

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

**CARLOS ROGERIO NOGUEIRA**

**ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A ELEVADAS TEMPERATURAS NA  
MANUTENÇÃO DE FORNOS DE CLINQUER**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**CURITIBA  
2017**

**CARLOS ROGERIO NOGUEIRA**

**ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A ELEVADAS TEMPERATURAS NA  
MANUTENÇÃO DE FORNOS DE CLINQUER**

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. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

**CURITIBA  
2016**

**CARLOS ROGÉRIO NOGUEIRA**

**ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A ELEVADAS TEMPERATURAS NA  
MANUTENÇÃO DE FORNOS DE CLINQUER**

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

Banca:

---

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

---

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

---

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

Curitiba  
2017

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

A satisfação deste momento é muito grande e com certeza não somente individual, pois muitas foram as pessoas que contribuíram de alguma forma para este momento, desde um simples encorajamento ou até mesmo fazendo parte de um sacrifício pessoal, abrindo mão de muitas coisas importantes, para que este sonho esteja se concretizando e tornando realidade. Por isso dedico esta conquista a minha esposa Claudia e a meu filho Lucas que foram meus pilares de força para alcançar este momento! Faço lembrar também de minha irmã Angélica que sempre incentivou esta caminhada, pois com dificuldade maior ela também alcançou este objetivo, que hoje deixa de ser um sonho e torna realidade em minha busca. Dedico também esta conquista aos meus pais que em suas humildes condições, me ensinaram a andar pelo caminho reto, justo e a praticar a honestidade em todos lugares e a todas as pessoas, pois com estes valores acreditavam eles que se formaria um cidadão, como de fato, estes valores são os quais me trouxeram até aqui. Disto não tenho dúvidas. Muito Obrigado Sr. Juraci e Sra. Maria, os VALORES que aprendi de vocês me trouxeram a alcançar este objetivo. Gratidão também expresso aos meus colegas de trabalhos que em muitas vezes desdobraram em alguma condição de horários para que eu pudesse cumprir meus compromissos presenciais desta especialização, obrigado Marcelino, Sergio e Rosangela.

## **AGRADECIMENTOS**

Para conquistar este sonho, superei vários obstáculos e dificuldades. E nesta caminhada não estava sozinho, pelo contrário, contei com o apoio de várias pessoas que fizeram a diferença nesta etapa de minha vida. Por isso agradeço.

À Professor orientador, Dr. Rodrigo Eduardo Catai, pela dedicação e entusiasmo, tanto na orientação científica do trabalho como nos conhecimentos transmitidos no curso.

Ao Professor Roberto Fantini Neto pelo entusiasmo que expressa sobre o assunto, e pelas instruções que sem dúvidas engrandeceram não somente este trabalho, mas também minha formação conceitual e prática sobre o tema.

Aos colegas de sala Celso Sugai, Marco Servidone, Thiago Campanucci, Eduardo Betezek, Fernando Bohn e Felipe Kamura pelo companheirismo, pela troca de experiência e pelas horas que gastaram, em pesquisas, não somente durante as horas presenciais do curso, e sim durante estes últimos 13 meses.

A todos os professores, pelos conhecimentos e experiências transmitidos que geraram coragem e dedicação para estruturação desta monografia que é resultado de um projeto desenvolvido ao longo dos 5 anos que foi base para desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

“Que vossos esforços desafiem as impossibilidades lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”

**Charles Chaplin**

## RESUMO

As empresas que possuem fornos em seus parques fabris têm uma grande dificuldade quando se faz necessário parar os mesmos para manutenção, devido as altas temperaturas que os mesmos têm em seu interior. Esta monografia tem como objetivo analisar a implantação de um sistema de refrigeração para fornos, analisando o calor antes e depois da implantação deste sistema. Para tanto foram feitas medições antes e após a implantação deste sistema. Os resultados mostraram que os valores de calor decaíram expressivamente com a implantação do sistema de refrigeração. Conclui-se que com este sistema implantado, devido ao decaimento da temperatura mais rapidamente, menor será o tempo necessário para a manutenção do forno e portanto, mais tempo o mesmo poderá ficar ativo produzindo clínquer, o que gera um grande ganho financeiro para a empresa.

