ruído, tais como: intensidade (nível de pressão sonora), o tipo (contínuo, intermitente ou de impacto), faixa de frequência, importando também a periodicidade, duração e distribuição ao longo do dia. Além disso, a susceptibilidade varia segundo os indivíduos. Alguns indivíduos têm maior ou menos tendência em adquirir perda auditiva nas mesmas condições de trabalho.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2000) o ruído pode ser definido como um fenômeno acústico dissonante ou anárquico, aperiódico e indesejável; mistura de sons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação em frequências da orelha. O ruído é uma onda sonora aperiódica e, sendo assim, é muito difícil ou quase impossível prever a forma da onda em um intervalo de tempo,

a partir do conhecimento de suas características, durante outro intervalo de tempo de igual duração. O movimento vibratório de uma onda aperiódica, como o ruído, ocorre ao acaso, é aleatório e, por esta razão, imprevisível.

Iida (2005) diz que, fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, medido em uma escala logarítmica, em uma unidade chamada de decibel (dB), podendo se destacar três características principais, que são a frequência, a intensidade e a duração. A frequência de um som é o número de flutuações ou vibrações por segundo e é expressa em hertz (Hz), subjetivamente percebida como altura do som. A intensidade do som depende da energia das oscilações e é definida em termos de potência por unidade de área. A duração do som é medida em segundos.

De acordo com a organização Mundial de Saúde (OMS, 1980 apud PIMENTEL-SOUZA, 1992) a partir de 65 decibel dB(A) o ruído inicia estresse leve, levando a uma excitação que já pode ser considerada como desconforto para quem necessita de tranquilidade. O estresse degradativo do organismo começa em cerca de 70 dB(A), produzindo desequilíbrio bioquímico, aumentando o risco de hipertensão arterial e infarto do miocárdio, derrame cerebral, infecções, osteoporose e outras patologias. Acima de 75 dB(A) de exposição em torno de oito horas diárias, inicia-se o risco Revista Gestão Industrial 149de comprometimento auditivo. Provavelmente a 80 dB(A) já ocorre liberação de endorfinas circulantes, provocando sensação paradoxal de prazer momentâneo. Em torno de 100 dB(A) pode haver imediata perda da audição.

Opas (1983) diz que, ponto de vista físico, o som é uma alteração mecânica que se propaga em torno de movimento ondulatório através de um meio elástico. As principais características do ruído são: a intensidade, que é a quantidade de energia vibratória que se propaga nas áreas próximas da fonte emissora e se expressa em termos de energia ( $\text{watt/m}^2$ ) ou em termos de pressão, ( $\text{Newton/m}^2$ ,  $\text{N/m}^2$  ou Pascal); e a frequência, que é representada pelo número de vibrações completas em um segundo, sendo sua unidade expressa em Hertz (Hz) (SANTOS, 1993).

A faixa de audibilidade percebida pelo ouvido humano varia de  $0,00002 \text{ N/m}^2$  (mínima pressão perceptível à frequência de 1.000 Hz) até valores muito elevados como  $200 \text{ N/m}^2$  (limiar de dor), e para medir a pressão sonora, numa escala mais simples, utiliza-se uma relação logarítmica expressa em decibel (dB) (SANTOS, 1993). Considera-se que o ruído seja um som não desejado que possa afetar de forma negativa a saúde e o bem estar de indivíduos ou populações (OPAS, 1983).

Como os níveis de ruído podem variar de maneira aleatória, utiliza-se frequentemente medir o nível de pressão sonora contínua equivalente (Leq), expresso em dB, que é uma integral de toda energia sonora durante um tempo "T" do som flutuante, equivalente a um valor de som constante, possuindo a mesma energia total ou dose (OMS, 1980; OPAS, 1983).

No aparelho auditivo, de acordo com Fiorini (1994), os efeitos do ruído na audição podem ser caracterizados como trauma acústico, que é um problema auditivo causado por uma única exposição a níveis sonoros muito intensos; mudança temporária do limiar, que consiste na redução do limiar auditivo logo após a exposição ao ruído, sendo esta uma diminuição da audição temporária, causada pela fadiga das células ciliadas externas. Tal redução no limiar auditivo é um fenômeno temporário, já que este volta ao normal após um período de repouso auditivo; essa mudança tende a ser recuperada nas primeiras duas a três horas depois de cessada a estimulação sonora; no entanto, frequentes exposições ao ruído poderá vir a ocasionar uma mudança permanente no limiar auditivo que consiste em uma Perda Auditiva Induzida por Ruído – PAIR.

Os efeitos sobre o organismo humano, decorrentes da exposição contínua ao ruído, podem apresentar a seguinte classificação:

- Auditivos produzem causas fisiológicas, fisiopatológicas ou auditivas, compreendendo os efeitos otológicos, ou seja, a ação ocorre diretamente no sistema auditivo. O ouvido humano é sensível à ação do ruído. As lesões do ouvido interno, decorrentes da exposição contínua ao ruído, acarretam para o indivíduo esgotamento físico e alterações químicas, metabólicas e mecânicas (CARMO, 1999).
- Extra auditivos são resultantes de uma ação geral sobre diversas funções orgânicas. Segundo Carmo (1999), as principais manifestações que podem ocorrer são: aumento das frequências cardíaca e respiratória, da pressão arterial, vasoconstrição periférica, vasodilatação cerebral, aumento da secreção da saliva, dilatação das pupilas, tensão muscular, aumento da liberação de hormônios das glândulas supra-renais (adrenalina, noradrenalina e cortisol). De acordo com Moraes e Regazzoni (2002), as primeiras manifestações da ação do ruído são a inquietude, irritabilidade e alteração do metabolismo basal com distúrbios neuro musculares.

Na atividade cerebral, a capacidade do organismo em se ajustar a diversas formas de ruído deve-se à grande elasticidade e capacidade de adaptação do organismo humano aos estímulos do ambiente. Por ser proveniente de uma reação psicológica, a influência do ruído



afeta as pessoas de maneiras diferentes, nem mesmo durante o repouso o homem fica livre da ação do ruído que age sobre o subconsciente e o sistema nervoso piorando sua saúde (MORAES e REGAZZONI, 2002).

Os ruídos intensos, acima de 90 dB(A), dificultam a comunicação verbal. As pessoas precisam falar mais alto e prestar mais atenção, para serem compreendidas. Isso tudo faz aumentar a tensão psicológica e o nível de atenção. Os ruídos intensos tendem a prejudicar tarefas que exigem concentração mental e certas tarefas que exigem atenção ou velocidade de precisão dos movimentos, e os resultados tendem a piorar após duas horas de exposição ao ruído (IIDA, 2005).

Assim, o ruído poderá causar danos variados ao organismo, independentemente, se dentro do ambiente de trabalho ou fora deste.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o limite tolerável ao ouvido humano é de 65 dB(A); acima disto, o nosso organismo sofre de estresse. Este, por sua vez, aumenta o risco de doenças, e com ruídos acima de 85 dB(A) aumenta o risco de comprometimento auditivo.

O Ministério do Trabalho aborda que o ruído torna-se fator de risco da perda auditiva ocupacional se o nível de pressão sonora e o tempo de exposição ultrapassar certos limites. A Norma Regulamentadora (NR) 15, da Portaria nº 3.214/78, estabelece os limites de tolerância para a exposição a ruído contínuo ou intermitente e para ruído de impacto, vigentes no País. A máxima exposição diária permitida em nível de ruído é de 85 dB(A) para oito horas de exposição. As atividades ou operações que expõem os trabalhadores a níveis de ruído contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecem risco grave ou iminente (RODRIGUES, 2004).

De acordo com a NR 15 o quadro1, apresenta o nível de ruído e o tempo máximo de exposição que o trabalhador pode permanecer exposto sem equipamento de proteção individual.

<b>LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE</b>	
<b>NÍVEL DE RUÍDO dB (A)</b>	<b>MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Quadro 1 – Limite de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Fonte: BRASIL (2014)

### 2.3 CONCEITO DE CALOR

De acordo com Souza (2003), calor é um risco físico presente em processos com liberação de grande quantidade de energia térmica e está presente em várias atividades.

