

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

RONALD FRED ALVES DE OLIVEIRA

PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO
DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR: ESTUDO DE CASO DA
ATIVIDADE DE MANUTENÇÃO EM LINHAS ENERGIZADAS

JOÃO PESSOA
2009

RONALD FRED ALVES DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR: ESTUDO DE CASO DA ATIVIDADE
DE MANUTENÇÃO EM LINHAS ENERGIZADAS**

Tese submetida à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação do Curso de Engenharia de Produção - PPGEPP da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, como requisito indispensável à obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Produção.

Área de Concentração:	Gestão da Produção
Sub-Área:	Tecnologia, Trabalho e Organizações
Professor Orientador:	Antonio Souto Coutinho, Dr.
Examinador Interno:	Francisco Soares Másculo, Ph.D
Examinador Interno:	Luiz Bueno da Silva, Dr.
Examinador Externo:	Leonardo Salazar Bittencourt, Ph.D
Examinador Externo:	Rômulo Pires Coelho Ferreira, Dr.

O48p Oliveira, Ronald Fred Alves de

Proposta de Complementação do Método de Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor: estudo de caso da atividade de manutenção de linhas energizadas / Ronald Fred Alves de Oliveira - João Pessoa, 2009.

130f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho

Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) PPGEF / Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade Federal da Paraíba – UFPB.

1. Estresse térmico 2. Vestimenta especial de proteção 3. Perda de água 4. Manutenção em linhas energizadas I.Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 65.015.11(043)

RONALD FRED ALVES DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE COMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO CALOR: ESTUDO DE CASO DA ATIVIDADE
DE MANUTENÇÃO EM LINHAS ENERGIZADAS**

Tese apresentada e aprovada em 26 de agosto de 2009, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba, pela banca examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho - UFPB
(Orientador)

Prof. Ph.D. Francisco Soares Másculo - UFPB
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva - UFPB
(Examinador Interno)

Prof. Ph.D. Leonardo Salazar Bittencourt - UFAL
(Examinador Externo)

Prof. Dr. Rômulo Pires Coelho Ferreira – IFAL
(Examinador Externo)

À família e aos amigos.

AGRADECIMENTOS

Serei sempre imensamente grato a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para que esse trabalho pudesse ser realizado: nunca as esquecerei. Pelas omissões que cometerei, antecipadamente peço desculpas.

Aos meus pais, Hill Praxedes de Oliveira e Marinete Alves de Oliveira, sempre presentes em todas as circunstâncias da minha vida. Eles nunca estudaram nada que se relacionasse a estresse térmico. No entanto, eu nunca tive qualquer distúrbio provocado pelo calor (é até possível que tenha tido outros, mas não cabe a eles nenhuma responsabilidade sobre isso).

À minha queridíssima irmã, Hilma Rejane Alves de Oliveira Ramos, professora aposentada da Coordenadoria de Linguagens e Códigos do IFAL pelas traduções, revisões e sugestões. Ela é, sem sombra de dúvida, uma mulher notável.

Aos meus grandes amigos Valdemberg Pessoa e Sandro Beltrão, pela amizade irrestrita, companheirismo, estímulo e pelas incontáveis contribuições acadêmicas. Fizeram por merecer todo o respeito pessoal e profissional que tenho por ambos.

À Companhia Energética de Alagoas (CEAL), que permitiu que essa pesquisa fosse realizada nas suas instalações, e aos seus funcionários de uma forma geral. Reitero aqui o agradecimento especial, já feito em época anterior, aos eletricitistas de linha energizada pelas suas inestimáveis colaborações.

Ao Prof. Dr. Antonio Souto Coutinho, orientador deste trabalho, pelo suporte profissional, consideração, atenção, interesse e disponibilidade. Seu tratamento cordial, o que é uma constante em relação a todos quanto dele se aproximam, e suas palavras de incentivo foram decisivos na execução deste trabalho.

Ao Prof. PhD. Francisco Soares Másculo, Prof. Dr. Luiz Bueno da Silva, Prof. PhD. Leonardo Salazar Bittencourt e ao Prof. Dr. Rômulo Pires Coelho Ferreira,

meus agradecimentos pelo interesse e profissionalismo demonstrados. Não vislumbro nenhuma possibilidade de ter sido mais bem assistido durante as fases do trabalho.

“Todo o meu intuito era conquistar a certeza e rejeitar a terra movediça e a areia para encontrar a rocha e a argila. O que me deu muito bom resultado, pois que, procurando descobrir a falsidade e a incerteza das proposições que examinava – não por meio de fracas conjecturas, mas com raciocínios claros e seguros –, não encontrava nenhuma tão duvidosas das quais não tirasse sempre alguma conclusão bastante certa, quando mais não fosse a de não conter ela nada de certo”.

René Descartes

RESUMO

Esta tese teve como objetivo propor uma complementação, com caráter proativo, ao método e aos procedimentos de avaliação da exposição ocupacional ao calor previstos nas normas NR-15/1978 e NHO 06/2002, respectivamente. A população escolhida para este estudo de caso foi aquela composta pelos eletricitistas da turma de manutenção de linhas energizadas ao potencial, na tensão de 69 kV, da Companhia Energética de Alagoas (CEAL). O objetivo principal foi alcançado através das medidas das variáveis climáticas (temperatura de bulbo seco, de bulbo úmido natural, de globo e da velocidade do ar), do cálculo do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), da estimativa das variáveis pessoais (taxa de metabolismo e isolamento térmico das vestes utilizadas quando do desenvolvimento das atividades), da apuração da taxa de perda de peso provocada pela realização das tarefas e da avaliação através da Norma ISO 7933/89. Além das medidas efetuadas, houve a confrontação de diferentes normas (ISO 7243/89; ISO 7933/89; ISO 8996/90; ISO 7730/94; ISO 9920/95) e recomendações (ABHO/98) relacionadas à matéria, de tal forma que as lacunas existentes nas normas brasileiras que regem o assunto pudessem ser preenchidas. Uma das principais constatações obtidas com as avaliações que integram esta pesquisa diz respeito à significativa perda hídrica por hora de trabalho a que pode ser submetido o organismo do trabalhador, quando a realização das tarefas exige a utilização de vestimentas especiais de proteção. Quando essa perda hídrica suplanta os limites especificados na Norma ISO 7933/89, é razoável concluir, com base nesta norma, que poderão ocorrer conseqüências fisiológicas danosas à saúde do trabalhador. Sobre essa abordagem específica os documentos legais brasileiros são omissos. Dos regimes de trabalho previstos pela NR-15/1978, o que reflete as condições mais amenas em relação à insalubridade é aquele que permite que as tarefas sejam executadas de forma contínua. Em uma das situações de trabalho avaliadas com a simples utilização do IBUTG, o regime de trabalho definido foi contínuo. No entanto, essa mesma situação de trabalho quando avaliada com base na Norma ISO 7933/89 exige que a execução das tarefas seja interrompida depois de transcorridos aproximadamente 30 minutos do seu início, como forma de limitar a acumulação de calor no organismo. Para que este último

requisito de proteção seja contemplado pela NR-15/1978, há necessidade de que o IBUTG utilizado na avaliação avance de 26,7°C, valor que define a possibilidade das tarefas serem realizadas de forma contínua, até, pelo menos, 28,1 °C, que é o limite inferior da faixa que define a pausa depois de transcorridos 30 min (trinta minutos) do início da execução das tarefas. Como a diferença entre aqueles IBUTG's é de 1,4 °C, este é o valor que deverá ser adicionado ao IBUTG lido/apurado, como forma de se compensar os efeitos provocados pelas vestes. Além de providenciar as pausas, outro resultado significativo da avaliação pela Norma ISO 7933/89 é a limitação do tempo de exposição em função da perda de água. A jornada máxima de trabalho, para todas as situações avaliadas, foi estipulada em 300 minutos (5 horas). Os resultados da pesquisa devem ser entendidos como restritos às condições climáticas e pessoais descritas no presente trabalho, podendo servir, no entanto, de balizamento para que se procure especificar condições adequadas de execução das atividades laborais em situações distintas daquelas avaliadas.

Palavras-chave: Estresse térmico. Vestimenta especial de proteção. Perda de água. Manutenção em linhas energizadas.

ABSTRACT

This thesis had the objective of proposing a complementation, with proactive character, to method and procedures of evaluation concerning occupational exposure to heat predicted in the norms NR-15/1978 and NHO 06/2002, respectively. The electricians of the maintenance team of energized lines at potential, in tension of 69 kV, from Companhia Energética de Alagoas (CEAL) composed the group of workers monitored. The main objective was achieved by measuring climate variables (dry bulb temperature, natural wet bulb temperature, globe temperature and air speed), calculating Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), estimating personal variables (metabolism rate and thermal isolation of clothing being used at the time of work development), investigating weight loss rate caused by work accomplishment and evaluating through Norm ISO 7933/89. Besides measures, it was made a comparison between different norms (ISO 7243/89; ISO 7933/89; ISO 8996/90; ISO 7730/94; ISO 9920/95) and recommendations (ABHO/98) in order to fill any gaps still remaining in Brazilian norms that rule the subject. One of the main assumptions proved through the evaluations is related to the significant water loss the worker is submitted every working hour, when work accomplishment demands the use of special protective clothing. When water loss exceeds the limits specified in the Norm ISO 7933/89, it is reasonable to conclude that physiological consequences harmful to worker's health may occur. Considering that specific approach, Brazilian legal documents fail. From the working regimes specified in NR-15/1978, the one that admits the work may be performed continuously shows the most agreeable conditions in relation to insalubrity. In one of the working situations examined simply with the use of WBGT, the working regime defined was continuous. However, when based on Norm ISO 7933/89, that same working situation demands that work execution should be interrupted after approximately 30 (thirty) minutes from the beginning, as a way of limiting heat accumulation in the body. For the latter protection requirement may be considered by NR-15/1978, it is necessary that WBGT index moves from 26,7° C, value that defines the work is likely to be executed continuously, at least to 28,1° C, which is the low limit of the range that defines a pause after 30 (thirty) minutes from the very beginning of work execution. As the difference between

the above-mentioned WBGT's is 1,4° C, this is the value that should be added to WBGT index acquired, as a way of compensating the effects produced by the clothing. Besides the pauses provided, another significant result of the evaluation according to Norm ISO 7933/89 is time limitation of exposure due to water loss. The maximum of a day's work for all the situations investigated was stipulated in 300 (three hundred) minutes (five hours). The results of the research should be understood as restricted to climate and personal conditions described in the present paper. Yet, they may serve as a demarcation in order to specify proper conditions of execution of labor activities in situations distinct from the ones examined.

Key-words: Thermal stress. Protection special clothing. Water loss. Maintenance in energized lines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manutenção em barramento de 69 kV	48
Figura 2 - Organização do trabalho no campo	83
Figura 3 - Posicionamento do equipamento Termômetro de Globo	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação do Índice	92
Gráfico 2 - Variação do Índice	93
Gráfico 3 - Variação do Índice	94
Gráfico 4 - Variação do Índice	95
Gráfico 5 - Variação do Índice	96
Gráfico 6 - Taxa de Perda de Peso Limite x Taxas de Perda de Peso Verificadas	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade	54
Quadro 2 - Regime de trabalho em função do IBUTG e do tipo de atividade.....	55
Quadro 3 - Regimes de Trabalho	96
Quadro 4 - Relatório ANALYSIS CST - EL1	97
Quadro 5 - Relatório ANALYSIS CST - EL2	98
Quadro 6 - Relatório ANALYSIS CST - EL3	98
Quadro 7 - Relatório ANALYSIS CST - EL4	99
Quadro 8 - Relatório ANALYSIS CST - EL5	100
Quadro 9 - Tempos máximos de exposição	100
Quadro 10 - Peso, perda de peso, intervalo de tempo e taxa de perda de peso....	101
Quadro 11 - Tempo máximo de exposição em função da perda de água	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valor médio, desvio padrão e intervalo de classe.....	63
Tabela 2 - Classificação dos riscos relativos às síndromes induzidas pelo calor	70
Tabela 3 - Valores de referência para diferentes critérios de estresse térmico e disfunções orgânicas	72
Tabela 4 - Variáveis medidas e dados complementares	90
Tabela 5 - Taxas de perda de peso mais elevadas	90
Tabela 6 - EL1 - dia 07/05/2002-manhã	91
Tabela 7 - EL2 - dia 07/05/2002-tarde	92
Tabela 8 - EL3 - dia 09/05/2002-manhã	93
Tabela 9 - EL4 - dia 13/05/2002-manhã	94
Tabela 10 - EL5 - dia 13/05/2002-tarde	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABHO -	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ABINEE -	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABNT -	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH -	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
ASHRAE -	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
CCON -	Comitê Coordenador de Operações Norte/Nordeste
CEAL -	Companhia Energética de Alagoas
CF -	Constituição Federal
CLT -	Consolidação das Leis do Trabalho
CNI -	Confederação Nacional da Indústria
EDF -	Électricité de France
ELETROBRÁS –	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
FUNDACENTRO –	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
IBUTG -	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
INMETRO -	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO -	International Organization for Standardization
NHO -	Norma de Higiene Ocupacional
NHT -	Norma de Higiene do Trabalho
NR -	Norma Regulamentadora
NRR -	Norma Regulamentadora Rural
OIT -	Organização Internacional do Trabalho
USP -	Universidade de São Paulo
WBGT -	Wet Bulb Globe Temperature

LISTA DE SÍMBOLOS

A_{Du}	Área superficial do corpo (DuBois), [m^2]
C	Convecção na pele, [W/m^2]
C_{res}	Convecção respiratória, [W/m^2]
D_{max}	Perda máxima de água, [Wh/m^2]; [g]
E	Evaporação na pele, [W/m^2]
E_p	Taxa de evaporação esperada, [W/m^2]
E_{res}	Evaporação respiratória, [W/m^2]
E_{req}	Taxa de evaporação requerida, [W/m^2]
E_{max}	Evaporação máxima, [W/m^2]
f_{cl}	Fator de área da vestimenta, [adimensional]
F_{cs}	Fator de redução de calor sensível, [adimensional]
F_{cl}	Fator de redução de calor latente, [adimensional]
h_c	Coeficiente de convecção, [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]
h_r	Coeficiente de radiação, [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]
I_{cl}	Índice de isolamento térmico da vestimenta, [clo] ; [$m^2 \text{ } ^\circ C/W$]
M	Metabolismo ($\equiv$ Atividade), [W/m^2]
$p \equiv m$	Peso, [kg]
P	Pressão atmosférica, [kPa]
P_v	Pressão parcial do vapor d'água, [kPa]
P_{vsp}	Pressão parcial de vapor saturado à temperatura da pele, [kPa]
Q_{max}	Quantidade máxima de calor acumulado no corpo, [Wh/m^2]
R	Radiação na pele, [W/m^2]
R_v	Resistência térmica das vestes, [$m^2 \text{ } ^\circ C/W$]
S	Saldo de calor armazenado no corpo, [W/m^2]
SW_{max}	Taxa máxima de sudorese requerida, [W/m^2] ; [g/h]
SW_{req}	Taxa de sudorese requerida, [W/m^2]
SW_p	Taxa de sudorese esperada, [W/m^2]
t_o	Temperatura de orvalho, [$^\circ C$]

t_p	Temperatura da pele, [°C]
$t \equiv t_{bs}$	Temperatura de bulbo seco, [°C]
t_g	Temperatura de globo, [°C]
$t_u \equiv t_{bn}$	Temperatura de bulbo úmido natural, [°C]
t_{rm}	Temperatura radiante média, [°C]
T	Trabalho útil, [W/m ²]
TME_A	Tempo máximo de exposição, [min]
TME_C	Tempo máximo de exposição, [min]
V	Velocidade do ar, [m/s]
V_{ar}	Velocidade relativa do ar, [m/s]
w_{max}	Máxima umidade da pele, [adimensional]
w_{req}	Fração de pele molhada requerida, [adimensional]
w_p	Fração de pele molhada esperada, [adimensional]
l	Altura, [m]
η	Eficiência mecânica, [adimensional]
γ_{req}	Eficiência da evaporação requerida, [adimensional]

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO	21
CAPÍTULO I - ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA	23
1.1 Introdução	23
1.2 Justificativas da Pesquisa	28
1.3 Objetivos	35
1.3.1 Objetivo Geral.....	35
1.3.2 Objetivos Específicos	36
1.4 Hipóteses de Trabalho	36
1.4.1 Hipótese Geral.....	36
1.4.2 Hipóteses Específicas	37
1.5 Universo da Pesquisa	37
1.5.1 Subestação Seccionadora/Transformadora	37
1.5.2 Delimitação e Limitação da Pesquisa	38
1.6 Contribuições do Trabalho	39
CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	40
2.1 Saúde Ocupacional – Breve Resumo Histórico	40
2.2 A Importância da Manutenção nos Sistemas de Transmissão	42
2.3 Principais Características da Manutenção em Linhas Energizadas	45
2.4 Insalubridade – Aspectos Legais	49
2.5 Insalubridade Térmica e Regime de Trabalho	52
2.6 Interação Térmica entre o Homem e o Meio Ambiente	56
2.7 Balanço Térmico do Corpo Humano.....	57
2.8 Calor e Estresse Térmico.....	68
2.9 Normas de Referência, Índices e Recomendações	70
2.9.1 Norma ISO 7243/1989.....	70
2.9.2 Norma ISO 7933/1989.....	71
2.9.3 Norma Regulamentadora N° 15 (NR-15).....	75
2.9.4 Norma de Higiene Ocupacional (NHO 06).....	77

2.10	Da Inadequabilidade Parcial da NR-15 e da NHO 06.....	77
	CAPÍTULO III - METODOLOGIA.....	80
3.1	Variáveis Investigadas	80
3.2	Fases da Pesquisa.....	81
3.3	Caracterização do Ambiente Pesquisado e do Universo da Pesquisa	82
3.3.1	Subestação do Tabuleiro dos Martins	82
3.3.2	Universo da Pesquisa.....	82
3.4	Dados da Pesquisa.....	83
3.5	Coleta dos Dados	84
3.5.1	Dados Primários	84
3.5.2	Dados Secundários	86
3.6	Ordenamento e Tratamento dos Dados.....	88
3.7	Análise e Interpretação dos Dados	88
	CAPÍTULO IV - ESTUDO DE CASO – RESULTADOS.....	89
4.1	Dados Coletados	89
4.2	Avaliação Segundo as Normas NR-15 e NHO 06	96
4.3	Avaliação Segundo a Norma ISO 7933	97
4.4	Perda de Peso Verificada após a Execução das Atividades.....	101
	CAPÍTULO V - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	103
5.1	Conclusões	103
5.2	Sugestões para Trabalhos Futuros.....	108
	REFERÊNCIAS.....	110
	APÊNDICE A	119
	Questionário sobre Conforto e Aceitabilidade Térmica.....	119
	APÊNDICE B	124
	Questionário sobre Estilo de Vida	124
	APÊNDICE C	128
	Quadro 1: Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade.....	128

APÊNDICE D	129
Quadro 2: Regime de Trabalho em Função do IBUTG e do Tipo de Atividade	129
APÊNDICE E	130
Tabela 2: Valores de Referência para Diferentes Critérios de Estresse Térmico e Disfunções Orgânicas	130

APRESENTAÇÃO E ESTRUTURA DO TRABALHO

"Só fazemos melhor aquilo que repetidamente insistimos em melhorar. A busca da excelência não deve ser um objetivo e, sim, um hábito".

Aristóteles

Esta Tese teve como finalidade satisfazer uma das exigências para obtenção do título de Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

A pesquisa aqui retratada está estreitamente relacionada à Segurança e Saúde Ocupacional, uma área sobre a qual diversos autores têm se debruçado, em função da sua íntima relação com o bem estar geral do trabalhador e, conseqüentemente, com a saúde das empresas. Ela é fruto também da necessidade de que cada vez mais se aprimorem os mecanismos de proteção relacionados àqueles que desempenham atividades laborais, cujas peculiaridades nem sempre são claramente percebidas pela sociedade à qual pertencem.

Nesse sentido, essa Tese está estruturada em **cinco capítulos** que são resumidamente descritos a seguir e que devem, de acordo com o entendimento acerca de trabalhos que possuem essa finalidade, modelar as ações necessárias à consecução dos objetivos pretendidos, além de comunicar as aspirações do autor.

No **primeiro capítulo**, que trata da investigação propriamente dita, é delineado o **tema** e apresentado o **problema**, ou a questão, que a pesquisa deve responder. Ele também é destinado à apresentação das **justificativas**, dos **objetivos**, tanto o geral quanto os específicos, e das **hipóteses** formuladas sobre o problema.

A introdução nele contida se presta ao desenvolvimento das idéias iniciais a respeito da problemática abordada, à demonstração da relevância do tema e ao esclarecimento de alguns outros aspectos motivacionais relacionados à questão em destaque. Ainda nesse capítulo, uma confrontação inicial das normas e recomendações internacionais permite que seja trazida à luz a inadequabilidade

parcial das normas brasileiras em relação à avaliação ocupacional ao calor. A clareza e firmeza dos argumentos deverão sustentar a relevância do trabalho realizado. Finalmente, encerra-se o capítulo delineando-se o universo da pesquisa e listando-se os fatores limitantes e as contribuições que o trabalho pretende proporcionar.

O segundo capítulo que compõe o trabalho é destinado à **revisão da literatura**. Nele são abordados alguns aspectos históricos relevantes relacionados à saúde ocupacional, ao mesmo tempo em que se expõe o arcabouço legal que trata da insalubridade em ambientes de trabalho. A ênfase recai na questão da sobrecarga térmica, ou insalubridade por calor, presente no ambiente de trabalho em que são desenvolvidas as atividades de manutenção em linhas energizadas.

Ainda nesse capítulo, enfatiza-se a importância da manutenção dos sistemas de transporte de energia elétrica, os aspectos relativos à organização e a segurança do trabalho de manutenção em linhas energizadas, a interação térmica do homem com o meio ambiente, os mecanismos de termorregulação, as variáveis climáticas e pessoais, além de uma discussão sobre a pertinência dos índices de sobrecarga térmica, ou estresse térmico, na avaliação de atividades em que são necessárias vestimentas especiais e/ou equipamentos de proteção individual.

O terceiro capítulo é destinado à apresentação da metodologia empregada na investigação. Nele estão descritas as fases que compuseram a investigação e os detalhes que cercaram a coleta de dados relacionados às condições ambientais e pessoais. Destacam-se as rotinas empregadas, tanto na estimativa da taxa de metabolismo, quanto na apuração da perda de peso dos eletricitistas.

No quarto capítulo são listados os dados coletados e apresentados os resultados das avaliações efetuadas com a utilização da Norma Regulamentadora N° 15 (NR-15/1978) e Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06/2002), conjuntamente, e da norma ISO 7933/89.

O quinto capítulo se presta a expor as conclusões e recomendações originadas da pesquisa. Nele é ratificada a inadequabilidade da aplicação pura e simples da NR-15/1978 e da NHO 06/2002 na avaliação ocupacional ao calor.

Ao final são listadas as **Referências**.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GERAIS DA PESQUISA

“A fé é a certeza que se sobrepõe à dúvida e a repele, o seu reino é o da verdade acabada e do absoluto definitivo; a ciência é, por definição, o questionamento permanente, a consciência da incompletude, o território da dúvida em busca de novas respostas que vão ao encontro de mais dúvidas”.

Jânio de Freitas

1.1 Introdução

É cada vez mais intensa a dependência da sociedade moderna em relação à energia, nas suas mais diferentes formas, seja ela utilizada para o trabalho, o conforto ou para o lazer. Essa dependência mostra-se bastante acentuada quando verificamos as implicações provocadas, por exemplo, pela interrupção no fornecimento de energia elétrica, que acaba influenciando negativamente diversas circunstâncias presentes diariamente na vida de inúmeros cidadãos, tais como o deslocamento vertical em edificações, o trânsito em vias rodoviárias e em instalações que foram projetadas com exigências de climatização permanente para atender requisitos de conforto térmico.

“A diversidade de aplicações e o alto rendimento com que é transformada em outras formas de energia conferem à energia elétrica uma participação alta e crescente no consumo de energia no Brasil e no mundo” (PESSOA, 2001, p. 2). Não sem motivo, uma das formas de se analisar o grau de desenvolvimento de uma nação, ou a possibilidade de ampliação do seu parque industrial e da capacidade de produção, é função do consumo *per capita* de energia elétrica e das taxas de crescimento desse consumo (FUCHS, 1979, p. 1).

O desenvolvimento do parque industrial brasileiro e o acesso de uma parcela cada vez maior da população a produtos eletro-eletrônicos têm provocado um aumento na demanda por energia elétrica. Verifica-se também um incremento na utilização, por exemplo, de sistemas informatizados, tanto em operações cotidianas, tais como o pagamento de faturas e a transferência de valores, quanto em atividades com maior grau de complexidade e requisitos de segurança, como o controle do tráfego aéreo, os sistemas controladores do fluxo rodoviário e a supervisão de processos industriais, dentre outros.

Um sistema elétrico de potência é um conjunto de instalações cuja função é a geração, o transporte e a distribuição de energia elétrica. Dada à natureza não estocável da energia elétrica nas linhas de transmissão, toda a energia elétrica produzida nas estações geradoras é imediatamente disponibilizada para atender a solicitação das cargas existentes no sistema.

A saída de funcionamento de uma parte de um sistema de potência pode provocar um verdadeiro caos nas grandes cidades e se refletir em locais relativamente distantes do ponto original onde o evento ocorreu, devido à interligação existente entre as diversas malhas regionais que compõem esse sistema.

Os reflexos provocados pela interrupção do fornecimento de energia elétrica, na economia e na segurança, esta última tanto pessoal quanto patrimonial, podem ser facilmente constatados, principalmente se o tempo de interrupção for relativamente longo. Tome-se como exemplo as plantas industriais que processam e/ou geram produtos perecíveis que devem ser acondicionados em câmaras frigoríficas. Os prejuízos advindos da falta de energia elétrica por longo tempo tanto podem se referir à matéria prima quanto ao produto acabado.

A demanda crescente por energia elétrica e o nível de exigência dos clientes das concessionárias têm solicitado cada vez mais dessas empresas uma maior atenção em relação à manutenção de caráter preditivo, de maneira a propiciar um fornecimento de energia elétrica segundo padrões adequados de **continuidade**, confiabilidade e economicidade (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRÁS, 1998, p. 6).

Observa-se que para garantir o fornecimento de energia elétrica no que se refere à continuidade, as empresas que fornecem esse insumo têm cada vez mais demonstrado uma maior preocupação em desenvolver constantes aperfeiçoamentos

das técnicas de manutenção utilizadas, visando reduzir ao mínimo possível o tempo das interrupções do serviço.

Uma das técnicas utilizadas na manutenção dos sistemas de fornecimento de energia elétrica, com o objetivo de diminuir o número de desligamentos e, conseqüentemente, **melhorar o atributo continuidade**, é a manutenção nesses sistemas com a linha energizada. Esses serviços, também denominados de manutenção em linha-viva, são realizados por turmas compostas de eletricitas especialmente treinados que utilizam equipamentos, métodos de trabalho e procedimentos especificamente desenvolvidos para essa finalidade.