**Palavras chave:** Segurança do Trabalho; Manutenção; Saúde; Temperatura.

## **ABSTRACT**

The companies that have ovens in their manufacturing parks have great difficulty when it is necessary to stop them for maintenance, due to the high temperatures that they have inside them. This monograph aims to analyze the implementation of a cooling system for furnaces, analyzing the heat before and after the implantation of this system. For that, measurements were taken before and after the implantation of this system. The results showed that the values of heat decreased significantly with the implementation of the refrigeration system. It is concluded that with this implanted system, due to the decay of the temperature more quickly, the less time will be necessary for the maintenance of the furnace and therefore, the longer it can be active producing clinker, which generates a great financial gain for the company.

**Keywords:** work safety; Maintenance; health; Cement; Temperature.



## **LISTA DE SIGLAS**

EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IBUTG	Índice de bulbo úmido e termômetro de globo
LTCAT	Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
UR	Umidade Relativa do ar em percentual
WBGT.	Wet Bulb Globe and Temperature

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Temperatura versus tempo permitido de trabalho.....	20
Quadro 2 - Taxa de metabolismo permitida por índice de temperatura .....	21
Quadro 3 - Taxa de metabolismo por tipo de atividade .....	21

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Investimentos Fixos.....	26
-------------------------------------	----

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1 OBJETIVOS .....	15
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
1.2 JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 CALOR E IBUTG.....	16
2.2 AÇÃO DO CALOR SOBRE O CORPO HUMANO .....	17
2.3 PROTEÇÃO POR EPI E EPC .....	19
2.4 LEGISLAÇÃO - NR 15 .....	20
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>23</b>
4.1 RESULTADOS DA ANÁLISE PRÉVIA DO IBUTG NO FORNO .....	23
4.2 IMPLANTAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE RESFRIAMENTO .....	23
4.3 MELHORIA NO PROCESSO PRODUTIVO COM EXPOSIÇÃO HUMANA EM ALTA TEMPERATURA .....	24
4.4 RESULTADOS GERAIS QUANTO AO SISTEMA IMPLANTADO .....	25
4.5 ANÁLISE PÓS INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE NEBULIZAÇÃO.....	26
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>28</b>
<b>GLOSSÁRIO.....</b>	<b>29</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Normalmente em todas as empresas, anualmente se faz uma parada programada para manutenção das máquinas e equipamentos, e estas paradas podem ser de apenas 1 dia, como ser de vários dias, dependendo dos serviços a serem executados.

Um dos equipamentos que necessita de revisão anual dentro das grandes empresas são os fornos, principalmente para se realizar a manutenção do refratamento e dos danos estruturais causados pelo desgaste natural da campanha, ou seja, do período produtivo do forno. No caso destes equipamentos as paradas oscilam entre 6 e 12 dias usualmente, exceto em casos de danos estruturais severos que ocorrem a cada 20 anos em média e demandam paradas em torno de 30 dias.

Em muitos casos neste tipo de manutenção é necessária a intervenção humana dentro do equipamento nos processos de inspeção, sondagem, demolição, remoção, reparos estruturais e novo refratamento. Tendo em vista a dimensão e custos/hora destes equipamentos e exposição humana ao calor para realização destas atividades, novas formas de se fazer a manutenção mais rápida e segura deste equipamento estão sempre sendo pesquisadas, e ainda com a finalidade de se respeitar a Norma Regulamentadora do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) número 15, que versa sobre insalubridade e que em um de seus anexos traz a tona a questão das temperaturas excessivas nos locais de trabalho.

Desta forma, para realizar esta manutenção de forma mais tranquila e rápida, uma vez que os trabalhadores têm que entrar dentro do forno, neste trabalho pretende-se analisar o emprego da técnica de evaporação e refrigeração mecânica com uso de água gelada, para que se consiga fazer com que o ar frio e úmido seja sugado para dentro do equipamento pelos aparelhos convencionais de ventilação/exaustão existentes gerando redução da temperatura de forma eficaz em relação ao tempo estimado antes do emprego da técnica, resultando consecutivamente o resfriamento forçado do refratário e estruturas de aço carbono de grandes espessuras.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral desta monografia foi desenvolver um projeto de resfriamento forçado devido a fatos de passivos trabalhistas por insalubridade e risco de danos à saúde dos colaboradores envolvidos por exposição eventual a temperaturas elevadas.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Os objetivos específicos foram:

- Reduzir a temperatura existente no processo de manutenção de fornos que são as fontes dos passivos por expor trabalhadores em temperaturas acima dos limites estabelecidos pela NR 15;
- Propor a implementação de um EPC que torne a atividade possível sem infração a norma NR 15 a fim também de se evitar doenças ocupacionais e outros passivos;
- Otimização do tempo de parada do equipamento.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Considerando o ambiente no interior de um forno de clínquer durante paradas para manutenção ser extremamente crítico nas primeiras 50 horas pós desligamento, com índice de IBUTG superior ao valor teto da NR 15 e UR (umidade relativa do ar) extremamente baixa devido à alta temperatura, considera-se então trabalhar no ambiente agressivo com aumento de umidade relativa do ar e redução do índice de Búlbo úmido e termômetro de globo para permitir em tempo hábil e com segurança a vida e a saúde, a permanência de pessoas para execução das atividades. Eliminar passivo trabalhista existente na organização bem como melhorar a condição de trabalho das pessoas envolvidas neste processo por meio de redução do agente ambiental existente, neste caso o calor.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando o ambiente no interior de um forno de clínquer durante paradas para manutenção ser extremamente crítico nas primeiras 50 horas pós desligamento, com índice de IBUTG (Índice de bulbo úmido e termômetro de globo) superior ao valor teto da NR 15 e a UR (umidade relativa do ar) extremamente baixa devido à alta temperatura e excesso de poeiras minerais em suspensão, sendo a opção neste caso trabalhar no ambiente com aumento de umidade relativa do ar e redução do índice de Bulbo úmido e termômetro de globo para permitir em tempo hábil e com segurança a vida e a saúde, a permanência de pessoas para execução das atividades dentro do equipamento.

### 2.1 CALOR E IBUTG

Segundo Saliba (2005) o trabalho e ambientes muito quentes, ou seja, com calor excessivo, pode trazer várias consequências negativas para o trabalhador, inclusive o óbito em algumas situações, desde que o trabalhador não esteja adequadamente protegido e não respeite as normas de segurança, como a NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Segunda a NR-15 (BRASIL, 2017b), para se avaliar o calor, utiliza-se um índice, denominado de Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo, identificado na prática pela sigla IBUTG, sendo que a NR-15 traz os limites possíveis de exposição dos trabalhadores em função dos valores obtidos de IBUTG em cada local de trabalho.

Considerando os efeitos da temperatura elevada no organismo humano atrelados atividades que requerem algum esforço físico observava se no passado principalmente no meio militar a fadiga de várias pessoas e em alguns casos inclusive evoluindo para óbito, devido a fragilidade do corpo humano em se adaptar bruscamente com a variação brusca de temperatura (RAMAZZINI, 2000), inicia então estudos que posteriormente seriam traduzidos em índices de temperatura ponderada seguindo assim então a história do IBUTG que começa na década de 1950 como se segue:

Na década de 1950, no US Marine Corps Recruit Depot, na ilha de Parris na Carolina do Sul, havia alto índice de umidade e os marinheiros deveriam executar exercícios intensos com uniforme, e em consequência disso havia grande número de vítimas devido à insolação. Devido a esse problema, a Marinha iniciou estudos do efeito do calor sobre o desempenho dos exercícios. Estes estudos levaram a se criar em um índice chamado Heat Index Wet Bulb Globe and Temperature (WBGT), traduzindo, Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG). O IBUTG foi posteriormente usado por outros estudiosos como um índice de stress térmico facilmente medido, e com o passar do tempo seu uso ficou bastante conhecido em locais de trabalho e em ambientes com atividades esportivas.” Conforme escreveu, Walter Lisboa. Em 1979 o IBUTG foi implantado no Brasil na forma de Lei, a ser observada pelos empresários nas relações de trabalho onde trabalhadores estão expostos em altas temperaturas sejam de origem natural, atividades desenvolvidas em ambientes a céu aberto com carga solar, ou artificial, advinda de radiação por temperatura de equipamentos dotados de fontes de calor para manufatura de matéria em processos industriais. Finalmente em 1989, o IBUTG foi sugerido como um padrão internacional (ISO 7243). Com base nos termos legais aplicados no Brasil, Lei 3.214, de 08 de junho de 1978 e Portaria SSMT n.º 12, de 12 de novembro de 1979 as quais regulamentam as relações de trabalho, no que se tange a exposição de pessoas em alta temperatura e coexistindo atividade laboral caracterizada como insalubre, ou seja, capaz de lesar a saúde e integridade física do trabalhador. Toda empresa deve observar e cumprir tal legislação com a finalidade preventiva de minimizar ou eliminar os danos provocados ao trabalhador. São inúmeras as forma legais de prevenção apresentadas abaixo com suas referências normativas.

