

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

WELINGTON RICARDO SANT' ANNA ALVES

**ANÁLISE DA TEMPERATURA OCUPACIONAL E DO CONFORTO
TÉRMICO DENTRO DO SETOR DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA
TÊXTIL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

WELINGTON RICARDO SANT' ANNA ALVES

**ANÁLISE DA TEMPERATURA OCUPACIONAL E DO CONFORTO
TÉRMICO DENTRO DO SETOR DE PRODUÇÃO DE UMA INDÚSTRIA
TÊXTIL**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Segurança do Trabalho, do Departamento de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara

CURITIBA

2017

WELINGTON RICARDO SANT' ANNA ALVES

**ANÁLISE DA TEMPERATURA OCUPACIONAL E DO CONFORTO
TÉRMICO DENTRO DO SETOR DE PRODUÇÃO DE UMA
INDÚSTRIA TÊXTIL**

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

Curitiba
2017

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, por ter me ajudado a completar, mas uma fase da minha vida.

Agradeço a minha avó, que durante toda a minha vida esteve comigo nos momentos bons e nos ruins, me dando força para continuar nesta caminhada.

Meu agradecimento especial a minha esposa Jannipher, por tantos sonhos e planos adiados e pelas constantes ausências em virtude deste curso, agora iniciamos uma nova etapa em nossas vidas.

Aos meus amigos, que de alguma forma contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, que me proporcionaram conhecimento em diversas áreas do conhecimento: **MUITO OBRIGADO!**

RESUMO

Este trabalho consiste em avaliar a temperatura ocupacional e o conforto térmico, no setor produtivo de uma empresa do ramo têxtil de produção de equipamentos de proteção individual na região sul do Brasil e propor melhorias para os dados coletados. Para levantamento destes dados optou-se pelo método proposto pela NR15 anexo 3, ou seja, o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG. A partir dos resultados obtidos, com as medições quantitativas no ambiente fabril, pode-se perceber que o ambiente não possui um controle efetivo de temperatura, ou seja, os valores oscilam dentro dos limites de tolerância de temperatura de IBUTG, proposto pela norma NR 15, e por vezes ultrapassa o limite proposto. Essa constante alteração de temperatura ambiente afeta o conforto térmico para os trabalhadores, sendo este um fator importante para que o mesmo mantenha a sua capacidade produtiva. Sendo assim, para que a empresa mantenha o nível elevado de produtividade de seus trabalhadores, deverá realizar a instalação de sistemas de controle de temperatura, conforme as propostas de melhoria presentes neste trabalho.

Palavras-chave: Conforto Térmico. Calor. NR 15. Higiene Ocupacional

ABSTRACT

This work consists in evaluating the thermal comfort occupational temperature in the productive sector of a textile company producing individual protection equipment in the southern region of Brazil and propose improvements to the data collected. For the collection of these data the method proposed by the NR15 annex 3 was chosen, that is to say, the Wet Bulb Index Globe Thermometer - WBGIT. From the results obtained, with the quantitative measurements in the factory environment, it can be seen that the environment does not have an effective temperature control, that is, the values oscillate within the temperature tolerance limits of WBGIT, proposed by standard NR 15, and sometimes exceeds the proposed limit. This constant change of ambient temperature considerably affects the thermal comfort for the workers, being this a determining factor so that it maintains its productive capacity. Therefore, it is imperative that the company implements the improvement proposals present in this work, so that workers maintain their health and consequently their productivity.

Keywords: Thermal comfort. Heat. NR 15. Occupational hygiene

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema de um sistema produtivo	19
Figura 2 - Integrantes e contribuições para Administração Científica	22
Figura 3 - Casa da produção enxuta	25
Figura 4 - Fórmula do equilíbrio térmico.....	30
Figura 5 - Diagrama de temperatura efetiva.....	33
Figura 6 - Posto de trabalho	44
Figura 7 - Ambiente Produtivo.....	45
Figura 8 - Árvore de Termômetro	46
Figura 9 – Identificação do local de medição	47
Figura 10 - Gráfico de Temperatura de IBUTG	49
Figura 11 - Gráfico de umidade relativa	50
Figura 12 - Gráfico de temperatura efetiva.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de inputs, transformação e outputs	19
Tabela 2 - Comparativo dos sistemas produtivos.....	26
Tabela 3 - Valores de IBUTG por tipo de atividade	40
Tabela 4 - Tipo de atividade	40
Tabela 5 - Limite de tolerância para exposição ao calor	41
Tabela 6 - Coleta de dados	49
Tabela 7 - Dados coletados no posto de trabalho	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT	Just in Time
IEA	International Ergonomics Association
EPI	Equipamento de Proteção Individual
NR	Normas Regulamentadoras
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PCMSO	Programa de Controle Médico e Ocupacional
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral.....	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.2 JUSTIFICATIVAS	15
1.3 LIMITAÇÃO DO TRABALHO	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 O ORGANISMO HUMANO	17
2.1.1 Taxa Metabólica.....	17
2.2 SISTEMAS PRODUTIVOS	18
2.2.1 Produção Artesanal	20
2.2.2 Revolução Industrial	20
2.2.3 Produção em Massa	21
2.2.4 Produção Enxuta	24
2.2.5 Sistema Sócio Técnico	27
2.3 HIGIENE OCUPACIONAL	27
2.4 ERGONOMIA.....	28
2.5 CALOR.....	29
2.5.1 Equilíbrio Térmico	30
2.5.2 Trocas Térmicas	30
2.5.2.1 Condução.....	31
2.5.2.2 Convecção	31
2.5.2.3 Evaporação.....	31
2.5.2.4 Radiação.....	32
2.5.2.5 Temperatura Efetiva.....	32
2.5.3 Fatores que interferem nas Trocas Térmicas	33
2.5.4 Doenças Relacionadas a Exposição ao Calor	34
2.6 CONFORTO TÉRMICO	35
2.6.1 Índices de Conforto Térmico.....	36
2.6.2 Ventilação do Ambiente	36
2.7 NORMAS REGULAMENTADORAS APLICÁVEIS	37
2.7.1 Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) – NR-7	37
2.7.2 Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) – NR-9.....	38
2.7.3 Atividades e Operações Insalubres – NR-15	38
2.7.3.1 Limites de Exposição ao Calor.....	39
2.7.4 Ergonomia – NR-17	42
3 METODOLOGIA.....	43

3.1 EMPRESA DO ESTUDO DE CASO	43
3.1.1 Descrição do Ambiente de Trabalho	43
3.1.2 Jornada de Trabalho	44
3.1.3 Processo de Produção	44
3.1.4 Equipamento Utilizado	45
4 ANÁLISE DE RESULTADOS	48
4.1 MONITORAMENTO TÉRMICO	48
4.2 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA EFETIVA	51
4.3 PROPOSTAS DE MELHORIA	52
4.4 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
REFERÊNCIAS	55
ANEXO A	59

1 INTRODUÇÃO

Diante das constantes mudanças nos processos produtivos, passando da produção artesanal até os modernos sistemas produtivos atuais, as organizações industriais sempre se empenharam para atender o aumento constante das demandas pelos itens produzidos, ou seja, o aumento da produtividade (CORRÊA, 2004). Ainda segundo Corrêa et al (2004), Frederick Taylor foi o pioneiro nos estudos para aumentar a produtividade nos processos produtivos. Neste mesmo contexto, Martins e Laugeni (1998), afirmam que com os trabalhos de Taylor surgiram à sistematização do conceito de produtividade que consiste na procura incessante por melhores métodos de trabalho e processos de produção com o intuito de melhorar a quantidade de itens produzidos ao menor custo possível.

Sendo assim, a busca constante pelo aumento da produção e qualidade dos produtos a um custo cada vez mais baixo tem sido a ordem nas empresas que competem no mercado globalizado. Esta competição tem levado as empresas a desenvolverem ou adquirirem novas tecnologias que atendam a esses requisitos. (CORRÊA, 2004).

Segundo Verdussen (1978), o processo de industrialização foi acelerado com as suas implicações técnicas, econômicas e sociais sem a preocupação com os trabalhadores. Pois de acordo com Corrêa et al (2004), quando os trabalhadores interagem com os recursos físicos de modo demasiado trazem consequências imediatas à saúde e bem-estar dos indivíduos que executam o trabalho.

Desta forma, para Wachowicz (2012) todo trabalho é um comportamento adquirido por meio da aprendizagem, levando o trabalhador a se adaptar ao meio ambiente físico e psicossocial do trabalho, onde ele se insere

Por outro lado, a ergonomia é uma aliada no aumento da produtividade, pois tem como finalidade adaptar o trabalho ao homem, para que o mesmo mantenha a saúde em dia, reduzindo consideravelmente os esforços desnecessários, minimizando os riscos de acidentes e mantendo a sua capacidade produtiva (IIDA, 2005).

No entanto, outros fatores devem ser levados em consideração, sendo um deles as limitações do corpo humano, sendo essas relativas à sua anatomia, fisiologia e psicologia. Essas limitações não são levadas em consideração em

muitos casos no momento da concepção de maquinários, equipamentos e projeto do trabalho. Esses fatores poderiam ser então corrigidos nas etapas de melhoria dos processos, mas mesmo nestes casos não existe de forma geral uma abordagem ergonômica. A falta de avaliação destes fatores no processo de planejamento dos novos produtos ou melhorias em processo reduz consideravelmente o desempenho do trabalhador em suas atividades e em consequência disso à redução na produtividade (IIDA, 2005).

Um fator extremamente importante, está relacionado ao conforto térmico nos ambientes de trabalho, pois o organismo humano funciona de grosso modo, com uma máquina térmica que produz calor segundo a sua atividade, pois o organismo precisa liberar calor em quantidade suficiente para manter a sua temperatura interna na ordem de 37°C. Quando as trocas térmicas entre o organismo e o meio ambiente ocorrem sem maior esforço, o corpo humano tem uma sensação de conforto térmico e a sua produtividade, deste ponto de vista, é máxima. Agora se essas trocas térmicas causam a sensação de calor ou frio, é porque existe uma sobrecarga no sistema de regulação térmica, em consequência disso ocorre a queda na produtividade e/ou problemas de saúde (FROTA E SCHIFFER, 2001).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desta monografia foi analisar a temperatura ocupacional e o conforto térmico, no setor de produção, de uma indústria têxtil localizada no sul do Brasil, entre os meses de agosto/16 e Outubro/16.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- Comparar os dados obtidos com a norma regulamentadora NR-15 e NR-17

- Propor melhorias que possam ser adotadas, para melhorar o conforto térmico para o trabalhador.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Segundo Ruas (2002), o ser humano é um sistema termodinâmico aberto que produz calor internamente e interage continuamente com o meio para manter a sua temperatura dentro um restrito intervalo. Sendo também um ser racional que busca a satisfação das suas necessidades e expectativas. A associação destas duas ideias permite concluir que as condições ambientais que proporcionam conforto térmico, são condições que favorecem sua maior produtividade.

Existe uma variação da performance humana em ambientes de escritórios e indústrias em função da temperatura, sendo possível concluir que, nos ambientes industriais está associado a diminuição de produção e aumento de acidentes e nos ambientes de escritório a influência do calor depende da atividade realizada (LORSCH & ABDON, 1994b apud RUAS, 2002).