Segundo o Comitê Coordenador de Operações Norte/Nordeste (CCON), são três os possíveis métodos de trabalho que podem ser adotados nesse tipo de manutenção, a saber: método à distância, método ao potencial e método misto (ELETROBRÁS, 1998, p. 43).

Os dois últimos métodos de trabalho citados – ao potencial e misto - requerem que o eletricista envolvido diretamente na realização das tarefas utilize uma vestimenta especial, denominada de **vestimenta condutiva**, que é utilizada sobre as vestes usuais de trabalho. A utilização desta vestimenta especial, aliada ao fato de estar isolado das outras partes do circuito, é que permite que o eletricista, mesmo estando conectado ao potencial existente na área de trabalho, permaneça blindado eletricamente.

A execução desse tipo de manutenção depende, dentre outros fatores, de **condições climáticas favoráveis** definidas através da umidade relativa do ar, velocidade do vento e da ausência de nuvens que possam gerar chuvas, névoa ou neblina densa, **sendo os trabalhos realizados geralmente com céu limpo e radiação solar intensa**.

De acordo com os relatórios referentes às intervenções realizadas em linhas energizadas, disponíveis na Gerência Técnica de Linhas (GTL) e Gerência Técnica de Equipamentos (GTE), da Companhia Energética de Alagoas (CEAL), e também de acordo com diversas observações realizadas em campo (OLIVEIRA, 1998, 2002), o tempo necessário à execução dos serviços de manutenção em linha energizada pode variar de alguns minutos a algumas horas. Durante este período, o eletricista fica exposto à radiação solar e, dependendo da necessidade de adoção do método denominado ao potencial, **terá a sua situação térmica agravada** pela utilização da vestimenta especial já citada.

Essas observações realizadas em campo também sinalizaram na direção de um **não atendimento** aos preceitos legais contidos na Norma Regulamentadora Nº 15 (NR 15/1978), que trata da definição do **Regime de Trabalho – Período de Trabalho e de Descanso**, como função do índice de tolerância ao calor – Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133 – 137, grifo nosso).

No Brasil, a utilização do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG) na Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor e, como consequência, na definição do regime de trabalho, tem como objetivo minimizar, controlar ou eliminar as consequências danosas à saúde ocupacional que a exposição a condições térmicas insalubres pode vir a provocar aos indivíduos. É também com base nesse índice que se avalia o direito do trabalhador à percepção do adicional de insalubridade, se o exercício do trabalho se processar acima dos limites de tolerância previstos naquela norma.

É indispensável destacar que **não se encontra na NR-15/1978** nenhuma recomendação a respeito daquelas atividades em que é necessária a utilização de vestuário comum e/ou vestimentas especiais que possuam índices de isolamento térmico diferentes, **para maior**, daquele que deveria ter servido de referência explícita na elaboração do citado dispositivo legal. Com efeito, consultando-se a norma ISO 7243/1989, que trata da estimativa de estresse térmico no trabalhador baseado no IBUTG, verifica-se que um dos seus valores de referência é exatamente o índice de isolamento térmico total das vestes utilizadas.

Qualquer que seja a vestimenta utilizada na realização de uma tarefa, a contribuição dessa à dissipação de calor deve ser levada em consideração na avaliação da sobrecarga térmica. Particularmente, o desenvolvimento de tarefas típicas de manutenção em linhas energizadas submete o electricista a barreiras na dissipação do calor metabólico originadas da utilização das vestimentas usuais, **acrescidas da contribuição da vestimenta especial**.

A partir da edição do Decreto 4.882, de 18 de novembro de 2003, as avaliações ambientais **deverão considerar** a classificação dos agentes nocivos e os limites de tolerância estabelecidos pela legislação trabalhista, bem como a metodologia e os procedimentos de avaliação preconizados pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO), através da Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06).

A NHO 06/2002, por sua vez, estabelece como critério de avaliação que os limites de exposição ocupacional ao calor nela contidos só são válidos “... para trabalhadores sadios, aclimatados, **completamente vestidos com calça e camisa leves**, e com reposição adequada de água e sais minerais” (FUNDACENTRO, 2002, p. 14, grifo nosso). Ela também destaca que “Nas situações em que o trabalhador utiliza Equipamentos de Proteção Individual **ou** roupas especiais, diferenciados daqueles definidos no critério de avaliação estabelecido nesta Norma, poderá ocorrer uma contribuição positiva ou negativa na condição de sobrecarga térmica do trabalhador” (FUNDACENTRO, 2002, p. 30, grifo nosso).

A redação da NHO 06 acima destacada comporta, inicialmente, duas observações. A primeira delas se refere especificamente ao isolamento térmico das vestes. Com efeito, a expressão “calça e camisa leves” pode assumir diversas interpretações, haja vista o seu caráter puramente subjetivo. Desta forma, e num caso extremo, poderemos ter tantos enquadramentos distintos para distintos conjuntos de vestes quanto for o número de pessoas que o estarão fazendo.

A segunda observação diz respeito ao procedimento que deverá ser adotado quando o trabalhador utiliza equipamentos de proteção individual (EPI's) e roupa especial. A norma não se manifesta sobre esta possibilidade, somente contemplando a situação em que o trabalhador **ou** utiliza os EPI's **ou** utiliza roupa especial.

Um outro aspecto de extrema relevância na avaliação do estresse provocado pelo calor durante o desenvolvimento de uma atividade, diz respeito às **perdas hídricas e ao aquecimento corporal** que o organismo humano é capaz de suportar em condições térmicas agressivas. Com efeito, é possível que o organismo se encontre em equilíbrio térmico, mas as custas de uma sudorese excessiva, o que pode provocar perda de líquido além do limite fisiológico tolerável.

Inicialmente podemos apontar como consequência de uma perda hídrica excessiva, a “simples” redução da capacidade de realização de uma tarefa. Um quadro mais agravante em relação à sudorese excessiva seria o desencadeamento de sérios distúrbios provocados pelo calor tais como câimbras, síncope, exaustão e hipertermia (intermação).

A combinação dos fatores relacionados à exposição ao calor, perda de água e eletrólitos e aumento da temperatura corporal (armazenamento de calor) pode culminar com a intermação do corpo humano, podendo esta evoluir para o óbito,

conforme relatado por Fox (1991, p. 350) ao se referir aos 12 (doze) óbitos ocorridos em um intervalo de 3 (três) anos, entre atletas que praticavam futebol americano.

Azevedo e Tsanaclis (1996, p. 5-12) relatam que no Brasil, no período compreendido entre 1955 e 1990, foram registradas 84 mortes relacionadas a hipertermia no futebol e que nos Estados Unidos, no período compreendido entre 1942 e 1944, morreram 198 militares em decorrência de hipertermia.

O índice contido na norma brasileira apresenta-se de forma parcialmente inadequada para apreciar a situação laborativa que está sendo objeto de pesquisa, na medida em que considera para avaliação da exposição ao calor as variáveis ambientais que compõem o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo e uma única variável pessoal, a taxa de metabolismo, **deixando de apreciar a influência negativa da vestimenta na dissipação do calor.**

A incompletude do referido índice e a ausência de normatização mais específica em relação ao índice de isolamento térmico das vestes, aliado ao fato de que perdas hídricas acentuadas e acumulação de calor são fatores extremamente importantes quando se trata de proteger fisiologicamente o organismo humano, justificam a necessidade de se buscar outras metodologias, ou indicadores, que se aproximem mais da realidade em questão.

Uma complementação do método e dos procedimentos prescritos pela NR-15/1978 e pela NHO 06/2002, quando ambos forem utilizados para avaliação da possível existência de estresse térmico a que podem estar submetidos os eletricitistas de linha energizada durante o desenvolvimento da atividade, poderá suprir as lacunas apontadas na legislação, de tal forma que se possa agir **antecipadamente e preventivamente** na preservação da saúde ocupacional do trabalhador.

1.2 Justificativas da Pesquisa

A sociedade moderna tem procurado cada vez mais a melhoria dos seus níveis de informação, conforto e lazer, utilizando-se para essas finalidades de uma grande variedade de produtos eletro-eletrônicos cujos preços unitários têm decrescido ao longo do tempo, função da diminuição dos custos de produção via melhoria da produtividade dos fabricantes.

No período de outubro a dezembro de 2001 houve um incremento da demanda por utilidades domésticas eletroeletrônicas da ordem de aproximadamente 4 % (quatro por cento), se comparado com igual período do ano de 2000. De acordo com a avaliação setorial realizada pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE), o faturamento do setor eletroeletrônico cresceu 10% (dez por cento) no 1º trimestre de 2008 quando comparado com igual período do ano de 2007, o que corresponde a um crescimento real de 8% (oito por cento) (<http://www.abinee.org.br>).

Observa-se que essa característica atual, aliada, por exemplo, ao grande número de operações cotidianas realizadas por sistemas informatizados, vêm solicitando do setor de fornecimento de energia elétrica um padrão elevado de qualidade, particularmente no que diz respeito ao quesito **continuidade**.

A manutenção do fornecimento de energia elétrica com o mínimo possível de interrupções é função da qualidade dos projetos de linhas e redes de transporte de energia, dos materiais empregados e da **manutenção dos diversos componentes do sistema**.

O foco desta pesquisa é exclusivamente em relação ao trabalho de manutenção em linhas energizadas, mais especificamente quanto ao aspecto da interação térmica dos eletricitistas com o meio ambiente e quanto às condições de insalubridade térmica presentes no ambiente laboral, de tal forma que se possa **propor uma complementação ao método e aos procedimentos de avaliação para exposição ocupacional ao calor**.

Essa complementação deverá contemplar, além das condições ambientais e do metabolismo, as condições pessoais não consideradas nas normas brasileiras, quais sejam, o índice de isolamento térmico da vestimenta usual de trabalho e aquele da vestimenta condutiva, além das perdas hídricas e da acumulação de calor no organismo do trabalhador. Desta forma, pretende-se propor uma ferramenta mais eficaz para a avaliação das condições termoambientais e pessoais, aprimorando-se assim as possibilidades de isentar o trabalhador dos efeitos nocivos que a sobrecarga térmica poderia provocar.

A Lei Nº 6.514, de 22 de dezembro de 1997, seção VIII, determina no seu Art. 178 que “as condições de conforto térmico dos locais de trabalho devem ser mantidas dentro dos limites fixados pelo Ministério do Trabalho”. A seção XV, do mesmo diploma legal, que se refere a outras medidas especiais de proteção

determina, através do seu Art. 200, que sejam estabelecidas disposições complementares às normas, especialmente sobre proteção contra insolação, calor, frio, umidade e ventos, **sobretudo no trabalho a céu aberto**, tudo em consonância com o inciso V, Art. 200 da citada lei.

Mesmo que isoladamente, o próprio calor solar pode se constituir em sério problema ocupacional em atividades executadas a céu aberto, como os trabalhos rurais, a construção civil, etc., podendo tais situações ser agravadas em função da época do ano e da área geográfica onde são desenvolvidas as atividades (COX, 1973, p. 684).

Os trabalhos de manutenção em linhas energizadas são executados a céu aberto e, via de regra, sob radiação solar intensa. Apesar de haver previsão em relação ao tempo necessário à realização das diversas tarefas típicas que compõem essa atividade, o estado de conservação dos materiais e equipamentos que integram uma linha de transmissão (LT) ou uma subestação (SE) acabam influenciando no tempo real de execução, sendo esse último geralmente maior do que aquele previsto.

A interrupção do serviço está prevista se, durante a execução dos trabalhos, ocorrer um desligamento, se as condições climáticas se tornarem desfavoráveis ou se **a intervenção tiver que se estender por um período de tempo superior a 4 horas consecutivas sem intervalos para o descanso** (ELETROBRÁS, 1998, p. 60 - 75).

Essa última limitação relacionada à execução das tarefas expõe os eletricitistas envolvidos às condições climáticas e pessoais presentes no ambiente por um tempo que não pode, em princípio, ser antecipado. Desta forma, um ou mais limites de tolerância poderão estar sendo desprezados em função das necessidades do serviço.

Como já anteriormente citado, a norma oficialmente utilizada no Brasil para se investigar a possível existência de sobrecarga térmica no desempenho de uma atividade é NR-15/1978 (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133). Nas avaliações térmicas em ambientes quentes deverão ser considerados, de acordo com o Decreto Federal 4.882, de 18/11/2003, os critérios e os procedimentos contidos na NHO 06/2002 da FUNDACENTRO.

Ambos os documentos citados possuem em comum o fato de determinarem que **o Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo (IBUTG) é o elemento**

oficial que deverá ser utilizado na investigação. Sendo assim, salvo melhor entendimento, não há que se falar em ignorar qualquer daqueles documentos. O que cabe, isto sim, é aproveitar a possibilidade de se complementar as determinações neles contidas com o intuito de se aprimorar o método e os procedimentos ali descritos.

Também em comum é o fato de que a resistência térmica da vestimenta (R_v), ou isolamento térmico da vestimenta (I_{clo}), que serve de referência para aplicação dos métodos, critérios e procedimentos ali descritos tem valor igual a $0,093 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$, equivalente a 0,6 clo. 1 (um) clo corresponde ao isolamento vestimentar necessário para manter o equilíbrio térmico do corpo humano exposto ao ar calmo ($V=0,1 \text{ m/s}$) a uma temperatura de $21 \text{ }^\circ\text{C}$ (AMARAL, 2009).

De acordo com a NR-15/1978, na avaliação à exposição ao calor, tanto em ambientes internos ou externos sem carga solar, quanto naqueles externos com carga solar, o referencial é o Anexo N^o 3 da referida Norma, onde se encontram as equações que permitem obter o valor do Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG), os Limites de Tolerância para exposição ao calor e as Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade, além das alternativas com respeito à organização do trabalho que versam sobre o Regime de Trabalho – período de trabalho e de descanso.

A metodologia de avaliação discriminada na NHO 06/2002 guarda estreita semelhança com aquela definida por Coutinho (2005, p. 239) como sendo o segundo tipo de avaliação da NR-15, qual seja, avaliação pelo limite de tolerância. Registre-se o avanço provocado pelo reconhecimento da NHO 06/2002 também como instrumento oficial de avaliação, na medida em que foi permitido que outros dispositivos de medição das temperaturas de globo, de bulbo úmido natural e de bulbo seco sejam utilizados. Particularmente, a possibilidade de utilização de equipamento eletrônico para determinação daquelas variáveis ambientais anteriormente citadas e do próprio IBUTG veio facilitar a coleta de dados em ambientes de trabalho localizados a céu aberto.

Dados coletados em pesquisa realizada durante o mês de fevereiro de 1998, tanto no período matutino quanto no vespertino, na subestação do Pinheiro, localizada na cidade de Maceió e pertencente à Companhia Energética de Alagoas (CEAL), apontaram valores médios para o IBUTG que variaram no intervalo compreendido entre $27,4 \text{ }^\circ\text{C}$ e $30,3 \text{ }^\circ\text{C}$ (OLIVEIRA, 1998, p. 18 – 22).

Nova pesquisa foi realizada durante o mês de maio de 2002, manhã e tarde, na subestação do Tabuleiro dos Martins, também localizada na cidade de Maceió e também pertencente à CEAL, e os dados coletados apontaram valores médios para o IBUTG que variaram no intervalo compreendido entre 25,9 °C e 28,3 °C (OLIVEIRA, 2002, p. 66 – 71). Também durante essa pesquisa foram apuradas as perdas de peso dos eletricitistas, basicamente perdas hídricas, provocadas pela execução das tarefas nas condições pessoais e ambientais existentes.

Baseado na NR-15/1978 e utilizando-se de uma parte do conjunto de dados citados acima, aliado ao fato de que as atividades de manutenção em linha energizada podem ser classificadas **como de trabalho moderado** (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 135 – 137), e após consultar os Limites de Tolerância da referida Norma, verificou-se, à época, a existência de elementos suficientes para se agir de imediato na organização do trabalho, propondo-se uma modificação no regime de trabalho ao qual deveriam estar submetidos os trabalhadores daquela ocupação.

Não obstante as razões anteriormente elencadas, outros fatores também devem ser considerados no conjunto que auxiliará a caracterização das variáveis envolvidas no balanço térmico do corpo humano (troca de calor entre o homem e meio ambiente), destacando-se o nível de atividade, representado pelo metabolismo, a temperatura radiante média e a **resistência térmica da vestimenta utilizada pelos eletricitistas** - em alguns casos a vestimenta é condutiva, confeccionada em tecido especial, cuja urdidura é feita com fios de fibra sintética não inflamáveis e fios microscópicos de aço inoxidável, **revestido de produto sintético que repele umidade** (ELETROBRÁS, 1998, p. 9).

As vestes exercem influência nas trocas de calor entre a pele e o ambiente, por se comportarem como isolantes térmicos. A redução dessas trocas pode provocar, naquelas situações laborais desenvolvidas em ambientes que possuem fontes de calor, um saldo positivo no balanço térmico, com elevação da temperatura interna corporal, comprometendo dessa forma a saúde das pessoas submetidas a essa condição.

Os distúrbios térmicos tais como câimbras induzidas pelo calor, síncope induzida pelo calor, exaustão induzida pelo calor e intermação são, juntamente com a redução da capacidade de realizar uma tarefa, as conseqüências da exposição a um ambiente termicamente agressivo. Todos esses fatores têm como

denominadores mais freqüentes e comuns a exposição ao calor, a perda de água e o acúmulo de calor. Segundo Fox (1991, p. 366), “**o fator isolado mais importante**, do ponto de vista clínico, **reside na perda de água corporal**” (grifo nosso).

De acordo com a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), uma organização científica que, apesar de não possuir atribuições normativas, tem o seu trabalho reconhecido mundialmente pela qualidade das publicações e **recomendações** que produz em relação à saúde e segurança ocupacional, “atualmente, o IBUTG é o método mais simples e mais adequado **para medir os fatores ambientais**” (ABHO, 1998, p. 164, grifo nosso).

Confrontando-se as considerações anteriormente citadas com as prescrições contidas na NR-15/1978 e na NHO 06/2002, percebe-se que esses dois diplomas legais deixam de contemplar no seu conteúdo fatores de indiscutível importância quando se pretende realizar uma avaliação da exposição ocupacional ao calor:

- Um fator pessoal - o isolamento térmico das vestes;
- Dois critérios de estresse térmico – a máxima fração de pele molhada e a máxima taxa de sudorese;
- Dois limites fisiológicos - a perda máxima de água que o organismo pode suportar e a quantidade máxima de calor acumulado no corpo.

Segundo Coutinho (1998, p. 140 - 141), citando Belding (1960) e Wyndhani (1973), experiências mostraram que, realmente, a segurança e o rendimento são funções das condições térmicas dos ambientes onde são realizadas as tarefas.

Uma avaliação inadequada, ou pelo menos incompleta, da exposição ocupacional ao calor pode gerar, como conseqüência, o surgimento de prejuízos significativos, tanto aos trabalhadores que desenvolvem suas atividades em ambientes e sob condições termicamente estressantes, quanto às empresas que utilizam os seus serviços.

Deixar de apreciar a contribuição negativa das vestes à dissipação do calor metabólico pode ocasionar a elevação da temperatura corporal, com efeitos danosos ao organismo humano. Da mesma forma, ignorar o fato de que as perdas hídricas que o organismo humano pode suportar têm que ser limitadas é desconsiderar as conseqüências fisiológicas que podem ser geradas pela não adoção de uma medida limitadora nesse sentido.

Sem nenhuma pretensão de exaurir a questão, mas somente a título de ilustração, é conveniente citar que notícia veiculada no programa Esporte Espetacular da Rede Globo de Televisão em 21 de novembro de 2004 registrava a morte da ciclista Dayane Rita de Moura (NOTÍCIAS DO ESPORTE, 2004). Ela foi encontrada desfalecida depois de percorrer aproximadamente 60 km (sessenta quilômetros) do *Bike Race Across*, uma prova de *mountain bike* realizada no Piauí sob uma temperatura de 41 °C. O médico Clemar Corrêa, chefe da equipe médica de uma das maiores competições de esportes de aventura no Brasil, o *Ecomotion/Pro*, acredita que a atleta tenha sido vítima de hipertermia (COSTA, 2006).

A mesma rede de televisão citada no parágrafo precedente também levou ao ar, agora no quadro Profissão Repórter de 21 de maio de 2006, quadro este que à época integrava o programa Fantástico, matéria jornalística que abordava as condições de trabalho dos cortadores de cana-de-açúcar no interior de São Paulo (UM DESAFIO NA COLHEITA DA CANA, 2006). Nela, matéria, está registrada a informação, dentre outras, de que um cortador de cana chega a perder até oito litros de água pelo suor em um dia de trabalho.

Também a Procuradoria Regional do Trabalho da 15ª Região (PRT15) estabeleceu procedimentos para apurar a morte de 13 (treze) cortadores manuais de cana-de-açúcar no interior do Estado de São Paulo. Segundo noticiado, todos eles apresentavam sintomas iniciais bastante semelhantes (náuseas, tonturas e desfalecimento) o que leva a crer que eles foram vítimas de exaustão provocada pelas condições insalubres do ambiente, aliadas ao excesso de trabalho (PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 15ª REGIÃO, 2005).

A relevância desta pesquisa pode ser estimada tanto em relação aos aspectos empresariais, quanto àqueles que dizem respeito aos recursos humanos empregados diretamente na execução das tarefas típicas da atividade.

Com efeito, a formação de um eletricista de linha energizada é uma tarefa que demanda tempo e investimento financeiro. Os profissionais que exercem essa ocupação são recrutados entre aqueles já possuidores de vasta experiência em manutenção elétrica. O afastamento não programado de um desses profissionais repercute negativamente no desenvolvimento da atividade como um todo, provoca constrangimento à empresa, além de perdas da sua capacidade produtiva.

Por outro lado, entende-se que a proposta de solução apresentada também deverá estar revestida do critério de aplicabilidade. Tanto quanto possível, ela deverá ser de fácil aplicação e possuir característica pró-ativa, haja vista que o seu objetivo mais significativo é preservar a integridade física do ser humano.

Sendo assim, a importância da pesquisa que integra esta Tese está alicerçada na necessidade de que, cada vez mais, sejam ampliados os mecanismos de proteção à saúde do trabalhador. Estabelecer uma complementação ao método e aos procedimentos de avaliação da exposição ocupacional ao calor para os eletricitistas que operam na manutenção de linhas energizadas é uma das formas de evitar que as circunstâncias da atividade não venham a influir negativamente nem na saúde e segurança deles, nem na qualidade dos serviços por eles executados.

1.3 Objetivos

Em virtude da sua natureza, a pesquisa que está sendo retratada nesta Tese pode ser classificada academicamente como uma pesquisa aplicada, qual seja, aquela que “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. **Envolve verdades e interesses locais**” (SILVA; MENEZES, 2001, p. 20, grifo nosso).

Em face da abordagem de diversos fatores relacionados à insalubridade térmica e ao estresse por calor, os objetivos foram escalonados em duas categorias: objetivo geral e objetivos específicos. Ainda em função desses objetivos, esta é uma pesquisa de campo do tipo exploratória, descritiva e analítica.

1.3.1 Objetivo Geral

Propor uma complementação ao método, preconizado pelo Anexo N° 3 da NR-15, **e aos procedimentos**, descritos na NHO 06, **de avaliação à exposição ocupacional ao calor**, de tal forma que, além da carga de calor metabólico e das variáveis climáticas ambientais, seja também contemplada a contribuição negativa à dissipação do calor provocada pelo conjunto de vestes utilizadas pelos eletricitistas da CEAL que executam atividades de manutenção em linhas energizadas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar as vestes de trabalho e estimar o índice de isolamento térmico delas.
- Estimar a taxa metabólica dos eletricitistas para a atividade.
- Avaliar as perdas hídricas dos eletricitistas, provocadas pela execução das tarefas.
- Avaliar a insalubridade provocada pelo calor utilizando o Anexo 3 da NR-15 e a NHO 06.
- Avaliar o nível de estresse térmico dos eletricitistas utilizando a norma ISO 7933.
- Confrontar os resultados obtidos através das avaliações realizadas com base nas normas NR-15, NHO 06 e ISO 7933/89;
- Obter um valor em °C que, adicionado ao IBUTG lido/apurado, funcione como um fator de correção para as vestes utilizadas na execução das tarefas.

1.4 Hipóteses de Trabalho

1.4.1 Hipótese Geral

As medidas de proteção dirigidas aos eletricitistas da Companhia Energética de Alagoas (CEAL) que executam tarefas de manutenção em linha energizada, obtidas com a avaliação da insalubridade térmica baseada única e exclusivamente no IBUTG, conforme preconizado pela NR-15/1978 e pela NHO 06/2002, não são suficientes para eliminar a possibilidade de ocorrência de estresse provocado pelo calor quando aquelas tarefas estão sendo realizadas, havendo necessidade de se complementar o método e os procedimentos por elas descritos com os mecanismos de proteção previstos pela Norma ISO 7933/1989.

1.4.2 Hipóteses Específicas

- O isolamento térmico das vestes usuais de trabalho, acrescido do isolamento térmico da vestimenta condutiva utilizada na manutenção em linhas energizadas quando da adoção do método ao potencial, agravam significativamente as condições pessoais dos eletricitistas envolvidos diretamente na execução das tarefas.
- As perdas hídricas que ocorrem durante a realização das tarefas típicas de manutenção em linhas energizadas são relevantes e, portanto, devem ser consideradas na caracterização do estresse fisiológico provocado pelo calor;
- O tempo máximo de exposição às condições termicamente insalubres presentes durante a realização das tarefas típicas de manutenção em linhas energizadas não deve ser ultrapassado, e, portanto, deve ser considerado na prevenção do estresse fisiológico provocado pelo calor.

1.5 Universo da Pesquisa

1.5.1 Subestação Seccionadora/Transformadora

A coleta dos dados relativos às variáveis climáticas, ao IBUTG, ao tempo despendido na execução das tarefas, bem como as respostas ao questionário de conforto e aceitabilidade térmica, foi realizada durante o desenvolvimento das atividades no pátio da subestação seccionadora/transformadora do Tabuleiro dos Martins, S/E TBM, pertencente à Companhia Energética de Alagoas, CEAL, situada no bairro de mesmo nome, na cidade de Maceió/AL, enquanto que a pesagem, imediatamente antes e após o encerramento das intervenções, e as respostas ao questionário sobre estilo de vida foram colhidas na sala de controle e operação daquela S/E.

Os eletricitistas envolvidos compunham a turma de manutenção de linha energizada em 69 KV, num total de seis profissionais em efetivo exercício à época da coleta de dados, com experiência na atividade girando entre cinco anos e vinte

anos e todos perfeitamente aclimatados, segundo o critério da ISO 7243 (1989, p. 7).

Daquele total de eletricitistas, um é o encarregado da turma e geralmente não participa diretamente na execução do serviço, ou seja, não se conecta ao potencial e, conseqüentemente, não utiliza a vestimenta especial. Como durante a coleta de dados essa prática foi seguida e, ainda, como todos os outros cinco integrantes da turma participaram das intervenções, os dados obtidos referem-se efetivamente à totalidade dos componentes.