A avaliação do calor a que uma pessoa está exposta é importante, envolvendo uma grande quantidade de fatores a serem considerados; a temperatura do corpo e as condições ambientais devem ser levantadas, pois influenciam nas trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente.

Souza (2003), ainda diz que as temperaturas extremas têm influência sobre a quantidade e qualidade de trabalho que o homem pode realizar, como também sobre a forma em que possa fazê-lo. O problema industrial frequentemente origina-se pela exposição ao calor excessivo. O corpo humano produz calor através de seus processos metabólicos. Para

que o organismo atue eficientemente, é necessário que o calor produzido se dissipe tão rapidamente como se produz. O organismo possui um conjunto de mecanismos termostáticos de atuação rápida e sensível, que têm como missão controlar o ritmo dos processos reguladores de temperatura.

### **2.3.1 Conforto Térmico**

Segundo o Departamento de Ciências Atmosféricas (2007), as variações de conforto térmico dependem das atividades desenvolvidas pelo indivíduo, da sua vestimenta e das condições do ambiente, que proporcionam as trocas de calor entre o corpo e o ambiente. São consideradas também outras variáveis como sexo, idade, biótipo. Os índices de conforto térmico procuram englobar todas essas variáveis. Em geral, esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividades e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para relacionar as variáveis do ambiente e reunir as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos.

A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto devem-se relacionar as condições ambientais com as atividades desenvolvidas pelo indivíduo pela maior ou menor importância de um ou de outro aspecto do conforto (SOUZA, 2003).

### **2.3.2 Mecanismos de Troca de Calor**

Os mecanismos de trocas térmicas entre o homem e o ambiente em que o trabalhador está exposto às fontes de calor são três: condução/convecção, radiação e evaporação:

- Condução/convecção

Na condução a transferência de calor é realizada através do contato; logo, se a temperatura na superfície do organismo humano for mais alta do que a temperatura do meio ambiente, o organismo vai ceder calor às moléculas de ar por condução, nas proximidades da superfície do organismo. Em contrapartida essas moléculas de ar que receberam calor ficam menos densas deslocando-se para cima, pelo fenômeno de convecção (natural). Agora novas moléculas de ar ainda frias vão poder entrar em contato com a superfície do corpo, se aquecer e dar continuidade ao processo de troca térmica.

A intensidade desta troca térmica varia com o gradiente de temperatura e com a velocidade do ar, já que uma maior velocidade do ar vai causar uma renovação mais rápida de moléculas de ar na superfície do corpo, aumentando a troca de calor por convecção (forçada).

- Radiação

Processo pelo qual a transferência de energia, ou calor, dá-se por meio de superfícies quente para fria por ondas eletromagnéticas, cujos comprimentos de onda se localizam na região do infravermelho do espectro luminoso. A energia emitida continuamente por todos os corpos que estão a uma temperatura superior ao zero absoluto. Isso equivale dizer que uma pessoa num ambiente está continuamente emitindo e recebendo calor radiante, o diferencial entre energia recebida e emitida é que define se o corpo é aquecido ou resfriado por radiação. Este tipo de mecanismo depende da temperatura média de radiação ( $T_w$ ), que resulta das fontes de calor radiantes presentes no ambiente.

- Evaporação

Outra forma do corpo trocar calor é a evaporação, o organismo intensifica a atividade das glândulas sudoríparas e perde calor pelo suor que se forma na pele e resfriará a superfície do corpo. Este fenômeno físico tem natureza endotérmica, ou seja, para se realizar é necessário receber calor, tanto do organismo quanto do meio ambiente. O organismo humano tem limitações de quantidade de calor que pode perder por evaporação de suor. Estas limitações podem ser de natureza fisiológica ou ambiental.

Alguns fatores influenciam nas trocas térmicas entre o ambiente e o organismo, sendo que os principais considerados na quantificação da sobrecarga térmica são: a temperatura do ar, umidade relativa e velocidade, o calor radiante e o tipo de atividade.

### **2.3.3 Fatores que Influenciam nas Trocas Térmicas entre o Ambiente e o Organismo**

De acordo com Saliba (2000), inúmeros fatores podem influenciar as trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente, definindo a severidade da exposição ao calor. Dentre eles, cinco principais devem ser considerados na quantificação da sobrecarga térmica:

- Temperatura do ar

A direção de fluxo de calor dependerá da diferença positiva ou negativa entre a temperatura do ar e a temperatura da pele. Se a temperatura do ar for maior que a da pele, o organismo ganhará calor por condução/convecção, e se for menor que a pele, o organismo

perderá calor por condução-convecção. A quantidade de calor absorvido ou perdido é diretamente proporcional à diferença entre as temperaturas.

- *Umidade relativa do ar*

Implica na troca térmica entre o organismo e o ambiente pelo mecanismo de evaporação. A perda de calor no organismo por evaporação dependerá da umidade relativa do ar, ou seja, da quantidade de água presente numa determinada fração ou espaço de ar.

- *Velocidade do Ar*

A velocidade do ar no ambiente pode alterar as trocas térmicas, tanto na condução/convecção como na evaporação. Quando houver um aumento da velocidade do ar no ambiente, haverá aceleração da troca de camadas de ar mais próximas ao corpo, aumentando o fluxo de calor, entre o corpo e o ar. Quanto maior a velocidade do ar, mais rápida será a substituição das camadas de ar saturadas com água por outras menos saturadas, favorecendo então o processo de evaporação. Caso a temperatura do ar for menor que a do corpo, o aumento da velocidade do ar favorecerá o aumento da perda de calor do corpo para o meio. Caso a temperatura do ar seja maior que a do corpo, este ganhará mais calor com o aumento da velocidade do ar.

- *Calor radiante*

Quando um indivíduo se encontra em presença de fontes apreciáveis de calor radiante, o organismo absorve calor pelo processo de radiação. Caso houver fontes de calor radiante com baixa temperatura, o organismo humano poderá perder calor pelo mesmo mecanismo.

- *Tipo de atividade:*

Quanto mais intensa for a atividade física exercida pelo indivíduo, maior será o calor produzido pelo metabolismo, constituindo, portanto, parte do calor total ganho pelo organismo.

### **2.3.4 Equilíbrio Homeotérmico**

Saliba (2000), diz que os mecanismos de termorregulação do organismo têm como finalidade manter a temperatura interna do corpo constante, e é evidente que há um equilíbrio entre a quantidade de calor gerado no corpo e sua transmissão para o meio ambiente. A equação que descreve o estado de equilíbrio se denomina balanço térmico; segundo a equação 1.

$$S = M \pm C \pm R - E \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

M = Calor produzido pelo Metabolismo

C = Calor ganho ou perdido por Condução/Convecção

R = Calor ganho ou perdido por Radiação

E = Calor perdido por Evaporação

S = Calor acumulado no organismo (sobrecarga térmica)

O organismo encontra-se em equilíbrio térmico quando S for igual a Zero.

Quando aumentamos a temperatura do ambiente, o estímulo aos receptores de frio na pele é reduzido, enquanto o estímulo aos receptores de calor é aumentado. Há um aumento concomitante na quantidade de sangue que flui através dos vasos cutâneos. Em climas quentes, esse aumento pode provocar um indesejável excesso de carga na circulação, com conseqüente desordem no sistema circulatório.

### 2.3.5 Efeitos do Calor no Organismo

Quando o calor rejeitado pelo organismo ao meio ambiente é menor que o recebido e/ou produzido pelo metabolismo total, o organismo tende a aumentar sua temperatura. Para entrar essa hipertermia, são colocados em ação alguns mecanismos de defesa, sejam eles:

- Vaso dilatação periférica - O aumento da temperatura ambiente, o organismo promove a vasodilatação periférica, no sentido de permitir maior troca de calor.
- Ativação das glândulas sudoríparas - Há aumento de troca de calor através da transformação do suor de estado líquido em vapor (SALIBA, 2000).