Dessa forma, a principal motivação para o desenvolvimento deste trabalho foi avaliar a temperatura ocupacional e o conforto térmico do setor de produção de luvas e mangas de segurança, visando melhorar as condições de trabalho, pois conforme mencionado na literatura, condições inadequadas de conforto térmico prejudicam o desempenho dos trabalhadores o que influencia diretamente na produtividade.

1.3 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho limitou-se a identificar as condições as condições de conforto térmico, referente a exposição do trabalhador ao calor, no setor produtivo de luvas e mangas de proteção individual da empresa, e propor soluções de melhoria, que possam ser consideradas viáveis para implementação.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, conforme informações abaixo:

Capítulo I - Apresenta a introdução do trabalho, contemplando o objetivo geral e o específico e a limitação do trabalho.

Capítulo II - Apresenta a revisão bibliográfica detalhando dos sistemas produtivos com o passar dos anos, higiene ocupacional, ergonomia, calor, conforto térmico, além das normas regulamentadoras aplicáveis.

Capítulo III - Apresenta a metodologia aplicada.

Capítulo IV - Apresenta a análises de resultados e discussões, as propostas de melhoria e recomendação para estudos futuros.

Capítulo V - Apresenta as considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O ORGANISMO HUMANO

Segundo Cohen e Wood (2002), todas as reações de suporte à vida que atuam dentro dos sistemas do corpo, juntas, formam o metabolismo. Sendo a função principal deste manter um estado de equilíbrio dentro do organismo, uma característica importante de todos os seres vivos. Ainda segundo a autora, esta condição constante dentro do organismo é chamada de homeostase, que literalmente significa “permanecendo” (stasis) e constante (homeo).

Sendo assim, de acordo Silbernagl (2009), o homem é um ser homeotérmico, pois a sua temperatura corporal é mantida constante, mesmo quando há alterações da temperatura ambiente.

No entanto, segundo Scherwood (2011), considera-se 37°C a temperatura corporal normal, entretanto estudos indicam que a temperatura corporal normal, varia de pessoa para pessoa e mesmo durante o dia, indo de 35,5° pela manhã a 37,7°C à noite, com uma média geral de 36,7°C. Ademais, ainda de acordo com autor, não existe efetivamente uma temperatura corporal, porque a temperatura varia de órgão para órgão.

Neste contexto o corpo humano produz mais ou menos calor, dependendo das taxas de reações metabólicas (TORTORA e DERRICKSON, 2012).

2.1.1 Taxa Metabólica

Quando se quantifica a energia do metabolismo emprega-se a unidade, denominada quilocaloria (kcal), que é igual a 1000 calorias e o gasto energético total por unidade de tempo é denominado taxa metabólica (WIDMAIER, 2013).

Ainda segundo Widmaier et al. (2013), muitos fatores causam variações na taxa metabólica, sendo eles:

- Sono, idade, sexo;
- Jejum, altura, peso e área corporal;
- Crescimento;
- Gravidez, menstruação e lactação;
- Infecção ou outra doença;
- Temperatura corporal;
- Consumo recente de alimentos;
- Atividade muscular;
- Estresse emocional;
- Temperatura ambiente;
- Entre outros.

2.2 SISTEMAS PRODUTIVOS

Segundo Moreira (2008), o sistema de produção é um conjunto de atividades e operações que estão relacionadas entre si e que envolvem a produção de bens e serviços.

Para Slack et al. (2002), qualquer sistema de produção produz bens ou serviços ou um misto de ambos, sendo necessário para essas realizações processos de transformação. Ainda de acordo com Slack et al (2002) a transformação envolve o uso de recursos de entrada (*inputs*) para mudar o estado ou a condição de algo, obtendo dessa forma a saída de produtos ou serviços (*outputs*).

A figura 1 apresenta um esquema dos principais processos produtivos:

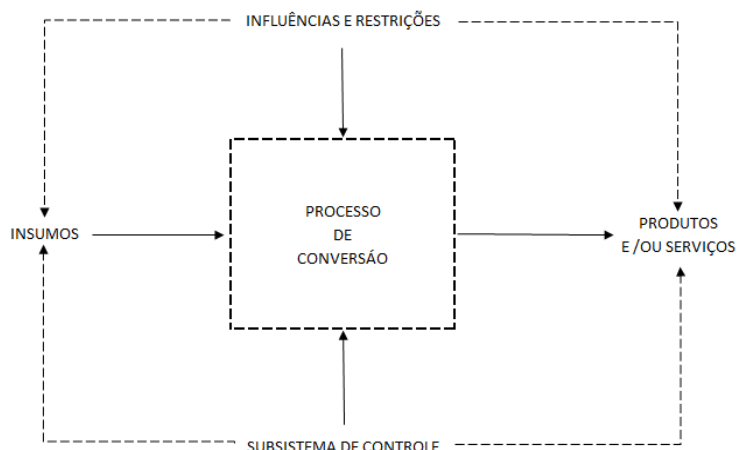


Figura 1 - Esquema de um sistema produtivo
Fonte: Moreira, 2008 p.8 1

Na tabela 1 podem ser observados exemplos de inputs, transformação e outputs:

Tabela 1 - Exemplos de inputs, transformação e outputs

Operação	Recursos de <i>input</i>	Processo de Transformação	<i>Outputs</i>
Linha aérea	Avião Pilotos e equipe de bordo Equipe de Terra Passageiros e carga	Transportar passageiros e carga pelo mundo	Passageiros e carga transportados
Loja de departamento	Produtos à venda Equipe de Venda Registros computadorizados Cliente	Disponibilizar os bens Fornecer Conselhos de compras Vender os bens	Consumidores e produtos juntos
Gráfica	Impressoras e desenhistas Prensas de impressão Papel, tinta etc.	Projeto gráfico Impressão Encadernação	Material desenhado e impresso
Polícia	Oficina de polícia Sistema de Computador Informação Público (defensores da justiça e criminosos)	Prevenir crimes Solucionar crimes Prender criminosos	Sociedade justa Público com sentimento de segurança
Fabricante de comida congelada	Comida fresca Operadores Equipamentos de processamento de alimentos Congeladores	Preparação da comida Congelamento da comida	Comida congelada

Fonte: Slack et al, 2002, p.37

O primeiro sistema de manufatura como se conhece nos dias de hoje, foi à produção artesanal.

2.2.1 Produção Artesanal

Segundo Davis et al. (2001), até o final do século XVIII a agricultura era a indústria dominante no cenário mundial e a manufatura, não existia. No entanto, segundo Martins e Laugeni (2005) o processo de manufatura teve início com a produção artesanal, no momento em que muitas pessoas se revelaram extremamente habilidosas para produção de certos bens e passaram a produzi-los conforme a solicitação e especificações dos clientes. Estava iniciado o primeiro processo de manufatura de forma organizada, contudo a produção artesanal apresentava algumas características básicas, de acordo com Paiva et al. (2004), sendo elas:

- Mão de obra qualificada;
- Baixo volume de produção;
- Qualidade variável.

Sendo assim, segundo Steverson (2001) a produção artesanal possuía grandes limitações, pois os artesãos tinham que ajustar produto por produto tornando assim, a produção lenta e que acarretava muitas despesas e tornava os produtos extremamente caros.

Dessa forma, a produção artesanal começou a entrar em decadência com o advento da revolução industrial, mais não foi extinta, pois em alguns nichos de mercado principalmente o de luxo permanece até os dias de hoje (MARTINS, 2005 e DENNIS, 2008).

2.2.2 Revolução Industrial

De acordo, com Corrêa (2004) e Martins e Laugeni (2005), com a descoberta da máquina a vapor por James Watt, em 1776 tem o processo de substituição da força humana pela força das máquinas, sendo que essas alterações mudaram a face da indústria e ficou conhecida com a primeira revolução industrial.

Para Steverson (2001) e Moreira (2008), esta revolução marca o início da produção de bens para venda e contribui consideravelmente para elaboração dos modernos sistemas de produção dando início a utilização de máquinas, a criação de fábricas e os movimentos dos trabalhadores contra as condições desumanas do trabalho.

A revolução industrial cresceu de forma acelerada e alcançou todo o seu ímpeto a partir do século XIX, mudando toda a concepção do trabalho o que acabou influenciando a ordem econômica, política e social. Sendo que com a mudança da força humana pela força das máquinas levou-se a simplificação das atividades levando estas a tarefas automatizadas e repetitivas, sendo então manipuladas por trabalhadores sem qualificação que produziam de 12 a 13 horas em condições perigosas e insalubres o que acarretava em acidentes em larga escala (CHIAVENATO, 2003).

Devido a estes aspectos observou-se a necessidade de aprimoramento das técnicas produtivas e dos sistemas administrativos e gerenciais, surge então Frederick Taylor com os seus conceitos de Administração Científica.

2.2.3 Produção em Massa

Com a introdução da administração científica no processo de manufatura pela primeira vez se trouxe uma abordagem sistemática ao aumento da produtividade, pois de acordo com Taylor as leis científicas governam quanto um trabalhador podem produzir por dia, e que é função da administração descobrir e utilizar estas leis no sistema produtivo (DAVIS et al, 2001).

De acordo com Gaither e Frazier (2002), o sistema de produção de Taylor visava à eficiência do trabalhador e empregava os seguintes passos:

- Habilidade, a força e a capacidade de aprendizagem eram determinadas para cada trabalhador, de forma a colocar as pessoas em funções nas quais pudesse se adaptar melhor.
- Cronometragens eram usadas para definir com precisão a produção padrão por trabalhador em cada tarefa.
- Cartões de instrução, roteiros e especificações de materiais eram usados para coordenar e organizar a fábrica, para que os padrões de produção pudessem ser satisfeitos.
- A supervisão foi melhorada através de cuidadosa seleção e treinamento.
- Sistemas de pagamento por incentivo foram iniciados para aumentar a eficiência.

Apesar de Taylor ser considerado o pai da Administração Científica, outras pessoas também contribuíram para o bom andamento de sua teoria, conforme pode ser observado na figura 2.

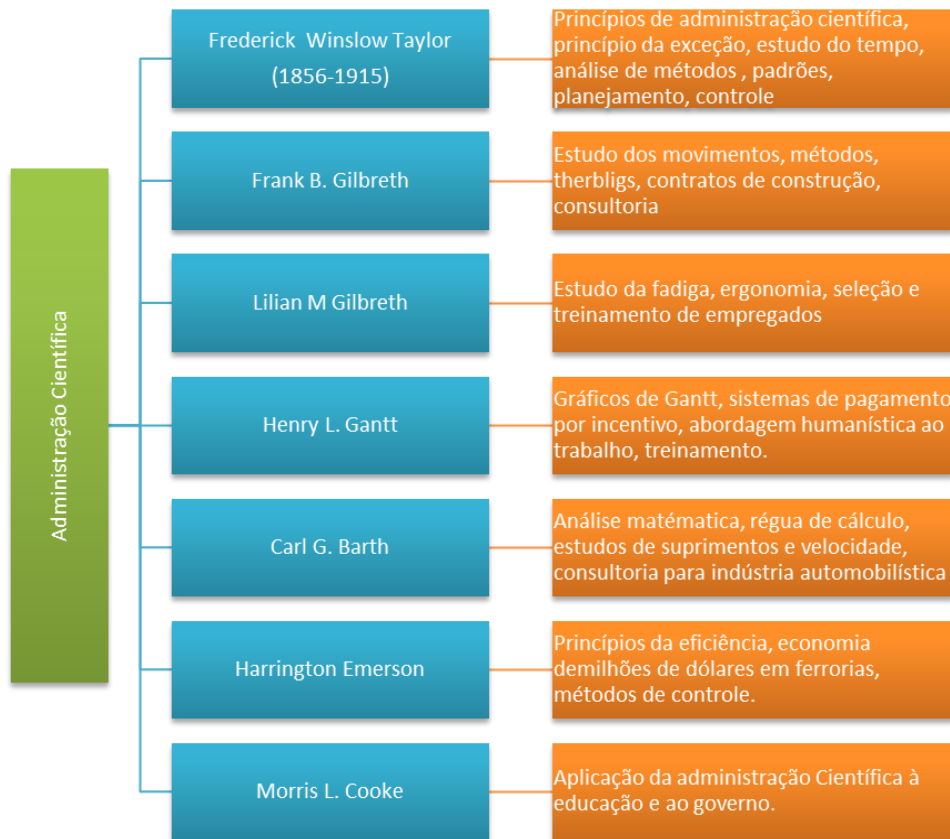


Figura 2 - Integrantes e contribuições para Administração Científica
Fonte: Adaptado de Gaither e Frazier 2002 p.9

Segundo Chiavenato (2003), a ênfase em tarefas é a principal característica da Administração Científica, pois tem como preocupação básica o aumento da produtividade por meio da melhor eficiência por parte do trabalhador, daí a preocupação com a análise e a divisão do trabalho de forma sistemática proposta por Taylor.