Atualmente tem-se verificado avanço significativo com o conhecimento e aplicação prática do estudo do índice de IBUTG para a saúde humana como um todo, seja no âmbito laboral, esportivo, militar ou entre outros, pois aplicando estes parâmetros preservamos a integridade física das pessoas onde quer que realizem tais atividades, claro no âmbito laboral devido principalmente a processos industriais que por sua vez possuam fontes de calor radiante e necessidade da presença humana, o assunto é tratado como lei a ser seguida.

## **2.2 AÇÃO DO CALOR SOBRE O CORPO HUMANO**

Independente de tecnologias existentes, ações de EPI ou EPC, ficou entendido que o ser humano possui sua defesa natural que o protege das fontes de calor ou frio que vem do meio, no entanto diferentemente de alguns animais que



possuem enorme resistência a tais alterações térmicas como por exemplo o urso polar, e neste caso de resistência ao frio os seres humanos possuem baixíssimas tolerâncias a tais alterações tanto frio como calor como se segue segundo o especialista no assunto, Dr. Reynaldo José Sant'Anna Pereira de Souza (SOUZA 2014):

Segundo a publicação do Programa Sol Amigo de Dr. Reynaldo José Sant'Anna Pereira de Souza (CREMESP 81.084 – RQE 16.410/00). Especialização em Pediatra e Oncologia Pediátrica – HCFMRP - USP (Ribeirão Preto-SP). Mestrado em Pediatria – FMRP – USP (Ribeirão Preto-SP). Oncologista Pediátrico no Hospital do Câncer de Franca – Complexo Hospitalar Santa Casa de Franca (Franca-SP). Docente do curso de Medicina da Unifran (Franca-SP). Baseado nas publicações do **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental – Ministério do Meio Ambiente; SunWise Program – U.S. Environmental Protection Agency (EPA); SunSmart Program – The Cancer Council Victoria (Austrália); SunSmart Program – Cancer Research UK; Centers for Disease control and Prevention (CDC); Skin Cancer Foundation e Laboratório Berkeley**, em estudo realizado sobre exposição humana em temperaturas e radiação UV o primeiro fator de proteção que temos naturalmente é nossa pele que é composta por duas camadas, a epiderme e derme.

A hipoderme ou subcutâneo está tecnicamente externa à pele, mas relacionada funcionalmente. No momento que este mecanismo sofre alterações devido a condição ambiental a qual estamos exposto pela circunstância automaticamente ela reage através de suas terminações nervosas gerando dilatação ou contração de veias e artérias aumentando ou diminuindo a circulação sanguínea regulando naturalmente e temperatura do corpo mantendo condições vitais para sobrevivência humana. (SOUZA, 2014).

A seguir será apresentada cada camada da pele humana e suas respectivas funções de controlar e manter nossa temperatura corpórea equilibrada sendo extremamente crucial ao manutenção de nossas funções vitais e nossa proteção constante contra organismos invasores causadores de desequilíbrio no sistema imunológico (SOUZA, 2014):

**Epiderme:** É a camada mais superficial da pele e protege o nosso corpo do meio ambiente. Tem espessura variável conforme a região onde se encontra. As zonas sujeitas a um maior atrito como as palmas das mãos e as plantas dos pés têm uma camada mais grossa chamada de pele glabra. É formada por um epitélio estratificado pavimentoso queratinizado (células escamosas dispostas em várias camadas). A célula principal é o queratinócito, que produz a queratina, uma proteína resistente e impermeável responsável pela proteção da pele. Existem ainda os melancócitos (células produtoras de melanina), células imunitárias e estruturas sensoriais. A epiderme não possui vasos

sanguíneos, os nutrientes e o oxigênio chegam a esta camada por difusão, a partir dos vasos sanguíneos da derme.

**Derme:** A derme encontra-se debaixo da epiderme e é a mais espessa das duas camadas da pele, correspondendo a 90% da espessura da pele. As principais funções da derme são a regulação da temperatura do corpo e o fornecimento de sangue saturado de nutrientes. A maior parte do suprimento corporal de água está armazenada nesta camada. É na derme onde encontramos a maioria das estruturas e células especializadas da pele.