### 2.3.6 Consequências da Hipertermia

Saliba (2000), diz também que caso a vaso dilatação periférica e a sudorese não sejam suficientes para manter a temperatura do corpo em torno de 37°C, haverá consequências para o organismo que podem se manifestar das seguintes formas:

- Exaustão do calor - Com a dilatação dos vasos sanguíneos em resposta ao calor, há uma insuficiência do suprimento de sangue ao córtex cerebral, resultando em queda da pressão arterial.

- Desidratação - A desidratação provoca, principalmente, a redução do volume de sangue, provocando a exaustão do calor.
- Câimbras de calor - Na sudorese há perda de água e sais minerais, principalmente o NaCl(cloreto de sódio). Com a redução desta substância no organismo, poderão ocorrer câimbras.
- Choque térmico - Ocorre quando a temperatura do núcleo do corpo atinge determinado nível, colocando em risco algum tecido vital que permanece em contínuo funcionamento.

## 2.4 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

### 2.4.1 Escalas Termométricas

As escalas baseiam-se em pontos de referência da fusão do gelo e ebulição da água. As principais escalas são (SOUZA, 2003):

- Escala Celsius ou centígrado, onde o ponto de fusão do gelo é 0°C e o ponto de ebulição da água é 100°C. Essa escala é dividida em 100 partes.
- Escala Fahrenheit, onde a fusão do gelo ocorre a 32°F e a ebulição da água a 212°F, sendo a escala dividida em 180 partes.

### 2.4.2 Termômetro de Bulbo Seco (Tbs)

Dispositivo destinado a determinação da temperatura do ar, é composto de mercúrio comum ou algum outro tipo de sensor que possui leitura idêntica como, por exemplo, os sensores eletrônicos que atualmente vêm sendo amplamente utilizados. Para o termômetro de mercúrio é recomendada a graduação de 0°C até 60°C, com subdivisão de 0,1°C, com bulbo de mercúrio (SALIBA, 2000).

Segundo Saliba (2000), a temperatura do bulbo seco é aquela obtida ao colocar o bulbo seco do termômetro em contato com uma mistura de ar úmido, até que o mesmo atinja o equilíbrio térmico. A temperatura do ar ambiente deve ser medida na altura superior do tórax do trabalhador ou em outros locais escolhidos em função dos objetivos. Para proteger o bulbo do termômetro contra a ação do calor radiante, deve-se revesti-lo com uma camada de prata polida, que reflete cerca de 99,5% do calor radiante incidente.

### **2.4.3 Termômetro de Globo (Tg)**

Esse instrumento é constituído de um termômetro de mercúrio com graduação de 0°C a 150°C, com subdivisão de 0,1°C, ou outro tipo de sensor de temperatura que dê leitura idêntica. O globo consiste em uma esfera oca de cobre com 15 cm de diâmetro (6 polegadas), pintada externamente de tinta preta fosca, a fim de absorver o máximo de calor radiante (radiação térmica ou energia radiante) incidente. O bulbo de termômetro comum ou sensor é colocado no interior dessa esfera (no centro da esfera), a qual fica suspensa sem contato com o suporte. O termômetro de globo deve ser exposto no mínimo 25 minutos antes da leitura. Essa leitura corresponde à temperatura média de radiação do ambiente (SALIBA, 2000).

### **2.4.4 Termômetro de Bulbo Úmido Natural (Tbn)**

O termômetro de bulbo úmido natural consiste em termômetro de mercúrio comum ou sensor. O termômetro de mercúrio comum ou sensor deve ser montado na posição vertical, revestindo com um pavio de algodão branco que deverá envolver totalmente o bulbo de mercúrio. O pavio de termômetro de bulbo úmido natural deve ser mantido úmido em água destilada, por no mínimo meia hora antes de se fazer a leitura de temperatura. É importante preencher o reservatório com água destilada, bem como molhar o pavio restante. O pavio deve ser colocado no termômetro de forma que cubra todo o bulbo e uma parcela da coluna capilar, com dimensão equivalente ao comprimento do bulbo, e deve estar sempre limpo. Os pavios novos devem ser lavados antes de ser usados.

### **2.4.5 Psicrômetro**

Mede a umidade relativa do ar e é constituído de dois termômetros colocados paralelamente: um termômetro de bulbo seco e outro termômetro de bulbo úmido, que deve ser umedecido com água destilada durante a medição. Com ele faz-se duas leituras (SALIBA, 2000):

- Temperatura de bulbo seco (temperatura do ar);
- Temperatura de bulbo úmido.



#### 2.4.6 Anemômetro

É utilizado para medição da velocidade do ar (SALIBA, 2000).

### 2.5 ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO E SOBRECARGA TÉRMICA

O objetivo da medição do calor é verificar se a temperatura do núcleo do corpo vai ultrapassar 37°C. Existem índices que correlacionam as variáveis que influenciam nas trocas térmicas entre o indivíduo e o meio. Entre esses, os mais conhecidos são:

#### 2.6 ÍNDICE DE TEMPERATURA EFETIVA (TE)

Antes da Portaria n.3.214 Segurança e Medicina do Trabalho, a avaliação de calor para fins de caracterização de insalubridade era feita através da aplicação do Índice de Temperatura efetiva, sendo considerados insalubres os locais onde o índice de temperatura efetiva era superior a 28,0°C. Atualmente, esse índice é usado para a determinação do conforto térmico conforme NR-17, Portaria n.3.214 Segurança e Medicina do Trabalho.

A temperatura efetiva combina a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e o movimento do ar num único índice.

Através do psicrômetro, determinam-se os valores das temperaturas de bulbo úmido e seco e, com o termoanemômetro, mede-se a velocidade do ar com esses valores, obtendo-se o índice da temperatura efetiva através do ábaco.

#### 2.7 TEMPERATURA EFETIVA CORRIGIDA (TEC)

A temperatura efetiva corrigida é uma medida um pouco mais precisa, pois considera o calor radiante. Utiliza-se temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de bulbo úmido (Tbn), temperatura de globo (Tg) e a velocidade do ar. Para cálculo de temperatura efetiva corrigida, deve-se seguir os seguintes passos:

No ábaco da temperatura efetiva, substitui-se o valor de temperatura de bulbo seco (Tbs) pela temperatura de globo e a temperatura de bulbo úmido pelo seu valor corrigido, que se obtém da seguinte maneira:

Numa carta psicrométrica, determina-se o valor da umidade relativa do ar utilizando os valores do Tbs e Tbn; a seguir, mantém-se a umidade relativa constante, entrando-se com o novo valor de temperatura do ar, dado pela Tg, obtendo-se o valor corrigido de Tbn, que deverá, então, ser utilizado no ábaco de temperatura efetiva; Com os valores de Tg, Tbn corrigida e velocidade do ar, determina-se a temperatura efetiva corrigida.

## 2.8 ÍNDICE DE SOBRECARGA TÉRMICA (IST)

Este índice, além das condições ambientais, considera o tipo de atividade exercida pelo indivíduo, sendo expresso pela seguinte relação percentual; segundo a equação 2 (SOUZA,2003).

$$IST = \frac{EReq \times 100}{EMax} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

- EReq = quantidade de calor que o organismo necessita dissipar por evaporação, que é a soma dos fatores M, C e R.
- EMax.= quantidade máxima de calor que o organismo pode dissipar por evaporação, quando o corpo estiver completamente molhado e à temperatura de 35°C.
- Quando IST= 100 corresponde à sobrecarga térmica máxima permissível diariamente, para homens jovens, adaptados e aclimatizados ao trabalho.

Quando  $IST > 100$  significa que o balanço térmico não é mantido; a sudorese é exigida em excesso, não podendo o trabalhador ficar exposto ao calor durante 8 horas diárias de trabalho sem efeitos adversos à saúde. Neste caso, é necessário estabelecer os períodos de trabalho e descanso, que podem ser calculados a partir das equações segundo a equação 3 e 4 (SOUZA, 2003).

$$\text{Tempo máximo de trabalho (horas)} = \frac{250}{EReq - EMax} \quad (\text{Eq.3})$$

$$\text{Tempo mínimo de descanso (horas)} = \frac{250}{EReq - EMax(\text{descanso})} \quad (\text{Eq.4})$$

Onde:

- EReq(descanso) = quantidade de calor que o organismo necessita dissipar no período e no local de descanso.