De acordo com Paiva et al. (2004) p.24, as principais preocupações da Administração Científica foram:

- Engenharia de Manufatura: projetar máquinas adequadas ao constante aumento dos volumes de produção.
- Problemas relacionados com pessoal: contratações, treinamento e integração dos trabalhadores com os processos de manufatura.

- Produtividade: determinar através de métodos científicos, qual a melhor maneira de realizar um trabalho, com o objetivo de gerar maior taxa de produção horária.
- Controle de Materiais: desenvolver métodos de controle de matéria prima em estoque, peças em processo, armazenamento e distribuição da produção.

Esse sistema de produção ficou conhecido como Taylorismo.

Para Dennis (2008), p.21

O taylorismo é um termo negativo para alguns – um sinônimo de trabalho bruto e desumanizador. Porém, se a produção em massa se desenvolveu nessas linhas, não foi intenção de Taylor.

De acordo com Corrêa et al. (2004), Henry Ford seguiu à risca os conceitos de Administração Científica propostas por Taylor, com a divisão do trabalho, escolha do trabalhador certo para atividade junto com os princípios da intercambialidade de peças, além da padronização dos produtos.

Segundo Dennis (2008), a intercambialidade de peças foi o que favoreceu a produção em massa, pois para conseguir tal fato, Ford padronizou o uso de peças em todas as operações. Ainda segundo Dennis (2008) quando as peças puderam ser padronizadas, Ford conseguiu inovações de projetos reduzindo o número de peças móveis nos motores, simplificando o sistema de montagem. Para Davis et al (2001), a maior inovação de Ford, foi a linha de montagem móvel aliada aos princípios de Taylor, representa uma aplicação clássica da especialização do trabalhador, tanto em manufatura como em serviços.

No entanto de acordo com Paiva et al (2004) apesar do sistema produtivo de Ford ter revolucionado o processo de manufatura como um todo, não faltaram críticas aos seus métodos de trabalho, principalmente contra a linha de montagem móvel, que desumanizou o trabalho ao dividi-lo em pequenas e repetitivas e monótonas tarefas.

De acordo com Martins e Laugeni (2005), o conceito de produção em massa foi dominante nas fabricas até meados de 1960, quando surgiram novas técnicas produtivas denominadas de produção enxuta.

2.2.4 Produção Enxuta

Com a crise do petróleo em 1973, seguida da recessão afetou governos e empresas além de toda a sociedade. A economia japonesa tinha atingido um nível de crescimento próximo de zero, o que acabava por afetar diversas empresas entre elas a Toyota (OHNO, 1997).

Segundo Sharma e Moody (2003), quando Taiichi Ohno visitou a fábrica da Ford em Detroit, no início da década de 50, ele se sentiu realmente humilhado, pois a qualidade e os processos produtivos e conseqüentemente a produtividade eram muito melhores do que os da Toyota.

De acordo com Dennis (2008), Ohno estudou de ponta a ponta a fábrica da Ford e após um vasto estudo chegou-se a conclusão de que a produção em massa não funcionaria no Japão.

Segundo Paiva et al (2004) p. 28 os motivos para esse sistema não ser aplicado no país foram os seguintes:

- Mercado japonês era limitado e segmentado. Havia a necessidade de produzir uma grande variedade de produtos em baixa escala.
- Força de trabalho constituída por nativos que jamais se submeteriam a ser tratados como engrenagem do sistema.
- Leis trabalhistas mais rígidas tinham sido implementadas no país.
- Incapacidade financeira de adquirir tecnologias.

Sendo assim, coube a Ohno desenvolver um conceito inovador do sistema de produção em massa. Ele observou algumas alternativas que poderiam ser melhoradas no sistema produtivo de Ford, uma delas o alto desperdício de recursos, esse sistema inovador ficou conhecido como Just In Time ou simplesmente JIT (DENNIS, 2008).

De acordo com Corrêa et al. (2007) p. 505:

Just in time refere-se a uma das tentativas básicas de eliminar desperdício, produzindo sempre a peça (ou produto, em geral) certa, no lugar certo e na hora certa.

Ainda de acordo com Corrêa et al. (2007) o desperdício é a raiz do JIT, pois considerado o resultado de qualquer atividade que adicione custo sem adicionar

valor ao produto, como movimentos desnecessários de materiais, estoque em excesso ou a utilização dos métodos inadequados de produção.

Segundo Steverson (2001) o sistema JIT é bem típico dos sistemas de produção enxuta, pois determina os ritmos de fluxo de peças e materiais através do sistema produtivo, assim como o momento certo para a realização das atividades.

O JIT tem como objetivo a qualidade e a flexibilidade dos processos, pois com estes objetivos estabelecidos tem-se um efeito considerável a eficiência, velocidade e confiabilidade do processo produtivo (CORRÊA, 2004)

No entanto para Dennis (2008), o JIT é apenas um dos pilares da produção enxuta, sendo que a base deste sistema é a estabilidade e a padronização conforme pode ser observado na figura 3.

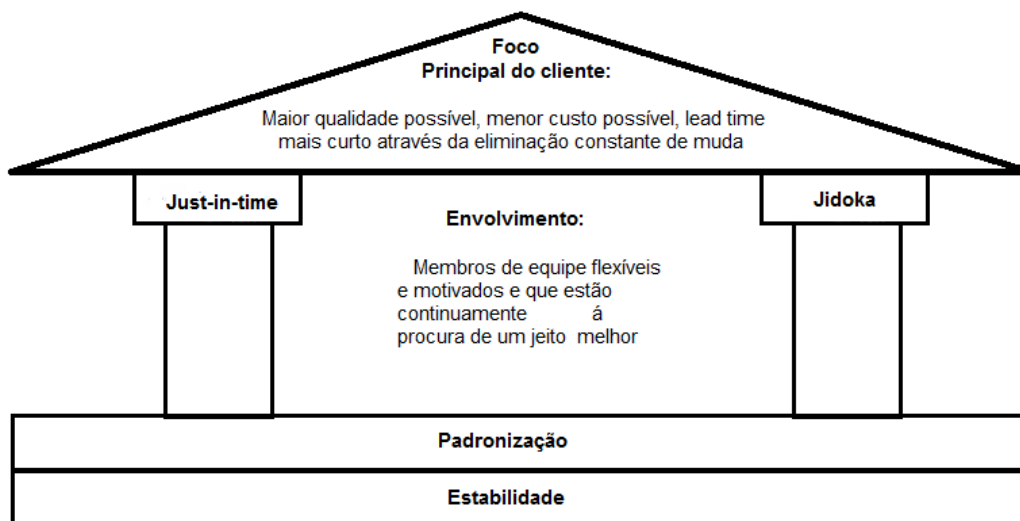


Figura 3 - Casa da produção enxuta
Fonte: Dennis, 2008

Segundo Sharma e Moody (2003) p.105 os componentes do sistema de produção enxuta são:

- Just in Time: melhorar o serviço oferecido ao cliente, na medida em que se reduz o tempo de entrega.
- Jidoka: proporcionar uma autonomia ao processo, de modo que este possa funcionar sem assistência e pare automaticamente no primeiro sinal de falha ou defeito.

- Nivelamento da produção: adaptação de algoritmos de programação para proteger as operações de manufatura das variações da demanda.

Sendo assim de acordo com Paiva et al (2004), o sistema de produção enxuta é bem mais abrangente do que simplesmente a redução do desperdício e que dê certa forma precisa seguir vários métodos para que se tenha sucesso em sua implementação.

Na tabela 2 é possível observar um comparativo entre os sistemas de produtivos.

Tabela 2 - Comparativo dos sistemas produtivos

	Produção Artesanal	Produção em Massa	Produção Enxuta
Descrição	Grande variedade, <i>output</i> sob encomenda ou sob medida, com um ou poucos trabalhadores especializados responsáveis por uma unidade inteira de <i>output</i> .	Grande volume de <i>output</i> padronizado, ênfase no volume produzido. Capitalização em cima de divisão do trabalho, do equipamento especial e da intercambiabilidade das peças.	Volume de <i>output</i> de moderado a elevado, com maior variedade do que na produção em massa. Há um número menor de recursos operacionais, como trabalhadores, estoque ou tempo extras. Há ênfase na qualidade. O envolvimento do funcionário e o trabalho em equipe são importantes.
Exemplos de Bens e Serviços	Reformas de casa e paisagismo, confecção de ternos, pintura de retratos, diagnóstico e tratamento de	Automóveis, computadores, calculadoras, máquinas de costura, CDs, classificação da correspondência, compensação de cheques.	Semelhantes ao de produção em massa
Vantagens	Ampla faixa de escolha, <i>output</i> adaptado sob medida às necessidades do cliente.	Baixo custo unitário, requer principalmente trabalhadores com baixo grau de especialização.	Flexibilidade, variedade, alta qualidade dos bens.
Desvantagens	Lentidão, exige trabalhadores especializados, há pouca economia de escala, custo elevado e baixa padronização.	Sistema rígido, dificuldade de acomodar mudanças, seja de volume de produção, no projeto do produto ou no projeto do processo. Pode haver ênfase no volume à custa da qualidade.	Não existe uma rede de segurança que compense qualquer paralisação do sistema, há menores oportunidades para o avanço dos funcionários, os trabalhadores estão sujeitos a muito estresse, há maior exigência de trabalhos especializados do que na produção em massa.

Fonte: Steverson, 2001 p.28

No entanto, apesar das melhorias implementadas no processo de produção enxuta em relação à produção em massa, não havia ainda um enfoque no bem estar do trabalhador, mas isso mudou com o desenvolvimento do sistema sócio técnico de produção.

2.2.5 Sistema Sócio Técnico

De acordo com Coelho et al (2007), o sistema sócio técnico foi elaborado pelo Instituto Tavistock de Londres sendo aplicado na empresa Volvo, por isso, recebeu o nome de Volvismo.

O Volvismo consiste na montagem de veículos com base em uma linha de produção sócio técnica que leva em conta os fatores humanos na produção, mostrando claramente uma preocupação com os trabalhadores (GRAÇA, 2002 apud NUNES et al, 2009).