Os dados foram coletados durante o mês de maio de 2002. Do conjunto obtido foram considerados, para efeito de avaliação, os relativos aos dias 07.05.2002, no horário compreendido entre as 10h00min e 11h45min e entre as 15h00min e 16h30min, 09.05.2002, entre 10h00min e 11h30min e 13.05.2002, entre 10h30min e 11h50min e entre 13h00min e 14h10min. Eles foram selecionados por retratarem as situações mais graves verificadas em relação às perdas hídricas. Agindo desta forma, qualquer conduta ou medida de controle estabelecida para eles forçosamente contemplará as demais.

1.5.2 Delimitação e Limitação da Pesquisa

Os dados foram coletados durante o mês de maio de 2002, quando as temperaturas são mais amenas do que na época do verão. A subestação selecionada para a coleta está situada na parte elevada da cidade de Maceió, Estado de Alagoas, a uma altitude aproximada de 50 m (cinquenta metros) em relação ao nível do mar e afastada do litoral por uma distância de aproximadamente 2 km (dois quilômetros).

Em função da localização geográfica, as condições climáticas naquele ambiente de trabalho são mais amenas do que, por exemplo, no sertão alagoano. Desta forma, não há que se pensar em extrapolar os resultados das análises termoambientais para outras regiões do Estado. A escolha da subestação em questão deveu-se ao fato de já existir previsão, à época, de um trabalho de manutenção em grande parte das suas instalações.

Um outro fator limitante deveu-se a imprevisibilidade das condições climáticas. Por diversas ocasiões foram mobilizados os recursos, tanto materiais

quanto de pessoal, mas as condições ambientais não preenchem os requisitos necessários à realização das rotinas de manutenção.

1.6 Contribuições do Trabalho

As contribuições que este trabalho pretende proporcionar, nas estritas circunstâncias por ele abordadas, estão listadas a seguir.

- Sistematizar uma forma de complementar o método e os procedimentos de avaliação descritos pela NR-15/1978 e NHO-06/2002, adequando-os às peculiaridades da atividade investigada e aos resultados das avaliações.
- Demonstrar que avaliações da exposição ocupacional ao calor na atividade de manutenção em linhas energizadas, realizadas somente com base no método e nos procedimentos descritos pela NR-15/1978 e pela NHO 06/2002, geram prescrições de proteção inadequadas aos eletricitistas que executam as tarefas.
- Propor uma compatibilização das prescrições de proteção obtidas com a utilização do método e dos procedimentos de avaliação descritos pela NR-15/1978 e pela NHO 06/2002, com aquelas obtidas das avaliações realizadas com base na Norma ISO 7933/1989.
- Apresentar um fator de correção do IBUTG que compense o alto índice de isolamento térmico das vestes de trabalho utilizadas pelos eletricitistas de linha energizada.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

“O passado não é o que passou. É o que ficou do que passou”.

Tristão de Athayde

2.1 Saúde Ocupacional – Breve Resumo Histórico

A preocupação com a preservação da saúde ocupacional dos trabalhadores remete ao trabalho de Charles Levenstein que faz parte da coletânea intitulada **Ergonomics at Work**, coordenada por David J. Osborne. Em seu artigo – **A Brief History of Occupational Health in the United States** (LEVENSTEIN, 1983, p. 8), o autor relata a negligência com relação ao desenvolvimento da saúde ocupacional nos Estados Unidos, em função daquele país estar profundamente comprometido com o progresso através do avanço industrial e tecnológico, não admitindo os custos humanos envolvidos com os riscos da saúde no emprego.

Continuando, o autor cita a medicina ocupacional na Europa como possuindo maior tradição que a americana. Tal se comprova, pois em meados do século XVI foi publicada a primeira monografia específica sobre mineração (OLIVEIRA, 2001, p. 57). Seu autor, Theophrastus Von Hohenheim, mais conhecido como Paracelso, investigou as doenças ocupacionais dos mineradores da região do Tirol e dos trabalhadores que laboravam em uma planta de fundição.

Também no século XVI, outro trabalho, de autoria do sábio alemão Georgius Agrícola, descrevia fatores de risco associados à indústria de mineração e metalurgia (FUNDACENTRO, 2001, p. 12). Entretanto, o médico italiano Bernardino Ramazzini (1633-1714) é geralmente aceito como o Pai da Medicina do Trabalho e seu compêndio sobre os riscos à saúde nas profissões medievais, publicado no ano de 1700 na cidade de Modena, intitulado **De Morbis Artificum Diatriba**, traduzido

com o título **As Doenças dos Trabalhadores**, ainda é mencionado nos dias atuais. “As pneumoconioses, o estresse, as neuroses e as lesões por esforços repetitivos, dentre outras doenças freqüentes atualmente, já eram relatadas com impressionante perspicácia por Ramazzini há mais de três séculos” (OLIVEIRA, 2001, p. 60).

Atente-se para o fato de que a América era recém descoberta quando na Europa já havia uma preocupação acentuada, considerando-se os recursos disponíveis, com os fatores relacionados à saúde ocupacional.

Somente a partir de 1900 é que o interesse pela segurança e saúde ocupacional na América se acentuou, em função das penalidades impostas aos empregadores, fruto das vitórias judiciais obtidas por trabalhadores contra diversas empresas. No ano de 1910, os empregadores, por meio de associações, articularam junto ao poder legislativo a aprovação de diversas leis que, de alguma forma, fornecessem compensação financeira aos trabalhadores prejudicados sem, no entanto, sujeitar esses mesmos empregadores a grandes desembolsos. Neste mesmo ano, foi realizada a primeira Conferência Nacional Sobre Doenças Industriais; uma clínica de doenças ocupacionais foi fundada pela Faculdade de Medicina Cornell e o serviço de saúde pública americana iniciou seus estudos sobre a saúde industrial.

Com a deflagração da Primeira Guerra Mundial, houve um aumento da atenção com a segurança e a saúde ocupacional por parte do governo americano que culminou com a instituição dos exames admissionais. Durante as décadas de 40 e 50 não houve avanço significativo na preocupação com os problemas de saúde ocupacional, só havendo modificação na década de 60, fruto do movimento pela preservação do meio ambiente e da atenção com a poluição do meio ambiente de trabalho.

Ainda na América, no período compreendido entre 1961 e 1970, o aumento de 29% nos índices de acidentes na indústria incitou o interesse dos movimentos sindicais sobre os problemas de saúde ocupacional, principalmente em decorrência da morte de 78 mineradores numa explosão, em 1968, em uma mina de carvão de Farmington, West Virginia, fato este que colocou a saúde e a segurança industrial na agenda política do país. A década seguinte foi marcada pela criação de lei federal específica sobre Segurança e Saúde Ocupacional havendo, porém, uma diminuição do ímpeto político no final da década.

No Brasil, o controle à exposição aos agentes nocivos à saúde do trabalhador tem sido cada vez mais objeto de preocupação de diversos segmentos representativos das relações de trabalho. Percebe-se a atenção para essa situação por parte dos poderes constituídos, ao se constatar a quantidade de Leis, Decretos, Normas e Pareceres relacionados aos aspectos da prestação do trabalho.

A criação, através da Lei Nº 5.161, de 21 de outubro de 1966, da Fundação Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho – FUNDACENTRO, reflete a preocupação do governo brasileiro com os índices crescentes de acidentes e doenças do trabalho existentes à época. Vários setores da sociedade se fizeram representar no grupo de trabalho que viabilizou a criação desse centro, entre eles a Confederação Nacional das Indústrias, a Universidade de São Paulo (USP) e a Organização Internacional do Trabalho (OIT) (FUNDACENTRO, 2001, p. 27).

Por outro lado, várias entidades que fazem parte da Confederação Nacional da Indústria (CNI) vêm desenvolvendo ações voltadas à saúde e segurança no trabalho, contribuindo efetivamente para a melhoria da qualidade de vida de milhares de profissionais (BEZERRA, 1997, p. 5).

2.2 A Importância da Manutenção nos Sistemas de Transmissão

O aumento da demanda por energia elétrica tem sido uma constante nos últimos tempos. Somente durante o período compreendido entre os meses de julho a dezembro do ano de 2001, a Companhia Energética de Alagoas (CEAL), registrou um incremento do consumo da ordem de 14% (BRASIL ENERGIA, 2002, p. 108), que tanto pode ser atribuído à expansão da demanda quanto à entrada de novos consumidores no sistema.

Segundo dados divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), na primeira metade do ano de 2008 o consumo residencial de energia elétrica na região Nordeste ultrapassou o da região Sul. Ainda segundo a EPE, esse consumo evoluiu de 11,9 (onze vírgula nove) mil GigaWattthora (GWh) no ano de 2003 para 15,4 (quinze vírgula quatro) mil GWh até o mês de maio de 2008 (www.epe.gov.br/SerieEstudosdemanda/20080709_1).

Para acompanhar essa expansão do mercado consumidor, algumas possíveis ações, não excludentes entre si em princípio, poderiam ser implementadas, como

por exemplo, o aumento da capacidade de geração, um programa de combate ao desperdício e/ou um reforço no sistema de transmissão.

Além das ações anteriormente citadas, destaque-se que a manutenção preditiva do sistema de transporte de energia já existente, linhas de transmissão/subtransmissão e subestações, apresenta-se como uma alternativa necessária, além de atrativa, para se acompanhar de perto esse aumento da demanda, em função dos baixos custos relativos e da rapidez com que pode ser efetuada, se comparada com as outras ações apresentadas.

A primeira dessas alternativas, ou seja, a expansão do parque gerador através da construção de hidrelétricas, é uma ação que não pode ser implementada em curto espaço de tempo, além de envolver custos elevados, tanto de natureza financeira quanto ambiental. Além do mais, a opção por essa alternativa, levando-se em consideração as dimensões continentais do Brasil e a localização das bacias hidrográficas ainda por explorar, situadas quase que exclusivamente na Amazônia (ARNT, 2000, apud PESSOA, 2001, p. 8-9), teria que vir acompanhada da implantação de uma extensa malha de transporte de energia.

Um programa de combate ao desperdício, ou seja, o incentivo ao uso eficiente da energia elétrica, elimina em parte “a necessidade de investimentos na área de geração e, por conseqüência, **diminui a manutenção das linhas de transmissão**, de onde provêm a maior parte das perdas” (PESSOA, 2001, p. 5, grifo nosso). Essas perdas são devidas principalmente ao efeito Joule, fazendo com que uma parcela da energia que seria destinada ao suprimento dos consumidores seja dissipada sob forma de calor, comprometendo a confiabilidade do sistema como um todo, na medida em que provoca uma diminuição nos níveis da tensão fornecida, podendo inclusive evoluir para desligamentos não programados.

A terceira, dentre outras, das possíveis alternativas sugeridas é a que trata do reforço no sistema de transmissão. De forma similar à construção de usinas hidrelétricas, essa também é uma ação que demanda investimentos vultosos e um intervalo de tempo dilatado para que sua conclusão chegue a termo. Além do mais, o programa de expansão do sistema de transmissão brasileiro carece de interesse dos investidores em função do baixo retorno do capital que teria que ser investido (BRASIL ENERGIA, 2002, p. 75).

Independente da alternativa adotada percebe-se a importância da qual o sistema de transmissão é revestido. Manter esse sistema em condições de operação

mesmo diante de sobrecargas momentâneas, como acontece nas horas de pico registradas diariamente, ou ainda quando as condições climáticas solicitam do sistema uma maior disponibilidade de carga, como, por exemplo, na época do verão, requer uma manutenção contínua de forma a garantir que os diversos componentes do sistema respondam satisfatoriamente quando requeridos.

Ademais, e independente da causa, a quantidade de corrente elétrica transportada pelas linhas de transmissão em níveis superiores aos valores nominais para os quais essas linhas foram projetadas, e ainda, a circulação dessa corrente pelos diversos equipamentos que compõem um sistema de potência, acaba acarretando uma diminuição na vida útil dos componentes ao provocar um aumento da temperatura dos elementos, acima da temperatura nominal de funcionamento, comprometendo o seu bom funcionamento.

A avaliação setorial do primeiro trimestre de 2008 (dois mil e oito), divulgada pela ABINEE, aponta um crescimento no faturamento do setor eletroeletrônico da ordem de 10% (dez por cento) se comparado com igual período do ano anterior. Neste mesmo período, o faturamento na área de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica (GTD) teve incremento da ordem de 11% (onze por cento) (<http://www.abinee.org.br>). Uma comparação entre estes dois indicadores sinaliza no sentido de se manter o sistema atualmente existente nas melhores condições possíveis de operação, já que a demanda pode crescer quase que imediatamente ao passo que os investimentos na área de GTD demandam tempo relativamente dilatado.

É importante citar também, nestes tempos de abertura do mercado brasileiro a investidores estrangeiros, que empresas como a *Eléctricité de France* (EDF) empreendem esforços no sentido de reduzir ao mínimo o número e a duração de interrupções longas (maiores que três minutos) sofridas pelos consumidores.

Há, inclusive, nessa empresa uma modalidade de contrato destinada aos maiores consumidores dos setores industrial e terciário que contém cláusula específica quanto ao número máximo de interrupções momentâneas (menos de três minutos) e longas que pode ser suportado pelos consumidores e que, se ultrapassado, ensejam reembolso com base nos danos sofridos. É uma abordagem específica de qualidade pela qual a empresa em questão fez opção (MARTINON et al, 2000, p. 66 – 79).

2.3 Principais Características da Manutenção em Linhas Energizadas

De acordo com a publicação sobre Manutenção e Operação de Sistemas de Distribuição, editada pelas Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS) (1982, p. 23), os serviços de manutenção em linhas energizadas, ou seja, sem que o fornecimento de energia elétrica sofra suspensão, são realizados visando manter, dentre outros atributos de qualidade, a **continuidade** no fornecimento desse insumo, evitando assim prejuízos pelo não faturamento, desgaste da imagem da concessionária e possíveis prejuízos financeiros dos consumidores, que de outra forma seriam atingidos pela interrupção.

Também conforme a publicação sobre Manutenção em Instalações Energizadas da ELETROBRÁS (1998, p. 60 - 75), as características do serviço, tais como os recursos materiais e humanos envolvidos, tornam imperioso que uma vez iniciada a intervenção ela chegue a termo de maneira a colocar a instalação em perfeito estado de funcionamento. A interrupção do serviço está prevista se, durante a execução dos trabalhos ocorrer um desligamento, quando as condições climáticas se tornarem desfavoráveis ou se a intervenção tiver que se estender por um período de tempo superior a 4 h (quatro horas) consecutivas sem intervalos para o descanso.

A mesma publicação já citada destaca que, apesar de haver previsão quanto ao revezamento dos eletricitas que executam o serviço, a decisão desse revezamento não se fundamenta na questão da interação térmica dos trabalhadores com o meio ou em qualquer outro índice obtido de forma objetiva, mas sim em uma observação de caráter puramente subjetivo do supervisor do serviço a respeito da possível fadiga demonstrada pelos eletricitas. Assevera ainda que o trabalho em instalações energizadas é estatisticamente a forma mais segura de se executar uma manutenção, desde que as normas de segurança sejam respeitadas.

A maioria dos acidentes registrados em trabalhos **sem tensão** deve-se a erro de manobra, com introdução de tensão onde não se estava prevenido contra ela, contato com instalações energizadas próximas à zona de trabalho e engano na determinação desta última. Os eletricitas que intervêm em instalações energizadas têm consciência permanente do risco bem como da certeza de que ele está totalmente controlado conforme as condições adequadas em que a atividade é desenvolvida (ELETROBRÁS, 1998, p. 58).

O mesmo documento citado no parágrafo imediatamente precedente esclarece que uma série de procedimentos de segurança rege a execução do serviço e deve, como tal, ser do conhecimento de todos os envolvidos. Esses procedimentos versam, dentre outros aspectos abordados, sobre a segurança individual de cada eletricista, suas condições físicas e psicológicas e sua aptidão para prestar primeiros socorros.

Como exemplo da preocupação com a segurança encontramos no conjunto de dispositivos norteadores da atividade que, durante a realização de uma intervenção, não é permitido aos eletricistas envolvidos a utilização de relógios, pulseiras ou quaisquer outros adornos metálicos, como também não deve ser criada ou permitida qualquer circunstância que, de alguma forma, venha a tirar a concentração dos componentes da equipe durante a realização de uma intervenção, ao mesmo tempo em que recomenda que nas etapas de planejamento e elaboração dos programas executivos haja a presença e a participação de especialistas do órgão de segurança da empresa (ELETROBRÁS, 1998, p. 60 - 75).

No conjunto de procedimentos para intervenção em instalações energizadas encontram-se os passos que devem ser seguidos, de forma a revestir a atividade dos requisitos de segurança necessários. Percebe-se, dentre outros procedimentos, que nenhuma intervenção será realizada sem que haja uma solicitação por escrito do órgão de manutenção, nenhum trabalho poderá ser realizado sem a presença do responsável por esse órgão e que os trabalhos deverão ser concluídos no tempo previsto, podendo ter o seu tempo de execução dilatado mediante autorização do setor de operação.

A composição de uma equipe de manutenção em instalações energizadas pode variar de cinco a nove elementos, sendo um chefe de equipe, corriqueiramente denominado de encarregado ou chefe de turma, e quatro a oito eletricistas. A variação na composição de uma equipe é função dos padrões das estruturas onde a intervenção será efetuada, das ausências eventuais de alguns dos seus elementos em virtude de férias, treinamentos e tratamento de saúde, além do tipo de trabalho que será realizado (ELETROBRÁS, 1998, p. 55).

Segundo o Comitê Coordenador de Operações Norte/Nordeste (CCON), são três os possíveis métodos de trabalho que podem ser adotados nesse tipo de manutenção, a saber: método à distância, método ao potencial e método misto.

O método à distância é utilizado quando, como o próprio nome sugere, o eletricitista pode manter-se à distância das partes energizadas para a realização das tarefas. Essas tarefas são desenvolvidas com a utilização de bastões universais, onde as diversas ferramentas que serão utilizadas são adaptadas. Neste método de trabalho, o eletricitista permanece sobre as estruturas, as escadas, plataformas e andaimes isolantes, mantendo distância segura das partes energizadas, distância essa que é função da tensão existente.

O método de trabalho ao potencial consiste na colocação do eletricitista no mesmo potencial da linha de transporte de energia elétrica, ou do barramento da subestação, permitindo que os trabalhos sejam realizados diretamente, ou seja, sem a necessidade de utilização dos bastões universais. Neste método de trabalho, a inserção do eletricitista no circuito pode ser efetivada pelo processo ativo, quando o próprio eletricitista se desloca até o ponto de realização das tarefas utilizando-se de um equipamento isolante, sem a necessidade do auxílio de outros integrantes da equipe, ou pelo processo passivo, quando o auxílio dos outros integrantes da equipe se faz necessário para que o eletricitista, previamente instalado sobre um equipamento isolante, seja conduzido para o ponto de trabalho.

Na figura 1 encontra-se retratada uma situação típica de intervenção ao potencial, ou ao contato, em linha energizada. Considerando-se que os condutores que compõem os barramentos e/ou linhas mostrados encontram-se a um potencial de 69 kV, e que as distâncias existentes entre eles são aquelas necessárias somente para manter a integridade da instalação, pode-se estimar o risco inerente à função.



Figura 1 - Manutenção em barramento de 69 kV

Ainda de acordo com a ELETROBRÁS (1998, p. 43), o método de trabalho misto consiste na utilização simultânea dos dois métodos descritos anteriormente, estando a sua implementação restrita a algumas empresas que o estão desenvolvendo e somente para aquelas tarefas nas quais as distâncias fase-terra são grandes ou quando se constata dificuldades na realização dos serviços apenas à distância ou ao potencial.

Os dois últimos métodos de trabalho citados anteriormente, denominados de método ao potencial, ou ao contato, e método misto, **exigem a utilização de uma vestimenta condutiva sobre as vestes normais de trabalho**, o que impõe mais “uma barreira às três disponíveis vias de transferência de calor” (GUIMARÃES e NEFUSSI, 1973, p. 1257), quais sejam, as transferências por condução, convecção e radiação, podendo colaborar negativamente com a execução do serviço ao acentuar, por exemplo, o desgaste físico.

Como já citado anteriormente, a utilização desta vestimenta especial, aliada ao fato de estar isolado das outras partes do circuito, é que permite que o eletricitista,

mesmo estando conectado ao potencial existente na área de trabalho, permaneça blindado eletricamente.

Essa vestimenta especial é um conjunto composto pela roupa (calça e jaqueta), meias, luvas e bota condutiva. A calça, a jaqueta, as meias e as luvas são confeccionadas com um tecido cuja urdidura é feita com fios de uma fibra sintética não inflamável da família das aramidas, denominada Nomex[®], fabricada pela multinacional DuPont (<http://www.dupont.com>), e fios microscópicos de aço inoxidável, cuja função é dotar a vestimenta de características condutivas, após o que **recebem um revestimento de produto sintético que repele a umidade**.

A execução das atividades de manutenção em linhas energizadas depende, dentre outros fatores, de condições climáticas favoráveis definidas através da umidade relativa do ar, velocidade do vento e da ausência de nuvens que possam gerar chuvas, névoa ou neblina densa, sendo os trabalhos realizados geralmente com céu limpo e radiação solar intensa.

As recomendações em relação à umidade relativa do ar, ausência de nuvens que possam gerar chuvas, névoa ou neblina densa estão relacionadas às alterações, para menor, na rigidez dielétrica do ar, nas características nominais dos equipamentos isolantes utilizados, e à possibilidade do surgimento de arcos voltaicos com o conseqüente aumento do risco que envolve a atividade.

De acordo com Cavalcanti (2004, p. 3-4), a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) utiliza o ponto de orvalho para verificar a integridade funcional, relacionada ao isolamento elétrico, dos bastões e demais equipamentos isolantes empregados na manutenção sob tensão. Nenhum trabalho é permitido se a temperatura daqueles equipamentos não estiver, pelo menos, 3 °C acima do ponto de orvalho.

Também o contato visual entre todos os envolvidos nas tarefas em execução deve ser pleno, como forma de garantir que qualquer modificação nos procedimentos previstos seja prontamente repelida pelo encarregado da supervisão dos serviços.

2.4 Insalubridade – Aspectos Legais

Inicialmente cumpre esclarecer o significado do termo 'insalubre'. Segundo Pereira et al (1998, p. 14), "a palavra insalubre é originária do latim e significa tudo

aquilo que não é salubre, que não é saudável, que é doentio, **que pode causar uma doença ao longo do tempo**” (grifo nosso). Continuando, o mesmo autor conceitua insalubridade como sendo o caráter ou a qualidade de insalubre.

De acordo com o sistema legal vigente no país e admitindo-se uma hierarquização em função desse sistema, o documento mais importante é sem dúvida a Constituição Federal de 1988. Nela está contemplada, mesmo que de forma não específica e não detalhada, a garantia constitucional de apreciação dos aspectos relacionados ao desenvolvimento das atividades laborativas no que diz respeito aos riscos inerentes existentes. No seu Capítulo II - dos Direitos Sociais - Art. 7º, Inciso XXII, encontra-se incluso como direito dos trabalhadores “a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança” (BRASIL, Constituição da República de 1988).

O segundo diploma legal mais importante, ainda considerando-se a hierarquização proposta anteriormente, é a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei Nº 5.452, de 1º de maio de 1943. Diferentemente da forma utilizada na Constituição Federal, ou seja, a generalidade, a Consolidação das Leis do Trabalho contém três artigos que admitem um caráter mais específico ao abordar o aspecto da insalubridade.

Esses artigos, os de nºs 189, 190 e 191, cujas redações foram dadas pela Lei Nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977, versam, respectivamente, sobre a conceituação do que seja uma atividade insalubre, qual o órgão governamental responsável pela definição das normas de caracterização da insalubridade e ainda sobre os mecanismos de eliminação ou neutralização.

De acordo com o Art. 189, serão consideradas atividades ou operações insalubres todas aquelas que, em função de sua natureza, condições ou métodos de trabalho, “exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, **acima dos limites de tolerância** fixados em razão da natureza e da intensidade do agente **e do tempo de exposição aos seus efeitos**” (BRASIL, Consolidação das Leis do Trabalho, 1992, p. 59, grifo nosso).

O Art. 190 determina que a responsabilidade pela adoção de normas de caracterização da insalubridade, bem como dos limites de tolerância, meios de proteção e tempo máximo de exposição do empregado aos agentes insalubres, compete ao Ministério do Trabalho.

O último desses artigos, o de nº 191, discorre sobre a eliminação ou a neutralização da insalubridade, estabelecendo que esses requisitos serão atendidos “com a adoção de medidas que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância” e ainda “com a utilização de equipamentos de proteção individual ao trabalhador, que diminuam a intensidade do agente agressivo a limites de tolerância” (BRASIL, Consolidação das Leis do Trabalho, 1992, p. 59).

Ainda de acordo com o mesmo diploma legal citado anteriormente, deverão ser observadas as peculiaridades de cada atividade ou setor de trabalho no estabelecimento do que se intitulou na Seção XV como ‘Das Outras Medidas Especiais de Proteção’. Nessa Seção encontramos uma ratificação da preocupação do legislador com a saúde ocupacional do trabalhador, expressa através do art. 200, que estabelece a responsabilidade do Ministério do Trabalho para expedir disposições complementares às normas sobre Segurança e Medicina do Trabalho, e especialmente sobre, como contido no Inciso V, dentre outros, “proteção contra insolação, calor, frio, umidade e ventos, **sobretudo no trabalho a céu aberto**, com provisão, quanto a este, de água potável, alojamento e profilaxia de endemias” (BRASIL, Consolidação das Leis do Trabalho, 1992, p. 60, grifo nosso).

Apesar da indiscutível significância admitida com a inserção de garantias trabalhistas relacionadas à saúde ocupacional, tanto na Constituição Federal quanto na Consolidação das Leis do Trabalho, os mais importantes Diplomas Legais relacionados à saúde ocupacional dos trabalhadores, em função das suas especificidades e detalhamentos, são um conjunto de Normas Regulamentadoras - NR, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, que foi aprovado pela Portaria Nº 3.214, de 8 de junho de 1978, e um conjunto de Normas Regulamentadoras Rurais – NRR, relativas à Segurança e Higiene do Trabalho Rural, aprovado pela Portaria Nº 3.067, de 12 de abril de 1988, ambas do Ministério do Trabalho. Destaque-se que, em se tratando de questões relacionadas à insalubridade, as Normas Regulamentadoras Rurais – NRR aproveitam o que está estabelecido sobre a matéria nas Normas Regulamentadoras – NR.

O conjunto relativo à Segurança e Medicina do Trabalho é composto de 32 (trinta e duas) Normas que abordam os mais diferentes aspectos relacionados às circunstâncias laborais, com o objetivo, dentre outros, de delimitar as ações necessárias à prevenção dos riscos relacionados às atividades e operações desenvolvidas pelos trabalhadores. Nesse conjunto de normas são contemplados

tanto os aspectos qualitativos quanto os quantitativos, de forma que se possa atuar no sentido de minimizar, controlar ou eliminar por completo os riscos que comprometeriam a saúde ocupacional do trabalhador.

Por outro lado, o constante avanço da tecnologia tem propiciado o surgimento de novas e diferentes atividades e operações, bem como a identificação e/ou modificação de fatores naquelas já existentes. Essa característica da sociedade moderna tem criado a necessidade de constante revisão de normas já consagradas pelo uso, o que pode ser levado a efeito, como tem sido, através de Leis, Decretos e Portarias contendo alterações, atualizações e complementações daquelas já existentes, bem como definições relacionadas às novas ocupações.