Para se calcular EReq(descanso) são necessárias avaliações dos fatores ambientais no local de descanso do trabalhador, que deverá, sempre que possível, ser afastado das fontes de calor radiante, onde a temperatura é mais amena. Quanto mais favoráveis forem as condições ambientais no local de descanso, menor será o tempo de descanso requerido. (SOUZA, 2003).

Se  $IST < 100$ , significa que o ambiente de trabalho não prejudica a saúde do trabalhador. (SOUZA, 2003).

Os valores de  $E_{Req}$  e  $E_{Max}$  podem ser obtidos graficamente ou matematicamente. Na prática, utilizam-se os ábacos de Belding e Hatch, nos quais se obtém os valores de IST a partir de  $T_g$ , velocidade do ar,  $T_{bs}$ ,  $T_{bn}$  e metabolismo (SOUZA, 2003).

## 2.9 TERMÔMETRO DE GLOBO ÚMIDO

SALIBA, 2000 diz que o índice é obtido com o termômetro de globo úmido. O equipamento que, através de uma única leitura, fornece o Índice de Sobrecarga Térmica, consiste em uma esfera oca de 6 cm de diâmetro, pintada de tinta preta fosca, recoberta por uma camada dupla de tecido negro continuamente umedecido com água destilada, proveniente de tubo reservatório de alumínio ligado à esfera.

Pelo interior do tubo passa a haste do termômetro mostrador, cuja extremidade fica no centro da esfera. As leituras são efetuadas diretamente na escala do mostrador 5 minutos após a estabilização. A correlação do  $T_{bn}$  com os demais índices de sobrecarga térmica é bastante razoável, o que torna sua indicação, graças a sua simplicidade, excelente para avaliação do calor intenso. (SALIBA, 2000).

## 2.10 ÍNDICE DE BULBO ÚMIDO TERMÔMETRO DE GLOBO (IBUTG)

OIBUTG (índice de temperatura de bulbo úmido termômetro de globo) foi desenvolvido inicialmente como um método simples para avaliar a sobrecarga térmica em contingentes militares. Também permite o cálculo de períodos adequados de trabalho-descanso, no caso em que o índice ultrapasse os limites estabelecidos.

A legislação brasileira, através da Portaria n.3.214 de 08/06/78, estabelece que a exposição ao calor deva ser avaliada por meio do IBUTG. Consiste em um índice de sobrecarga térmica, definido por uma equação matemática que correlaciona alguns parâmetros medidos no ambiente de trabalho.

O valor de IBUTG obtido e o metabolismo estimado para atividade no local de trabalho são comparados aos limites de exposição estabelecidos pelas normas técnicas específicas.

## 2.11 AVALIAÇÃO DE CALOR

### 2.11.1 Avaliação Ocupacional

O índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG é o método mais simples para avaliar os fatores ambientais que influenciam na sobrecarga térmica. O ideal seria medir a temperatura interna do corpo durante a exposição, contudo ainda não foi desenvolvido um método simples adequado para isso. Assim, é necessário lançar mão dos índices que relacionam as temperaturas e as respostas fisiológicas.

O índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo - IBUTG leva em consideração todos os fatores ambientais e fisiológicos do equilíbrio homeotérmico e, atualmente, é utilizado pela ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) e NR- 15.

Os valores do IBUTG são calculados da seguinte forma, conforme as equações 5 e 6.

- Ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7T_{bn} + 0,2T_g + 0,1T_{bs} \quad (\text{Eq. 5})$$

- Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7T_{bn} + 0,3T_g \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

IBUTG = índice de bulbo úmido termômetro de globo

$T_{bn}$  = temperatura de bulbo úmido natural

$T_{bs}$  = temperatura de bulbo seco

$T_g$  = temperatura do globo

### 2.11.2 Instrumentos de Medição

Para a medição do IBUTG são necessários os seguintes termômetros:

- Termômetro de bulbo úmido natural ( $T_{bn}$ )
- Termômetro do globo ( $T_g$ )
- Termômetro de bulbo seco ( $T_{bs}$ )

### 2.11.3 Limites de Tolerância

Segundo a ACGIH (2006), os limites de tolerância referem-se às condições de sobrecarga térmica, em que se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde. Esses limites são baseados na suposição de que a maioria dos trabalhadores aclimatizados, completamente vestidos (por ex: calças e camisas leves) e que estejam ingerindo quantidade adequada de água e sal, deveriam ser capazes de realizar suas funções de maneira efetiva nas condições de trabalho dadas, sem exceder a temperatura do núcleo do corpo de 38°C (100,4° F).

A NR-9 da Portaria n.3.214 Segurança e Medicina do Trabalho estabelece a obrigatoriedade de implantação do PPRA (Programa de Prevenção de Risco Ambiental). O subitem 9.3.5.1 dispõe que devem ser adotadas medidas de controle dos riscos ambientais quando os resultados das avaliações quantitativas da exposição excedem os valores do limite previsto na NR-15 ou, na ausência deste, os valores delimites de exposição ocupacional adotada pela ACGIH ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva, desde que mais rigorosos que os critérios técnico-legais estabelecidos.

Portanto, os critérios a serem adotados nas avaliações quantitativas são aqueles fixados na NR-15, no entanto, considerando que essa norma apresenta algumas omissões e, até mesmo, certos parâmetros de interpretação controversa na avaliação ocupacional do calor, pode-se tomar os critérios da ACGIH para complementar a avaliação e análise da exposição.

- Limites estabelecidos pela NR-15

Atualmente, o IBUTG é o método mais simples e adequado para medir os fatores ambientais, tendo sido adotado por várias normas internacionais, que incluem a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) e OSHA (Occupational Safety and Health Administration). Segundo a NR-15, entende-se como limite de tolerância: "A concentração ou intensidade máxima ou mínima relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador durante sua vida laboral". Para a ACGIH, os limites para o calor referem-se às condições de sobrecarga térmica para as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores adequadamente hidratados, não medicados e com boa saúde, usando roupas leves de verão, podem ser repetidamente expostos sem efeitos adversos à saúde.

O Anexo 3 da NR-15, Portaria n.3.214, também adotou o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo - IBUTG para fins de verificar o risco de exposição ao calor, conforme a transcrição da norma a seguir:

- Limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço.

Em função do índice obtido, o regime de trabalho intermitente será definido no Quadro 1 da NR 15 anexo 3.

Os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para todos os efeitos legais. A determinação do tipo de atividade (leve, moderada ou pesada) é feita consultando o Quadro 3 da NR 15 anexo 3.

REGIME DE TRABALHO TIPO DE ATIVIDADE INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos de trabalho 45 minutos de descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Quadro 2 – Limites de tolerância para a exposição de calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço.

Fonte: BRASIL(2014).

- Limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso em outro local (de descanso). Para os fins deste item, considera-se como local de descanso ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve. Os

limites de tolerância são dados segundo o Quadro 2. M é a taxa de metabolismo média ponderada para 1 hora, determinada pela seguinte equação 7:

$$M = \frac{M_t \times T_t + M_d \times T_d}{60} \quad (\text{Eq.7})$$

Onde:

M<sub>t</sub> - taxa de metabolismo no local de trabalho.

T<sub>t</sub> - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho.

M<sub>d</sub> - taxa de metabolismo no local de descanso.

T<sub>d</sub> - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

IBUTG é o valor do IBUTG médio ponderado para 1 hora, determinado pela seguinte equação 8, conforme a NR-15 do anexo 3:

$$\text{IBUTG} = \frac{\text{IBUTG}_t \times T_t + \text{IBUTG}_d \times T_d}{60} \quad (\text{Eq.8})$$

Onde:

IBUTG<sub>t</sub> - valor do IBUTG no local de trabalho

IBUTG<sub>d</sub> - valor do IBUTG no local de descanso.

T<sub>t</sub> e T<sub>d</sub> - anteriormente definidos.