O sistema sócio técnico defende que as equipes são responsáveis pelo planejamento, execução e controle das atividades produtivas, o que contraria os conceitos de Taylor, que determinavam a separação do pensar executar, limitando aos gerentes o ato de conceber e planejar a produção (KANKBAAR, 1997 apud COELHO et al, 2007)

Segundo Nunes et al (2009), apesar de apresentar sucesso em alguns indicadores o modelo de produção sócio técnica não foi suficiente para alavancar a produtividade na Volvo, tendo então as suas experiências sócio técnicas encerradas em 1992. No entanto, algumas atitudes se mantiveram sendo uma delas a prioridade absoluta a ergonomia.

2.3 HIGIENE OCUPACIONAL

De acordo com a Fundacentro (2004), entre as definições mais difundidas para a higiene ocupacional, pode-se citar a definição da American Conference of Governmental industrial Hygienists – ACGIH: “ciência e arte do reconhecimento, avaliação e controle de fatores ou tensões ambientais originadas do, ou no, local de trabalho e que podem causar doenças, prejuízos para a saúde e bem-estar, desconforto e ineficiência significativos entre os trabalhadores ou entre os cidadãos da comunidade”.

Para Saliba (2011), a higiene ocupacional é a ciência que atua no campo da saúde ocupacional, por meio da antecipação, do reconhecimento, da avaliação e do controle dos riscos físicos, químicos e biológicos originados no local de trabalho e passíveis de produzir danos à saúde dos trabalhadores, observando-se também seu impacto no meio ambiente.

Ainda de acordo com Saliba (2011), os riscos são:

- Riscos físicos: ruído, calor, vibração, radiação ionizante, radiação não ionizante, frio;
- Riscos químicos: gases, vapores, poeira, fumo, névoas e neblinas;
- Riscos biológicos: bactérias, fungos entre outros.

Ou seja, de acordo com Pires (1999), o controle do ambiente de trabalho é o foco principal da higiene ocupacional e a prevenção e controle de acidentes constituem-se na razão de ser da segurança do trabalho.

2.4 ERGONOMIA

Segundo Sharma e Moody (2003), 150 anos após a revolução industrial, a saúde e a segurança dos trabalhadores continuam sendo desafiadas e frequentemente são motivos de discussão para uma melhora nos locais e condições do trabalho.

Dessa forma, a ergonomia busca a aplicação dos conhecimentos científicos, desenvolvendo e aprimorando dispositivos, equipamentos e o ambiente de modo a obter o uso mais produtivo da capacidade dos indivíduos, mantendo-lhes a saúde e o bem-estar (CORRÊA, 2004).

A Associação internacional de ergonomia (IEA-The International Ergonomics Association) apresentada pela (ABERGO, 2007), define ergonomia como sendo:

A ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. Os ergonomistas contribuem para o planejamento, projeto e a avaliação de tarefas, postos de trabalho, produtos, ambientes e sistemas de modo a torna-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas.

Para lida (2005), p. 2:

A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem.

De acordo com Moraes e Mont'Alvão (2010), o objetivo da ergonomia seja qual for a sua linha de atuação é o homem no seu trabalho, realizando a sua tarefa

cotidiana, executando as suas atividades do dia a dia, independente das estratégias ou métodos que utiliza. Para Lida (2005), o objetivo da ergonomia é estudar os fatores que influenciam no desempenho do sistema produtivo, procurando reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, saúde e satisfação dos trabalhadores.

2.5 CALOR

Segundo Ayres e Corrêa (2011), o calor vem sendo empregado desde épocas remotas, quando o homem descobriu que os metais poderiam ser fundidos para dar origem a outras formas, ou para alterar as propriedades físico-químicas, podendo trabalhar e moldar peças metálicas com maior facilidade.

No entanto, de acordo com Coutinho apud Mattos e Másculo (2011), alguns estudos já revelaram queda de rendimento das pessoas que exercem atividades em ambientes termicamente desconfortáveis; outros mostram que certas doenças são causadas por ambientes quentes ou refrigerados.

Para Verdussen (1978), a temperatura é um ponto que deve merecer o maior cuidado, quando se busca criar condições ambientais adequadas de trabalho. Certamente que muitos fatores pesam para que uma temperatura seja agradável ou não, quer humanos ou físicos. Assim, dependendo do estado geral, da idade, raça, de hábitos, uma mesma temperatura poderá causar diferentes sensações em diferentes indivíduos. Da mesma forma, o grau de umidade do ambiente e a velocidade de circulação do ar poderão fazer com que uma determinada temperatura seja mais ou menos suportável.

O ser humano é classificado como um animal homeotérmico, ou seja, a sua temperatura praticamente não se altera. Desde que adequadamente protegido, o ser humano consegue suportar temperaturas de -50° até 100°C . No entanto, apesar dessa faixa de tolerância, o mesmo homem não suportaria uma variação de 4°C em sua temperatura interna, sem que ocorram comprometimento da sua capacidade física e mental e risco de vida (COUTO, 1995).

Desta forma, o corpo humano possui mecanismos para o controle de temperatura que situa-se no hipotálamo, que consiste no sistema termorregulador, que responde às variações de temperatura do meio ambiente, por meio de

diferentes reações fisiológicas, procurando manter a temperatura do corpo dentro dos limites convenientes. E a intensidade destas reações depende da sobrecarga existente e, assim uma solicitação excessiva ou prolongado pode ter consequências muito sérias (VERDUSSEN, 1978).

2.5.1 Equilíbrio Térmico

De acordo com Lida (2005), o corpo humano é uma espécie de máquina térmica, que gera calor continuamente pelo processo de combustão, que são “queimados” pelo oxigênio liberando gás carbônico e água.

Para Ayres e Corrêa (2011), as trocas térmicas entre o corpo humano e o ambiente tendem ao estabelecimento do equilíbrio. A equação que descreve o estado de equilíbrio denomina-se Balanço Térmico e tem a seguinte equação:

$$M \pm C \pm R - E = S$$

(Eq. 01)

Figura 4 - Fórmula do equilíbrio térmico
Fonte: Ayres e Corrêa (2011) p.111

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).

2.5.2 Trocas Térmicas

Segundo Rio (1999), as trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente, que frequentemente referem-se a perdas de calor do corpo para o ambiente, se dão através dos seguintes mecanismos:

- Condução;
- Convecção;

- Evaporação;
- Radiação.

2.5.2.1 Condução

De acordo com Saliba (2011), a condução é o processo de transferência de calor que ocorre quando dois corpos sólidos ou fluídos que não estão em movimento, em diferentes temperaturas são colocados em contato. O calor do corpo de maior temperatura se transfere para o de menor até que ocorra o equilíbrio térmico.

2.5.2.2 Convecção

Segundo Coutinho apud Mattos e Másculo (2011), o processo de convecção acontece entre um sólido e o fluido com o qual ele tem contato, sempre que houver diferença de temperatura de entre ambos. A pele do homem e as mucosas do seu sistema respiratório são superfícies sólidas em contato com o ar durante toda a vida. Desse modo, quando a temperatura da pele ou das mucosas é superior a do ar, ele perde calor. Para Lida (2005), a convecção ocorre pelo movimento da camada de ar próximo à pele que tende a retirar o ar quente e substituí-lo por outro mais frio.

2.5.2.3 Evaporação

De acordo com Ayres e Corrêa (2011), o processo de evaporação consiste na passagem de um líquido, que envolve um sólido, a determinada temperatura, para o estado gasoso. Esse fenômeno é função da quantidade de vapor já existente no meio e da velocidade do ar na superfície do sólido.

Segundo Sherwood (2011), durante a evaporação na superfície da pele, o calor exigido para transformar água de um estado líquido para o gasoso é absorvido pela pele, resfriando-se assim o corpo. Neste caso, a sudorese ou transpiração é o processo ativo de perda de calor por evaporação mediante controle nervoso simpático. A taxa de perda de calor por evaporação pode ser deliberadamente

ajustada variando-se a intensidade do suor, um mecanismo homeostático importante para eliminar o excesso de calor conforme necessário.

2.5.2.4 Radiação

A energia radiante é transmitida da superfície quente para a fria por meio de ondas eletromagnéticas que, ao atingirem a superfície fria, transformam-se em calor (RUAS, 1999).

Ainda segundo Ruas (1999), a energia radiante é emitida continuamente por todos os corpos que estão a uma temperatura superior ao zero absoluto. Isso equivale dizer que uma pessoa em um ambiente está continuamente emitindo e recebendo energia radiante.

Portanto conforme Costa (1974), a radiação será, a transmissão de calor verificada entre dois corpos de temperaturas diferentes, imersos em um mesmo meio mais ou menos transparente a esta espécie da radiação.

2.5.2.5 Temperatura Efetiva

Segundo Lida (2005), a temperatura efetiva é aquela que produz sensação térmica equivalente a uma temperatura medida com ar saturado e praticamente parado, ou seja, uma temperatura efetiva de 25°C é aquele que mede 25°C com umidade de 100% e o ar parado.

Ou seja, segundo Miguel (2002), a temperatura efetiva tem como objetivo, definir várias combinações de temperatura seca, de movimento do ar e de umidade que originassem a mesma sensação térmica, sendo essa temperatura determinada mediante a utilização de dois diagramas: um para pessoas vestidas e outro para indivíduos seminus. Neste trabalho será mostrado apenas o diagrama para pessoas vestidas, conforme pode ser na figura 5.

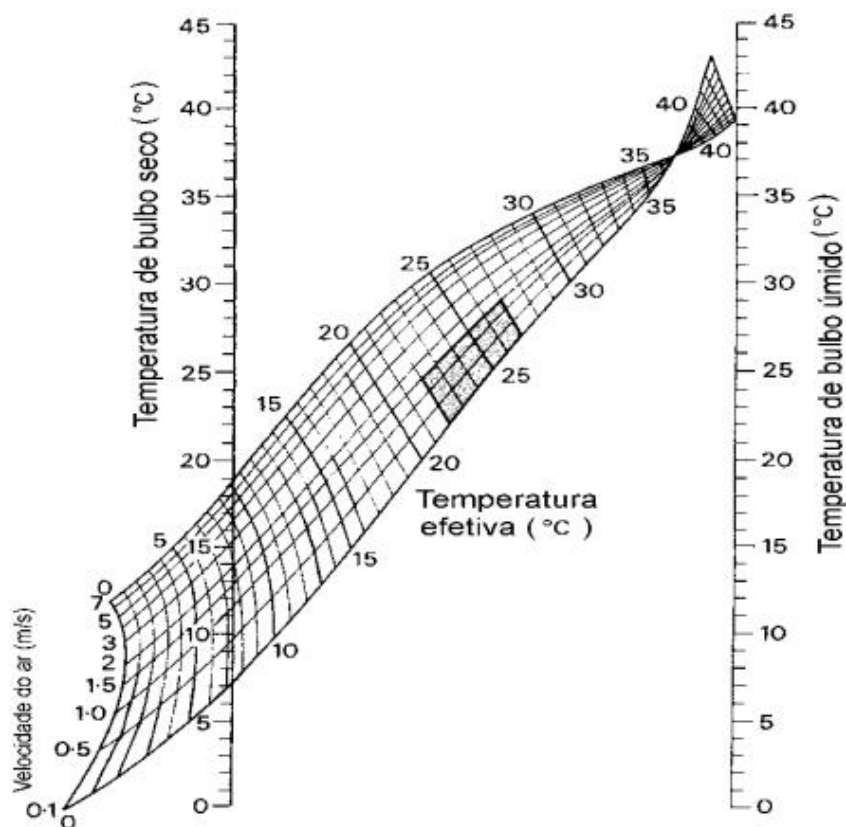


Figura 5 - Diagrama de temperatura efetiva
Fonte: Miguel, 2012

2.5.3 Fatores que interferem nas Trocas Térmicas

Segundo Saliba (2011), a complexidade do estudo do calor reside no fato haver diversos fatores variáveis, que influenciam nas trocas térmicas entre o corpo humano e o meio ambiente, definindo dessa forma, a severidade da exposição ao calor. Sendo assim, os principais fatores que influenciam nas trocas térmicas são:

Temperatura do ar - De acordo com Miguel (2012), a temperatura do ar intervém na determinação das trocas térmicas por convecção ao nível do homem. Exprime-se em graus centígrados (°C), e pode ser medida com termômetros de dilatação de líquidos (mercúrio, álcool).