2.5 Insalubridade Térmica e Regime de Trabalho

No Brasil, e de acordo com a Norma Regulamentadora Nº 15 (NR-15), uma atividade ou operação é considerada insalubre se o seu desenvolvimento se processa, dentre outros fatores, “**acima dos limites de tolerância** previstos nos Anexos nºs 1, 2, 3, 5, 11 e 12” (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133, grifo nosso).

É importante considerar também que uma das características mais freqüentes no desenvolvimento de atividades em ambientes e condições insalubres, se nenhuma medida de controle for adotada, reporta-se aos efeitos nocivos provocados no organismo humano que tanto podem se apresentar de forma quase imediata, quanto após a exposição aos agentes insalubres acima dos limites de tolerância, em virtude dos aspectos cumulativos que vários desses agentes possuem.

O próprio calor solar pode se constituir em sério problema ocupacional em atividades executadas a céu aberto, como os trabalhos rurais, a construção civil, etc., podendo tais situações ser agravadas em função da época do ano e da área geográfica onde são desenvolvidas as atividades (COX, 1973, p. 684).

Ainda de acordo com a Norma Regulamentadora Nº 15, citada anteriormente, entende-se por **Limite de Tolerância** “a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral” (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 133).

O Anexo N^o 3 da Norma Regulamentadora N^o 15, NR-15, é o que trata dos **limites de tolerância para exposição ao calor**. Segundo esse Anexo, a **exposição ao calor** deve ser avaliada através do **Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG)**, índice esse que “representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar” (COUTINHO, 1998, p. 176 – 177). A **avaliação da exposição ao calor** tem como objetivo investigar a possível existência de **insalubridade térmica** no desenvolvimento de uma atividade, permitindo assim que se atue na definição de um **Regime de Trabalho - Período de Trabalho e de Descanso** adequado, que minimize, controle ou elimine os riscos existentes.

As avaliações de calor efetuadas através do IBUTG estão sujeitas a variações climáticas que dependem das estações do ano. No entanto, para efeito da estipulação de medidas preventivas, devem ser consideradas sempre as piores condições ambientais (COX, 1973, p. 692).

De acordo com a NR-15, as equações que definem o IBUTG são as que seguem.

Para ambientes internos ou externos sem carga solar (sem radiação solar direta):

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_u + 0,3 t_g \quad (1)$$

Para ambientes externos com carga solar (com radiação solar direta):

$$\text{IBUTG} = 0,7 t_u + 0,1 t + 0,2 t_g \quad (2)$$

Onde:

t_u = temperatura de bulbo úmido natural

t_g = temperatura de globo

t = temperatura de bulbo seco

De acordo com o Anexo N^o 3 da Norma Regulamentadora N^o 15, NR – 15, os instrumentos que devem ser utilizados nesta avaliação são um termômetro de bulbo úmido natural, um termômetro de globo e um termômetro de mercúrio comum, formando o que convencionalmente se denomina de Árvore de Bender.

De posse do IBUTG, procede-se a **classificação da atividade** que está sendo avaliada em uma das três categorias previstas naquele Anexo Nº 3. Essa classificação pode ser realizada ou comparando-se a atividade em questão com aquelas lá descritas, ou então enquadrando-a de acordo com uma **estimativa da taxa metabólica** a ela relacionada.

Conforme se pode verificar consultando-se o Quadro Nº 3 do referido Anexo, mais adiante denominado de Quadro 1, uma atividade pode ser considerada como do **tipo leve, moderada ou pesada, em função das taxas de metabolismo**, em **kcal/h**, relacionadas ao esforço físico despendido pelo trabalhador na realização das tarefas.

A classificação da atividade também pode ser efetuada, no caso de se encontrar dificuldade para tal, com a utilização do Quadro 1 – Taxa metabólica por tipo de atividade, contido na NHO 06 (2002, p. 15) ou, ainda, dos Apêndices A, B e C que integram a norma citada (2002, p. 35 – 45) onde são apresentadas as tabelas de taxas metabólicas extraídas da Norma ISO 8996/90 e dos Limites de Exposição da ACGIH/1999.

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.	330
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Quadro 1 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

Fonte: Quadro Nº 3, Anexo Nº 3, NR-15.

Esclareça-se que a apuração do Índice de Bulbo Úmido-Termômetro de Globo, bem como a classificação da atividade, não necessariamente precisam ser efetuadas na ordem em que foram apresentadas nos parágrafos precedentes.

Além das recomendações citadas em parágrafos precedentes, a NHO 06 também admite a utilização de equipamento eletrônico para a determinação do IBUTG, ou outros dispositivos para a medição das temperaturas de globo, de bulbo úmido natural e de bulbo seco, em substituição ao conjunto convencional composto por termômetros de vidro, cuja portabilidade e resistência mecânica o tornam inadequado para avaliações realizadas a céu aberto, principalmente naquelas em que a velocidade do vento pode comprometer a sua estabilidade física (FUNDACENTRO, 2002, p. 22).

Finalmente, com o valor do IBUTG e com a classificação da atividade em leve, moderada ou pesada, entra-se com esses dois parâmetros no Quadro N^o 1, Anexo N^o 3 da NR-15, aqui denominado Quadro 2, que relaciona os Regimes de Trabalho Intermitentes com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora), verificando-se se o Regime de Trabalho em vigor é compatível com os dados levantados, ou se há necessidade de uma modificação de forma a adequá-lo às características da atividade e dos índices apurados.

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)		TIPO DE ATIVIDADE		
		LEVE	MODERADA	PESADA
a)	Trabalho contínuo	até 30,0°C	até 26,7°C	até 25,0°C
b)	45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 °C a 30,6 °C	26,8 °C a 28,0 °C	25,1 °C a 25,9 °C
c)	30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 °C a 31,4 °C	28,1 °C a 29,4 °C	26,0 °C a 27,9 °C
d)	15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 °C a 32,2 °C	29,5 °C a 31,1 °C	28,0 °C a 30,0 °C
e)	Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle.	acima de 32,2 °C	acima de 31,1 °C	acima de 30,0 °C

Quadro 2 - Regime de trabalho em função do IBUTG e do tipo de atividade

Fonte: NR 15 do MTE, Anexo N^o 3, Quadro N^o 1, adaptado.

2.6 Interação Térmica entre o Homem e o Meio Ambiente

“Uma grande fonte de tensão no trabalho são as condições ambientais desfavoráveis, como **excesso de calor**, ruídos e vibrações. Esses fatores **causam desconforto, aumentam o risco de acidentes** e podem **provocar danos consideráveis à saúde**” (IIDA, 1997, p. 232, grifo nosso).

“O calor é um risco físico freqüentemente presente em uma série de atividades” (ASTETE et al, 1994, p. 33). A sua incidência sobre o organismo humano pode se originar de diferentes fontes, existentes tanto naquelas atividades desenvolvidas em ambientes fechados, tais como nas indústrias siderúrgicas e têxteis, quanto nas que são executadas ao ar livre, tais como na construção civil e na manutenção de linhas energizadas.

Nas atividades executadas em ambientes fechados pode-se lançar mão de algumas estratégias de controle, como por exemplo, a insuflação e a exaustão de ar, com o objetivo de tornar o ambiente mais ameno termicamente. Porém, naquelas atividades que são desenvolvidas a céu aberto a possibilidade de se interferir nas condições ambientais através do controle de variáveis climáticas, como, por exemplo, a radiação solar e a velocidade do vento, é mínima.

O organismo humano gera calor mesmo quando está em repouso, de maneira a manter as atividades vitais do corpo, através de um processo metabólico denominado de metabolismo basal que, segundo a Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO), é equivalente a 1,0 kcal/min, 60 kcal/h, ou 1440 kcal por dia (ABHO, 1998, p. 175). Segundo Iida (1997, p. 69), uma pessoa gasta 1,25 kcal/min, 75 kcal/h, ou 1800 kcal por dia, com o seu metabolismo basal, ou seja, apenas para se manter vivo, sem realizar qualquer tipo de trabalho.

Isto significa que, independente de estar realizando qualquer atividade, para que seja mantido o **equilíbrio térmico** os ganhos de calor devem ser iguais às perdas. Isto é conseguido através das trocas dessa energia entre o ser humano e o ambiente ao seu redor, como forma de manter a “temperatura interna em aproximadamente 37° C, independente das condições do meio ambiente” (COUTINHO, 1998, p. 107).

O controle do equilíbrio térmico, cujo objetivo é “impedir grandes variações na temperatura interna do corpo de maneira que os sistemas vitais possam operar adequadamente” (RUAS, 2001, p. 20), é realizado pelo **sistema de**

termorregulação. O processo se inicia quando os sensores térmicos existentes no hipotálamo e na pele percebem, respectivamente, a existência de alterações na temperatura do sangue arterial ou uma diferença entre a temperatura do corpo e do local onde esse se encontra.

Quando a pessoa entra em um ambiente onde as temperaturas, do ar e/ou das superfícies vizinhas, são diferentes da temperatura de sua pele e de suas mucosas, **os mecanismos de termorregulação são ativados** (COUTINHO, 1998, p. 111 – 112). Esse diferencial de temperatura é percebido pelos sensores presentes na pele, de maneira que o organismo promove as ações necessárias.

De forma resumida, **se a temperatura da pele se tornar superior àquela temperatura aceita como normal para ela**, a primeira ação que ocorre é a **vasodilatação periférica** para que haja um maior fluxo sanguíneo na superfície do corpo, com a conseqüente perda de calor deste para o meio externo. **Se essa ação não é suficiente** para manter o equilíbrio térmico, “**é iniciada a produção de suor** para que o corpo possa perder calor por evaporação” (RUAS, 2001, p. 20, grifo nosso).

No caso da temperatura da pele ser inferior àquela temperatura aceita como normal para ela, a primeira ação que ocorre é a **vasoconstrição**, “que restringe a passagem do sangue na superfície da pele, com redução das perdas para o ar, privilegiando a circulação no cérebro e em outros órgãos vitais, de maneira a manter a temperatura necessária à realização das funções críticas do organismo”. De forma similar, **se essa ação não é suficiente** para manter o equilíbrio térmico, “o sistema termorregulador **provoca o tremor muscular** que aumenta o metabolismo nos músculos e, portanto, a produção de calor interno” (RUAS, 2001, p. 20, grifo nosso).

2.7 Balanço Térmico do Corpo Humano

“O equilíbrio térmico do corpo humano é essencial para a vida humana” (RUAS, 2001, p. 20). Esse equilíbrio é obtido quando a quantidade de calor ganha pelo corpo é igual à quantidade cedida para o ambiente através da pele e da respiração, ou seja, **não deve haver saldo no balanço térmico**, pois, qualquer que seja ele, positivo ou negativo, alguns órgãos vitais poderiam ter suas funções

comprometidas (COUTINHO, 1998, p. 132).

Ainda segundo Coutinho (1998, p. 112), essas transferências de calor que ocorrem na pele e através da respiração, estão distribuídas da seguinte maneira:

Na pele: Convecção (C);
 Radiação (R);
 Evaporação (E).

Pela respiração: Convecção (C_{res});
 Evaporação (E_{res}).

O balanço térmico pode então ser descrito da seguinte forma: a diferença entre o calor “**M**” produzido pelo organismo, originário do processo metabólico, e aquele que é efetivamente utilizado na realização de um trabalho externo “**T**”, deve ser igual à soma algébrica das trocas de calor ocorridas na pele e através do aparelho respiratório, acrescidas de um eventual saldo “**S**” (COUTINHO, 1998, p. 111-112), saldo esse que deverá ser eliminado pelo sistema termorregulador.

Quando o saldo for igual a zero, o corpo estará em equilíbrio térmico. Um valor positivo para o saldo provocará o aquecimento do corpo, enquanto que um valor negativo acarretará o seu resfriamento (RUAS, 2001, p. 22).

A American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) (1997, p. 8.2) representa esse processo através da seguinte equação:

$$\mathbf{M - W = Q_{sk} + Q_{res} + S} \quad (3)$$

Onde:

M: taxa de calor metabólico produzido, W/m^2

W: taxa de trabalho mecânico realizado, W/m^2

Q_{sk} : taxa total de calor perdido pela pele, W/m^2

Q_{res} : taxa total de calor perdido através da respiração, W/m^2

S: taxa de calor armazenado, W/m^2

Na mesma linha de raciocínio, porém com uma representação algo diferenciada, além de mais adequada, e já desmembrando alguns dos termos constantes na equação anteriormente citada, podemos escrever a equação geral

para o balanço térmico da seguinte maneira (COUTINHO, 2005, p. 115):

$$M - T = C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + C + R + E + S \quad (4)$$

onde todos os termos já foram previamente definidos.

Desta forma, verificamos que o primeiro membro da equação, **a diferença** entre o calor gerado no corpo (M) e a parcela efetivamente transformada em trabalho útil (T), representa o ganho de calor. Essa parcela é compensada através das trocas de calor que ocorrem no aparelho respiratório ($C_{\text{res}} + E_{\text{res}}$) e na pele ($C + R + E$), acrescidas de um eventual saldo (S) (COUTINHO, 2005, p. 116). A transferência de calor por condução (K), como, por exemplo, àquela que ocorreria através dos calçados, “é usualmente insignificante e freqüentemente ignorada” (ISO 11399, 1995, p. 13).

Todas as parcelas da equação que descreve o balanço térmico são expressas na unidade de potência por área superficial do corpo nu (W/m^2) (COUTINHO, 1998, p. 112). A maneira mais usual de se obter a área superficial do corpo nu, segundo a ASHRAE (1997, p. 8.3), é através da equação (5), mostrada adiante, que foi proposta originalmente por DuBois (1916), sendo descrita por:

$$A_{\text{Du}} = 0,202 \text{ m}^{0,425} l^{0,725} \quad (5)$$

Onde:

A_{Du} : área superficial DuBois, m^2

M: peso, Kg

l: altura, m

Quando se investiga o balanço térmico em um grande grupo, o trabalho de se apurar a área DuBois para cada participante pode ser minimizado pela adoção da **área do homem padrão**, definida como sendo igual a **1,80 m^2** , obtida a partir do peso padrão equivalente a 70 Kg e da altura padrão equivalente a 1,70 m.

Para a solução da equação que representa o balanço térmico do corpo humano, faz-se necessária a especificação analítica de cada uma das variáveis nela presente, tais como expressas a seguir:

a) **METABOLISMO (M)**: é função do tipo de atividade ou ocupação desenvolvida. A quantificação da taxa metabólica relacionada a uma atividade ou ocupação pode ser feita **de forma experimental**, “geralmente em laboratórios de fisiologia” (SILVA, 2001, p. 30), **ou por estimativa**, enquadrando a atividade que está sob investigação na tabela existente na norma NR-15, Anexo N^o 3, Quadro N^o 3 (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2000, p. 137), no Quadro 1 da Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06) (FUNDACENTRO, 2002, p. 14 –16), ou ainda na ISO 8996 (1990, p. 9 – 15). Muito embora essas normas utilizem o “W/m²” como unidade de medida do metabolismo, também encontramos o “*met*”, cuja correspondência com outras unidades é a seguinte:

$$1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2 = 50 \text{ kcal/h.m}^2$$

Em função da dificuldade de se implementar nas pesquisas de campo uma medição da taxa metabólica, dada a necessidade de instrumental específico e de condições na maioria das vezes só disponíveis em laboratórios, a determinação da taxa de metabolismo é geralmente efetuada por estimativa, como já anteriormente citado.

b) **TRABALHO (T)**: o corpo humano é uma máquina térmica de baixa eficiência mecânica (η). Essa eficiência, definida como sendo a relação entre a energia utilizada para realizar um esforço externo (T) e a taxa metabólica (M), pode variar de 0 (zero) a 0,1 (zero vírgula um) para um número significativo de atividades, podendo em poucos casos atingir o valor de 0,2 (zero vírgula dois) (FANGER, 1970, p. 24 – 27). Desta forma, “o trabalho referente a tais atividades é desprezível em comparação com o metabolismo” (COUTINHO, 2005, p. 118; p. 138). Sendo assim, a equação 4 que representa o balanço térmico também poderia ser escrita como:

$$M = C_{\text{res}} + E_{\text{res}} + E + C + R + S \quad (6)$$

c) **CONVECÇÃO RESPIRATÓRIA (C_{res})**: refere-se à perda de calor que ocorre quando a temperatura de bulbo seco é diferente da temperatura das mucosas do aparelho respiratório. Admitindo-se que a temperatura do ar expirado seja aproximadamente igual a 35° C, e que a massa de ar seja proporcional à atividade

física, e portanto ao metabolismo, podemos escrever para a convecção respiratória a seguinte equação:

$$C_{res} = 0,0014 M (35 - t) \quad (7)$$

Onde:

t: temperatura de bulbo seco, °C

d) **EVAPORAÇÃO RESPIRATÓRIA** (E_{res}): ocorre em função das mucosas do aparelho respiratório estarem sempre mais úmidas que o ar inspirado. Pode ser representada conforme a equação (COUTINHO, 1998, p. 114):

$$E_{res} = 0,0173 M (5,628 - P_v) \quad (8)$$

Onde:

P_v : pressão parcial de vapor d'água, kPa

e) **CONVECÇÃO NA PELE** (C): a equação que permite calcular a transmissão de calor por convecção pela pele é a seguinte:

$$C = h_c F_{cs} (t_p - t) \quad (9)$$

$$h_c = 2,38 |t_p - t|^{0,25} ; \text{ para convecção natural} \quad (10)$$

$$F_{cs} = 1 / [(h_c + h_r) I_{cl} + 1/f_{cl}] \quad (11)$$

$$f_{cl} = 1,00 + 1,97 I_{cl} ; \text{ para } I_{cl} \text{ expresso em } m^2 \text{ } ^\circ C/W \quad (12)$$

$$f_{cl} = 1,00 + 0,31 I_{cl} ; \text{ para } I_{cl} \text{ expresso em clo} \quad (13)$$

Onde:

h_c : coeficiente de transmissão de calor por convecção ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$)

F_{cs} : fator de redução para troca de calor sensível (adimensional)

t_p : temperatura da pele, °C

f_{cl} : fator de área da vestimenta (adimensional)

Em ambientes com ar em movimento, a convecção é assumida como forçada. Nesse caso, o coeficiente de convecção (h_c) pode ser obtido a partir de uma das seguintes equações:

$$\text{Para } V_{ar} < 1 \text{ m/s} \quad h_c = 3,5 + 5,2 V_{ar} \quad (14)$$

$$\text{Para } V_{ar} \geq 1 \text{ m/s} \quad h_c = 8,7 V_{ar}^{0,6} \quad (15)$$

$$V_{ar} = V + 0,0052 (M - 58) \quad (16)$$

Onde:

V_{ar} : velocidade relativa do ar, m/s

V : velocidade do ar, m/s

A temperatura média da pele (t_p) pode ser tomada como 35° C para a maioria das aplicações, sem que se incorra em grandes erros (COUTINHO, 1998, p. 117). Segundo a Norma ISO 7933 (1989, p. 9), uma avaliação aproximada das situações de trabalho pode ser executada assumindo um valor médio para a temperatura da pele de 36 °C.

No entanto, quando se deseja maior precisão, o valor da temperatura média da pele pode ser calculado através da seguinte equação:

$$t_p = 30,0 + 0,093 t + 0,045 t_{rm} - 0,571 V + 0,254 P_v + 0,00128 M - 3,57 I_{clo} \quad (17)$$

Onde:

t : temperatura de bulbo seco, °C

t_{rm} : temperatura radiante média, °C

V : velocidade do ar, m/s

P_v : pressão parcial de vapor d'água, kPa

M : metabolismo, W/m²

I_{clo} : resistência total das vestes (clo)

Ressalte-se que a utilização da expressão que permite a obtenção da temperatura da pele está condicionada aos valores da média, desvio padrão e intervalo de classe dos parâmetros que a integram, obtidos através de análise de correlação múltipla, e que são apresentados na tabela a seguir, valores esses que são considerados como os limites de validade daquela expressão (ISO 7933, 1989, p. 9).

Tabela 1 - Valor médio, desvio padrão e intervalo de classe

Parâmetro	Unidade	Média	Desvio Padrão	Intervalo
t	°C	35,2	7,7	22,9 a 50,6
t _{rm}	°C	34,6	6,5	24,1 a 49,5
P _v	kPa	2,2	1,1	0,8 a 4,8
V	m/s	0,33	0,22	0,2 a 0,9
M	W/m ²	124,9	63,1	46,4 a 272
I _{cl}	clo	0,19	0,18	0,1 a 0,6
t _p	°C	35,3	1,3	32,7 a 38,4

Fonte: ISO 7933, 1989, adaptada

A temperatura radiante média (t_{rm}) para ambientes com convecção forçada é calculada a partir da equação seguinte:

$$t_{rm} = [(t_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 V^{0,6} (t_g - t)]^{0,25} - 273 \quad (18)$$

Onde:

t : temperatura de bulbo seco, °C

t_g: temperatura de globo, °C

V: velocidade do ar, m/s

As vestes reduzem as trocas de calor entre a pele da pessoa e o ambiente, por se comportarem como isolantes térmicos. Naturalmente, as fibras que foram utilizadas na sua confecção, a abertura existente entre os fios que compõem a trama e a urdidura, a espessura do tecido e a área do corpo que será coberta são alguns dos fatores que irão determinar a menor ou maior facilidade daquelas trocas se realizarem (COUTINHO, 2005, p. 123).

Em situações laborais desenvolvidas em ambientes que possuem fontes de calor, a redução nessas trocas pode provocar um aumento excessivo da

sudorese e/ou um aumento na temperatura corporal, comprometendo dessa forma a saúde das pessoas submetidas àquelas situações.

A contribuição resistiva das vestimentas às trocas de calor é representada através da sua resistência térmica total (R_v), ou índice de isolamento térmico (I_{cl}), cujo valor é expresso, principalmente, em uma unidade denominada “clo”, e cuja equivalência com as outras unidades utilizadas é a que se segue:

$$1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C/W} = 0,180 \text{ h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C/kcal}$$

A apuração da resistência térmica total da vestimenta é realizada somando-se as resistências térmicas, ou índices de isolamento térmico, de cada peça que a compõe. Sendo assim:

$$R_v = \sum R_i \quad (19)$$

Segundo Ruas (2001, p. 65), “[...] no Brasil não se conhecem trabalhos sobre isolamento térmico das vestimentas e assim não se dispõe de parâmetros que permitam comparar as roupas utilizadas aqui com aquelas estudadas por OLESEN (1985) e que formam a base das tabelas da ISO 9920 (1995)”. Também, em função da grande diversidade de tecidos existentes no mercado e dos componentes utilizados na sua fabricação, a estimativa do isolamento térmico das vestimentas através de tabelas nem sempre consegue caracterizar com precisão o que está sendo realmente usado pelas pessoas, acarretando o emprego de valores incorretos (XAVIER, 2000, p. 34).

f) **RADIAÇÃO (R)**: é a troca de calor que ocorre entre corpos separados pelo ar ou outro meio transparente, quando esses possuem temperaturas diferentes. O fluxo de energia, resultante da diferença de temperatura, é na direção do corpo que possui temperatura mais baixa. Pode ser obtida por:

$$R = h_r F_{cs} (t_p - t_{rm}) \quad (20)$$

$$h_r = \sigma \varepsilon_p A_R/A_{Du} [(t_p + 273)^4 - (t_{rm} + 273)^4] 1/(t_p - t_{rm}) \quad (21)$$

$$F_{cs} = 1/[(h_c + h_r) I_{cl} + 1/f_{cl}] \quad (22)$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$$

$$\varepsilon = 0,97$$

Onde:

h_r : coeficiente de transmissão de calor por radiação ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

F_{cs} : fator de redução de calor sensível (adimensional)

σ : constante de Stefan – Boltzmann

ε : emissividade da pele

A_R/A_{Du} : fração da superfície do corpo trocando calor por radiação

(Valores de A_R/A_{Du}) acocorado = 0,67

sentado = 0,70

de pé = 0,77

g) **EVAPORAÇÃO (E)**: constitui-se no mais importante mecanismo de regulação térmica do corpo humano, sendo acionado sempre que a vasodilatação periférica não consegue anular o saldo de calor. É intensamente solicitado quando o organismo se encontra em um ambiente com fontes de calor radiante, que provocam um aumento na temperatura da pele acima da sua temperatura média normal, em torno de $35 \text{ } ^\circ\text{C}$ segundo Coutinho (1998, p. 117) e de $36 \text{ } ^\circ\text{C}$ segundo a norma ISO 7933 (1989, p. 9).

A eficiência do processo depende da quantidade de suor que é evaporada, ou seja, aquela que é responsável pelo resfriamento da pele. Além de outros fatores, como a quantidade de umidade e a área exposta da pele, as vestes também exercem grande influência na troca de calor por evaporação, na medida em que se constituem em uma barreira ao processo, tanto mais grave quanto maior for a resistência térmica e mais impermeável for o tecido usado na sua confecção.

A partir da equação geral (4) que representa o balanço térmico, podemos exprimir a *evaporação total na pele* (E_p) em função dos outros termos que compõem aquela:

$$E_p = M - T - C_{res} - E_{res} - C - R - S \quad (23)$$

Podemos então definir *evaporação requerida* (E_{req}) como sendo aquela que deve ser realizada no organismo humano para que o *saldo de calor* (S) seja anulado. A equação é a que segue:

$$E_{req} = M - T - C_{res} - E_{res} - C - R \quad (24)$$

A *evaporação máxima* (E_{max}), e conseqüentemente a máxima troca de calor, ocorrerá quando a pele estiver totalmente molhada. Nessa situação, teremos:

$$E_{max} = 16,7 h_c F_{cl} (P_{vsp} - P_v) \quad (25)$$

$$F_{cl} = 1 / [1 + 2,22 h_c (I_{cl} - (1 - 1/f_{cl}) / (h_c + h_r))] \quad (26)$$

Onde:

F_{cl} : fator de redução de calor latente (adimensional)

P_{vsp} : pressão do vapor saturado à temperatura da pele (kPa).

Se as vestes são confeccionadas com tecido capaz de absorver a umidade, parte do suor produzido evapora diretamente da roupa sem contribuir para a dissipação do calor ao mesmo tempo em que uma outra parte se perde por gotejamento. Por outro lado, quando o tecido utilizado na sua confecção é impermeável, ou recebe tratamento que repele a umidade, aquela parcela da sudorese produzida que normalmente se perde por gotejamento tende a ser maior, também deixando de realizar a sua função.

Essa situação acaba provocando uma maior produção de suor, como forma de compensar aquelas parcelas que se perdem sem realizar a sua função primordial, obrigando as glândulas sudoríparas a aumentar o seu débito. A essa produção denomina-se sudorese requerida (SW_{req}), que é dependente da eficiência da evaporação (γ), que por sua vez é função da superfície da pele molhada onde aquela deve ocorrer (COUTINHO, 1998, p. 125), sendo representada por:

$$SW_{req} = E_{req} / \gamma \quad (27)$$

$$\gamma = 1 - [w_{req} / 2] \quad (28)$$

$$w_{\text{req}} = E_{\text{req}} / E_{\text{max}} \quad (29)$$

Onde:

w_{req} : índice de umidade requerida da pele

γ : eficiência de evaporação

A perda total de calor por evaporação (calor latente) realizada na pele e pela respiração pode ser obtida indiretamente, através da apuração da perda de peso verificada durante a execução da atividade que está sendo investigada. Para tanto, deve-se pesar a pessoa no início e ao término da execução, tomando-se o cuidado de pesar também “os líquidos e alimentos ingeridos, assim como os dejetos eliminados” (COUTINHO, 1998, p. 126). Além desses procedimentos, atentar para o fato de que a pessoa deve ser pesada após a execução da atividade nas mesmas condições em que seu peso foi obtido antes de iniciá-la, ou seja, sem as vestes ou com essas secas.