Os tempos T<sub>t</sub> e T<sub>d</sub> devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo T<sub>t</sub> + T<sub>d</sub> = 60 minutos corridos.

As taxas de metabolismo M<sub>t</sub> e M<sub>d</sub> serão obtidas consultando-se o Quadro 3 da NR15 anexo 03.

Os períodos de descanso serão considerados tempos de serviço para todos os efeitos legais.

<b>M (kcal/h)</b>	<b>Máximo IBUTG</b>
175	30,5
200	30
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26
450	25,5
500	25

Quadro 3 – Limites de tolerância M ( Kcal/h) MÁXIMO IBUTG (°C)

Fonte: BRASIL (2014).

<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>	<b>Kcal/h</b>
SENTADO EM REPOUSO	100
<b>TRABALHO LEVE</b>	
Sentado, movimentos moderados com braço e tronco (ex: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braço e pernas (ex: dirigir).	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
<b>TRABALHO MODERADO</b>	
Sentado, movimentos rigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, com alguma movimentação	175
De pé, trabalho moderado, em máquina ou bancada, com alguma movimentação	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
<b>TRABALHO PESADO</b>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex: remoção com pá)	440
Trabalho fadigante.	550

Quadro 4 – Taxas de metabolismo por tipo de atividade

Fonte: BRASIL (2014).

- Critério da ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) recomenda que sejam considerados os índices de sobrecarga térmica e sobrecarga orgânica na avaliação de segurança e saúde do trabalhador. Para tanto, estabelece um fluxograma de tomada de decisões na avaliação de calor. Ademais são recomendados limites diferenciados para trabalhadores aclimatizados, correções dos valores quando for necessário



utilizar um equipamento ou roupa adicional de proteção, além de outras recomendações técnicas para a aplicação correta do IBUTG.

Outro aspecto importante é que, segundo a NR-15, as medições de calor devem ser feitas no período mais desfavorável do ciclo de trabalho e no tempo de 60 minutos (alternância trabalho/descanso). Destaca-se ainda que, na avaliação ocupacional de calor, o engenheiro deverá levar em conta às recomendações e orientações da ACGIH, quando as correções em função da roupa, a climatização, dentre outros, visando prevenir os riscos de exposição ao calor através de medidas coletivas, administrativas e individuais adequadas.

#### **2.11.4 Avaliação de Calor para Caracterização de Insalubridade**

Deverá ser analisada minuciosamente a situação de exposição ao calor, principalmente no que se refere à estimativa do valor do metabolismo do trabalhador, bem como da obrigatoriedade contratual do trabalhador em permanecer e executar atividades ou operações, de maneira habitual e permanente, sob exposição ao calor com carga solar.

Com relação à caracterização da insalubridade, o Anexo 3 da NR-15 estabelece dois quadros do limite de tolerância. O Quadro 1 fixa limites de tolerância para descanso no próprio local de trabalho. Nesse caso, deve-se medir o IBUTG, situar a atividade (leve, moderada ou pesada) e, no Quadro 3, verificar se as condições térmicas são compatíveis com a atividade desenvolvida.

No Quadro 2 são fixados limites de tolerância para descanso num local termicamente mais ameno, onde o empregado deverá permanecer em repouso ou exercendo atividades leves. Para a verificação da insalubridade, deve-se determinar para os locais de trabalho e descanso os seguintes parâmetros: IBUTG, tempo de exposição, a estimativa do metabolismo, conforme o Quadro 3 e as médias ponderadas determinadas pelo Anexo 3. Em seguida, deve-se comparar a taxa de metabolismo média ponderada (M) com o máximo IBUTG (média ponderada).

A insalubridade por calor só poderá ser eliminada através de medidas aplicadas no ambiente ou reduzindo-se o tempo de permanência nas fontes de calor, de forma que a taxa de metabolismo fique compatível com o IBUTG.

A neutralização por meio de EPI's não ocorre, pois não é possível determinar se estes reduzem a intensidade do calor a níveis abaixo dos limites de tolerância, conforme prevê o artigo 191, item II, da CLT.

Os EPI's (blusões de manga) muitas vezes podem até prejudicar as trocas térmicas entre o organismo e o ambiente. Entretanto, os EPI's devem ser sempre utilizados, uma vez que protegem os empregados dos riscos de acidentes e doenças ocupacionais.

## 2.12 MEDIDAS DE CONTROLE

O calor como todo agente ambiental, deve ser controlado primeiramente na fonte ou em sua trajetória através de medidas relativas ao ambiente e medidas relativas ao homem.

### 2.12.1 Medidas relativas ao homem

Na solução de um problema de saúde ocupacional, devem ser consideradas, primeiramente, as medidas relativas ao ambiente que geralmente são complementadas pelas medidas relativas ao pessoal. Em determinados casos, por razões de ordem técnica, as únicas medidas aplicáveis são as relativas ao pessoal, que podem ser bastante eficazes.

Segundo Saliba (2000), existe uma série de medidas que podem ser aplicadas diretamente no trabalhador com o objetivo de minimizar a sobrecarga térmica. Entre elas destacam-se:

#### 2.12.1.1 Aclimatização

A aclimatização ao calor constitui em adaptação fisiológica do organismo a um ambiente quente. Essa medida é de fundamental importância na prevenção dos riscos decorrentes da exposição ao calor intenso. A aclimatização será total em aproximadamente três semanas. É importante mencionar que a perda de cloreto de sódio pela sudorese será menor no indivíduo aclimatizado, garantindo o equilíbrio nas células do corpo.

#### 2.12.1.2 Limitação do tempo de exposição

A limitação do tempo de exposição é feita pela recuperação térmica do trabalhador exposto ao calor em local apropriado. O tempo de recuperação depende das condições térmicas desse local e pode ser calculado através dos índices de sobrecarga térmica.

A NR-15, da portaria nº. 3.214, adota o índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) para a avaliação ocupacional do calor. Pode-se observar que os limites de tolerância são estabelecidos em função do tempo de exposição ao calor e os períodos de descanso.

Portanto, a implantação de períodos de descanso constitui uma medida eficiente no controle da sobrecarga térmica. Percebe-se ainda a resistência na adoção dessa medida por parte dos empregadores, sob alegação de que tais pausas para descanso interferem na organização do trabalho, reduzindo a produtividade. Porém, esse argumento não procede, pois, por meio de estudos sistemáticos do processo produtivo, métodos de trabalho, tempos de movimentos, estudos ergonômicos, dentre outros, essa medida poderá ser aplicada com sucesso, sem prejuízo na produtividade.

Outro aspecto importante a ser considerado é que a pausa deve ser feita em local com ventilação e temperatura adequada, onde o trabalhador permaneça em repouso e se possível sentado.

#### 2.12.1.3 Exames médicos

Recomenda-se a realização de exames médicos pré-admissionais, com a finalidade de detectar possíveis problemas de saúde que possam ser agravados com a exposição ao calor, tais como: problemas cardiocirculatórios, deficiências glandulares (principalmente glândulas sudoríparas), problemas de pele, hipertensão, etc. Tais exames permitem selecionar um grupo adequado de profissionais que reúnam condições para executar tarefas sob o calor intenso. Exames periódicos devem também ser realizados com a finalidade de promover um contínuo acompanhamento dos trabalhadores expostos ao calor e identificar possíveis estados patológicos iniciais.

#### 2.12.1.4 Educação e treinamento

É de fundamental importância a educação e treinamento dos trabalhadores expostos ao calor intenso: a orientação quanto à prática correta de suas tarefas pode evitar esforços físicos desnecessários ou longos períodos de permanência próximo à fonte. Deve-se conscientizar o trabalhador sobre o risco que representa a exposição ao calor intenso, educando-o quanto ao uso correto dos equipamentos de proteção individual, alertando-o sobre a importância de asseio pessoal e promovendo a utilização e manutenção correta das medidas de proteção no ambiente.

### 2.12.1.5 Equipamentos de proteção individual

Existe no mercado uma grande variedade de equipamentos de proteção individual para os mais diversos usos e finalidades. Deve-se fazer uma escolha adequada, objetivando o maior grau de eficiência e conforto.