Umidade relativa do ar - Segundo Saliba (2011), esse parâmetro influi nas trocas térmicas entre o organismo e o meio ambiente pelo mecanismo de evaporação. Desse modo, a perda de calor no organismo por evaporação dependerá da umidade relativa do ar, isto é, da quantidade de água presente em uma quantidade de ar.

Velocidade do ar – Para Ayres e Corrêa (2011), a velocidade do ar no ambiente tende a alterar as trocas térmicas. Se a temperatura do ar for menor que a do corpo, o aumento da velocidade do ar contribuirá para o aumento da perda de calor do corpo para o ambiente e vice e versa.

Calor radiante – Ainda segundo Ayres e Corrêa (2011), o organismo poderá ganhar ou perder calor, caso esteja exposto a fontes apreciáveis de calor, ou se os meios não existirem ou forem controlados.

Tipo de atividade – De acordo com Saliba (2011), quanto mais intensa for a atividade física exercida pelo indivíduo, tanto maior será o calor produzido pelo metabolismo, constituindo, portanto, parte do calor total ganho pelo organismo.

2.5.4 Doenças Relacionadas a Exposição ao Calor

O organismo humano é uma máquina térmica de baixo rendimento, pois apenas 20% das calorias ingeridas através dos alimentos, são transformadas em trabalho sendo o restante perdido em forma de calor. O homem é assim, uma fonte de calor metabólica, ou seja, tem a necessidade de ceder o excesso de calor para o meio ambiente a fim de se estabelecer um equilíbrio térmico (AYRES e CORRÊA, 2011).

O organismo exposto a uma sobrecarga térmica, está sujeito a várias reações fisiológicas, que ocorrem no corpo do indivíduo, entre elas a sudorese e a vasodilatação periférica, visando manter o equilíbrio térmico, porém essas reações provocam outras alterações que somadas podem resultar em distúrbios fisiológicos (SALIBA, 2011).

Segundo Ayres e Corrêa (2011), quando a sudorese e a vasodilatação periférica não são suficientes para manter a temperatura do corpo em torno de 37°C, há consequências para o organismo, que podem assumir uma das seguintes formas:

- Exaustão Térmica;
- Desidratação;
- Câimbras de calor;
- Choque térmico.

No entanto, essas não são as únicas doenças relacionadas a exposição ao calor, além do mais as doenças são causadas por excessiva exposição ocupacional em ambientes com altas temperaturas. As queimaduras são resultantes do contato com materiais ou superfícies quentes ou por radiação excessiva sobre a pele, pelas fontes de calor radiante de grande comprimento de onda (PONZETTO,2007).

2.6 CONFORTO TÉRMICO

De acordo com Ruas (1999), o conforto térmico num determinado ambiente pode ser definido como a sensação de bem-estar experimentada por uma pessoa, como resultado de uma combinação satisfatória, neste ambiente.

No entanto, as sensações são subjetivas, ou seja, dependem das pessoas, portanto um ambiente pode possuir uma temperatura agradável para uns e desconfortável para outros. Dessa forma, entende-se como condições ambientais de conforto aquelas que promovem bem-estar ao maior número de pessoas (RUAS, 1999).

Para Rivero (1986) apud Barbiero (2004), dentre as definições de conforto térmico, há duas que se pode chamar de complementares e que definem bem o conceito. De caráter subjetivo, uma delas define conforto térmico como sendo aquela condição da mente que expressa satisfação ao ambiente térmico. A outra, abordando fundamentos fisiológicos, define conforto térmico de um indivíduo quando são alcançadas as condições do meio que permitam que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão, ou seja, que o sistema termorregulador não esteja operando.

O conforto térmico em variadas condições de trabalho, mesmo que não provoque desgaste físico acentuado, a presença de calor no ambiente ocupacional causa desconforto e mal-estar (AYRES E CORRÊA, 2011).

Segundo Rio (1999), a sensação térmica que sentimos, ou seja, a temperatura efetiva, é produzida pela combinação da temperatura obtida por termômetro de bulbo seco, velocidade do ar e umidade relativa do ar.

No entanto o corpo humano, possui uma zona de conforto térmico sendo delimitada entre as temperaturas efetivas de 20 a 24°C, com umidade relativa do ar em 40 a 80%, com velocidade do ar moderada em torno de 0,2 m/s (IIDA, 2005).

2.6.1 Índices de Conforto Térmico

De acordo com Frota e Schiffer (2001), os índices de conforto térmico foram elaborados com base em diferentes aspectos do conforto, conforme segue:

- Índices Biofísicos – se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que originam os mesmos;
- Índices Fisiológicos – baseiam-se nas reações fisiológicas do corpo humano, originadas por condições de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- Índices Subjetivos – baseiam-se nas sensações subjetivas de conforto, experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Neste contexto a ventilação do ambiente, é primordial para o conforto térmico nos ambientes.

2.6.2 Ventilação do Ambiente

Segundo Lida (2005), a ventilação é um aspecto importante do conforto térmico, pois ajuda a remover por convecção o calor gerado pelo corpo. Ao remover o ar saturado próximo da pele, facilita a evaporação do suor e o resfriamento do corpo.

No entanto, o aumento da ventilação nem sempre é responsável por melhorar o conforto térmico, pois se a temperatura do ar estiver acima de 33°C, a ventilação deverá ser evitada, porque torna-se desconfortável receber uma ventilação com ar quente, porque o ar quente pode ser uma fonte de ganho de calor e não de perda (COUTO, 1995).

Para Frota e Schiffer (2001), a ventilação do ambiente proporciona a renovação do ar, sendo de grande importância para higiene em geral e para o conforto térmico de verão em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido. Ainda segundo os autores, a ventilação do ambiente proporciona a

dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras, de poluentes entre outros. A ventilação pode ser natural ou forçada por meios mecânicos.

2.7 NORMAS REGULAMENTADORAS APLICÁVEIS

De acordo com Sesi (2008), as normas regulamentadoras, também chamadas de NRs, foram publicadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), pela portaria nº 3.214/78, para estabelecer os requisitos técnicos e legais sobre os aspectos mínimos de Segurança e Saúde Ocupacional (SSO). Atualmente existem 36 normas regulamentadoras, sendo estas em constante processo dinâmico de atualização que devem ser constantemente acompanhadas.

Segundo a NR-1 (BRASIL, 2017), as normas relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas, públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT.

Sendo assim, as normas regulamentadoras que tratam das condições ambientais e de conforto térmico serão mencionadas abaixo.

2.7.1 Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) – NR-7

De acordo com a NR-7 (BRASIL, 2017), esta norma estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, o PCMSO com objetivo de promover e preservar a saúde do conjunto de seus trabalhadores.

Dessa forma, este programa tem o intuito de monitorar individualmente aqueles trabalhadores expostos aos agentes químicos, físicos e biológicos que são definidos pela NR-9 (SESI, 2008).

2.7.2 Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) – NR-9

Esta norma estabelece a obrigatoriedade por parte dos empregadores, para realização do programa de prevenção a riscos ambientais, visando a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüentemente o controle dos riscos ambientais existentes ou que venham a existir no local de trabalho (BRASIL, 2017).

2.7.3 Atividades e Operações Insalubres – NR-15

De acordo com Sesi (2008), a norma NR-15 define em seus anexos, os agentes insalubres e os limites de tolerância e quais são os critérios técnicos e legais para avaliar e caracterizar as atividades e as operações insalubres e o adicional devido para cada caso.

São considerados atividades ou operações insalubres, aquelas que estão acima dos limites de tolerância. Sendo o limite de tolerância para esta norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza ou tempo de exposição ao agente, que causará danos ao trabalhador durante as suas atividades laborais (BRASIL, 2017).

De acordo com a NR-15 (BRASIL, 2017), em seu item 15.2 o exercício do trabalho em condições de insalubridade, assegura ao trabalhador a percepção de adicional, incidente sobre o salário mínimo da região, equivalente a:

- 40% (quarenta por cento), para insalubridade de grau máximo;
- 20% (vinte por cento), para insalubridade de grau médio;
- 10% (dez por cento), para insalubridade de grau mínimo.

No entanto, no caso de eliminação ou neutralização do agente causador da insalubridade, o pagamento deste adicional é cessado. Tal eliminação ou neutralização do agente pode ser realizada com medidas que conservem o ambiente dentro dos limites de tolerância ou com o uso de equipamentos de proteção individual (BRASIL, 2017).

2.7.3.1 Limites de Exposição ao Calor

Segundo Sesi (2007), a exposição ao calor ocorre em muitos tipos de indústrias, prevalecendo aquelas que implicam alta carga radiante sobre o trabalhador.

De acordo com Lida (2005), a NR-15 em seu Anexo 3, estabelece os limites máximos de exposição ao calor, acima dos quais a risco potencial de danos à saúde dos trabalhadores em função das suas variáveis: Taxa Metabólica e IBUTG.

Segundo Couto (1995), o IBUTG foi criado nos Estados Unidos, e devido a sua relativa facilidade de aplicação se tornou popular, sendo incluído na legislação brasileira em sua norma regulamentadora NR-15.

Conforme descrito no Anexo 3 da NR-15, a exposição ao calor deve ser avaliada através do índice de bulbo úmido termômetro de globo – IBUTG definido pelas equações que se seguem:

- Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad (\text{Eq. 02})$$

- Ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad (\text{Eq. 03})$$

Onde:

- a) tbn = temperatura de bulbo úmido natural;
- b) tg = temperatura de globo;
- c) tbs = temperatura de bulbo seco.

Segundo a NR-15, as medições devem ser efetuadas no local de trabalho, na altura da região do corpo que está sendo mais atingida. Os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para todos os efeitos legais.

Na tabela 3 abaixo, são demonstrados os valores de IBUTG por tipo de atividade e o regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho.

Tabela 3 - Valores de IBUTG por tipo de atividade

REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	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

Fonte: NR 15 Anexo 3 (Brasil, 2017)

Tabela 4 - Tipo de atividade

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

Fonte: NR 15 Anexo 3 (Brasil, 2017)

De acordo com a NR-15 anexo 3, considera-se local de descanso ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve.

Ainda de acordo com a NR-15 anexo 3, os limites de tolerância para exposição ao calor em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local, são estes a saber conforme tabela 5.

Tabela 5 - Limite de tolerância para exposição ao calor

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

Fonte: NR 15 Anexo 3 (Brasil, 2017)

Onde: M é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada pela seguinte fórmula:

$$M = \frac{M_t \times T_t + M_d \times T_d}{60} \quad (\text{Eq. 04})$$

Sendo:

M_t - taxa de metabolismo no local de trabalho.