A equação que permite a obtenção da perda total por evaporação, em função da perda de peso (ASHRAE, 1997, p. 8.10, adaptada), é mostrada a seguir:

$$E = 60 \Delta m i_g / A_{Du} \Delta \theta \quad (30)$$

Onde:

Δm : perda de peso (g);

$\Delta \theta$: intervalo de tempo (min);

i_g : calor latente de evaporação da água à temperatura da pele (Wh/g).

Os valores de ' i_g ' para diferentes temperaturas podem ser obtidos consultando-se uma tabela de propriedades da água saturada. Se a temperatura média da pele for considerada como 35 °C, conforme recomenda Coutinho (1998, p. 117), o valor tabelado de ' i_g ' é igual a 2418,6 kJ/kg, equivalente a aproximadamente 0,672 Wh/g. Entretanto, se a temperatura média da pele for considerada como sendo igual à 36 °C, conforme adotado pela Norma ISO 7933 (1989, p. 9), o valor tabelado de ' i_g ' é 2416,2 kJ/kg, equivalente a aproximadamente 0,671 Wh/g (MORAN; SHAPIRO, 1995, apêndice).

2.8 Calor e Estresse Térmico

“Muitos trabalhadores, principalmente aqueles ao ar livre, são obrigados a conviver com ambientes térmicos desfavoráveis” (IIDA, 1990, p. 236, grifo nosso).

Quase duas décadas após esta frase ter sido cunhada não é incomum perceber, no cotidiano de nossas vidas, a quantidade de trabalhadores que se submetem a condições de trabalho que se encaixam perfeitamente naquela situação retratada. Uma típica circunstância de trabalho, fruto da precariedade com que são projetadas e construídas as nossas estradas, alimenta a nossa constatação. Não é incomum verificarmos a quantidade de trabalhadores empregados na construção e reparo de rodovias, em períodos do dia onde a incidência de carga solar se faz mais intensa.

Uma outra situação não tão visível quanto esta que foi citada, é aquela relacionada ao corte manual de cana-de-açúcar. Segundo Laat e Vilela (2007, p. 1), um cortador de cana-de-açúcar do sexo masculino pode alcançar a produção de até 14 toneladas/dia, enquanto que um do sexo feminino pode alcançar até 10 toneladas/dia. Como já citado anteriormente, matéria levada ao ar pela Rede Globo de Televisão relatava que um cortador de cana-de-açúcar chega a perder 8 kg (oito quilogramas) de massa corporal durante uma jornada de trabalho (UM DESAFIO NA COLHEITA DA CANA, 2006).

O estresse pelo calor refere-se a processos ambientais e metabólicos que aumentam a temperatura corporal. O calor metabólico é liberado pelos músculos esqueléticos ativos e são transferidos da parte central do organismo para a pele, onde é dissipado, principalmente, pela evaporação do suor. Se esse calor não for dissipado, a temperatura central aumentará rapidamente (CARTER; CHEUVRONT; SAWKA, 2007, p. 3).

Altas temperaturas do ar, umidade relativa do ar elevada, baixa movimentação do ar junto à pele, radiação solar e vestimentas inadequadas são alguns dos fatores que comprometem as trocas de calor entre a pele e o meio ambiente (CARTER; CHEUVRONT; SAWKA, 2007, p. 3).

Os distúrbios, ou síndromes, induzidas pelo calor podem evoluir da sua forma mais simples, o edema, para a forma mais grave, a hipertermia. As características climáticas do ambiente se apresentam como um dos fatores de risco que podem contribuir para o desenvolvimento dessas síndromes. A alta umidade relativa do ar, por exemplo, inibe a evaporação do suor, comprometendo desta forma a retirada de

calor do organismo por evaporação. Em atividades realizadas a céu aberto, a quantidade de calor radiante proveniente do sol é um dos outros fatores que interferem no desenvolvimento daquelas síndromes.

No período compreendido entre 2004 e 2005 foram relatados 13 (treze) óbitos de cortadores de cana-de-açúcar na região de Campinas/SP. O Ministério Público do Trabalho daquela região suspeita haver relação entre os óbitos e as condições de trabalho, na medida em que estas últimas poderiam ter levado os cortadores à exaustão. A suspeita está relacionada, dentre outros fatores, aos sintomas bastante semelhantes nas diferentes histórias: tontura, náusea e desmaio, seguido do óbito. Além disso, foram registrados diversos outros casos de cortadores de cana que chegaram aos hospitais com os mesmos sintomas, mas não vieram a falecer. (PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 15ª REGIÃO, 2005).

Em 2004, durante a terceira etapa de uma competição de Mountain Bike dentro do Parque Nacional da Serra da Capivara (PI), uma competidora sentiu-se mal após percorrer parte do trajeto sob sol forte a uma temperatura de aproximadamente 42°C. “Tendo sido encontrada inconsciente e com a respiração dificultada, foi levada às pressas para um hospital local, aonde chegou em estado de coma profundo, sendo então transferida mais tarde para um hospital em Teresina. A ciclista não resistiu e faleceu durante o trajeto. O médico do hospital de Teresina acredita que a ciclista morreu por hipertermia” (TARINI et al, 2006, p. 145).

Segundo Lamberts e Xavier (2002, p. 69), vários estudos e pesquisas têm sido realizados a respeito da sobrecarga térmica, ou estresse térmico, com a finalidade de fixar um índice capaz de melhor caracterizar os ambientes de trabalho considerados quentes.

Ainda segundo os mesmos autores, o “Índice de Bulbo Úmido Temperatura de Globo (WBGT ou IBUTG em português)”, que é o índice adotado pela Norma Brasileira NR-15/1978 e pela norma internacional ISO 7243/1989, e o “Índice de Estresse Térmico”, cuja denominação atual é “Taxa requerida de suor (SW_{req})”, esse adotado pela norma internacional ISO 7933/1989, são os que apresentam maior consistência e aceitação, sendo utilizados como “referências normativas para a avaliação e determinação de estresse térmico” (LAMBERTS & XAVIER, 2002, p. 69).

Tarini et al (2006, p. 144) destacam que “a hipertermia é o aumento da temperatura corporal por falência dos mecanismos de dissipação do calor, para se

contrapor à febre onde há falência da regulação hipotalâmica. São cinco as formas de manifestação clínica: edema, câibras, síncope, exaustão e hipertermia”.

Ainda segundo os mesmos autores, “a hipertermia por esforço pode ser definida como a temperatura corporal central superior a 40°C, acompanhada de alterações no estado mental, bem como o comprometimento de múltiplos órgãos. **Contudo, o aumento da temperatura corporal central acima do ponto de ajuste hipotalâmico (37°C) já provoca sinais de desconforto.** Muito da experiência clínica adquirida vem da Arábia Saudita, onde anualmente acontece a peregrinação a Meca” (TARINI et al, 2006, p. 145, grifo nosso). Além das características climáticas do ambiente, a desidratação, a obesidade, a baixa aptidão física, uma vestimenta inadequada e a falta de aclimação ao calor são outros fatores de risco geralmente associados a hipertermia.

Coris, Ramirez e Durme (apud TARINI et al, 2006, p. 149) disponibilizam uma tabela que, segundo o entendimento dos autores, destaca a influência do IBUTG em relação aos riscos de surgimento de síndromes induzidas pelo calor. Nela se pode verificar que, por exemplo, IBUTG's acima de 27,8 °C são classificados como de elevadíssimo risco.

Tabela 2 - Classificação dos riscos relativos às síndromes induzidas pelo calor

<i>RISCO</i>	<i>IBUTG (°C)</i>
Baixo	<18,3
Moderado	18,3 - 22,8
Alto	22,8 - 27,8
Muito Alto	> 27,8

Fonte: Tarini (2006, p. 149), adaptado

2.9 Normas de Referência, Índices e Recomendações

2.9.1 Norma ISO 7243/1989

A Norma ISO 7243/1989 – *Ambientes quentes – Estimativa do estresse por calor no trabalhador, baseado no IBUTG (Índice de bulbo úmido temperatura de globo)* disponibiliza um método de avaliação que pode ser facilmente utilizado em ambientes industriais, em virtude do instrumental necessário à coleta dos dados, constituído de um conjunto de termômetros e de um cronômetro.

No entanto, **essa norma apresenta uma limitação à sua utilização**, qual seja, a de que **os valores de referência do IBUTG**, descritos no seu Apêndice 'A', **somente são válidos para as situações de trabalho nas quais o trabalhador utiliza vestimenta padrão**, definida como aquela que é permeável ao ar e ao vapor d'água, e **que possui índice de isolamento térmico, ' I_{cl} ', menor ou igual a 0,6 clo**. Ela também recomenda que **naquelas situações em que a vestimenta possua características diferentes das anteriormente citadas, deverá ser providenciada uma redução naqueles valores de referência do IBUTG**. Entretanto, **não apresenta os valores dessa redução**, ao mesmo tempo em que sugere a consulta a um especialista (ISO 7243, 1989, p. 5).

2.9.2 Norma ISO 7933/1989

A Norma ISO 7933/1989 – *Ambientes quentes – Determinação analítica e interpretação do estresse térmico, utilizando o cálculo da taxa requerida de suor* (SW_{req}), especifica um método de avaliação analítica e interpretação do estresse térmico ao qual uma pessoa pode estar submetida em um ambiente quente. Descreve também um método de cálculo do balanço de calor bem como da taxa de suor que o corpo deveria produzir para manter esse balanço em equilíbrio, denominando-a de '*taxa requerida de suor*' (ISO 7933, 1989, p. 1).

Os principais objetivos dessa norma internacional são avaliar as condições de estresse (sobrecarga) térmico capazes de provocar um **aumento excessivo da temperatura interna e das perdas hídricas no corpo, determinar modificações nas condições de trabalho** de maneira a reduzir ou eliminar os aspectos negativos citados e **definir o tempo máximo permitido de exposição** às condições de sobrecarga (ISO 7933, 1989, p. 1).

A interpretação dos valores obtidos através desse método analítico é baseada em dois critérios de estresse térmico e em dois limites de tolerância fisiológica. São eles:

1) Critérios de estresse térmico

- a) Máxima fração de pele molhada (w_{max});
- b) Máxima taxa de suor (SW_{max}), em W/m^2 .

2) Limites de tolerância fisiológica

- a) Quantidade máxima de calor acumulada no corpo ($Q_{\max}$), em Wh/m^2 ;
- b) Máxima perda de água ($D_{\max}$), em Wh/m^2 ou em gramas.

Uma tabela disponibilizada por essa norma contempla duas faixas distintas de taxa de metabolismo, em repouso e trabalhando, além de duas situações referentes à aclimação do ser humano ao ambiente de trabalho, quais sejam, pessoas aclimatadas e não aclimatadas. Ainda segundo o critério de aclimação, podemos ter duas situações distintas: situação de alerta ou situação de perigo.

A seguir, é mostrada a referida tabela, onde estão contidos os valores de referência para os diferentes critérios de estresse térmico e para os limites de tolerância fisiológica.

Tabela 3 - Valores de referência para diferentes critérios de estresse térmico e disfunções orgânicas

Critério	Pessoas não aclimatadas		Pessoas aclimatadas	
	Alerta	Perigo	Alerta	Perigo
Máxima umidade da pele				
$W_{\max}$	0,85	0,85	1,0	1,0
Máxima taxa de suor				
Repouso: $M < 65 \text{ W/m}^2$				
$SW_{\max} (\text{W/m}^2)$	100	150	200	300
$SW_{\max} (\text{g/h})$	260	390	520	780
Trabalho: $M > 65 \text{ W/m}^2$				
$SW_{\max} (\text{W/m}^2)$	200	250	300	400
$SW_{\max} (\text{g/h})$	520	650	780	1040
Acumulação máxima de calor				
$Q_{\max} (\text{W.h/m}^2)$	50	60	50	60
Perda máxima de água				
$D_{\max} (\text{W.h/m}^2)$	1000	1250	1500	2000
$D_{\max} (\text{g})$	2600	3250	3900	5200

Fonte: Norma ISO 7933, 1989, adaptada

Em relação a essa tabela, o valor máximo recomendado para a acumulação de calor ($Q_{\max}$) admite um incremento na temperatura interna do corpo humano de $0,8^\circ\text{C}$ para o critério de alerta e de $1,0^\circ\text{C}$ para o critério de perigo, correspondendo a aumentos de $3,5^\circ\text{C}$ e $4,0^\circ\text{C}$, respectivamente, na temperatura média da pele. No que diz respeito à perda máxima de água ($D_{\max}$), é admitida uma desidratação máxima de 4 % (quatro por cento) da massa corporal para pessoas não aclimatadas

e 6 % (seis por cento) para as aclimatadas, **desde que seja efetuada uma reidratação normal durante o período de exposição** (ISO 7933, 1989, p. 9).

Para que o corpo humano esteja em equilíbrio, sem qualquer risco de aquecimento corporal acima dos limites permissíveis, a taxa de suor requerida (SW_{req}) e a fração de pele molhada requerida (w_{req}), não podem ser maiores do que os respectivos valores tabelados (SW_{max} , w_{max}). Quando esses limites são ultrapassados, estabelece-se um desequilíbrio térmico e o saldo de calor (S) deve ser limitado ao valor tabelado de acumulação máxima de calor (Q_{max}), de forma a impedir que haja um aumento da temperatura interna que possa provocar danos à saúde.

Esclareça-se que, mesmo estando em equilíbrio térmico durante o desenvolvimento de uma atividade, o corpo humano pode estar perdendo líquido além do limite máximo permitido descrito pela máxima perda de água tabelada (D_{max}), com igual comprometimento da saúde.

Os distúrbios térmicos tais como câimbras induzidas pelo calor, síncope induzida pelo calor, exaustão induzida pelo calor e hipertemia (intermação) são, juntamente com a redução da capacidade de realizar uma tarefa, as consequências da exposição a um ambiente termicamente agressivo. Todos esses fatores têm como denominadores mais freqüentes e comuns a exposição ao calor, a perda de água e o acúmulo de calor. No entanto, **“o fator isolado mais importante, do ponto de vista clínico, reside na perda de água corporal”** (FOX et al, 1991, p. 366, grifo nosso).

Primeiramente, **a análise de uma situação de trabalho**, baseada na Norma ISO 7933/89, e considerando-se os dois critérios de estresse térmico, **consiste na determinação dos valores esperados** da fração de pele molhada, da taxa de evaporação e da taxa de suor (w_p , E_p , SW_p), **tendo como base os valores requeridos desses parâmetros** (w_{req} , E_{req} , SW_{req}), e ainda, **levando-se em consideração os valores limites** (w_{max} , SW_{max}).

Quando o valor requerido da fração de pele molhada é menor do que o valor máximo desse parâmetro ($w_{req} < w_{max}$), e o valor requerido da taxa de suor é menor do que o valor máximo desse parâmetro ($SW_{req} < SW_{max}$), o corpo humano está em equilíbrio térmico e os valores esperados são:

$$w_p = w_{req}$$

(31)

$$E_p = E_{req} \quad (32)$$

$$SW_p = SW_{req} \quad (33)$$

Quando, ao contrário, a fração de pele molhada requerida é maior do que o valor máximo desse parâmetro ($w_{req} > w_{max}$), os valores esperados são:

$$w_p = w_{max} \quad (34)$$

$$E_p = w_p E_{max} \quad (35)$$

$$SW_p = E_p / \gamma_p \quad (36)$$

O valor esperado da eficiência da evaporação (γ_p) é:

$$\gamma_p = 1 - (w_p^2 / 2) \quad (37)$$

Quando a taxa de suor requerida é maior do que a taxa de suor máxima ($SW_{req} > SW_{max}$), é necessário determinar a fração de pele molhada esperada. Os valores esperados são:

$$w_p = SW_{max} \gamma_p / E_{max} \quad (38)$$

$$E_p = w_p E_{max} \quad (39)$$

$$SW_p = SW_{max} \quad (40)$$

Atentar para o fato de que, o valor da fração de pele molhada esperada deve ser encontrado através da iteração entre as seguintes equações:

$$E_p = w_p E_{max} \quad (41)$$

$$SW_p = E_p / \gamma_p \quad (42)$$

Quando a situação de trabalho se mostra insalubre, a análise é complementada com a **determinação do tempo máximo de exposição** (TME), que é uma função dos valores máximos tabelados de calor acumulado no corpo humano ($Q_{\max}$) e de perda de água ($D_{\max}$).

Quando $E_p = E_{\text{req}}$ e $SW_p \leq D_{\max}/8$, não é necessária nenhuma limitação de tempo de execução das tarefas para uma jornada de 8 horas.

Se, no entanto, uma ou outra das duas situações anteriores não é satisfeita, faz-se necessário calcular o tempo máximo de exposição, de acordo com as seguintes situações:

- $E_{\text{req}} > E_p$. Nessa situação, há um saldo positivo no balanço térmico do corpo humano ($S = E_{\text{req}} - E_p$), que acarretará um aumento da temperatura interna desse corpo, se nenhuma medida for adotada. A determinação do tempo máximo de exposição em função do calor acumulado (TME_C), em minutos, é realizada através da seguinte expressão:

$$TME_C = 60 Q_{\max}/(E_{\text{req}} - E_p) \quad (43)$$

- $SW_p > D_{\max}/8$. Isso implica que o corpo humano está tendo uma perda excessiva de água. Para limitar esse desgaste fisiológico, é necessário determinar o tempo máximo de exposição em função da perda de água (TME_A), em minutos, utilizando-se a seguinte expressão:

$$TME_A = 60 D_{\max}/SW_p \quad (44)$$

De posse destes dois parâmetros, o tempo máximo de exposição (TME) será o menor valor obtido por comparação entre TME_C e TME_A .

2.9.3 Norma Regulamentadora N° 15 (NR-15)

Como já dito anteriormente, as normas oficialmente utilizadas no Brasil para se investigar a existência de sobrecarga térmica no desempenho de uma atividade são a Norma Regulamentadora N° 15 (NR-15) (SEGURANÇA E MEDICINA DO

TRABALHO, 2000, p. 133) e a Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06) (FUNDACENTRO, 2002).

De acordo com a NR-15, na avaliação à exposição ao calor, tanto em ambientes internos ou externos sem carga solar, quanto naqueles externos com carga solar, o referencial é o Anexo N^o 3 da referida Norma, onde se encontram as equações que permitem obter o valor do Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG), os Quadros com os respectivos Limites de Tolerância para exposição ao calor e as Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade, além das alternativas com respeito à organização do trabalho que versam sobre o Regime de Trabalho – período de trabalho e de descanso.

Segundo Coutinho (2005, p. 222), o Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG) é o índice **recomendado** pelo Ministério do Trabalho. Ainda segundo o autor, esse índice “representa o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar”.

Cabe esclarecer também que nas demandas judiciais no âmbito da Justiça do Trabalho, as ações relacionadas à insalubridade térmica (sobrecarga, ou estresse térmico) **devem** ser fundamentadas em avaliações realizadas através do índice citado, tal qual é descrito na Norma Regulamentadora que o contém, com a concorrência da metodologia e dos procedimentos de avaliação estabelecidos pela NHO 06/2002.

No entanto, confrontando-se o texto do Anexo N^o 3 da NR-15, que trata da avaliação à exposição ao calor, baseada no IBUTG, com a Norma ISO 7243/1989, cujo título original é “Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature)”, e que pode ser entendido como “Ambientes quentes – Estimativa do estresse por calor no trabalhador, baseado no IBUTG (índice de bulbo úmido temperatura de globo)”, percebe-se que a Norma brasileira não contempla um aspecto de significativa importância nessa avaliação, mas sobre o qual aquela norma internacional se manifesta.

Esse aspecto refere-se à característica denominada ‘índice de isolamento térmico da vestimenta’ (I_{cl}), um valor de referência que limita a utilização daquela norma internacional às situações em que as vestimentas possuem $I_{cl} \leq 0,6$ clo (ISO 7243, 1989, p. 4). **A ausência deste dado na norma brasileira acarreta o emprego desta de forma indiscriminada, como por exemplo, na avaliação de**

situações laborais em ambientes quentes onde são utilizadas vestimentas comuns e/ou vestimentas especiais que possuem $I_{cl} > 0,6$ clo.

Na verdade, a utilização do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG, na forma como está descrito na Norma Regulamentadora N° 15, Anexo N° 3, e apesar de não haver nessa norma qualquer referência à influência das vestes, **deveria ser restrito** àquelas atividades nas quais as vestimentas possuem índice de isolamento térmico (I_{cl}) até aquele valor especificado na norma internacional.

2.9.4 Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06)

Em situação que guarda grande similitude com a descrita para a NR-15/1978 encontra-se a Norma de Higiene Ocupacional - NHO 06/2002 (Avaliação da exposição ocupacional ao calor), em cujo teor também **não se vislumbra referência ao máximo valor** do índice de isolamento térmico das vestes que deveria limitar a utilização deste dispositivo legal.

No entanto, ressalte-se que, seguindo a linha de entendimento de que as vestes interferem nos mecanismos de troca de calor entre o trabalhador e o ambiente e, portanto, devem ter a sua influência considerada quando se avalia a sobrecarga térmica, a NHO 06/2002 estabelece que naquelas situações em que “o trabalhador utiliza **Equipamentos de Proteção Individual ou roupas especiais** [...] poderá ocorrer uma contribuição [...] na condição de sobrecarga térmica do trabalhador” (FUNDACENTRO, 2002, p. 30, grifo nosso).

Ainda segundo essa mesma Norma, os limites de exposição expressos pelo Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo **só são válidos** “para trabalhadores saudáveis, aclimatados, completamente **vestidos com calça e camisa leves**, e com reposição adequada de água e sais minerais” (FUNDACENTRO, 2002, p. 14, grifo nosso).

2.10 Da Inadequabilidade Parcial da NR-15 e da NHO 06

Percebe-se pelo anteriormente exposto que a NR-15/1978 e a NHO 06/2002, em oposição ao entendimento e orientação de diversos organismos, tanto nacionais

quanto internacionais, não considera a influência das vestes que possuem $I_{cl} > 0,6 \text{ clo}$ como um fator determinante na avaliação da sobrecarga térmica, somente contemplando o efeito combinado da radiação térmica, da temperatura de bulbo seco, da umidade e da velocidade do ar, como já anteriormente citado, além da taxa de metabolismo por tipo de atividade.

Reitere-se também a importância de se limitar, tanto as perdas hídricas quanto o aquecimento corporal, como já anteriormente citado, e o fato de que, tanto a NR-15/1978 quanto a NHO 06/2002 se omitem a respeito desses aspectos.

A vestimenta usual de trabalho utilizada pelos eletricitistas de manutenção de linha-viva em 69 KV é padronizada no âmbito da CEAL, sendo composta basicamente de calça e camisa de mangas curtas, ambas as peças confeccionadas em tecido de algodão. Somente a título de ilustração, em uma interpretação livre do rigor que uma avaliação técnica exige, estas peças poderiam ser descritas, utilizando-se a terminologia contida na NHO 06/2002, como sendo “calça e camisa leves”.

No entanto, **sem abrir mão do rigor**, o isolamento térmico dessa vestimenta e das outras peças comumente utilizadas (cueca e meias de algodão) teve o seu valor estimado em ‘**0,75 clo**’, com a utilização da tabela ‘A.1’ da Norma ISO 9920 (1995, p. 5 – 6).

Como já exposto anteriormente, a estimativa do isolamento térmico da vestimenta condutiva utilizada pelos eletricitistas no trabalho ao potencial encontra séria dificuldade, em virtude das características peculiares do tecido empregado na sua confecção, cuja composição é de 75% de fibra Nomex® (meta-aramida) e 25% de aço inoxidável (FERNANDEZ, 2002).

Como não se consegue enquadrar essa fibra ou essa composição em nenhuma das alternativas contempladas na Norma ISO 9920/95, que é a mais detalhada a esse respeito, o valor do isolamento térmico daquela vestimenta foi estimado em ‘**1,0 clo**’, equivalente ao de um macacão de algodão. Este valor foi obtido através da Tabela 3 – Fatores de Correção para Roupas dos Limites de IBUTG em °C, contida nas recomendações da ACGIH (ABHO, 1998, p. 165).

Sendo assim, o isolamento térmico do traje completo utilizado no desenvolvimento da atividade (I_{cl}), obtido pela adição dos isolamentos das vestes usuais e da vestimenta condutiva, totaliza um valor igual a **1,75 clo**, ou seja, o traje completo possui resistência térmica aproximadamente igual a 3 (três) vezes o valor

que deveria servir de limite para a utilização do IBUTG, tal qual descrito pela NR-15/1978 e pela NHO 06/2002.

A necessidade de se promover uma adaptação do IBUTG, quer seja definindo um fator de correção, quer seja alterando os limites do próprio IBUTG quando o índice de isolamento térmico das vestes utilizadas é maior do que 0,6 (zero vírgula seis) clo, pode ser avaliada pela importância que a ACGIH dispensa à questão.

Com efeito, a ABHO publicou, primeiro em 1998 e agora em 2008, as traduções dos limites de tolerância (TLVs e BEIs) recomendados por aquele órgão internacional (ABHO, 1998; 2008). Em ambas as publicações é possível encontrar, na parte destinada aos limites de tolerância aos agentes físicos, fatores de correção do IBUTG, em °C, para as situações de trabalho em que são utilizados alguns tipos de vestimentas especiais de proteção.

No entanto, ao se consultar a publicação mais recente, percebe-se que ela só referencia 6 (seis) categorias de vestimentas de proteção, com os seus respectivos fatores de correção. Também é possível concluir, após a consulta, que em nenhuma daquelas categorias se enquadra, mesmo que aproximadamente, o conjunto das vestes utilizadas pelos eletricitistas de linha energizada.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

"A coisa não está nem na partida e nem na chegada, mas na travessia".

Guimarães Rosa

Essa Tese teve como objetivo propor uma complementação para o método de avaliação da exposição ocupacional ao calor no desenvolvimento das atividades de manutenção em linhas energizadas, de tal forma que as variáveis climáticas, pessoais e fisiológicas já citadas em documentos anteriores pudessem contribuir na especificação de medidas de proteção contra o estresse térmico.

3.1 Variáveis Investigadas

Os dados coletados estão relacionados às condições climáticas, pessoais e fisiológicas presentes durante a execução das tarefas típicas de manutenção em linhas energizadas, além do tempo despendido para executá-las. As variáveis e seus respectivos indicadores estão relacionados adiante:

Variável: Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG).

Indicadores: Temperaturas de globo, bulbo seco e bulbo úmido.

Variável: Perdas hídricas.

Indicador: Perda de peso.

Variável: Contribuição da vestimenta à dissipação do calor.
Indicador: Índice de isolamento térmico da vestimenta.