Equipamento de Proteção Individual - EPI é todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

Conforme a NR-6 no item 6.3 A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- a) Sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e,
- c) Para atender a situações de emergência.

Conforme a NR 6 item 6.6 – subitem 6.6.1 Cabe ao empregador quanto ao EPI:

- a) adquirir o adequado ao risco de cada atividade;
- b) exigir seu uso;
- c) fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho;
- d) orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação;
- e) substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
- f) responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e,
- g) comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada.
- h) registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.

Já no item 6.7 Responsabilidades do trabalhador da mesma norma (NR-6) no subitem 6.7.1 Cabe ao empregado quanto ao EPI:

- a) usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- b) responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- c) comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; e,
- d) cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

### 3. METODOLOGIA

Este trabalho iniciou-se com uma apreciação dos trabalhadores ligados a pavimentação asfáltica, no Sul do Brasil.

Reuniram-se informações sobre o funcionamento de como é aplicado o CBUQ, bem como sobre as funções desempenhadas de cada trabalhador. Junto a estas informações foi verificada em campo também a utilização de EPI's.

Cada trabalhador possui uma ficha de EPI, onde na mesma consta o tipo de EPI entregue, a data e a assinatura do funcionário. Além disso, quando entregue os EPI's os funcionários são treinados e/ou orientados sobre a forma de utilização correta dos mesmos.

Para a realização da medição de ruído e temperatura foram utilizados os seguintes equipamento:

- Ruído - O equipamento utilizado foi o Decibelímetro da marca Instrutherm modelo DEC 5010. As medições foram realizadas na altura ouvido do funcionário, conforme estabelece a NR-15 anexo1.
- Temperatura - O equipamento utilizado foi o TGD-400 Termômetro de globo digital com datalogger – IBUTG.

O equipamento TGD-400 Termômetro de globo digital, calcula automaticamente o IBUTG interno e externo e indica separadamente as temperaturas de bulbo úmido, seco, globo, umidade e temperatura do ar.

Escala: -5 a 100°C (Precisão:  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ )

Umidade: 0 a 85% UR

Anemômetro: 0 a 20m/s (Precisão:  $\pm 4\%$ )

Indicação de Ponto de Orvalho

As medições foram realizadas a altura da região do corpo mais atingida, conforme estabelece a NR-15 anexo3.



Figura 06: Equipamento utilizado para medição de calor.

Fonte: A autora (2014)

### 3.1 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado no trabalho de aplicação de Concreto Betuminoso Usinado Quente – CBUQ, onde foi realizada a avaliação de ruído e temperatura da atividade com relação aos trabalhadores desta área.

Para a realização da aplicação do CBUQ é necessários a utilização das seguintes máquinas/equipamentos:

- Caminhão tanque de emulsão asfáltica –“Espargidor e/ou Burro Preto”;
- Vibro acabadora;
- Rolo Compressor;
- Rolo de Pneu;
- Bobcat; e
- Caminhão Basculante.

O quadro 5 apresenta as funções e EPI's necessários para a realização da aplicação do CBUQ. Os dados do quadro foram retirados do PPRA – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (2013) da empresa.

Função	Bota de Couro Safety Flex (C.A 30.825)	Protetor Auricular tipo Plug (C.A 28.534)	Capacete de Segurança – Laranja (C.A29.738)	Capa de Chuva (Eventual) (18.301)	Máscara respiratória (C.A 19.344)	Luva de Raspa (C.A 9070)	Vestimenta faixa refletiva (calça e camisa)
Servente	x	x	x	x	x	x	x
Meseiro	x	x	x	x	x	x	x
Rasteleiro	x	x	x	x	x	x	x
Operador de Rolo de Pneu	x	x	x	x	x	x	x
Operador de Rolo Compressor	x	x	x	x	x	x	x
Operador de Emulsão	x	x	x	x	x	x	x
Operador de Vibroacabadora	x	x	x	x	x	x	x
Motorista de Caminhão Espargidor	x	x	x	x			x
Motorista de Caminhão Basculante	x	x	x	x			x

Quadro 5 – Função dos trabalhadores e EPI's utilizados.

Fonte: A autora (2014)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a realização da aplicação do CBUQ, são necessárias que ocorram as seguintes atividades, sendo elas:

- **Imprimação – Serviço por espargimento do ligante** - Consiste na aplicação de uma camada de material asfáltico sobre a superfície de uma base concluída, antes da execução de um revestimento betuminoso. Sua finalidade é de aumentar a coesão superficial da base pela penetração (absorção) do material asfáltico empregado (0,5 a 10 cm).
- **Pintura de Ligação** - Promover a aderência entre a base e o revestimento. Nesta fase da atividade somente é utilizado o caminhão espargidor. O operador do espargidor espalha a emulsão asfáltica quente através da caneta onde a temperatura de emulsão é de mais ou menos 65 a 70 C (essa temperatura obtida no caminhão espargidor). Conforme mostra a figura 1.



Figura 01: Pintura de Ligação

Fonte: A autora (2014)

O operador de emulsão asfáltica está exposto aos seguintes agentes, conforme o PPRA da empresa:

- Agentes Físicos – Ruído e umidade.
- Agentes Químicos- gases e vapores tóxicos, material particulado.
- Riscos Ergonômicos- postura
- Riscos de Acidentes– atropelamentos



- **Aplicação do CBUQ** – Esta etapa consiste em aplicar a camada de Concreto Betuminoso Usinado Quente – CBUQ “asfalto” conforme mostra a figura 2.



Figura 02: Aplicação do CBUQ

Fonte: A autora (2014)

Nesta fase da atividade estão envolvidas as seguintes funções:

- Servente
- Meseiro
- Rasteleiro
- Operador de Vibroacabadora
- Motorista de Caminhão Basculante

Sendo que as funções de servente, meseiro e rasteleiro estão mais expostas a temperatura devido ao contato direto. Já os operadores e motoristas seu contato se torna menor devido estarem mais distantes do CBUQ (acima de 1 metro) tornando sua exposição menor.

Os trabalhadores estão expostos aos seguintes riscos apresentados no quadro 6.

<b>Função</b>	<b>Agentes Físicos</b>	<b>Agentes Químicos</b>	<b>Riscos Ergonômicos</b>	<b>Riscos de Acidentes</b>
<b>Servente</b>	Ruído e Umidade	Gases e Vapores de Escapamentos e Emulsão	Postura Inadequada, Levantamento de Peso	Batidas, Atropelamentos
<b>Meseiro</b>	Ruído, Umidade e Vibração de Máquina	Gases e Vapores de Escapamentos e Emulsão	Postura Inadequada	Batidas, Queda de Nível, Atropelamentos
<b>Rasteleiro</b>	Ruído e Umidade	Gases e Vapores de Escapamentos e Emulsão	Postura Inadequada	Batidas, Atropelamentos
<b>Operador de Vibroacabadora</b>	Ruído, Vibração de Máquina	Gases e Vapores de Escapamentos e Emulsão	Postura Inadequada	Batidas
<b>Motorista de Caminhão Basculante</b>	Ruído	--	Postura Inadequada	Batidas e Colisões

Quadro 6: Exposição de Riscos

Fonte: A autora (2014)

O caminhão basculante com o CBUQ para na frente da vibroacabadora e descarrega parte do CBUQ, na sequência a máquina espalha o material na altura definida em projeto. Junto a esta etapa estão os operadores no qual fazem pequenas correções bem como limpeza do local.

Os operadores ficam em cima do CBUQ aplicado, onde o mesmo tem uma temperatura de 160 a 170 °C, pois abaixo desta temperatura não é possível garantir a aplicação do mesmo.



Foto 03: Aplicação do CBUQ

Fonte: A autora (2014)



Foto 04: Operadores

Fonte: A autora (2014)

- **Finalização** - Nesta fase utiliza-se o Rolo de pneu e Rolo compressor para compactar e aderir o CBUQ na pista. Nesta fase da atividade estão envolvidas as seguintes funções:

- Operador de Rolo de Pneu
- Operador de Rolo Compressor

Os mesmos estão expostos aos seguintes riscos como mostra o quadro 7.