T_t - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho.

M_d - taxa de metabolismo no local de descanso.

T_d - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

IBUTG é o valor IBUTG médio ponderado para uma hora, determinado pela seguinte fórmula:

$$\text{IBUTG} = \frac{\text{IBUTG}_t \times T_t + \text{IBUTG}_d \times T_d}{60} \quad (\text{Eq. 05})$$

Sendo:

IBUTG_t = valor do IBUTG no local de trabalho.

IBUTG_d = valor do IBUTG no local de descanso.

T_t e T_d = como anteriormente definidos.

Os tempos T_t e T_d devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo T_t + T_d = 60 minutos corridos.

As taxas de metabolismo M_t e M_d serão obtidas consultando-se o Quadro n.º 3 do anexo 3 da NR-15.

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

2.7.4 Ergonomia – NR-17

Segundo a NR-17 (BRASIL, 2017), esta norma, estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, procurando o conforto, segurança e desempenho eficiente.

De acordo com Sesi (2008), estão inclusos nas condições de trabalho, aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga individual de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos, às condições ambientais no posto de trabalho e a própria organização.

Ainda segundo a NR-17 (BRASIL,2017) em seu item 17.5.2 descreve que: nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO;
- b) índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados);
- c) velocidade do ar não superior a 0,75m/s;
- d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento.

3 METODOLOGIA

Nesta sessão será apresentada a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho e o equipamento utilizado para realização das medições.

3.1 EMPRESA DO ESTUDO DE CASO

A empresa deste estudo de caso atua no setor têxtil de produção de equipamentos de proteção individual há mais de 35 anos, mas especificamente na produção de luvas e mangas para proteção das atividades laborais. A sua planta industrial está localizada no sul do Brasil.

A demanda para realização deste trabalho foi motivada pelos seguintes problemas:

- a) Alta rotatividade de pessoal;
- b) Alto nível de absenteísmo;
- c) Melhora nas condições de trabalho, devido as constantes reclamações por parte dos colaboradores com relação ao ambiente de trabalho.

Desta forma, o setor escolhido para este estudo engloba apenas o setor de produção.

3.1.1 Descrição do Ambiente de Trabalho

O setor de produção é construído em alvenaria, com paredes revestidas em tijolos de barro pintadas de branco, o piso é de concreto revestido com tinta para piso na cor cinza. A cobertura é composta por de telhas de zinco e de telhas translúcidas, sem forro e com armação de ferro aparente. A iluminação é artificial e a complementar é através de lâmpadas de led, a ventilação é realizada de forma forçada através de exaustores e ventiladores, além de exaustores eólicos.

3.1.2 Jornada de Trabalho

A jornada de trabalho é realizada de segunda a sexta-feira das 6:00 às 22:00 horas, com intervalo de 1 hora para o almoço ou jantar, mais 20 minutos de intervalo para ginástica laboral e outros 15 minutos para o café da tarde.

3.1.3 Processo de Produção

O processo de produção, consiste em carregar as máquinas com fios têxteis, realizar a programação desejada para o tipo de produto a ser fabricado e aguardar a término do processo, verificar se o produto não apresenta rasgos, provenientes do processo de tecer, separar o produto e aguardar até que o lote esteja pronto para ser enviado a próxima etapa.

Apesar do processo parecer ser simples, cada operador é responsável em operar 35 máquinas, durante a jornada de trabalho. Estas máquinas estão dispostas em fila, uma de frente para a outra, com um corredor de 125 cm entre elas, sendo este o principal posto de trabalho.

Segue abaixo, as figuras 6 e 7 referente ao posto de trabalho e ao ambiente produtivo.



Figura 6 - Posto de trabalho
Fonte: Autor (2016)



Figura 7 - Ambiente Produtivo
Fonte: Autor (2016)

3.1.4 Equipamento Utilizado

Para avaliação da temperatura ocupacional no posto de trabalho, do operador de produção, foi utilizado um equipamento que visa avaliar as condições ambientais de acordo com o estabelecido na norma regulamentadora NR-15, ou seja, para o cálculo do IBTUG.

O equipamento utilizado foi medidor de stress térmico da marca Instrutherm modelo TGD 300, conforme observado na figura 8.



Figura 8 - Árvore de Termômetro
Fonte: Instrutherm (2016)

As medições foram realizadas as 10:00 da manhã e as 14:00 no período da tarde no mesmo dia. Para se ter uma maior confiabilidade nos resultados, o equipamento permanecia ligado com antecedência de 30 minutos, antes da hora requerida para coleta dos dados, só então os valores presentes no equipamento eram anotados.

A coleta de dados foi realizada apenas na parte interna do estabelecimento, com o intuito de avaliar apenas as condições de trabalho no setor de produção.

O medidor de stress térmico TGD 300 fornece os seguintes parâmetros:

- Temperatura do termômetro de Bulbo Úmido;
- Temperatura do termômetro de Bulbo Seco;
- Temperatura do termômetro de Globo;
- Ponto de condensação;
- IBUTG interno;
- IBUTG externo;
- Umidade relativa.

A figura 9, apresenta o local onde as medições foram realizadas no setor de produção, o equipamento a está apoiado sobre uma mesa, com uma altura de 70 cm do piso, tendo em vista que os operadores realizam suas atividades em pé, não tendo um posto fixo de trabalho, o local escolhido para coletar os dados com o equipamento, foi a região central do setor.

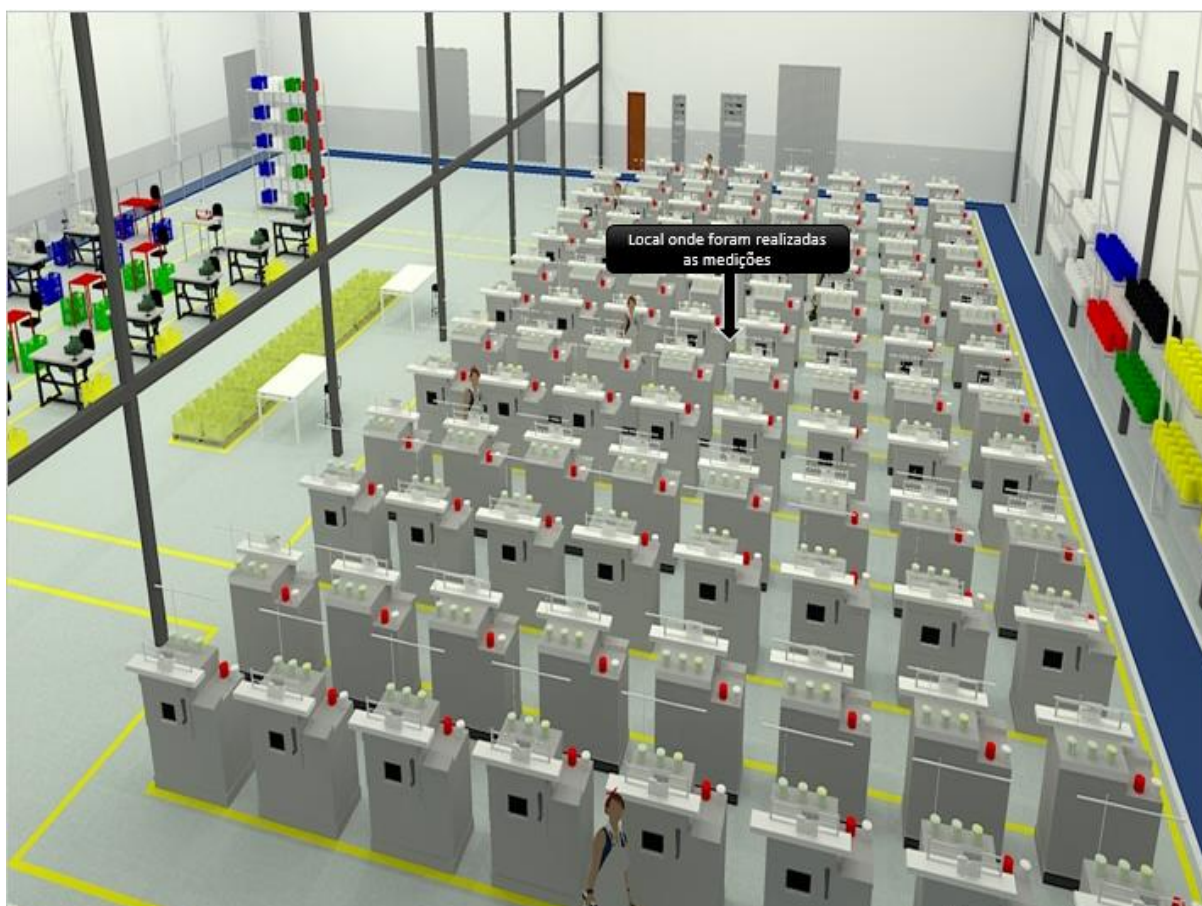


Figura 9 – Identificação do local de medição
Fonte: Autor (2016)

Todas as medições foram realizadas conforme a condição de trabalho no dia, ou seja, com os sistemas de exaustão e ventiladores ligados.

Para análise do conforto térmico de acordo com norma regulamentadora NR-17, foram utilizados os dados de temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar, coletados pelo equipamento mencionado acima. Sendo a velocidade do ar mensurado pelo equipamento – anemômetro digital modelo AD-250, sendo então utilizado o diagrama de temperatura efetiva, para o cálculo desta temperatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão expostos os resultados referentes as condições térmicas, avaliadas no setor de produção da empresa deste estudo.

Levando-se em consideração as características climáticas da cidade de Curitiba, como todos os lugares da superfície da terra, são condicionados por fatores estáticos (latitude, altitude, proximidade do oceano) que são responsáveis pela quantidade de energia solar que chega a cidade, e por fatores dinâmicos (massas de ar e frentes), responsáveis pelo ritmo de sucessão habitual dos estados atmosféricos, sendo assim, a região sul do Brasil neste trabalho caracteriza-se por apresentar temperaturas mais elevadas nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, quando a quantidade de energia solar disponível é maior e predomina a atuação de sistemas atmosféricos intertropicais; e temperaturas mais baixas nos meses de junho, julho e agosto quando a energia solar disponível é reduzida e predomina a atuação dos sistemas atmosféricos polares (DANNI-OLIVEIRA, 1999 apud VERISSIMO e MENDONÇA, 2004).

4.1 MONITORAMENTO TÉRMICO

De acordo com a NR-15, Anexo 3 a atividade realizada no setor de produção, pelos operadores de máquina é caracterizada como: De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação com 220 Kcal/h, conforme tabela 4. No entanto, o trabalho é realizado de modo contínuo, ou seja, sem períodos de descanso. Sendo então remetido a tabela 3, onde o valor máximo de IBUTG para a atividade em questão é de até 26,7°C.

As medições realizadas no setor de produção, foram executadas entre os meses de agosto e outubro/16, e os resultados destas medições estão expostos na tabela 6. Foram avaliados os valores de temperatura de bulbo úmido, temperatura de bulbo seco, temperatura de globo e umidade relativa.