**Subcutâneo ou Hipoderme:** O subcutâneo, também conhecido como hipoderme, está externo a pele, mas relacionada funcionalmente. Consiste de uma rede de células gordurosas e colágeno. Esta camada funciona como um isolante, conservando o calor do corpo e como um absorvedor de choque, protegendo os órgãos internos. É no subcutâneo que está estocada a gordura que funciona como uma reserva de energia para o corpo. Os vasos sanguíneos, nervos, vasos linfáticos e folículos pilosos cruzam através desta camada. A densidade do subcutâneo varia através do corpo e de pessoa para pessoa.

## 2.3 PROTEÇÃO POR EPI E EPC

Quando as proteções naturais de um sistema não conseguem absorver a energia gerada que resulta em exposição ocupacional, necessita-se lançar mão de outros recursos como medidas de controle, que segundo a Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego NR6 as organizações privadas ou públicas que admitem pessoas como trabalhadores, devem implantar, que são os EPCs (Equipamentos de Proteção Coletiva), que tenham por objetivo proteger a integridade dos trabalhadores nos processos que geram condição de risco a saúde ou a integridade física, e na insuficiência ou inviabilidade deste ainda lançar mão dos EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), que tem por finalidade proteger a integridade física do trabalhador devido a exposição ao risco, e ou amenizar possível lesão ou agravo na saúde em razão do mesmo (BRASIL, 2017a).

lida (2005) e Saliba (2005) destaca que no caso dos trabalhos executados em ambientes de calor intenso, os Equipamentos de Proteção Individuais são obrigatórios, para atenuar os efeitos do calor nos indivíduos, sendo que de acordo com a norma regulamentadora NR – 15, pode ser necessário que no posto de trabalho em que se tenha um calor excessivo se faça o revezamento de trabalhadores, para que durante o tempo de descanso, o trabalhador já fora do ambiente quente, possa

se recuperar fisicamente, do elevado gasto energético que teve ao longo do tempo que ficou no ambiente quente.

## 2.4 Legislação - NR 15

Tratando este risco de alta temperatura ou radiação de calor é imprescindível que a observância aos parâmetros legais sejam atendidos e seguidos a recomendação dos Quadros 1, 2 e 3 do anexo 3 da NR 15.

O quadro 1 apresenta a temperatura versus tempo permitido de trabalho dentro do ambiente.

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

Quadro 1 - Temperatura versus tempo permitido de trabalho.

Fonte: BRASIL (2017b)

Considerando o quadro 1 é dado parâmetros de tempo de trabalho e tempo de descanso em determinada atividade, conforme a severidade e grau de exigência do esforço físico exercido pelo trabalhador, para regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho. Diante do exposto no quadro 2 que estabelece e normatiza um valor teto da quantidade de calorias o trabalhador pode perder por hora considerando o índice de IBUTG medido quantitativamente no posto de trabalho conforme Quadro a seguir.

<b>M (Kcal/h)</b>	<b>MÁXIMO IBUTG</b>
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Quadro 2 - Taxa de metabolismo permitida por índice de temperatura

Fonte: BRASIL (2017b)

O quadro 3 relaciona o tipo a ser executada e os parâmetros para estimativa de perda hora de calorias podendo então baseado neste quadro adotar em relação aos quadros 1 e 2 a melhor condição de se realizar determinada atividade.

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

Quadro 3 - Taxa de metabolismo por tipo de atividade

Fonte: BRASIL (2017b)

### 3 METODOLOGIA

Esta monografia foi elaborada a partir de um estudo de caso, onde se constatou passivo trabalhista detectado de forma quantitativa, devido existência de funcionários expostos ao agente físico calor, acima dos limites de tolerância da NR 15, sendo neste caso proposto um EPC para solução do problema identificado.

A empresa analisada fica na região sul do Brasil, possui mais de 500 funcionários, e destes funcionarios mais de 100 estão diretamente ligados as atividades em locais sujeitos a radiação de calor.

Neste trabalho, analisou-se as possibilidades para se reduzir as temperaturas dos fornos de cliquer mais rapidamente para se fazer a manutenção de forma mais segura e sem a incidência do agente físico calor sobre os funcionarios.

Desta forma foram feitas várias análises para se buscar um EPC que você capaz de reduzir este calor e capaz de reverter o ambiente insalubre em um ambiente salubre, onde se pode realizar a atividade sem exposição de pessoas ao agente agressivo calor.