<b>Função</b>	<b>Agentes Físicos</b>	<b>Agentes Químicos</b>	<b>Riscos Ergonômicos</b>	<b>Riscos de Acidentes</b>
<b>Operador de Rolo de Pneu</b>	Ruído e Vibração	Gases e Vapores	Postura Inadequada	Batidas
<b>Operador de Rolo Compressor</b>	Ruído e Vibração	Gases e Vapores	Postura Inadequada	Batidas

Quadro 7: Exposição de Riscos para Operadores

Fonte: A autora (2014)

Após a passagem do rolo de pneu e compressor e realizado uma “lavagem” da pista para resfriar o CBUQ aplicado, na seqüência e liberado o trafego local, caso não seja resfriado a pista após a aplicação do CBUQ não é possível liberar o trafego local, neste caso o local permanece interdito até o resfriamento da massa.

#### 4.1 AVALIAÇÃO DE RUIDO

A medição de ruído teve o objetivo de avaliar a verdadeira exposição ocupacional do trabalhador conforme a NR15 anexo nº. 1 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego.

As medições foram realizadas no dia 24/01/2014 das 11h05min às 12h35min, em condições normais de trabalho.

As avaliações foram realizadas em locais de atividade em sua normalidade de funcionamento na aplicação do CBUQ, onde o local é provido de materiais e equipamentos que emitem ruído para o ambiente.

Conforme mostra a foto 5 o local do trabalho é um ambiente a céu aberto, devido a atividade ser aplicação de CBUQ, ou seja, aplicação de asfalto em ruas.

Realizou-se a avaliação com todos os funcionários envolvidos com a aplicação do CBUQ.



Foto 05: Medição de Ruído

Fonte: A autora (2014)

#### 4.1.1 Tabela de Medição de Ruído

Foi realizada a medição de ruído com todos os funcionários e nas máquinas como Espargidor e Acabadora.

Função/Máquina	RUIÍDO									
	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)	dB (A)
Espargidor (Burro Preto)	87,7	87,5	87,6	87,4	87,6	87,7	87,5	87,6	87,4	87,7
Operador de Espargidor (Burro Preto)	86,5	86,3	86,4	86,2	86,4	86,5	86,3	86,4	86,2	86,5
Acabadora	97	96,9	96,8	97	96,8	97	96,9	96,8	97	97
Operador de Acabadora	94	93,9	93,8	94	93,8	94	93,9	93,8	94	94
Operador de Rolo	88	87,9	88	87,9	88	88	87,9	88	87,9	88
Rasteleiro	87,6	87,4	87,5	87,3	87,5	87,6	87,4	87,5	87,3	87,6
Servente	97	96,9	96,8	97	96,8	97	96,9	96,8	97	97
Meseiro	88	87,9	87,8	88	87,8	88	87,9	87,8	88	88
DATA	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014	24/1/2014
HORÁRIO	11:05	11:15	11:25	11:35	11:45	11:55	12:05	12:15	12:25	12:35

Quadro 8: Medição de Ruído.

Fonte: A autora (2014)

Como pode-se observar em todas as funções o nível de ruído ultrapassa o índice permitido que é 85dB (A) conforme a NR15 do anexo 1.

Diante as avaliações feitas e pesquisas na empresa, pode-se verificar que a grande parte dos trabalhadores não utilizava os EPI's conforme necessário, porem todos em suas fichas de EPI's receberam os mesmos.

Em conversas com os funcionários foi questionado o porquê da não utilização dos EPI's, onde os mesmos deram as seguintes respostas:

- Esquecimento;
- Não gostar de utilizar;
- Atrapalhar;
- Etc.

Entretanto, foi possível avaliar que os funcionários não tem comprometimento com a sua própria segurança e a “empresa” acaba deixando de cobrar a sua utilização.

#### 4.2 AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO AO CALOR EM AMBIENTE DE TRABALHO

O objetivo foi de avaliar a exposição ocupacional ao calor conforme a NR15 anexo nº.3 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Educação.

As avaliações foram realizadas no dia 24/01/2014 nos horários compreendidos das 11h00min a 12h00min compreendida como exposição mais crítica devido o trecho ser concluído até este horário.

As avaliações foram realizadas em locais de atividade em sua normalidade de funcionamento na aplicação do CBUQ, onde o local é provido de materiais e equipamentos que emitem calor para o ambiente. Temperatura ambiente no dia era de 29°C.

Foi realizada a avaliação com todos os funcionários envolvidos com a aplicação do CBUQ. Não foi realizada a avaliação com o encarregado, devido o mesmo, não permanecer no local de aplicação e sim afastado, somente avaliando a atividade.

O equipamento foi calibrado com o seu módulo de calibração, segundo o padrão especificado pelo fabricante.

O trabalho foi realizado em um ambiente a céu aberto, devido o mesmo ser aplicação de CBUQ, ou seja, aplicação de asfalto em ruas. Em todo local não há coberturas para se proteger do sol. O ambiente possui iluminação e ventilação natural. As fontes de calor são: CBUQ com a temperatura de mais ou menos 170°C, maquinários e sol.

Para cada coleta das amostras, foi necessário em torno de 10 minutos, para a leitura dos termômetros.

O instrumento utilizado mede os seguintes itens:

- Termômetro de globo.
- Termômetro de Bulbo Úmido.

- Termômetro de Bulbo Seco.
- Medidor de umidade relativa

Moderna técnica para a determinação do IBUTG, para a avaliação de carga térmica em locais de trabalho – conforme a NR15 anexo 03 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego.

#### 4.2.1 Avaliações

- **Ponto – I - Servente**

ATIVIDADE: Fazer limpeza do local e ajudar em diversos serviços como auxiliar geral. Enquanto há a aplicação do CBUQ, permanece grande parte do tempo no mesmo local.

O funcionário trabalha em pé, possui movimentos de braço, trabalho contínuo, com movimento de empurrar e arrastar. Conforme medição obteve-se os seguintes valores:  $T_g = 40,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{bn} = 24,6 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $T_{bs} = 34,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . A taxa de metabolismo = 440 kcal/h – Trabalho Pesado

Através da utilização da equação 5 obteve-se o  $IBUTG_t = 28,7 \text{ }^\circ\text{C}$

- **Ponto – II - Meseiro**

ATIVIDADE: Fazer a verificação da espessura do CBUQ.

Enquanto há a aplicação do CBUQ, permanece grande parte do tempo no mesmo local.

O funcionário trabalha em pé, possui movimentos de braço, trabalho contínuo, com movimentação. Conforme medição obteve-se os seguintes valores:  $T_g = 43,4 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $T_{bn} = 24,4 \text{ }^\circ\text{C}$  e  $T_{bs} = 34,4 \text{ }^\circ\text{C}$ . A taxa de metabolismo = 220 kcal/h – Trabalho Moderado

Através da utilização da equação 5 obteve-se o  $IBUTG_t = 29,9 \text{ }^\circ\text{C}$

- **Ponto – III - Rasteleiro**

ATIVIDADE: Alisar a massa e corrigir imperfeições

Enquanto há a aplicação do CBUQ, permanece grande parte do tempo no mesmo local.

O funcionário trabalha em pé, possui movimentos de braço, trabalho contínuo, pesado com movimento de arrastar e empurrar. Conforme medição obteve-se os seguintes valores:  $T_g$

= 44,6 °C, Tbn = 25,7 °C e Tbs = 35,7 °C. A taxa de metabolismo = 440 kcal/h – Trabalho Pesado

Através da utilização da equação 5 obteve-se o IBUTGt = 30,0 °C

- **Ponto -IV – Operador de Acabadora**

ATIVIDADE: Operar a máquina com a finalidade de espalhar o CBUQ

Enquanto há a aplicação do CBUQ, permanece grande parte do tempo no mesmo local.