Tabela 6 - Coleta de dados, temperaturas em °C

Data	Hora da coleta	Termômetro de Bulbo Úmido	Termômetro de Bulbo Seco	Termômetro de Globo	Temperatura ponto de condensação	IBUTG interno	IBUTG externo	Umidade Relativa (%)
04/08/2016	10:00	16,9	17,4	17,3	16,6	17,0	17,0	95,1
04/08/2016	14:00	18,3	18,6	19,0	18,2	18,5	18,5	97,3
05/08/2016	10:00	20,1	20,5	20,6	20,0	20,3	20,2	96,6
05/08/2016	14:00	22,2	22,6	23,2	22,2	22,6	22,6	96,0
05/10/2016	08:00	17,3	18,6	18,9	16,7	17,8	17,8	88,3
05/10/2016	14:00	20,1	22,1	23	19,2	20,9	20,8	84,0
06/10/2016	08:00	21,8	24,1	25,1	20,8	22,7	22,6	82,0
06/10/2016	14:00	17,1	17,8	17,9	16,7	17,3	17,3	93,6
17/10/2016	14:00	31,4	32,5	33,5	31,1	32,1	32	92,0

Fonte: Autor (2016)

De acordo com os dados obtidos, é possível observar que ocorre um aumento em todas as temperaturas avaliadas entre a medição realizada as 10:00 e a aferida as 14:00, e conseqüentemente um aumento no IBUTG, exceto na data do dia 06/10/16 que ocorre uma diminuição nas temperaturas, tal fato pode ter ocorrido devido a um período de chuva que ocorreu no intervalo destas medições.

Outro ponto observado, com relação ao aumento do valor do IBUTG, somente na última coleta de dados do dia 17/10/2016 apresentou valor superior ao limite estipulado na NR-15, Anexo 3, conforme pode ser observado na figura 10.

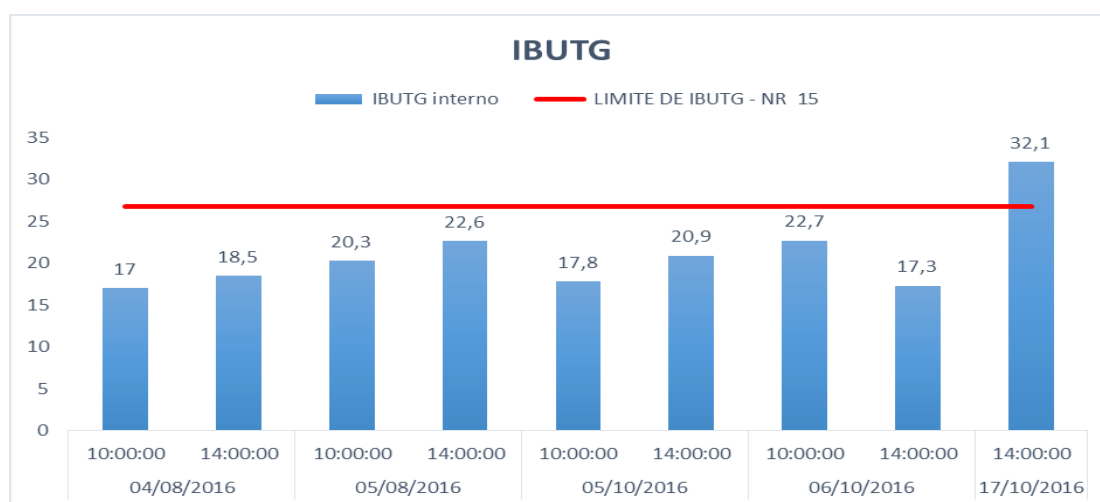


Figura 10 - Gráfico de Temperatura de IBUTG

Fonte: Autor (2016)

Ainda segundo os dados de IBUTG, pode-se observar que houve um aumento de 88,8% entre os dados do dia 04/08/16 e o do dia 17/10/16, ou seja, o ambiente analisado não apresenta um controle de temperatura eficiente, ficando exposto as constantes variações das condições climáticas da cidade.

Segundo a NR-15 Anexo 3, a coleta de dados deve ser realizada no período mais desfavorável do ciclo de trabalho. No entanto, de acordo com o que mencionado neste trabalho, os meses de dezembro, janeiro e fevereiro historicamente apresentam temperaturas mais elevadas na cidade onde os dados coletadas foram realizados entre agosto e outubro, teoricamente meses com temperatura mais amena.

Outro ponto a ser mencionado, refere-se à umidade relativa que não consta na NR-15 Anexo 3, mais influência no conforto térmico. Pois de acordo com Lida (2005), a zona de conforto térmico para o corpo humano, com relação a umidade relativa é de 40 a 80%. Os dados de umidade relativa podem ser observados na figura 11.

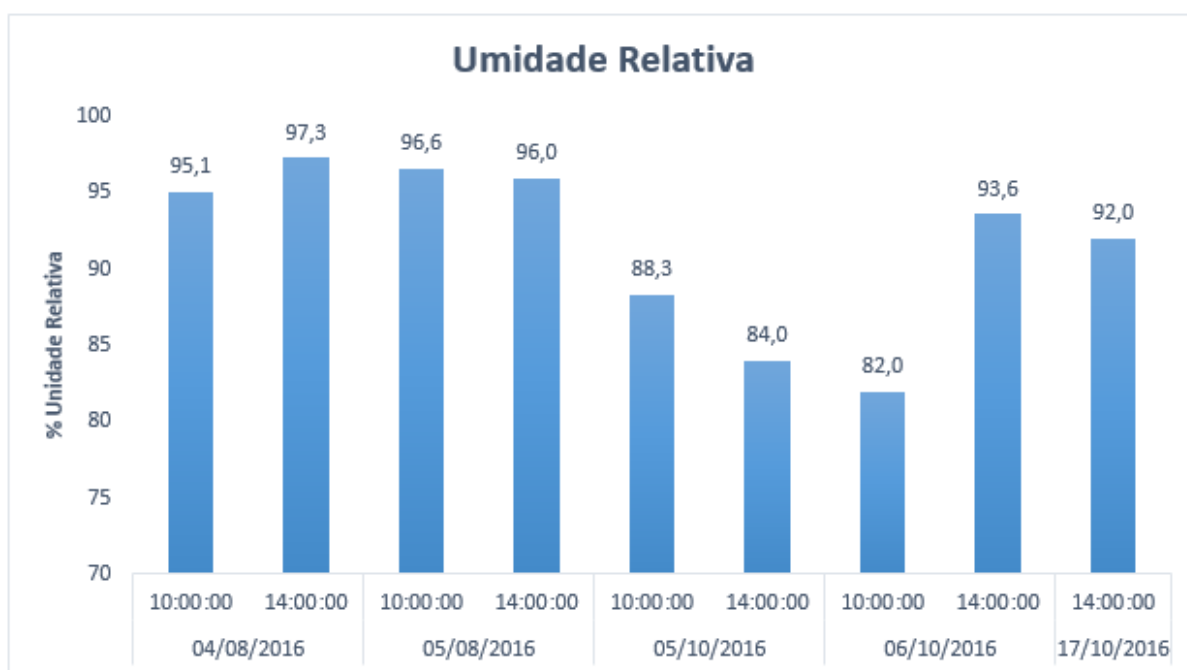


Figura 11 - Gráfico de umidade relativa
Fonte: Autor (2016)

Desta forma, pode-se observar que a umidade relativa no ambiente está acima dos dados mencionados acima para conforto térmico do corpo humano. Pois

a umidade relativa acima de 80%, prejudica o sistema de evaporação do suor, reduzindo a perda de calor do organismo.

4.2 MONITORAMENTO DA TEMPERATURA EFETIVA

De acordo com a NR-17, para se ter conforto térmico, a temperatura efetiva deve estar entre um intervalo de 20°C a 23°C. Sendo assim, realizou-se as medições de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido e velocidade do ar do ambiente em análise, como segue na tabela 7 e posterior cálculo da temperatura efetiva, com a utilização do diagrama de temperatura efetiva.

Tabela 7 - Dados coletados no posto de trabalho

Data	Hora da coleta	Termômetro de Bulbo Seco (°C)	Termômetro de Bulbo Úmido (°C)	Velocidade do ar (m/s)	Temperatura Efetiva (°C)
04/08/2016	10:00	17,4	16,9	0,0	17,1
04/08/2016	14:00	18,6	18,3	0,0	18,1
05/08/2016	10:00	20,5	20,1	0,0	20,0
05/08/2016	14:00	22,6	22,2	0,0	22,1
05/10/2016	10:00	18,6	17,3	0,0	18,2
05/10/2016	14:00	22,1	20,1	0,0	21,2
06/10/2016	10:00	24,1	21,8	0,0	22,8
06/10/2016	14:00	17,8	17,1	0,0	17,5
17/10/2016	14:00	32,5	31,4	0,0	31,5

Fonte: Autor (2017)

Com dos dados obtidos, foi possível observar que assim como o IBUTG, a temperatura efetiva sofre alterações significativas entre as medições. Se compararmos a 1ª medição em 04/08/2016 com a última do dia 17/10/16, a variação de temperatura no ambiente é de 84,2%, caracterizando novamente que o ambiente não possui um controle efetivo de temperatura, ficando exposto as alterações climáticas.

Sendo assim, a figura 12 demonstra o valor médio de temperatura efetiva em comparação aos limites definidos na NR-17.

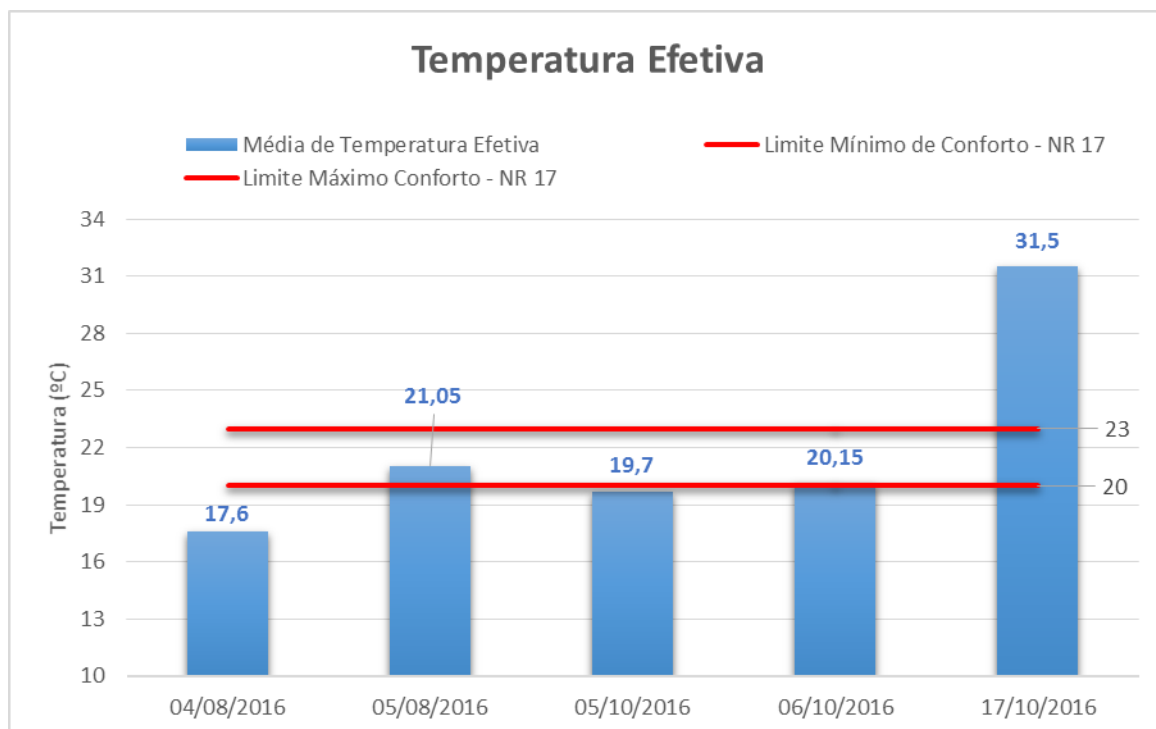


Figura 12 - Gráfico de temperatura efetiva
Fonte: Autor (2017)

Conforme pode ser observado na figura 12, apenas nos dias 05/08/16 e 06/10/16 a temperatura efetiva estava dentro dos limites de conforto térmico, estabelecidos pela NR-17, já no dia 04/08/16 a temperatura efetiva estava abaixo do limite e no dia 17/10/16 o valor estava muito acima do que é estabelecido nesta normativa.