Para tanto uma das tentativas foi a utilização da técnica de evaporação e refrigeração mecânica.

Desta forma esta monografia foi executada por meio das seguintes etapas:

- Quantificar a intensidade do agente agressivo para constatar se o ambiente é realmente insalubre, com um medidor de stress térmico com certificado de calibração válido;
- Analisar os agentes encontrados e elaborar uma proposta de redução do calor, caso seja necessário;
- Implantar a modificação sugerida;
- Realizado nova mensuração dos valores de calor no ambiente, após a implantação de um EPC.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 RESULTADOS DA ANÁLISE PRÉVIA DO IBUTG NO FORNO**

A medição do agente físico calor foi realizada inicialmente no profissional que fazia a limpeza da caixa de fumaça do forno, no lado externo, com uma bomba de água de alta pressão.

Lembrando que nesta medição ainda não se tinha nenhum EPC instalado no forno, ou seja, era a condição normal de trabalho.

A medição foi realizada durante 60 minutos e foi obtido um valor de IBUTG de 34,5°C, para um gasto energético de 300 kcal/h. Nesta condição de calor, segundo a NR-15, não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle.

### **4.2 IMPLANTAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO DE RESFRIAMENTO**

Diante dos valores encontrados de IBUTG ficou evidente a necessidade de se criar um EPC capaz de reduzir o calor dentro dos fornos de forma mais eficiente.

Após várias análises, optou-se pela instalação de um sistema de resfriamento por evaporação.

A Técnica de Resfriamento por Evaporação é simples e consiste na utilização de equipamentos de ventilação com jatos de névoas de água extremamente gelada próxima de 0°C para a aceleração do resfriamento e a melhora do ambiente em termos de temperatura, da umidade relativa do ar e a consequente redução de materiais particulados em suspensão de origem mineral.

Destaca-se que a utilização da técnica de resfriamento por evaporação e a refrigeração mecânica do ar no interior do forno em paradas programadas para manutenção, poderia reduzir bastante o IBUTG (índice de bulbo úmido e termômetro de globo) no local de trabalho, fazendo com que a NR-15 eventualmente pudesse ser atendida, e que se pudesse eventualmente eliminar o quesito insalubridade neste tipo de serviço de manutenção.

O equipamento instalado foi um ventilador umidificador, marca Joape modelo 777 que tinha capacidade de ventilação de 18.000m<sup>3</sup> de ar por hora e

simultaneamente dispersão de 50 litros de água em forma de névoa no mesmo período tendo alcance frontal de 25 metros.

#### 4.3 MELHORIA NO PROCESSO PRODUTIVO COM EXPOSIÇÃO HUMANA EM ALTA TEMPERATURA

A Figura 1, apresenta o tempo de resfriamento e liberação para entrada de pessoas para sondagem do revestimento refratário dos fornos, antes da implantação do EPC com emprego da técnica resfriamento por evaporação e a refrigeração mecânica, onde neste caso a entrada de pessoas em 24 horas após o desligamento era uma atividade crítica, e perigosa a saúde principalmente devido ao fato dos trabalhadores executantes não serem aclimatados, conforme preconiza a norma da Fundacentro (2006).