O funcionário trabalha em sentado, possui movimentos de braço e perna, trabalho contínuo. Conforme medição obteve-se os seguintes valores: Tg = 40,3 °C, Tbn = 23,3 °C e Tbs = 33,3°C. A taxa de metabolismo = 150 kcal/h – Trabalho Leve

Através da utilização da equação 5 obteve-se o IBUTGt = 27,7 °C

- **Ponto -V – Operador de Rolo**

ATIVIDADE: Operar a máquina com finalidade de compactar o CBUQ

Enquanto há a aplicação do CBUQ, permanece grande parte do tempo no mesmo local.

O funcionário trabalha em sentado, possui movimentos de braço e perna, trabalho contínuo. Conforme medição obteve-se os seguintes valores: Tg = 39,4 °C, Tbn = 23,1 °C e Tbs = 32 °C. A taxa de metabolismo = 150 kcal/h – Trabalho Leve

Através da utilização da equação 5 obteve-se o IBUTGt = 27,1 °C

- **Ponto -VI – Operador de Rolo de Pneu**

ATIVIDADE: Operar a máquina com a finalidade de compactar, selar e realizar o acabamento.

Enquanto há a aplicação do CBUQ, permanece grande parte do tempo no mesmo local.

O funcionário trabalha em sentado, possui movimentos de braço e perna, trabalho contínuo. Conforme medição obteve-se os seguintes valores: Tg = 39,9 °C, Tbn = 24,1°C e Tbs = 34°C. A taxa de metabolismo = 150 kcal/h – Trabalho Leve

Através da utilização da equação 5 obteve-se o IBUTGt = 28,1 °C

#### 4.3 ANALISE DOS RESULTADOS– TEMPERATURA

Diante a avaliação de temperatura e de acordo com a NR 15 anexo3, obteve-se os seguintes resultados:



TEMPERATURA						
Função	Servente	Meseiro	Rasteleiro	Operador de Acabadora	Operador de Rolo	Operador de Rolo de Pneu
WTE - BULBO UMIDO	24,6	24,4	25,7	23,3	23,1	24,1
DRY - BULBO SECO	34,1	34,4	35,7	33,3	32	34
GLOBE - GLOBO	40,1	43,4	44,6	40,3	39,4	39,9
DWE - TEMPERATURA	20,6	21,3	20,2	18,3	19,1	20
WBGTi -ibgtu interno	29,3	30,6	30,8	42,7	27,8	28,8
WBGT <sub>o</sub> -ibgtu externo	28,7	29,9	30	27,7	27,1	28,1
H.I - Indice de Aquecimento	37	39,1	40,3	32,5	33,3	36
DATA	24/01/2014	24/01/2014	24/01/2014	24/01/2014	24/01/2014	24/01/2014
HORA	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50
Temperatura da massa na hora da aplicação	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C	160°C

Quadro 9: Medição de Temperatura.

Fonte: A autora (2014)

Os valores obtidos através do equipamento TGD-400 Termômetro de globo digital com datalogger– IBUTG demonstra que para as funções Serventes, Meseiro e Rasteleiro com IBUTG externo respectivos de 28,7; 29,9 e 30,0, cuja atividade pesada, sendo que o máximo IBUTG é permitido devem trabalhar 15 minutos e descansar 45 minutos, conforme a NR 15 anexo 3.

Os operadores de Acabadora, Rolo e Rolo de Pneu podem trabalhar continuamente, conforme a NR 15 anexo 3.

Diante a situação de que não é possível não trabalhar em conjunto, deve-se adquirir então a situação mais critica para todas as funções, ou seja, o trabalho será considerado pesado com taxa de metabolismo de 440 kcal/h. sendo assim todos devem trabalhar 15 min e descansar por 45 min. Porém para realizar o trabalho conforme a NR 15 anexo 3 a empresa precisa ter 3 equipes, sendo assim além de aumentar o quadro de funcionários a também o aumento do custo da empresa.

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com esse trabalho, foi possível verificar que os funcionários que trabalham na aplicação de CBUQ – Concreto Betuminoso Usinado Quente tem grande exposição tanto em relação ao ruído como também ao calor excessivo.

Com relação ao ruído, foi possível identificar que as medições excederam o limite de tolerância de 85dB(A). Sendo assim há a obrigatoriedade do uso de EPI para a realização desta atividade.

Já em relação à temperatura, as medições indicaram que para este tipo de atividade os funcionários devem trabalhar 15 minutos e descansar 45 minutos, porém ser torna difícil a realização deste trabalho junto com o cumprimento da norma, pois na aplicação do CBUQ a temperatura da massa não pode ser menor que 160°C, diante disso a empresa é obrigada neste caso de pagar a insalubridade, a mesma deve conter medidas preventivas e/ou mitigadoras para expor o menor tempo possível o funcionário.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Disponível em: <http://www.abnt.org.br>>. Acessado em: 15/01/2014
- ACGIH. Industrial hygiene, environmental, occupationalhealth. Disponível em: <<http://www.acgih.org>>. Acessado em: 15/01/2014.
- ALVARES, P. A. S.; PIMENTEL-SOUZA F. Diagnóstico de ruído urbano de Belo Horizonte. SMMA, Belo Horizonte, 1988.
- ÁLVARES, P. A. S.; PIMENTEL-SOUZA F. Até onde chega a poluição sonora em Belo Horizonte. Rev. Acústica Vibrações, 10:23-42. 2p. 1992.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3214/78, NR – 06. Manual de Legislação Atlas, São Paulo: Atlas 73ª Edição, 2014. Disponível em: <<http://www.portal.saude.gov.br>> Acessado em. 15/01/2014.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3214/78, NR – 09. Disponível em: <<http://www.portal.saude.gov.br>> Acessado em 15/01/2014.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3214/78, NR – 15. Disponível em: <<http://www.portal.saude.gov.br>> Acessado em 15/01/2014.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3214/78, NR – 17. Disponível em: <<http://www.portal.saude.gov.br>> Acessado em 15/01/2014.
- CARMO, L. I. C. Efeitos do Ruído Ambiental no Organismo Humano e suas Manifestações Auditivas. Goiânia. Dissertação (Especialização em Audiologia Clínica) do Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica – CEFAC. 1999.
- CONCER – COMPANHIA CONCESSÃO RODOVIÁRIA JUIZ DE FORA-RIO. Álbum da Estrada União e Indústria. Rio de Janeiro: Edição Quadrantim G/Concer, 1997.
- FREITAS GUIMARÃES, J.R.P.F. Riscos para a saúde dos trabalhadores de pavimentação com asfalto. Texto Técnico, 3ª Conferencia Nacional da Saúde dos Trabalhadores. Brasília DF, 2005. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/trabalhador>, Acessado em: 15/12/2013.
- FERREIRA JÚNIOR, M. PAIR: bom senso e consenso. São Paulo: VK., 26-27p. 1998.

- FIORINI, A. C. A importância do monitoramento audiométrico no programa de conservação auditiva. *Revista de Acústica e Vibrações*. Vol. 13, julho, p. 95-102 Florianópolis. 1994.
- FUNDACENTRO. Segurança e Medicina do Trabalho -. Riscos físicos. CETEC. São Paulo. 112p. 1995.
- GEREGES, S. N. Y. Ruído: fundamentos e controle. 2ª ed. Florianópolis. 1992.
- IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção. Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo. 1990.
- MACEDO, R. Manual de higiene do trabalho na indústria. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1988.
- MORAES, A. G.; REGAZZONI, R. D. Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo – Teoria e prática. Rio de Janeiro. 2002.
- OPAS - ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Critérios de salud ambiental 12: el ruído. Washington, E.U.A. 1983.
- PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - ênfase urbana. *Revista Brasileira de Acústica e Vibrações*. Vol. 10. 1993.
- PREGO, A.S.S. A memória da pavimentação no Brasil. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2001.
- RODRIGUES G. L. Poeira e ruído na produção de brita a partir de basalto e gnaisse nas regiões de Londrina e Curitiba, Paraná: incidência sobre trabalhadores e meio ambiente. - Tese Doutorado em Geologia - Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004.
- SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle de calor: PPRA**. São Paulo: LTr, 2000.
- SOUZA, Selene. M. A. GUELLI U., Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho - Sobrecarga Térmica e Temperaturas Baixas. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2003.