4.3 PROPOSTAS DE MELHORIA

Para melhorar a temperatura ocupacional e o conforto térmico no ambiente analisado, propõe-se as seguintes melhorias:

- Pintura do telhado e das paredes externas com tinta refletiva;
- Inclusão de um sistema de exaustão, além dos eólicos já existentes;
- Instalação de manta térmica aluminizada, na cobertura para redução do calor radiante proveniente do telhado.

4.4 RECOMENDAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Recomenda-se para os estudos futuros a implementação das propostas de melhoria, e por conseguinte nova avaliação do conforto térmico, para verificar se o ambiente permanece com uma temperatura de IBUTG mais constante, durante toda a jornada de trabalho e a aplicação de um questionário de satisfação junto aos trabalhadores e o monitoramento térmico de toda a jornada de trabalho.

Recomenda-se ainda que os testes sejam realizados nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, historicamente meses mais quentes no sul do Brasil.

Outro ponto que pode ser avaliado é com relação ao investimento necessário para toda a implementação destas melhorias e consequentemente o seu tempo de retorno.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da análise térmica realizada no setor produtivo de fabricação de luvas e mangas de segurança para proteção individual, foi possível identificar que os índices de IBUTG, estão de acordo na maior parte dos dados obtidos, com a NR-15 Anexo 3, ou seja, o ambiente de trabalho é salubre. No entanto, os dados coletados no dia 17/10/16 apresentam temperatura de IBUTG interno acima do limite estabelecido pela NR-15 de 26,7°C para trabalho contínuo, com valor de 32,1°C, ou seja, o ambiente interno é considerado insalubre, não sendo permitido o trabalho, sem adoção de medidas adequadas de controle. Sendo assim, pode-se concluir que dependendo das condições climáticas externas, o ambiente produtivo pode ser salubre ou insalubre.

Com relação ao conforto térmico estabelecido na NR-17, pode-se concluir que assim como os índices IBUTG, a temperatura efetiva também sofre oscilações significativas, ou seja, apresenta valores 12% abaixo do limite mínimo em seu menor ponto de medição e 36,95% acima do limite máximo em seu maior ponto de medição, conforme estabelecido por esta norma, o que compromete o conforto térmico do trabalhador durante a sua jornada de trabalho.

Dessa forma, para se adequar a legislação vigente e não depender das condições climáticas externas para se ter um ambiente salubre, recomenda-se a implementação das melhorias propostas.

Vale ressaltar que outro ponto que merece atenção por parte da empresa, se refere a umidade relativa, que de acordo com os dados está acima dos limites consideráveis adequados para o conforto térmico do organismo. No entanto, este problema também poderá ser resolvido, com a implementação de um sistema de ventilação, que promova a renovação do ar do ambiente e conseqüentemente a sensação de conforto térmico para os trabalhadores.

Em consequência disso, melhorar a produtividade, pois segundo a bibliografia pesquisada os níveis de conforto térmico influenciam de modo decisivo no rendimento do trabalhador e até causar doenças devido a exposição ocupacional ao calor.

REFERÊNCIAS

ABERGO. **Associação Brasileira de Ergonomia**. Disponível em: <www.abergo.org.br>. Acesso em: 12 dez. 2016

AYRES, Dennis de Oliveira, CORRÊA, José Aldo Peixoto. **Manual de prevenção de acidentes do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2011

BARBIERO, Miriam. **Avaliação das percepções quanto ao ambiente térmico em uma indústria metalúrgica**: um estudo de caso. Porto Alegre, 2004

BRASIL. NR 01 – **Disposições Gerais**. MTE, 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR1.pdf>. Acesso em: 25/02/17.

BRASIL. NR 07 – **Programa de controle médico de saúde ocupacional**. MTE, 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>. Acesso em: 25/02/17

BRASIL. NR 09 – **Programa de prevenção de riscos ambientais**. MTE, 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR9.pdf>. Acesso em: 25/02/17

BRASIL. NR 15 – **Atividades e operações insalubres**. MTE, 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO3.pdf>. Acesso em 25/02/17

BRASIL. NR 17 – **Ergonomia**. MTE, 2017. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR17.pdf>

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**: uma visão abrangente da moderna administração das organizações. 7ª ed rev. e atual. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

COELHO, João Batista Soares; ANTUNES JR, José Antônio Valle; LEIS, Rodrigo Pinto. **Sistema de Produção enxuto e sistema sócio-técnico**: Impacto na organização do trabalho em uma empresa de medidores de energia. Rio de Janeiro, 2007.

CORRÊA, Henrique; CORRÊA, Carlos. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 1ª Edição. São Paulo: Atlas S.A, 2004.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: Manual técnico da máquina humana. Vol 1. Belo Horizonte: Ergo editora, 1995.

COSTA, Ennio Cruz da. **Física aplicada à construção**: Conforto térmico. 3 ed. São Paulo: Blucher, 1974.

CORRÊA, Henrique; CORRÊA, Carlos. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2ª ed. São Paulo: Atlas S.A, 2007.

COHEN, Barbara Jason; WOOD, Dena Lin. O corpo humano na saúde e na doença. 9 ed. Memmler, 2012.

DAVIS, Mark; AQUILANO, Nicholas; CHASE, Richard. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3ª Edição. São Paulo: Bookman, 2001.

DENNIS, Pascal; **Produção Lean Simplificada**: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**: arquitetura, urbanismo. 5ª Edição. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNDACENTRO. **Introdução à higiene ocupacional**. São Paulo:2004

GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8ª Edição. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: Projeto e Produção. 2ª Edição. São Paulo: Editora Blucher, 2005.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 3ª Edição. São Paulo: Editora Saraiva, 1998.

MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2ª Edição rev. e aum. e atual São Paulo: Editora Saraiva, 2005..

MORAES, Anamaria de; MONT'ALVÃO, Claudia. **Ergonomia: Conceitos e Aplicações**, 4ª ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2010

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração de produção e operações**. 2ª Edição. rev. e ampliada. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MATTOS, Ubirajara; MÁSCULO, Francisco. **Higiene e segurança do trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier / Abepro, 2011

MIGUEL, Alberto Sérgio S. R. Manual de higiene e segurança do trabalho. Porto Editora, 2012.

NUNES, Rogério da Silva; CAIXETA, Douglas Rafael Almeida; AZEVEDO, Paolo; CAROBREZ, Bruno Gonçalves. **A experiência sócio-técnica no ambiente de produção**: uma discussão acerca do volvismo. Rev. adm. UFSM, Santa Maria, v.2,n.2 p.235-249, 2009.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997

PAIVA, Ely Laureano; CARVALHO JR, José Mário de; FENSTEISEIFER, Jaime Evaldo. **Estratégias de produção e de operações**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

PONZETTO, Gilberto. **Mapa de riscos ambientais**: NR-05. 2 ed. São Paulo: LTr, 2007

RIO, Rodrigo Pires do. **Ergonomia**: fundamentos da prática ergonômica. 2 ed. Belo Horizonte: Editora Health, 1999.

RUAS, Álvaro César. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. Fundacentro, 1999.

RUAS, Álvaro Cesar. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. Unicamp, 2002

SALIBA, Tuffi Messias. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional**. 4 ed. São Paulo: LTr, 2011.

SHARMA, Anand; MOODY, Patricia. **A máquina perfeita**: como vencer na nova economia produzindo com menos recursos. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHERWOOD, Lauralee. **Fisiologia humana**: das células aos sistemas. 7 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

SILBERNAGL, Stefan; DESPOPOULOS, Agamemnon. **Fisiologia**. 7 ed revisada. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SESI. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais**: manual SESI. Brasília: SESI/DN, 2007

SESI. **Manual de segurança e saúde no trabalho**: Indústria da construção civil. São Paulo: Sesi, 2008.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

STEVERSON, William. **Administração das operações de produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001

TORTORA, Gerald J. Derrickson Bryan. **Corpo Humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8ª ed. Porto Alegre: Artemed, 2012.

VERDUSSEN, Roberto. **Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho**. Rio de Janeiro: LTC, 1978

VERÍSSIMO, Maria Eliza Zanella; MENDONÇA, Francisco de Assis. **Algumas considerações sobre o clima urbano de Curitiba e suas repercussões na saúde da população**. Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT12/elisa_verissimo.pdf

WACHOWICZ, Marta Cristina. **Segurança, saúde e ergonomia**. 2ª ed, rev., atual e ampl. Curitiba: Ibplex, 2012.

WIDMAIER, Eric P; HERSHEL, Raff; STRANG, Kevin T. **Fisiologia humana**: os mecanismos das funções corporais. 12 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013

ANEXO A

NR 15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES - ANEXO N.º 3

LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR

1. A exposição ao calor deve ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" - IBUTG definido pelas equações que se seguem:

Ambientes internos ou externos sem carga solar:

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

Ambientes externos com carga solar:

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

onde:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural

tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco.

2. Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum.

3. As medições devem ser efetuadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida.

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

1. Em função do índice obtido, o regime de trabalho intermitente será definido no Quadro N.º 1.

QUADRO N.º 1

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

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

3. A determinação do tipo de atividade (Leve, Moderada ou Pesada) é feita consultando-se o Quadro n.º 3.

Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com período de descanso em outro local (local de descanso).

1. Para os fins deste item, considera-se como local de descanso ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve.
2. Os limites de tolerância são dados segundo o Quadro n.º 2.

QUADRO N.º 2

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

Onde: M é a taxa de metabolismo média ponderada para uma hora, determinada pela seguinte fórmula:

$$M = \frac{M_t \times T_t + M_d \times T_d}{60}$$

Sendo:

M_t - taxa de metabolismo no local de trabalho.

T_t - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho.

M_d - taxa de metabolismo no local de descanso.

T_d - soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso.

IBUTG é o valor IBUTG médio ponderado para uma hora, determinado pela seguinte fórmula:

$$IBUTG = \frac{IBUTG_t \times T_t + IBUTG_d \times T_d}{60}$$

Sendo:

IBUTG_t = valor do IBUTG no local de trabalho.

IBUTG_d = valor do IBUTG no local de descanso.

T_t e T_d = como anteriormente definidos.

Os tempos T_t e T_d devem ser tomados no período mais desfavorável do ciclo de trabalho, sendo T_t + T_d = 60 minutos corridos.

3. As taxas de metabolismo M_t e M_d serão obtidas consultando-se o Quadro n.º 3.

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

QUADRO N.º 3

TAXAS DE METABOLISMO POR TIPO DE ATIVIDADE

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