Variável: Produção interna de calor.
Indicador: Taxa de metabolismo.

Variável: Duração das tarefas.
Indicador: Tempo.

3.2 Fases da Pesquisa

Para que os objetivos da pesquisa pudessem ser alcançados, esse trabalho foi executado em duas fases distintas. A primeira fase foi a pesquisa de campo propriamente dita, onde estão incluídas as medições das variáveis climáticas (temperatura de bulbo seco, de bulbo úmido, de globo, velocidade do ar), registro do IBUTG indicado pelo instrumento, a cronometragem do tempo empregado na execução das tarefas, a pesagem dos eletricitistas, antes e depois da execução dessas tarefas, e as respostas daqueles aos questionários sobre conforto e aceitabilidade térmica. Registre-se também, na fase da pesagem, o cuidado dispensado ao peso dos líquidos e alimentos eventualmente ingeridos, bem como dos dejetos porventura eliminados.

A segunda fase constituiu-se da estimativa da taxa de metabolismo por meio de componentes relacionadas à atividade e ao homem, de acordo com a Norma ISO 8996, Apêndice D (1990, p. 12), e na determinação do valor médio do IBUTG para cada período contínuo de execução das tarefas, de tal forma que, juntamente com o tempo despendido na execução, se pudesse avaliar a sobrecarga térmica com base na NR-15 e na NHO 06. Também foi realizada uma avaliação segundo os limites de tolerância e fatores de correção para roupas, especificados pela ACGIH (ABHO, 1998, p. 165).

Em seguida, foram calculados os valores dos diversos membros que integram a equação do balanço térmico, ou balanço de calor, com destaque para a apuração da perda de calor por evaporação através da pele e pela respiração, utilizando-se a perda de peso verificada no desenvolvimento da atividade (ASHRAE, 1997, p. 8.10),

além da estimativa do isolamento térmico das vestes usuais (ISO 9920, 1995, p. 5 – 6) e da vestimenta condutiva típica da manutenção de linhas energizadas (ABHO, 1998, p. 165), com vistas à avaliação do estresse térmico, baseado na Norma ISO 7933/89.

3.3 Caracterização do Ambiente Pesquisado e do Universo da Pesquisa

3.3.1 Subestação do Tabuleiro dos Martins

A coleta dos dados relativos às variáveis climáticas, ao IBUTG, ao tempo despendido na execução das tarefas, bem como as respostas ao questionário de conforto e aceitabilidade térmica, foi realizada durante o desenvolvimento das atividades no pátio da subestação seccionadora/transformadora do Tabuleiro dos Martins (S/E TBM) pertencente à Companhia Energética de Alagoas (CEAL), situada no bairro de mesmo nome, na cidade de Maceió/AL, enquanto que a pesagem, imediatamente antes e após o encerramento das intervenções, e as respostas ao questionário sobre estilo de vida foram colhidas na sala de controle e operação daquela S/E. Todas as intervenções em linha viva foram realizadas empregando-se o método denominado “ao potencial”, ou seja, com o eletricista utilizando a vestimenta condutiva sobre as vestes normais de trabalho e conectado no mesmo potencial (tensão) do circuito (69 KV).

3.3.2 Universo da Pesquisa

Por se tratar de uma população com pequeno número de elementos, optou-se por coletar os dados em relação a todos os integrantes da turma de manutenção. As características relacionadas ao método, às técnicas e aos procedimentos adotados na execução das tarefas, além do vestuário utilizado, tanto comum como especial, são as mesmas para todos os integrantes. Dessa forma, as condições podem ser consideradas homogêneas.

Os eletricistas envolvidos compõem a turma de manutenção de linha viva em 69 KV, num total de seis profissionais em efetivo exercício à época da pesquisa, com

experiência na atividade girando entre cinco anos e vinte anos e todos perfeitamente aclimatados, segundo o critério da ISO 7243 (1989, p. 7).

Do total de eletricitistas, um é o encarregado da turma e geralmente não participa diretamente na execução do serviço, ou seja, não se conecta ao potencial e, conseqüentemente, não utiliza a vestimenta especial. Como durante a coleta de dados essa prática foi seguida e, ainda, como todos os outros cinco integrantes da turma participaram das intervenções, os dados obtidos referem-se efetivamente à totalidade dos componentes.

Na figura adiante se pode observar parte da organização dos trabalhos de campo, necessária à execução dos serviços.



Figura 2 - Organização do trabalho no campo

3.4 Dados da Pesquisa

Primários

- Tempo de execução das tarefas típicas de manutenção;
- Temperatura de globo;

- Temperatura de bulbo úmido;
- Temperatura de bulbo seco;
- Velocidade do ar;
- Perda de peso.

Secundários

- Limites de tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de trabalho;
- Taxa de metabolismo de acordo com a natureza da atividade;
- Índice de isolamento térmico da vestimenta;
- Limite de perdas hídricas;
- Limite para aquecimento corporal.

3.5 Coleta dos Dados

3.5.1 Dados Primários

Os dados primários necessários à caracterização do objeto da pesquisa foram coletados através de medições realizadas no pátio e na sala de controle da subestação do Tabuleiro dos Martins. Como já citado, do conjunto de dados obtidos foram selecionados, para a realização das avaliações, aqueles que retratavam, para cada um dos eletricitistas, as condições mais severas de trabalho em relação à perda de peso por hora trabalhada.

Esses dados foram aqueles obtidos nos dias 07.05.2002, no horário compreendido entre as 10h 00min e 11h 45min e entre as 15h 00min e 16h30 min, 09.05.2002, entre 10h 00min e 11h 30min, 13.05.2002, entre 10h 30min e 11h 50min e entre 13h 00min e 14h 10min, em intervalos de cinco minutos, totalizando 92 períodos de medições.

As variáveis climáticas, temperatura de bulbo seco, de bulbo úmido e de globo, foram medidas utilizando-se o “Termômetro de Globo” modelo TGD-200, marca INSTRUTHERM, previamente aferido pelo fabricante, composto de Indicador e Módulo-Sensor com três Sondas (elementos sensores), que além de indicar as três temperaturas anteriormente citadas, também efetua o cálculo e apresenta o

valor do IBUTG. O aparelho, que atende aos requisitos da Norma NHO 06/2002 (FUNDACENTRO, 2002, p. 22), possibilita até três leituras por segundo, possui resolução de 0,1 °C, precisão de $\pm 0,1$ °C, e opera na faixa de medição de -10 a $+50$ °C. Na figura adiante pode-se verificar o posicionamento do equipamento eletrônico utilizado nas avaliações.



Figura 3 - Termômetro de Globo

A sonda de globo é composta de uma esfera com diâmetro de 6" (152,4 mm), com sensor central em Pt-100, diâmetro de 4 mm e comprimento de 150 mm – Classe 'A', Norma DIN 43760, tempo de resposta de 25 minutos e temperatura de operação de 0 °C a 100 °C.

As sondas de bulbo seco e de bulbo úmido são ambas constituídas de haste em Pt-100, diâmetro de 4 mm e comprimento de 150 mm – Classe 'A', Norma DIN 43760, tempo de resposta de 2 minutos, para a de bulbo seco, e de 10 minutos, para a de bulbo úmido.

A velocidade do ar foi medida com um anemômetro de pás giratórias, previamente aferido pelo fabricante, marca INSTRUTHERM, modelo AD-145, faixa de medição de 0,1 m/s a 45 m/s.

Para que fossem respeitados os requisitos de segurança relacionados à configuração física dos equipamentos da subestação e aos procedimentos de manutenção, o Termômetro de Globo foi instalado sobre a brita (no piso do pátio) e fora da área de risco em torno da estrutura (diâmetro de aproximadamente 5 m), demarcada pelos cones de sinalização. Em relação ao anemômetro, ao operador só foi permitido que, no máximo, o operasse com os braços erguidos e também fora da área de segurança demarcada.

3.5.2 Dados Secundários

O peso dos eletricitistas foi obtido com a utilização de uma balança eletrônica para pesar pessoas, aferida pelo INMETRO, marca Filizola, modelo Personal Line, carga máxima permitida na plataforma de 150 kg e resolução de 0,1 kg. O equipamento possui o seguinte sistema de arredondamento: as frações da carga até 50 g são arredondadas para a centena imediatamente anterior, enquanto aquelas acima daquele valor são arredondadas para a centena imediatamente posterior.

Dessa forma, as indicações poderiam conter, em princípio, uma incerteza de até 99 g. Como a resolução, e por consequência a incerteza, era inadequada aos propósitos do trabalho, foi utilizado um conjunto de pesos previamente aferidos, com valores de 5, 10, 20, 40 e 50 g, que permitiam combinações cobrindo a faixa de 5 g até 95 g. Esses pesos eram acrescentados à plataforma durante a pesagem dos eletricitistas, com variações de 5 em 5 g, até que houvesse mudança na indicação da balança. Quando isso acontecia o valor adicionado era subtraído do limite superior do intervalo de classe, permitindo assim que o peso do trabalhador fosse determinado com um nível de incerteza de até 5 g.

A estimativa da taxa de metabolismo foi realizada com a utilização da norma ISO 8996 (1990, p. 1 – 2). O procedimento adotado, de acordo com o que preconiza o item 4.3 da norma citada, foi o da determinação analítica por adição dos vários componentes em que pode ser decomposta uma atividade. Dessa forma, para a atividade de manutenção de linhas energizadas, a taxa metabólica basal (homem -

44 W/m²), a postura corporal (em pé, inclinado – 30 W/m²) e o tipo de trabalho (moderado, com dois braços – 85 W/m²) quando adicionados, totalizaram um metabolismo (**M**) igual a **159 W/m²**.

A determinação dos valores de isolamento térmico de roupas ou de peças que compõem um traje é rotineiramente realizada através da consulta aos valores tabelados, originados das pesquisas de Fanger, McCullough, Jones, Olesen e Nielsen, dentre outros, em uma ou mais das seguintes Normas: ISO 7933 (1989, p. 7 – 8), ISO 7730 (1994, p. 24 – 26), ISO 9920 (1995, p. 5 – 29) e ASHRAE (1997, p. 8.8 – 8.9). Dessas Normas citadas, a única que apresenta uma tabela com variadas composições de tecidos utilizados na confecção de uma forma geral, é a ISO 9920 (1995, p. 30 – 32), além de também apresentar valores de isolamento térmico para algumas vestimentas de proteção.

A vestimenta usual de trabalho utilizada pelos eletricitistas de manutenção de linha-viva em 69 KV é padronizada no âmbito da CEAL, sendo composta basicamente de calça e camisa de mangas curtas, confeccionadas em tecido de algodão. O isolamento térmico dessa vestimenta e das outras peças comumente utilizadas teve o seu valor estimado em '**0,75 clo**', com a utilização da tabela 'A.1' da Norma ISO 9920 (1995, p. 5 – 6).

A estimativa do isolamento térmico da vestimenta condutiva encontra séria dificuldade, em virtude das características peculiares do tecido utilizado na sua confecção, cuja composição é de 75% de fibra Nomex[®] (meta-aramida) e 25% de aço inoxidável (FERNANDEZ, 2002). Como não se consegue enquadrar essa fibra ou essa composição em nenhuma das alternativas contempladas na Norma ISO 9920, que é a mais detalhada a esse respeito, o valor do isolamento térmico dessa vestimenta foi estimado em '**1,0 clo**' (macacão de algodão), obtido através da consulta aos Fatores de Correção para Roupas dos Limites de IBUTG em °C, contida nas recomendações da ACGIH (ABHO, 1998, p. 165). Sendo assim, o isolamento térmico (**I_{cl}**) do traje utilizado no desenvolvimento da atividade, obtido pela adição dos isolamentos das vestes usuais e da vestimenta condutiva, totaliza um valor igual a **1,75 clo**.

O questionário sobre conforto e aceitabilidade térmica, bem como aquele que se refere ao estilo de vida, é normalmente empregado nas pesquisas relacionadas ao conforto térmico. No entanto, e mesmo não fazendo parte dos objetivos desse trabalho, eles foram aplicados com o intuito de se proceder a uma comparação entre

as sensações térmicas subjetivas, expressas pelos eletricitistas expostos às condições termoambientais durante a execução das tarefas, e a realidade daquele ambiente laboral, representada por intermédio dos índices de avaliação de estresse térmico utilizados. Cópias desses questionários encontram-se no Apêndice A e Apêndice B, respectivamente.

3.6 Ordenamento e Tratamento dos Dados

O ordenamento dos dados seguiu o modelo de planilha, permitindo que para cada tarefa específica e em função do método de intervenção adotado sejam coletados os horários de início e término do serviço, o tempo despendido na sua realização, as temperaturas necessárias para a caracterização ou não de sobrecarga térmica em função das variáveis climáticas e da taxa de metabolismo, do isolamento térmico da vestimenta utilizada, do peso do eletricitista no início e ao término da execução da tarefa, além da perda de peso verificada.

O tratamento destes dados, devido à natureza quantitativa dos mesmos, foi realizado em meio informatizado.

3.7 Análise e Interpretação dos Dados

Inicialmente, as informações coletadas sofreram uma análise quantitativa baseada nos modelos estatísticos de medidas de tendência central, média e desvio padrão. Os resultados das avaliações e interpretações realizadas com a utilização das prescrições contidas nas normas NR-15/1978, NHO 06/2002 e ISO 7933 foram comparados com as referências normalizadas destas, a fim de se obter a significância lógica de cada um deles.

CAPÍTULO IV

ESTUDO DE CASO – RESULTADOS

"Não é porque certas coisas são difíceis que nós não ousamos. É porque nós não ousamos que tais coisas são difíceis".

Sêneca

4.1 Dados Coletados

Os eletricitas foram denominados de “ELETRICISTA 1” (EL1), “ELETRICISTA 2” (EL2), “ELETRICISTA 3” (EL3), “ELETRICISTA 4” (EL4) e “ELETRICISTA 5” (EL5). Uma síntese das variáveis medidas e dos dados complementares é mostrada na Tabela 4. A tabela em questão permite que se sejam visualizadas mais facilmente as taxas de perda de peso apuradas para cada um dos eletricitas.

Tabela 4 - Variáveis medidas e dados complementares

Eletricistas	IBUTG Médio (°C)	Peso Original (g)	Perda de Peso (g)	Tempo de Execução da Tarefa (min)	Perda de Peso / Hora (g/h)
EL1	27,3	61115	1015	105	580
EL1	27,0	61200	1010	114	531
EL1	26,0	61250	650	72	541
EL1	26,8	62220	695	81	514
EL1	27,3	61280	1010	116	522
EL1	27,6	61185	1005	111	543
EL2	27,0	73430	920	90	613
EL2	27,3	73410	1015	125	487
EL2	28,2	72955	1160	119	584
EL2	26,9	73405	1000	106	566
EL2	27,0	73425	1000	112	535
EL2	27,1	73550	1015	133	458
EL3	28,3	114925	1150	90	766
EL3	28,0	115100	1120	98	685
EL3	29,0	114915	1130	121	560
EL3	27,5	114600	955	93	616
EL3	29,1	114750	1210	95	764
EL3	25,6	115250	640	113	339
EL4	27,1	74305	840	80	630
EL4	25,8	73850	680	126	324
EL4	28,1	73900	1155	112	618
EL4	27,5	74100	1015	114	534
EL4	26,8	73765	650	119	328
EL4	28,1	74150	1130	132	513
EL5	25,9	74145	645	70	552
EL5	28,1	73930	1150	133	518
EL5	26,9	74315	1005	118	511
EL5	25,8	74185	655	83	473
EL5	27,3	73870	1005	126	478
EL5	28,0	73925	1195	131	547

A taxa de perda de peso mais elevada, para cada um dos eletricitistas, encontra-se sintetizada na Tabela 5.

Tabela 5 - Taxas de perda de peso mais elevadas

Eletricistas	IBUTG Médio (°C)	Peso Original (g)	Perda de Peso (g)	Tempo de Execução da Tarefa (min)	Perda de Peso / Hora (g/h)
EL1	27,3	61115	1015	105	580
EL2	27,0	73430	920	90	613
EL3	28,3	114925	1150	90	766
EL4	27,1	74305	840	80	630
EL5	25,9	74145	645	70	552

Nas Tabelas 6 (seis) a 10 (dez) são apresentados os dados coletados para cada um dos eletricitistas, no ambiente, nas datas e horários mencionados anteriormente. Cada um deles está acompanhado de uma representação gráfica da variação do IBUTG durante o período de realização das tarefas.

Tabela 6 - EL1 - dia 07/05/2002-manhã

Hora	t (°C)	t_u (°C)	t_g (°C)	IBUTG (°C)	V (m/s)
10:00	27,9	24,1	33,1	26,3	0,7
10:05	27,9	24,9	33,9	27,0	0,8
10:10	27,8	24,8	33,8	26,9	0,8
10:15	28,0	25,0	34,0	27,1	0,9
10:20	28,1	25,1	34,1	27,2	0,9
10:25	28,0	24,7	34,0	26,9	1,1
10:30	28,0	24,3	33,3	26,5	0,9
10:35	28,1	24,7	34,1	26,9	1,2
10:40	28,1	24,6	34,1	26,9	1,3
10:45	29,0	25,0	34,0	27,2	1,8
10:50	29,5	25,2	33,7	27,3	1,7
10:55	29,6	25,2	33,6	27,3	1,6
11:00	30,0	25,3	33,6	27,4	1,6
11:05	30,3	25,3	34,5	27,6	2,0
11:10	30,7	25,4	37,6	28,4	1,3
11:15	30,9	25,4	39,9	28,9	1,1
11:20	30,0	25,6	37,2	28,4	1,0
11:25	29,9	25,0	33,5	27,2	0,8
11:30	29,4	24,7	32,4	26,7	1,0
11:35	29,8	24,9	33,5	27,1	0,3
11:40	30,1	25,0	35,8	27,7	0,9
11:45	30,7	25,1	36,8	28,0	0,8
Valores Médios	29,2	25,0	34,6	27,3	1,1

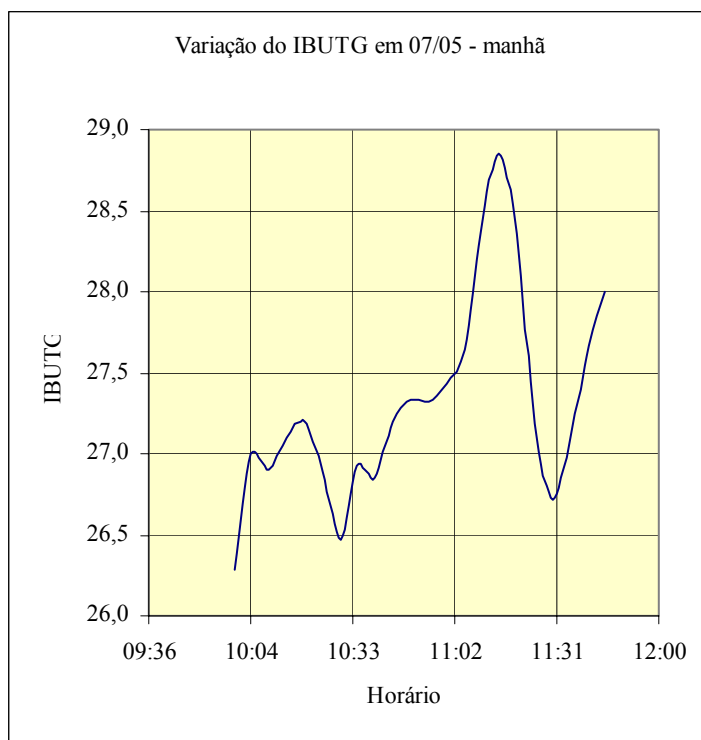


Gráfico 1 - Variação do índice

Tabela 7 - EL2 - dia 07/05/2002-tarde

Hora	T (°C)	t _u (°C)	t _g (°C)	IBUTG (°C)	V (m/s)
15:00	30,8	25,1	38,1	28,3	0,9
15:05	31,0	25,0	38,0	28,2	0,6
15:10	31,3	25,0	37,5	28,1	1,6
15:15	31,1	24,8	36,6	27,8	1,0
15:20	32,5	24,6	36,6	27,8	1,5
15:25	31,0	24,5	35,5	27,4	2,0
15:30	30,4	24,5	36,5	27,5	0,8
15:35	30,9	25,0	36,5	27,9	1,5
15:40	31,1	24,8	36,6	27,8	1,8
15:45	31,3	24,6	36,6	27,7	1,0
15:50	30,0	24,2	36,6	27,3	1,6
15:55	29,8	24,3	36,5	27,3	1,2
16:00	29,7	24,0	36,5	27,1	0,8
16:05	28,5	24,8	34,2	27,1	0,9
16:10	28,3	24,1	33,2	26,3	1,0
16:15	28,2	23,1	31,3	25,3	1,2
16:20	28,0	22,9	30,0	24,8	0,3
16:25	27,6	22,9	29,5	24,7	0,8
16:30	27,4	22,9	28,6	24,5	0,5
Valores Médios	29,9	24,3	35,0	27,0	1,1

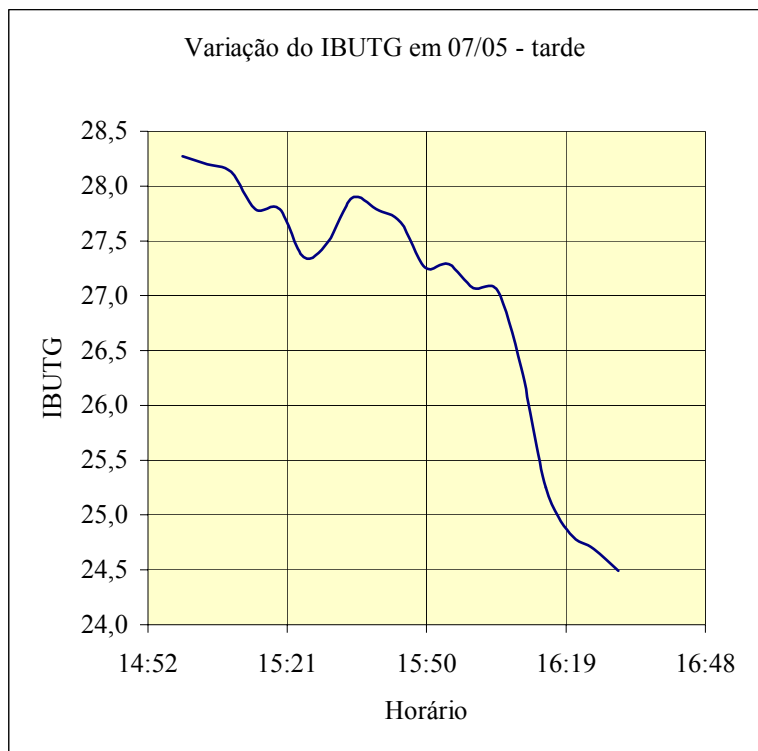


Gráfico 2 - Variação do índice

Tabela 8 - EL3 - dia 09/05/2002-manhã

Hora	T (°C)	t _u (°C)	t _g (°C)	IBUTG (°C)	V (m/s)
10:00	28,4	24,2	32,9	26,4	1,3
10:05	28,8	24,3	32,4	26,4	1,1
10:10	29,3	24,4	31,6	26,3	1,3
10:15	28,8	24,7	34,4	27,1	0,8
10:20	28,6	24,7	34,8	27,1	1,0
10:25	28,5	24,6	35,0	27,1	0,8
10:30	28,4	24,6	35,1	27,1	0,9
10:35	28,4	24,5	35,4	27,1	0,8
10:40	31,8	25,2	37,8	28,4	1,1
10:45	32,2	25,8	39,1	29,1	1,2
10:50	31,6	25,5	40,0	29,0	1,1
10:55	30,5	25,0	40,9	28,7	1,3
11:00	31,7	25,0	43,2	29,3	1,8
11:05	29,5	24,5	38,1	27,7	1,6
11:10	32,3	25,4	43,0	29,6	1,8
11:15	32,2	25,9	44,0	30,2	1,4
11:20	32,5	26,0	44,5	30,4	1,1
11:25	32,1	26,1	44,6	30,4	0,9
11:30	33,8	26,3	45,1	30,8	1,0
Valores Médios	30,5	25,1	38,5	28,3	1,2

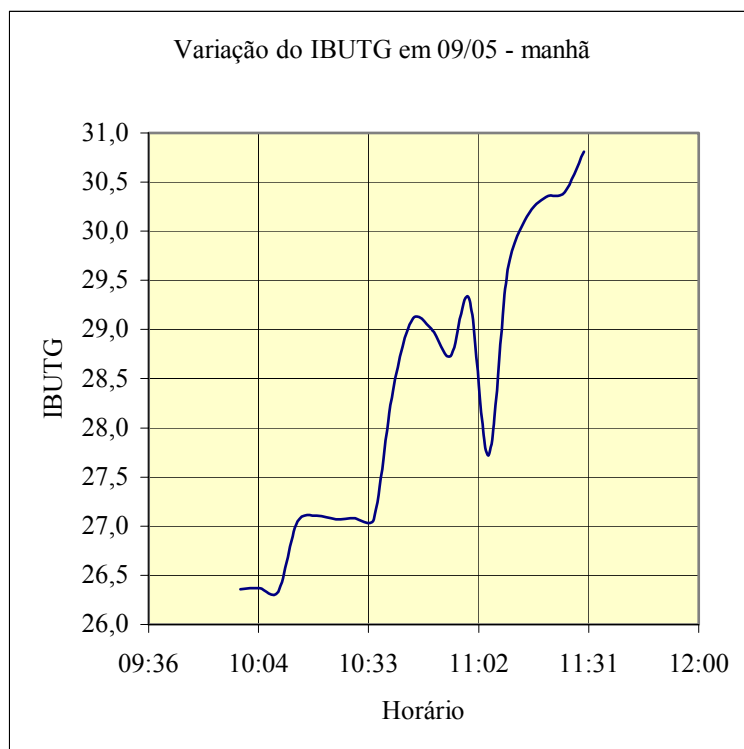


Gráfico 3 - Variação do Índice

Tabela 9 - EL4 - dia 13/05/2002-manhã

Hora	T (°C)	t _u (°C)	t _g (°C)	IBUTG (°C)	V (m/s)
10:30	31,8	24,1	40,6	28,2	1,4
10:35	31,4	23,6	38,6	27,4	0,6
10:40	30,5	23,6	37,6	27,1	0,8
10:45	30,5	23,7	37,5	27,1	1,1
10:50	29,4	23,4	37,4	26,8	0,9
10:55	29,7	23,5	37,1	26,8	0,8
11:00	30,6	23,6	36,6	26,9	1,2
11:05	30,4	23,8	40,0	27,7	1,8
11:10	31,5	24,4	40,1	28,3	1,6
11:15	30,8	23,9	40,6	27,9	1,7
11:20	30,2	23,0	36,8	26,5	1,5
11:25	31,2	23,3	37,7	-	1,2
11:30	31,7	23,4	37,1	27,0	1,8
11:35	29,6	23,1	40,3	27,2	1,9
11:40	30,1	23,2	39,2	27,1	2,0
11:45	30,4	23,2	32,5	25,8	1,1
11:50	30,2	23,1	34,2	26,0	0,9
Valores Médios	30,6	23,5	37,9	27,1	1,3