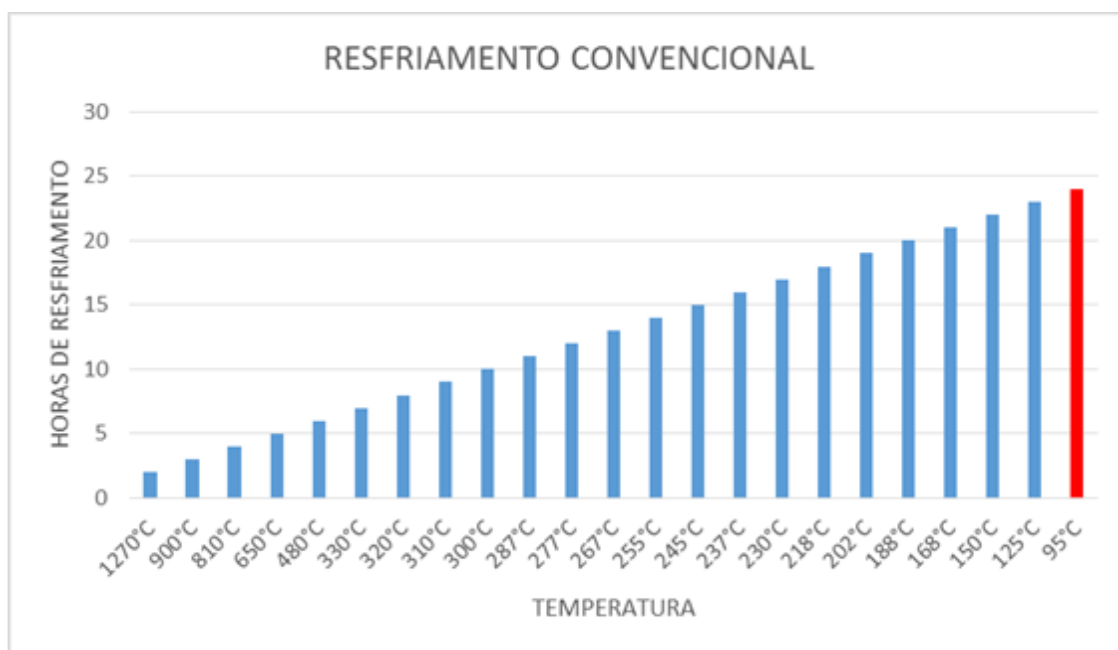


Figura 1 – Figura sem resfriamento forçado

FONTE: O autor (2016).

A figura 2 mostra a condição de realização da atividade após 22 horas de resfriamento, onde se pode adentrar no equipamento em perfeitas condições sem utilização de EPIs especiais para proteção da pele contra o calor radiante. Esta temperatura permanece com o EPC ligado pois ainda existe nas primeiras 50 horas

de resfriamento superfícies quentes as quais irradiam calor, observa-se também que o EPC somente pode ser ligado com segurança para o equipamento após a temperatura da superfície refratária estar abaixo de 300°C para não haver choque térmico e possíveis danos neste revestimento, conforme orientação do fabricante.

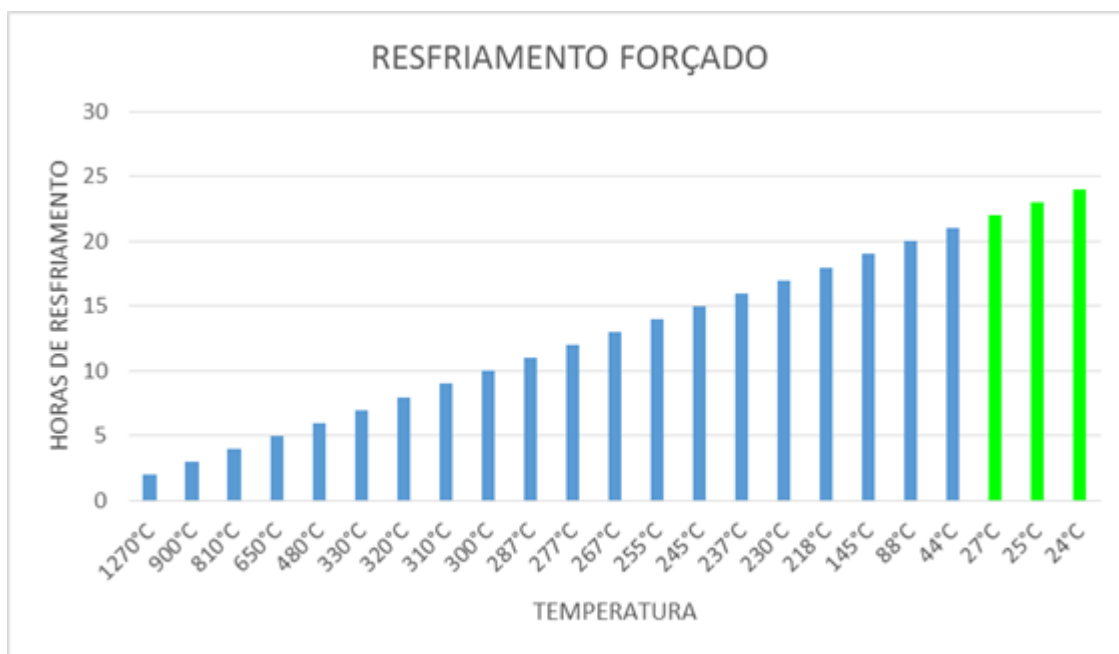


Figura 2 - Temperatura com resfriamento forçado

FONTE: O autor (2016).