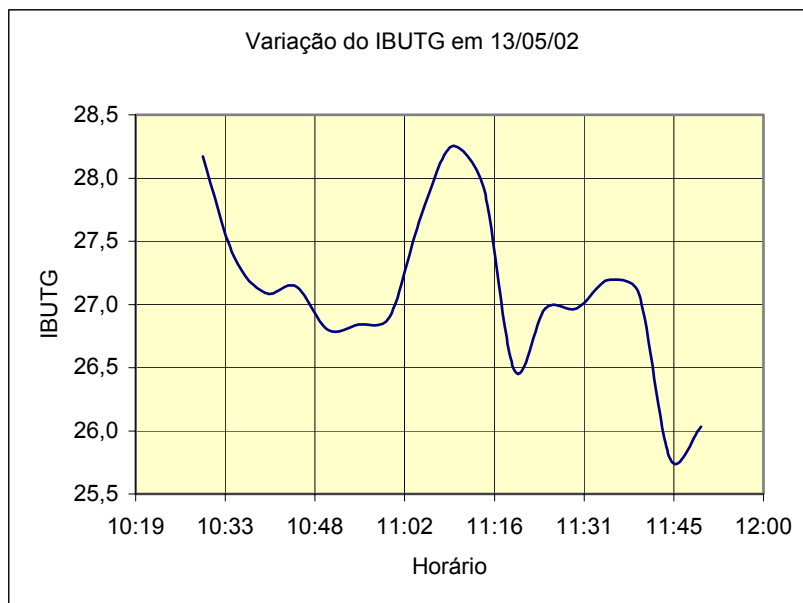


Gráfico 4 - Variação do Índice

Tabela 10 - EL5 - dia 13/05/2002-tarde

Hora	T (°C)	t _u (°C)	t _g (°C)	IBUTG (°C)	V (m/s)
13:00	28,9	22,0	34,0	25,1	1,1
13:05	29,9	22,9	34,0	25,8	1,3
13:10	29,6	22,8	34,3	25,8	1,2
13:15	29,7	23,1	35,4	26,2	0,8
13:20	29,0	22,8	35,0	25,9	1,1
13:25	29,1	23,2	36,2	26,4	1,1
13:30	28,2	23,2	32,8	25,6	1,2
13:35	28,1	23,1	32,5	25,5	2,1
13:40	29,5	22,6	34,2	25,6	1,4
13:45	29,6	22,8	34,4	25,8	1,2
13:50	30,1	23,1	34,6	26,1	0,7
13:55	30,2	22,8	35,3	26,0	1,7
14:00	29,8	23,2	35,8	26,4	1,3
14:05	29,2	23,1	33,8	25,9	1,5
14:10	30,5	23,9	35,3	26,8	1,3
Valores Médios	29,4	23,0	34,5	25,9	1,3

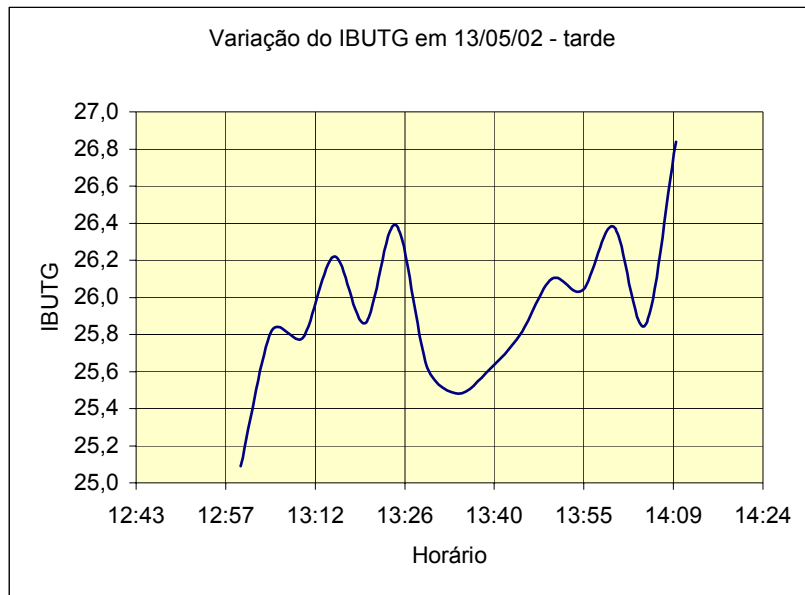


Gráfico 5 - Variação do Índice

4.2 Avaliação Segundo as Normas NR-15/1978 e NHO 06/2002

Em função dos valores de **IBUTG médio**, mostrados nas tabelas 6 a 10, da **taxa de metabolismo** estimada em **159 W/m²**, equivalente a **246 kcal/h**, e da classificação da **atividade em moderada**, a avaliação das condições de trabalho, de acordo com o Quadro N° 1, Anexo N° 3 da NR-15, definiriam os seguintes **Regimes de Trabalho** mostrados no Quadro 3.

ELETRICISTA	DATA	TURNO	REGIME DE TRABALHO
EL1	07/05/2002	manhã	45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso
EL2	07/05/2002	tarde	45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso
EL3	09/05/2002	manhã	30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso
EL4	13/05/2002	manhã	45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso
EL5	13/05/2002	tarde	Trabalho contínuo

Quadro 3 - Regimes de Trabalho

4.3 Avaliação Segundo a Norma ISO 7933/89

A avaliação e interpretação do estresse térmico, com base na Norma ISO 7933/89, requer primeiramente que sejam obtidos os diversos termos que compõem o balanço térmico do corpo humano, seguido do cálculo da taxa de evaporação requerida, da fração requerida de pele molhada e da taxa de suor requerida.

Para esta avaliação foi utilizado o software “ANALYSIS 2.0 – Módulo de Estresse Térmico, disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LaBEEE) do Núcleo de Pesquisas em Construção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A opção pela utilização deste software residuiu no fato dele integrar o Banco Internacional de Objetos Educacionais do Ministério da Educação e possuir uma interface amigável para com o usuário, o que facilita a sua operação.

O citado software, além de efetuar o cálculo das variáveis anteriormente relacionadas, também fornece como resultados o tempo máximo de exposição em função da perda de água ($DLE2 \equiv TME_A$) e o tempo máximo de exposição em função da acumulação de calor ($DLE1 \equiv TME_C$). Os relatórios gerados pelo programa, contendo os parâmetros e os resultados das avaliações, encontram-se reproduzidos nos quadros a seguir.

VESTIMENTA	ATIVIDADE
1.75 clo	159.00 W/m ²
AMBIENTE	ÍNDICE DE STRESS TÉRMICO (AMBIENTE TÉRMICO)
Temperatura do Ar: 29.20 °C Velocidade do Ar: 1.10 m/s Temperatura de Bulbo Úmido: 25.38 °C Temperatura de Bulbo Úmido NV Pressão de Vapor: 2.98 kPa Umidade Relativa: 73.63 % Temperatura de Orvalho: 23.70 °C Temperatura Radiante Média: 46.09 °C (Convecção Forçada) Temperatura de Globo: 34.60 °C Pressão Barométrica: 100.73 kPa Altitude: 50.00 m Velocidade Relativa do Ar: 1.63 m/s	Tsk: 33.85 °C Cres: 1.29 W/m ² Eres: 7.26 W/m ² hc: 11.64 W/m ² °C hr: 5.19 W/m ² °C Fcl: 0.19 Fpcl: 0.13 he: 194.44 W/m ² kPa C: 10.18 W/m ² R: -11.94 W/m ² SWreq: 304.41 W/m ² Wreq: 1.00 Ereq: 152.21 W/m ² Emax: 58.30 W/m ²

SITUAÇÃO DE TRABALHO			
Pessoas Aclimatadas		Pessoas Não Aclimatadas	
Perigo	Alerta	Perigo	Alerta
SWp: 116.60 W/m ² Wp: 1.00 Ep: 58.30 W/m ² DLE1: 38.34 DLE2: ---	SWp: 300.00 W/m ² Wp: 1.00 Ep: 58.30 W/m ² DLE1: 31.95 DLE2: 300.00	SWp: 250.00 W/m ² Wp: 0.85 Ep: 49.55 W/m ² DLE1: 35.07 DLE2: 300.00	SWp: 200.00 W/m ² Wp: 0.85 Ep: 49.55 W/m ² DLE1: 29.23 DLE2: 300.00

Quadro 4 - Relatório ANALYSIS CST - EL1

VESTIMENTA		ATIVIDADE	
1.75 clo		159.00 W/m²	
AMBIENTE		ÍNDICE DE STRESS TÉRMICO (AMBIENTE TÉRMICO)	
Temperatura Do Ar: 29.90 °C Velocidade Do Ar: 1.10 m/s Temperatura De Bulbo Úmido: 23.91 °C Temperatura De Bulbo Úmido NV Pressão De Vapor: 2.57 kPa Umidade Relativa: 60.81 % Temperatura de Orvalho: 21.24 °C Temperatura Radiante Média: 45.84 °C (Convecção Forçada) Temperatura De Globo: 35.00 °C Pressão Barométrica: 100.73 kPa Altitude: 50.00 m Velocidade Relativa do Ar: 1.63 m/s		Tsk: 33.80 °C Cres: 1.14 W/m² Eres: 8.41 W/m² hc: 11.64 W/m² °C hr: 5.19 W/m² °C Fcl: 0.19 Fpcl: 0.13 he: 194.44 W/m² kPa C: 8.54 W/m² R: -11.74 W/m² SWreq: 305.30 W/m² Wreq: 1.00 Ereq: 152.65 W/m² Emax: 68.56 W/m²	
SITUAÇÃO DE TRABALHO			
Pessoas Aclimatadas		Pessoas Não Aclimatadas	
Perigo	Alerta	Perigo	Alerta
SWp: 137.12 W/m² Wp: 1.00 Ep: 68.56 W/m² DLE1: 42.81 DLE2: ---	SWp: 300.00 W/m² Wp: 1.00 Ep: 68.56 W/m² DLE1: 35.68 DLE2: 300.00	SWp: 250.00 W/m² Wp: 0.85 Ep: 58.28 W/m² DLE1: 38.15 DLE2: 300.00	SWp: 200.00 W/m² Wp: 0.85 Ep: 58.28 W/m² DLE1: 31.79 DLE2: 300.00

Quadro 5 - Relatório ANALYSIS CST – EL2

VESTIMENTA	ATIVIDADE
1.75 clo	159.00 W/m ²
AMBIENTE	ÍNDICE DE STRESS TÉRMICO (AMBIENTE TÉRMICO)
Temperatura Do Ar: 30.50 °C Velocidade Do Ar: 1.20 m/s Temperatura De Bulbo Úmido: 25.05 °C Temperatura De Bulbo Úmido NV Pressão De Vapor: 2.81 kPa Umidade Relativa: 64.38 %	Tsk: 34.29 °C Cres: 1.00 W/m ² Eres: 7.73 W/m ² hc: 12.07 W/m ² °C hr: 5.44 W/m ² °C Fcl: 0.18

Temperatura de Orvalho: 22.72 °C	Fpcl: 0.13
Temperatura Radiante Média: 55.34 °C (Convecção Forçada)	he: 201.53 W/m² kPa
Temperatura De Globo: 38.50 °C	C: 8.31 W/m²
Pressão Barométrica: 100.73 kPa	R: -20.82 W/m²
Altitude: 50.00 m	SWreq: 325.54 W/m²
Velocidade Relativa do Ar: 1.73 m/s	Wreq: 1.00
	Ereq: 162.77 W/m²
	Emax: 66.17 W/m²
SITUAÇÃO DE TRABALHO	
Pessoas Aclimatadas	
Perigo	Alerta
SWp: 132.35 W/m²	SWp: 300.00 W/m²
Wp: 1.00	Wp: 1.00
Ep: 66.17 W/m²	Ep: 66.17 W/m²
DLE1: 37.27	DLE1: 31.06
DLE2: ---	DLE2: 300.00
Pessoas Não Aclimatadas	
Perigo	Alerta
SWp: 250.00 W/m²	SWp: 200.00 W/m²
Wp: 0.85	Wp: 0.85
Ep: 56.25 W/m²	Ep: 56.25 W/m²
DLE1: 33.80	DLE1: 28.16
DLE2: 300.00	DLE2: 300.00

Quadro 6 - Relatório ANALYSIS CST - EL3

VESTIMENTA		ATIVIDADE	
1.75 clo		159.00 W/m²	
AMBIENTE		ÍNDICE DE STRESS TÉRMICO (AMBIENTE TÉRMICO)	
Temperatura Do Ar: 30.60 °C Velocidade Do Ar: 1.30 m/s Temperatura De Bulbo Úmido: 23.48 °C Temperatura De Bulbo Úmido NV Pressão De Vapor: 2.41 kPa Umidade Relativa: 54.97 % Temperatura de Orvalho: 20.26 °C Temperatura Radiante Média: 54.16 °C - (Convecção Forçada) Temperatura De Globo: 37.90 °C Pressão Barométrica: 100.73 kPa Altitude: 50.00 m Velocidade Relativa do Ar: 1.83 m/s		Tsk: 34.09 °C Cres: 0.98 W/m² Eres: 8.83 W/m² hc: 12.48 W/m² °C hr: 5.41 W/m² °C Fcl: 0.18 Fpcl: 0.12 he: 208.46 W/m² kPa C: 7.77 W/m² R: -19.35 W/m² SWreq: 321.56 W/m² Wreq: 1.00 Ereq: 160.78 W/m² Emax: 75.02 W/m²	
SITUAÇÃO DE TRABALHO			
Pessoas Aclimatadas		Pessoas Não Aclimatadas	
Perigo	Alerta	Perigo	Alerta
SWp: 150.05 W/m² Wp: 1.00 Ep: 75.02 W/m² DLE1: 41.98 DLE2: ---	SWp: 300.00 W/m² Wp: 1.00 Ep: 75.02 W/m² DLE1: 34.98 DLE2: 300.00	SWp: 250.00 W/m² Wp: 0.85 Ep: 63.77 W/m² DLE1: 37.11 DLE2: 300.00	SWp: 200.00 W/m² Wp: 0.85 Ep: 63.77 W/m² DLE1: 30.92 DLE2: 300.00

Quadro 7 - Relatório ANALYSIS CST - EL4

VESTIMENTA		ATIVIDADE	
1.75 clo		159.00 W/m²	
AMBIENTE		ÍNDICE DE STRESS TÉRMICO (AMBIENTE TÉRMICO)	
Temperatura Do Ar: 29.40 °C Velocidade Do Ar: 1.30 m/s Temperatura De Bulbo Úmido: 23.14 °C Temperatura De Bulbo Úmido NV Pressão De Vapor: 2.41 kPa Umidade Relativa: 58.86 % Temperatura de Orvalho: 20.25 °C Temperatura Radiante Média: 46.48 °C - (Convecção Forçada) Temperatura De Globo: 34.50 °C Pressão Barométrica: 100.73 kPa Altitude: 50.00 m Velocidade Relativa do Ar: 1.83 m/s		Tsk: 33.63 °C Cres: 1.25 W/m² Eres: 8.83 W/m² hc: 12.48 W/m² °C hr: 5.20 W/m² °C Fcl: 0.18 Fpcl: 0.12 he: 208.46 W/m² kPa C: 9.52 W/m² R: -12.03 W/m² SWreq: 302.87 W/m² Wreq: 1.00 Ereq: 151.44 W/m² Emax: 71.64 W/m²	
SITUAÇÃO DE TRABALHO			
Pessoas Aclimatadas		Pessoas Não Aclimatadas	
Perigo	Alerta	Perigo	Alerta
SWp: 143.28 W/m² Wp: 1.00 Ep: 71.64 W/m² DLE1: 45.11 DLE2: ---	SWp: 300.00 W/m² Wp: 1.00 Ep: 71.64 W/m² DLE1: 37.60 DLE2: 300.00	SWp: 250.00 W/m² Wp: 0.85 Ep: 60.89 W/m² DLE1: 39.76 DLE2: 300.00	SWp: 200.00 W/m² Wp: 0.85 Ep: 60.89 W/m² DLE1: 33.13 DLE2: 300.00

Quadro 8 - Relatório ANALYSIS CST - EL5

Dos resultados obtidos, extraímos as seguintes prescrições em relação ao tempo máximo de exposição em função da acumulação de calor ($DLE1 \equiv TME_C$) e ao tempo máximo de exposição em função da perda de água ($DLE2 \equiv TME_A$).

ELETRICISTA	DATA	TURN	PRESCRIÇÕES EM RELAÇÃO AO TEMPO MÁXIMO DE EXPOSIÇÃO
EL1	07/05/2002	manhã	DLE1 $\equiv$ TMEC = 31,95 MINUTOS DLE2 $\equiv$ TMEA = 300 MINUTOS
EL2	07/05/2002	tarde	DLE1 $\equiv$ TMEC = 35,68 MINUTOS DLE2 $\equiv$ TMEA = 300 MINUTOS
EL3	09/05/2002	manhã	DLE1 $\equiv$ TMEC = 31,06 MINUTOS DLE2 $\equiv$ TMEA = 300 MINUTOS
EL4	13/05/2002	manhã	DLE1 $\equiv$ TMEC = 34,98 MINUTOS DLE2 $\equiv$ TMEA = 300 MINUTOS
EL5	13/05/2002	tarde	DLE1 $\equiv$ TMEC = 37,60 MINUTOS DLE2 $\equiv$ TMEA = 300 MINUTOS

Quadro 9 - Tempos máximos de exposição

4.4 Perda de Peso Verificada após a Execução das Atividades

O dados referentes às situações mais graves, dados esses relacionados ao peso de cada um dos eletricitistas antes e depois da execução das atividades, bem como a perda de peso ocorrida em função das variáveis ambientais e pessoais presentes no posto de trabalho, o intervalo de tempo e a taxa de perda de peso, encontram-se mostrados adiante no Quadro 10.

Data	07/05/02	09/05/02	13/05/02		
Período	Manhã	Tarde	Manhã	Manhã	Tarde
Eletricista	EL1	EL2	EL3	EL4	EL5
Peso Anterior (kg)					
Indicado	61,200	73,400	114,900	74,300	74,100
Adicionado	0,035	0,020	0,025	0,045	0,005
Corrigido	61,215	73,430	114,925	74,305	74,145
Peso Posterior (kg)					
Indicado	60,200	72,500	113,800	73,500	73,500
Adicionado	0,050	0,040	0,075	0,085	0,050
Corrigido	60,200	72,510	113,775	73,465	73,500
Perda de Peso (g)	1015	920	1150	840	645
Intervalo de Tempo (min)	105	90	90	80	70
Taxa de Perda de Peso (g/h)	580	613	766	630	552

Quadro 10 - Peso, perda de peso, intervalo de tempo e taxa de perda de peso

Considerando-se que as perdas de peso verificadas são na verdade **perdas hídricas** e comparando-se os valores contidos no Quadro 10, com o limite de perda de água para pessoas aclimatadas, em regime de alerta, para uma jornada de 8 (oito) horas diárias, definido na Tabela C.2 da Norma ISO 7933 (1989, p. 10), os tempos máximos de exposição em função da perda de água (TME_A) para cada um dos eletricitistas, nas condições termoambientais e pessoais descritas anteriormente, são os que estão mostrados no Quadro 11.

ELETRICISTA	DATA	TURNO	TEMPO MÁXIMO DE EXPOSIÇÃO (TME _A)
EL1	07/05/2002	manhã	6 horas e 43 minutos
EL2	07/05/2002	tarde	6 horas e 21 minutos
EL3	09/05/2002	manhã	5 horas e 48 minutos
EL4	13/05/2002	manhã	6 horas e 11 minutos
EL5	13/05/2002	tarde	7 horas e 04 minutos

Quadro 11 - Tempo máximo de exposição em função da perda de água

A perda hídrica máxima que, de acordo com a Tabela C.2 da Norma ISO 7933/89 (1989, p. 10), indivíduos aclimatados em regime de alerta podem suportar para uma jornada de 8 horas diárias é estipulada em 3900 g, o que equivale a uma taxa de perda de peso limite igual a 487,5 g/h. Uma visualização gráfica comparativa entre as taxas de perda de peso verificadas nos 30 (trinta) eventos monitorados e àquela obtida à partir da Tabela C.2 já citada é mostrada no Gráfico 6.

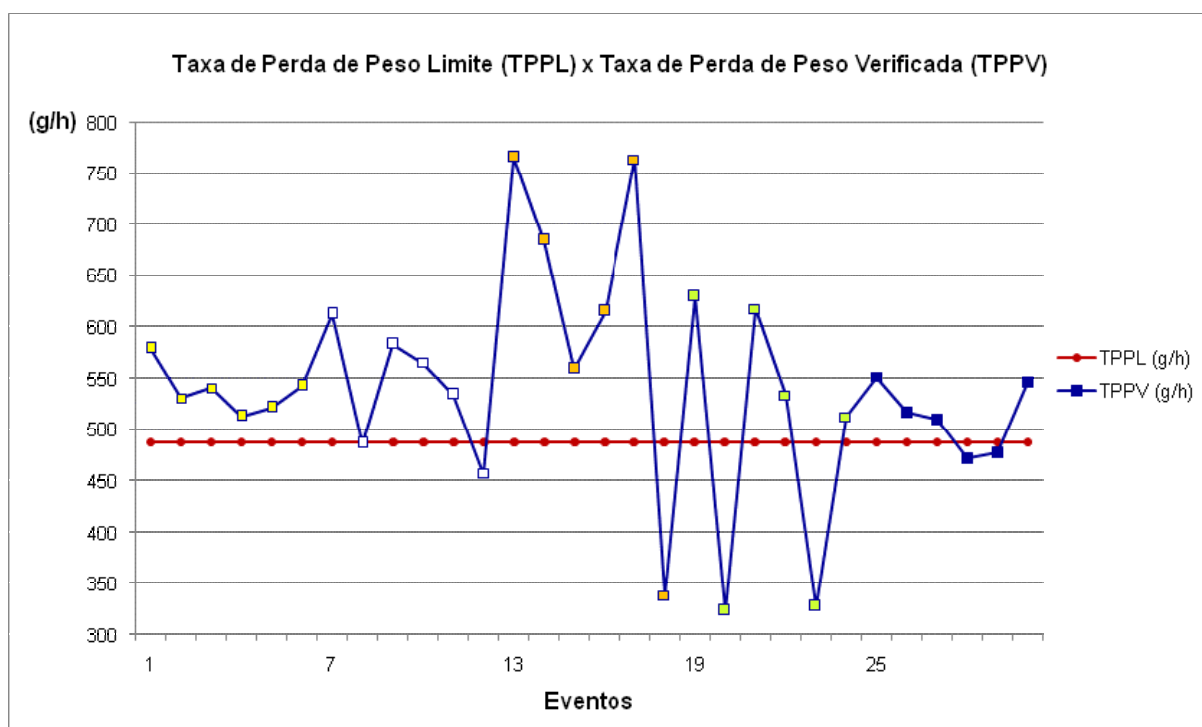


Gráfico 6 - Taxa de Perda de Peso Limite x Taxas de Perda de Peso Verificadas

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

“Nossas verdades sobre a natureza permanecem verdadeiras até que alguém demonstre que elas são aproximações incompletas. No mínimo, essa perspectiva deveria nos ensinar a defender nossas verdades temporárias com a humildade de quem aprende com o passado”.

Marcelo Gleiser

5.1 Conclusões

Em função do conteúdo e das prescrições das Normas brasileiras, NR-15/1978 e NHO 06/2002, dos objetivos traçados, das hipóteses elencadas e dos resultados das análises realizadas nas condições ambientais e pessoais descritas no corpo deste trabalho, as seguintes conclusões podem ser relatadas:

1) A utilização indiscriminada e de forma isolada da NR-15/1978 e da NHO 06/2002 na avaliação da exposição ocupacional ao calor é uma conduta que não deve ser admitida *a priori*. O IBUTG, que é o índice adotado em ambas, só possui validade naquelas situações em que a resistência térmica das vestes possui valor máximo de 0,6 clo (zero vírgula seis clo). Nas Normas brasileiras esse limite de validade deveria estar claramente especificado, tal qual se encontra na Norma ISO 7243/89, que utiliza o mesmo índice que é adotado pelas normas nacionais. Especificar tecnicamente aquele limite utilizando-se da expressão “calça e camisa leves”, conforme conteúdo da NHO 06/2002, é uma atitude, no mínimo, temerária.

Em alinhamento com um dos objetivos específicos traçados, o valor estimado do índice de isolamento térmico do traje completo de trabalho dos eletricitistas de linha energizada totalizou 1,75 clo. Este resultado já descarta de pronto a

possibilidade de utilização pura e simples das Normas nacionais na avaliação da exposição ocupacional ao calor na situação específica de trabalho abordada nesta pesquisa.

2) Ainda em relação à estimativa do isolamento térmico das vestes de trabalho, necessário se faz registrar que a liberalidade contida na NHO 06/2002, quando transfere a responsabilidade pela quantificação da contribuição positiva ou negativa provocada pelas vestimentas de trabalho e equipamentos de proteção ao higienista ocupacional encarregado da avaliação, permite que aquela quantificação seja levada a efeito ao livre arbítrio do profissional que a realiza. A Norma em questão deveria indicar claramente qual, ou quais procedimentos poderiam, ou deveriam, ser utilizados para tal, bem como em que documentos, nacionais ou internacionais, ela estaria se estribando.

No presente trabalho utilizou-se, na estimativa do índice de isolamento térmico das vestes usuais de trabalho, a Norma ISO 9920/95, reconhecidamente uma das mais completas sobre o assunto em questão. Na estimativa do índice de isolamento térmico da vestimenta condutiva foram utilizadas as recomendações contidas nos TLV's disponibilizados pela ACGIH, uma organização internacional de credibilidade amplamente assentada.

3) Na estimativa da taxa metabólica, outro objetivo específico deste trabalho, optou-se pela utilização do Apêndice D da Norma ISO 8996/90, que trata dos componentes relacionados à atividade e ao homem. A NHO 06/2002 faculta a utilização daquele e de outros documentos que integram a literatura nacional e internacional quando houver dificuldade em enquadrar a atividade exercida naquelas constantes no Quadro 1 - Taxa Metabólica por Tipo de Atividade - que a integra.

Destarte, a opção em questão evitou que se subestimasse a taxa metabólica. Com efeito, se o Quadro 1 citado tivesse sido utilizado, aquela taxa teria sido estimada em 225 kcal/h (Em pé, trabalho moderado de braços e tronco), um valor menor do que aquele encontrado com a utilização da Norma internacional, 246 kcal/h. A diferença é explicada pelo fato de que a Norma brasileira não contempla a postura corporal “em pé, inclinado”, postura esta que melhor descreve a situação de trabalho investigada, como o faz aquele dispositivo internacional citado anteriormente.

4) As pausas durante a jornada de trabalho têm o objetivo de impedir que a temperatura interna do corpo humano atinja patamares que provocariam consequências danosas aos órgãos internos, enquanto o tempo máximo de exposição permite que se limite a perda excessiva de água pelo organismo. Tanto as pausas quanto o tempo máximo de exposição têm como objetivo impedir que haja sobrecargas fisiológicas e, portanto, ambas devem ser consideradas para efeito de estipulação de medidas preventivas. Essa abordagem é evidenciada através das referências à Norma ISO 7933/1989, que trata com propriedade a matéria, bem como dos resultados das avaliações contidas no Capítulo IV.