#### 4.4 RESULTADOS GERAIS QUANTO AO SISTEMA IMPLANTADO

De forma geral, os principais resultados encontrados foram:

- Redução de temperatura;
- Redução do tempo médio de resfriamento do forno de 24 para 22 horas (2 horas de operação do forno a mais);
- Aumento da produtividade anual do forno, pois com o aumento do tempo de uso do forno (2 horas a menos de manutenção), pode-se eventualmente aumentar em mais de 100 toneladas de clínquer no ano, apenas com esta redução de 2 horas de manutenção.



A Tabela 1 apresenta os custos relativos aos investimentos fixos realizados para a completa instalação do sistema de refrigeração.

Tabela 1 - Investimentos Fixos

<b>INVESTIMENTO FIXOS</b>	
Ventilador	R\$ 4.200,00
Reservatório	R\$ 800,00
Implantação de nebulizador fixo	R\$ 45.000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 50.000,00</b>

#### 4.5 ANÁLISE PÓS INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE NEBULIZAÇÃO

A medição do agente físico calor foi realizada também no profissional que fazia a limpeza da caixa de fumaça do forno, no lado externo, com uma bomba de água de alta pressão, após a instalação do sistema de nebulização criado, ou seja, já com o EPC instalado no forno.

A medição foi realizada durante 60 minutos e foi obtido um valor de IBUTG de 29,0°C, para um gasto energético de 300 kcal/h. Nesta condição de calor, segundo a NR-15, o trabalho passa a ser permitido, desde que seja 30 minutos de trabalho intercalado com 30 minutos de descanso.

Esta análise pós instalação do EPC mostra que com o EPC, se a empresa respeitar o ritmo de trabalho acima descrito, a mesma pode deixar de pagar o adicional de insalubridade para os funcionários.

## 5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o sistema de refrigeração proposto será extremamente útil para a empresa estudada, pois ele consegue reduzir o IBUTG incidente sobre o operador de produção que faz a manutenção do forno durante as paradas da empresa, passando de 34,6°C para 29,0°C, o que faz com que a empresa nem mesmo precise mais pagar o adicional de insalubridade para este trabalhador, se ele passar a trabalhar 30 minutos e descansar 30 minutos a cada hora trabalhada, seguindo as regras estabelecidas na NR-15.

Conclui-se ainda que com a refrigeração, o tempo de manutenção do forno é reduzido em 2 horas, o que pode gerar maior lucro para a empresa que passará a ter mais 2 horas de produção do forno, o que poderá aumentar em muito a produção anual de clínquer em cada um dos fornos. E, quanto mais fornos a empresa tiver, mais lucro a mesma terá, e o investimento inicial para implantação do sistema de refrigeração se pagará rapidamente.

## REFERENCIAS

FUNDACENTRO. NHO-06 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor. Disponível em: < <http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-06-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-ao-calor>>. Acesso em 21 de setembro de 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora (NR) nº 6 – Equipamento de Proteção Individual (EPI). Manual de Legislação Atlas, 75ª ed., Atlas: São Paulo, 2017a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres. Manual de Legislação Atlas, 75ª ed., 2017b.

EPIGRAFE. Disponível em: < <http://www.mensagenscomamor.com/frases-de-charles-chaplin>>. Acesso em 16 de agosto de 2016.

IIDA. I. Ergonomia: Projeto e Produção. Editora Blücher: São Paulo, 2005.

PROGRAMA SOL AMIGO. Disponível em: <<http://solamigo.org/>>. Acesso em: 16/08/2016.

ROZENFELD et. al. (2006). Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo. Ed. Saraiva.

SALIBA, T. M. Curso Básico de Higiene Ocupacional. LTR: São Paulo, 2005.

SOLAMIGOS. AS CAMADAS DA PELE HUMANA <<http://solamigo.org/a-pele>> Acesso em 16 de agosto de 2016.

## GLOSSÁRIO

EPC.....	Equipamento de proteção coletiva
EPI.....	Equipamento de proteção individual
IBUTG.....	Índice de bulbo úmido e termômetro de globo
LTCAT.....	Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho
MTE.....	Ministério do Trabalho e Emprego
UR.....	Umidade Relativa do ar em percentual
WBGT.....	Wet Bulb Globe and Temperature