Tais resultados indicaram claramente que, haja vista as discrepâncias encontradas entre as recomendações sobre as pausas e o tempo máximo de exposição obtidas com as avaliações baseadas na Norma ISO aqui citada e aquelas baseadas nas Normas brasileiras, há necessidade de que seja efetivada uma complementação do método preconizado pela NR-15, conforme proposto no objetivo geral deste trabalho.

5) Conforme já exposto em documento próprio, a perda hídrica máxima que, de acordo com a Tabela C.2 da Norma ISO 7933/89, indivíduos aclimatados em regime de alerta podem suportar para uma jornada de 8 horas diárias, é estipulada em 3900 g, o que equivale a uma taxa de perda hídrica igual a 487,5 g/h. A Tabela 4, subseção 4.1, permite constatar que em 23 (vinte e três) das 30 (trinta) situações ali sintetizadas, ou seja, em aproximadamente 77 % (setenta e sete por cento) delas, as referidas taxas são superiores àquele valor normalizado apresentado anteriormente, indicando que o valor máximo da perda hídrica será atingido em um intervalo de tempo inferior às 8 horas previstas na referida Norma.

Desta forma, confirmam-se duas das hipóteses específicas levantadas no presente trabalho, quais sejam, que as perdas hídricas são significativas e que o tempo máximo de exposição deve ser considerado nas medidas de proteção ao trabalhador.

6) Com base na Norma ISO 7933/89, os resultados obtidos para as perdas hídricas provocadas pela execução das tarefas, outro dos objetivos específicos desta pesquisa, determinaram que haveria a necessidade de se estabelecer tempos máximos de duração da jornada de trabalho (**TME_A**), limitando-se dessa forma a

possibilidade de ocorrência de desidratação no organismo dos eletricitas. A jornada máxima permitida foi de cinco horas (300 minutos). Este aspecto de preservação da integridade fisiológica do trabalhador não é contemplado pelas Normas brasileiras.

7) Ainda com base na ISO 7933/89, foi constatado também que haveria a necessidade de se interromper a execução das tarefas depois de transcorridos alguns minutos de exposição às condições climáticas e pessoais existentes. O objetivo da medida é evitar que a acumulação de calor no organismo dos eletricitas possa levá-los a desenvolver distúrbios provocados pelo calor. Esses tempos de exposição (**TME_c**) variaram no intervalo compreendido entre 31 min (trinta e um minutos) e 37 min (trinta e sete minutos), aproximadamente.

A confrontação destes resultados com aqueles obtidos através da utilização das Normas brasileiras, mais um dos objetivos estabelecidos para esta pesquisa, possibilita concluir que se nenhuma complementação for implementada estar-se-á facilitando a ocorrência daqueles distúrbios. Tal conclusão está fundamentada no fato de que a avaliação com base nas Normas brasileiras permitia que, somente para exemplificar, um dos eletricitas desenvolvesse as tarefas de forma contínua durante toda a jornada de trabalho, ao passo que a mesma situação de trabalho, quando avaliada com base na Norma ISO 7933/89, determinava que ela fosse interrompida depois de transcorridos alguns minutos após o seu início.

8) As prescrições de proteção relacionadas às pausas, todas girando em torno de trinta minutos, obtidas através da avaliação realizada com base na Norma ISO 7933/89, estariam contempladas se o IBUTG utilizado para a determinação do Regime de Trabalho, com base na NR-15/1978 e NHO 06/2002, estivesse situado na faixa “c” do Quadro 2, atividade moderada, adiante reproduzida para facilitar o entendimento do que mais a frente será proposto.

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)		TIPO DE ATIVIDADE		
		LEVE	MODERADA	PESADA
c)	30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 °C a 31,4 °C	28,1 °C a 29,4 °C	26,0 °C a 27,9 °C

A situação mais amena, do ponto de vista da insalubridade, encontrada com a avaliação realizada através do IBUTG é aquela que prescreve um regime de trabalho contínuo, aquele que está situado na faixa “a”, também adiante reproduzida, do mesmo Quadro 2 já citado.

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)		TIPO DE ATIVIDADE		
		LEVE	MODERADA	PESADA
a)	Trabalho contínuo	até 30,0°C	até 26,7°C	até 25,0°C

Esta mesma situação quando avaliada pela Norma ISO 7933/89 gerou a recomendação de que se interrompesse a execução da tarefa, ou seja, que se provocasse uma pausa, depois de transcorridos aproximadamente 37 min (trinta e sete minutos).

Confrontando-se ambas as prescrições de proteção dirigidas ao eletricista que esteve exposto à situação de trabalho abordada, aqui relatada como sendo a mais amena do ponto de vista da insalubridade, percebe-se que esta é, na verdade, **a situação mais grave sob o ponto de vista da proteção ao trabalhador**. Com efeito, para ele as Normas brasileiras, além de não determinarem nenhum limite da jornada de trabalho, **também não prescreveram qualquer pausa na execução das tarefas**.

Como já citado no corpo deste trabalho, a situação mais desfavorável ao trabalhador é a que deverá ser considerada na implementação das medidas de proteção a ele dirigidas. Desta forma, para que seja realizado o deslocamento da faixa “a” para a faixa “c” do Quadro 2, o IBUTG teria que avançar de 26,7°C, valor que define o trabalho de forma contínua, até, pelo menos, 28,1 °C, que é o limite inferior da faixa “c”, aquela que define a pausa depois de transcorridos 30 min (trinta minutos) do início da execução das tarefas. Como a diferença entre aqueles IBUTG’s é de 1,4 °C, este é o valor que deverá ser adicionado ao IBUTG lido/apurado, como forma de se compensar os efeitos provocados pelas vestes.

Sendo assim, e em consonância com a hipótese geral da pesquisa, a complementação proposta ao método de avaliação da exposição ocupacional ao calor é que, para esta situação específica de trabalho que foi analisada, denominemos de IBUTG corrigido (IBUTG_{COR}) como sendo aquele que efetivamente

deverá ser utilizado quando se for realizar uma avaliação baseada nas normas NR-15/1978 e NHO 06/2002. A expressão que o define é a que segue:

$$\text{IBUTG}_{\text{COR}} = \text{IBUTG} + 1,4$$

Onde:

IBUTG_{COR}: Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo corrigido, °C

IBUTG: Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo lido/apurado, °C

1,4: fator de correção para as vestes, °C

5.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

As dificuldades encontradas no desenvolvimento desse trabalho de pesquisa sinalizam para algumas questões que merecem ser apreciadas com maior profundidade.

- Estudos mais aprofundados em relação à determinação da taxa metabólica quando da execução de atividades de manutenção de linhas energizadas.
- Estudo sobre a influência dos campos elétrico e magnético nos instrumentos de avaliação e registros de frequência cardíaca, do tipo faixa torácica, por exemplo, com vistas a uma estimativa da taxa metabólica baseada nesse parâmetro.
- Desenvolvimento de pesquisas relacionadas à resistência térmica das fibras e/ou tecidos comumente utilizados na confecção de roupas de proteção. No caso particular da vestimenta condutiva, sua composição não se encontra discriminada em nenhuma das normas que tratam desse assunto.
- Um mapeamento das condições climáticas em diferentes regiões do estado de Alagoas, de tal forma que se possa estimar as condições mínimas de controle do estresse térmico, quando da realização das intervenções em linhas energizadas.

- Análise sobre a influência das variáveis climáticas e pessoais no desempenho e na produtividade da atividade de manutenção de linhas energizadas.
- Estender esta pesquisa para eletricitas que compõem turmas de manutenção em linha energizada em outros estados do Brasil de tal forma que, em se confirmando as condições termicamente estressantes aqui relatadas, se possa também atuar mais efetivamente na proteção daqueles trabalhadores.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS – ASHRAE. **Fundamentals Handbook**. Atlanta, 1997. cap. 8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS – ABHO. **TLVs e BEIs**. Tradução dos limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs) da ACGIH. São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS – ABHO. **TLVs e BEIs**. Tradução dos limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs) da ACGIH. São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6023**: informação e documentação: referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10520**: apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14724**: trabalhos acadêmicos – apresentação. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE. **Avaliação Setorial**. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 18 mar. 2002.

ASTETE, Martin Wells; GIAMPAOLI, Eduardo; ZIDAN, Leila Nadim. **Riscos físicos**. São Paulo: Fundacentro, 1994.

AZEVEDO; HCA, TSANACLIS, AMC. **Hipertermia de Esforço**. Âmbito Medicina Desportiva 1996; II(18): 5-12. Disponível em: <<http://www.sapesp.com.br>>. Acesso em: 4 abr. 2009.

BEZERRA, Fernando. Apresentação. In: **Informações básicas sobre saúde e segurança no trabalho**. São Paulo: Cipa, 1997.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BRASIL. **Consolidação das Leis do Trabalho**. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 14. ed. São Paulo: Saraiva, 1992.

BRASIL ENERGIA. Rio de Janeiro: Editora Brasil Energia, n. 256, p. 108, mar. 2002.

CARTER III, Robert; CHEUVRONT, Samuel N.; SAWKA, Michael N. **Doenças Provocadas pelo Calor**. Gatorade Sport Science Institute: Sport Science Exchange, Out/Nov/Dez, 2007.

CASTRO, Cláudio de M. **Estrutura e apresentação de publicações científicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976.

CAVALCANTI, Edson de Barros. **Segurança elétrica em instalações de transmissão e distribuição para trabalhos com tensão**. Recife, 2004. Disponível em: <<http://seeds.usp.br>>. Acesso em: 10 abr. 2009.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRÁS. **Perdas no Sistema Elétrico - Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - EFFICIENTIA 98**. Rio de Janeiro, 1998.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRÁS. **Manutenção e Operação de Sistemas de Distribuição**. Rio de Janeiro: Campus, 1982.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. - ELETROBRÁS. **Manutenção em Instalações Energizadas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

COSTA, Daniel. **Hipotermia e Hipertermia**: extremos de temperatura. Disponível em: <<http://www.webventure.com.br>>. Acesso em: 17 set. 2009.

COUTINHO, Antonio Souto. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**. João Pessoa: Edições PPGE, 1998.

COUTINHO, Antonio Souto. **Conforto e Insalubridade Térmica em Ambientes de Trabalho**. 2. ed. rev. ampl. João Pessoa: Edições PPGE, 2005.

CRUZ, Anamaria da Costa; PEROTA, Maria L. Loures Rocha; MENDES, Maria Tereza Reis. **Elaboração de Referências (NBR 6023/2000)**. Rio de Janeiro: Interciência: Niterói: Intertexto, 2000.

COX, Joe W. Temperaturas Extremas. In: FUNDACENTRO. **Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho**. São Paulo, 1973. v. 3, p. 684 – 711.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

ECO, Humberto. **Como Se Faz Uma Tese**. São Paulo: Perspectiva, 1999.

ELGERD, Olle Ingemar. **Introdução à teoria de sistemas de energia elétrica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1978.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**: analysis and application in environmental engineering. Kingsport: McGraw-Hill, 1970.

FERNANDEZ, André. **Vestimenta condutiva**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <ronald_fred@uol.com.br> em 01 de julho de 2002.

FIALHO, Francisco; SANTOS, Néri dos. **Manual de Análise Ergonômica do Trabalho**. Curitiba: Gênese, 1997.

FOX, Edward L.; BOWERS, Richard W.; FOSS, Merle L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.

FROTA, Anésia Barros; SHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Nobel, 1988.

FUCHS, Rubens Dario. **Transmissão de energia elétrica**: linhas aéreas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene do Trabalho (NHT-01 C/E)** – Norma para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor. São Paulo: Fundacentro, 1985.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Introdução à Higiene Ocupacional**. São Paulo: Fundacentro, 2001.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO 06)** – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor. São Paulo: Fundacentro, 2002.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GUÉRIN, F. et al. **Compreender o Trabalho para Transformá-lo**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

GUIMARÃES, Fernando de Araújo; NEFUSSI, Nelson. Engenharia de Ventilação Industrial. In: FUNDACENTRO. **Curso para Engenheiros de Segurança do Trabalho**. São Paulo, 1973. 6 v, p. 1222 - 1387.

HARDING, Hamish Alan. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1981.

IIDA, Iitiro. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 4. reimpressão. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7243**: Hot environments – Estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). Genève, 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7933**: Hot environments – Analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. Genève, 1989.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996**: Ergonomics – Determination of metabolic heat production. Genève, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Genève, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9920**: Ergonomics of the thermal environments – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genève, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11399**: Ergonomics of the thermal environments – Principles and application of relevant International Standards. Genève, 1995.

JABARDO, José Maria Saiz. **Conforto Térmico**. São Paulo: IPT, 1984.
KERN, Donald Q. **Processos de Transmissão de Calor**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1987.

KIYOHARA, Humberto K. et al. Automatização do Atendimento à Reclamações de Interrupção de Energia. **Revista Eletricidade Moderna**. São Paulo, n. 314, p. 92-101, maio 2000.

KREITH, Frank. **Princípios de Transmissão de Calor**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

LAAT, Erivelton Fontana de; VILELA, Rodolfo Andrade de Gouveia. Desgaste fisiológico dos cortadores de cana-de-açúcar e a contribuição da ergonomia na saúde do trabalhador. **EF y Deportes Revista Digital**. Año 12, n. 111, ago/2007. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com>>. Acesso em: 13 abr. 2009.

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Maria de Andrade. **Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio A. de P. **Conforto Térmico e Stress Térmico**. Florianópolis, Departamento de Engenharia Civil/Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. 109 p. Apostila.

LEVENSTEIN, Charles. A Brief History of Occupational Health in the United States. In: OBORNE, David J. (Coord.). **Ergonomics at Work**. Boston: Little Brown and Company, 1983. p. 8-12.

MACINTYRE, Archibald J. **Ventilação Industrial**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.

MARTINON, J.; POISSON, O.; DECHATEAUVIEUX, F. Conhecendo Melhor os Fundamentos de Tensão e as Interrupções Momentâneas. **Revista Eletricidade Moderna**. São Paulo, n. 315, p. 66-79, jun. 2000.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N. **Fundamentals of Engineering Thermodynamics**. Third Edition. New York: John Wiley, 1995.

MOREIRA, Daniel A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed., São Paulo: Pioneira, 1996.

NOTÍCIAS DO ESPORTE. **Esporte Espetacular**. Rio de Janeiro: Rede Globo, 21 de novembro de 2004. Programa de TV.

OLIVEIRA, Ronald Fred A. de. **Regime de Trabalho dos Eletricistas que Operam na Manutenção de Linhas Energizadas**. 1998. 34 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

OLIVEIRA, Ronald Fred A. de. **Proposta de Regime de trabalho para eletricitistas que operam na manutenção de linhas energizadas em função das variáveis climáticas e pessoais: estudo de caso**. 2002. 96 f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

OLIVEIRA, Sebastião Geraldo de. **Proteção jurídica à saúde do trabalhador**. 3. ed. São Paulo: LTr, 2001.

PACHECO, Waldemar Jr. Et al. **Gestão de Segurança e Higiene do Trabalho**. São Paulo: Atlas, 2000.

PEREIRA, Fernandes José; CASTELLO FILHO, Orlando. **Manual prático: como elaborar uma perícia de insalubridade e de periculosidade**. São Paulo: LTr, 1998.

PESSOA, Valdemberg Magno do Nascimento. **A Racionalização e a eficiência energética como fundamentos para a gestão do consumo de energia elétrica na indústria**-estudo de caso. 2001. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

PIZA, Fábio de Toledo. **Conhecendo e Eliminando Riscos do Trabalho**. São Paulo: Cipa, [data?].

PIZA, Fábio de Toledo. **Informações básicas sobre saúde e segurança no trabalho**. São Paulo: Cipa, 1997.

PROCURADORIA REGIONAL DO TRABALHO DA 15ª REGIÃO. A investigação das mortes nos canaviais no Estado de São Paulo. Boletim Informativo, 2005.

RODRIGUES, Celso Luiz Pereira. **Introdução à Engenharia de Segurança do Trabalho**. João Pessoa, Departamento de Engenharia de Produção/Universidade Federal da Paraíba, 1998. 36 p. Apostila.

RUAS, Álvaro César. **Avaliação de Conforto Térmico**: contribuição à aplicação prática das normas internacionais. Fundacentro, 2001.

RUIZ, João A. **Metodologia Científica**; guia para eficiência nos estudos. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

SALIBA, Tuffi M. et al. **Higiene do Trabalho e Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. São Paulo: LTr, 1997.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. 47. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

SEVERINO, Antonio J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 20. ed. rev. ampl. São Paulo: Cortez, 1995.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SILVA, Luiz Bueno da. **Análise da relação entre produtividade e conforto térmico**: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados e cobrança da Caixa Econômica Federal do Estado de Pernambuco. 2001. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christine; HARRISON, Alan; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

STEVENSON, William D. **Elementos de análise de sistemas de potência**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1985.

STOECKER, Wilbert F. **Refrigeração e Ar Condicionado**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

TARINI, Vitor A. F.; VILAS, Lígia; ZANUTO, Ricardo; SILVA, Helga C. A.; OLIVEIRA, Acary S. B. Calor, exercício físico e hipertermia: epidemiologia, etiopatogenia, complicações, fatores de risco, intervenções e prevenção. **Revista Neurociências**. São Paulo, v. 14, n. 315, p. 144-152, jul/set, 2006. Disponível em <<http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/2006/RN%2014%2003/>>. Acesso em: 12 abr. 2009.

THOMAS, Lindon C. **Fundamentos de Transferência de Calor**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1985.

UM DESAFIO NA COLHEITA DA CANA. **Profissão Repórter**. Rio de Janeiro: Rede Globo, 21 de maio de 2006. Programa de TV.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistemas de Bibliotecas. **Normas para Apresentação de Documentos Científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000. 10 v.

VIANNA, Nelson Solano. **O Estado da Arte em Ensino e Pesquisa na Área de Conforto Ambiental no Brasil**. São Paulo: FAU/USP, 2001.

VIEIRA, Sonia. **Como Escrever uma Tese**. (Manuais de Estudo), São Paulo: Pioneira, 3. ed., 1996.

XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

XAVIER, Antonio Augusto de Paula. **Predição de conforto térmico em ambientes internos com atividades sedentárias**: teoria física aliada a estudos de campo. 2000. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

ZACCARELLI, Sérgio Baptista. **Administração Estratégica da Produção**. São Paulo: Atlas, 1990.

ZOCCHIO, Álvaro. **Prática da Prevenção de Acidentes**; abc da segurança do trabalho. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1992.

APENDICE A

Questionário sobre Conforto e Aceitabilidade Térmica

AVALIAÇÃO DE CONFORTO E ACEITABILIDADE TÉRMICA

(Avaliação das condições, sensações e aceitabilidade dos ambientes)

O preenchimento dessas tabelas tem a função de avaliar a situação de conforto térmico através do julgamento subjetivo. As respectivas análises e comparações dessa avaliação com os dados ambientais coletados pelos equipamentos servirão de valiosos subsídios para a análise térmica dos ambientes de trabalho. Os quesitos nº 3, 4 e 5 devem ser devidamente anotados a cada horário marcado. Os quesitos de nº 1, 2, 6 e 7 devem ser anotados apenas uma vez, quando do primeiro horário de anotação. No caso de ter havido mudança nas vestimentas entre um horário de anotação e outro, favor apontar após a tabela do quesito 2.

Quesito 1. Dados do respondente

Local de Trabalho:.....

Idade:..... Altura:..... Peso:..... Sexo:..... Data:.....

Quesito 2. Marque as vestimentas que está utilizando (Tabela conforme ISO 9920/95)

Roupas de baixo e Acessórios		Blusa leve fina, manga curta	
Sapato com sola fina		Camiseta	
Sapato com sola grossa		Calças	
Botinas		Calça curta (bermuda)	
Meia soquete fina		Calça de tecido fino	
Meia soquete grossa		Calça jeans	
Meia até o joelho		Calça grossa, de lã ou flanela	
Meia de nylon longa fina		Vestidos e Saias	
Meia calça com pernas longas		Saia leve, de verão	
Meia calça com pernas curtas		Saia pesada, de inverno	
Cueca		Vestido de verão, mangas curtas	
Calcinha		Vestido de inverno, manga longa	
Soutien		Vestido completo, fechado	
Camiseta de baixo		Casacos e Suéteres	
Camiseta de baixo manga longa		Colete sem mangas fino	
Gravata		Colete sem mangas grosso	
Camisas e Blusas		Suéter manga longa fino	
Camisa de manga curta		Suéter manga longa grosso	
Camisa manga longo, tecido fino		Jaqueta leve	
Camisa manga longa normal		Jaqueta/japona, normal	
Camisa de flanela ou moletom		Paletó	
Blusa leve fina, manga longa		Paletó de verão, blazer	

Houve alguma mudança de vestimentas entre um horário e outro? Qual?

Quesito 3. Tabela de percepção (ISO 10551/95)

Com relação a sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento?

AVALIAÇÕES						
	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.
Hora da avaliação						
Com muito calor						
Com calor						
Levemente com calor						
Neutro						
Levemente com frio						
Com frio						
Com muito frio						

Quesito 4. Tabela de avaliação (ISO 10551/95)

De que maneira você se encontra nesse momento?

AVALIAÇÕES						
	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.
Hora da avaliação						
Confortável						
Levemente desconfortável						
Desconfortável						
Muito desconfortável						

Quesito 5. Tabela de preferências térmicas (ISO 10551/95)***Como você preferia estar se sentindo agora?***

AVALIAÇÕES						
	1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.
Hora da avaliação						
Bem mais aquecido						
Mais aquecido						
Um pouco mais aquecido						
Assim mesmo						
Um pouco mais refrescado						
Mais refrescado						
Bem mais refrescado						

Quesito 6. Tabela de aceitabilidade (ISO 10551/95)***Em sua opinião, você aceitaria mais do que rejeitaria esse ambiente térmico?***

Sim	
Não	

Quesito 7. Tabela de tolerância (ISO 10551/95)

Este ambiente possui, em sua opinião:

Tolerância perfeita	Leve dificuldade em tolerar	Dificuldade em tolerar	Muita dificuldade em tolerar	Intolerância

APÊNDICE B

Questionário sobre Estilo de Vida

COLETA DE DADOS SOBRE ESTILO DE VIDA

1 DADOS DO RESPONDENTE

Local de Trabalho:.....

Idade:..... Altura:..... Peso:..... Sexo:..... Data:.....

2 ATIVIDADE FÍSICA HABITUAL (a cada sim marque um “X”)

2.1 Atividades Ocupacionais Diárias

1) Eu geralmente vou e volto do trabalho (escola) caminhando ou de bicicleta (pelo menos 800 metros a cada percurso);

2) Eu geralmente uso as escadas ao invés do elevador;

3) Minhas atividades físicas diárias podem ser descritas como:

- a) Passo a maior parte do tempo sentado (a) e, quando muito, caminho de um lugar para outro, próximo;
- b) Na maior parte do dia realizo atividades físicas moderadas, como caminhar rápido, executar tarefas que requerem movimentação;
- c) Diariamente executo atividades físicas intensas por várias horas (trabalho pesado, esportes);

2.2 Atividades de Lazer

- 4) Meu lazer inclui algumas horas por semana de atividades físicas leves (passeio de bicicleta, caminhada em ritmo lento, etc);
- 5) Ao menos uma vez por semana participo de algum tipo de dança (moderada), por uma hora ou mais;
- 6) Jogo tênis, voleibol, futebol ou outro esporte de caráter recreacional:
 - a) Uma vez por semana;
 - b) Duas vezes por semana;
 - c) Três vezes ou mais por semana;
- 7) Quando me sinto sob tensão, costumo fazer algum tipo de exercício para relaxar.
- 8) Duas ou mais vezes por semana faço ginástica (tipo flexões abdominais, exercícios para os braços, etc) durante pelo menos 10 minutos;
- 9) Participo de sessões de ioga ou faço exercícios de alongamento muscular regularmente;
- 10) Duas ou mais vezes por semana, participo de sessões de musculação;
- 11) Participo de atividade aeróbicas vigorosas (correr, pedalar, nadar, remar) durante 20 minutos ou mais:
 - a) Uma vez por semana;
 - b) Duas vezes por semana;
 - c) Três vezes ou mais por semana;

2.3 Nível de Stress

As escalas de 10 a 0 serão representadas por palavras que definem seus extremos.

Circule o número que mais se relaciona com o que você sentiu no último mês:

- 1) Quão preocupado ou interessado acerca de sua saúde você tem estado?
- | | | | | | |
|------|---|---|---|---|------------------|
| Nada | | | | | Muito preocupado |
| 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
- 2) Quão relaxado ou tenso você tem se sentido?
- | | | | | | |
|-------------------|---|---|---|---|----------------|
| Bastante relaxado | | | | | Bastante tenso |
| 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
- 3) Quanta energia, animação e vitalidade você tem tido?
- | | | | | | |
|-------|---|---|---|---|---------|
| Muita | | | | | Nenhuma |
| 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |
- 4) Quão deprimido ou alegre você tem estado?
- | | | | | | |
|--------------|---|---|---|---|-----------------|
| Muito alegre | | | | | Muito deprimido |
| 10 | 8 | 6 | 4 | 2 | 0 |

2.4 Hábitos de Alimentação (marque com "X" o valor correspondente)

- 1) Com que frequência, você consome mais calorias do que precisa?
- () Todos os dias
 - () 3 a 5 vezes por semana
 - () 2 vezes por semana
 - () 3 vezes por mês ou menos
- 2) Com que frequência você consome frituras ou alimentos gordurosos?
- () Todos os dias
 - () 3 a 5 vezes por semana
 - () 2 vezes por semana
 - () 3 vezes por mês ou menos
- 3) Com que frequência você consome peito de frango, peixes, peito de peru ou refeições (sem carne vermelha) como feijão, ervilha, grão de bico, soja?
- () Todos os dias
 - () 3 a 5 vezes por semana

- ☐ 2 vezes por semana
- ☐ 3 vezes por mês ou menos

4) Com que frequência você consome pelo menos duas porções de vegetais (legumes e verduras) e frutas, crus, assados ou cozidos (exceto fritos)?

- ☐ Todos os dias
- ☐ 3 a 5 vezes por semana
- ☐ 2 vezes por semana
- ☐ 3 vezes por mês ou menos

5) Com que frequência você consome pelo menos quatro porções de pães, cereais matinais (aveia, flocos, etc), macarrão, arroz?

- ☐ Todos os dias
- ☐ 3 a 5 vezes por semana
- ☐ 2 vezes por semana
- ☐ 3 vezes por mês ou menos

APÊNDICE C

Quadro 1: Taxas de Metabolismo por Tipo de Atividade

TIPO DE ATIVIDADE	Kcal/h
<i>SENTADO EM REPOUSO</i>	100
<i>TRABALHO LEVE</i>	
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
<i>TRABALHO MODERADO</i>	
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.	330
<i>TRABALHO PESADO</i>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

Quadro 1: Taxas de metabolismo por tipo de atividade

Fonte: Quadro N° 3, Anexo N° 3, NR-15

APÊNDICE D

Quadro 2: Regime de Trabalho em Função do IBUTG e do Tipo de Atividade

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)		TIPO DE ATIVIDADE		
		LEVE	MODERADA	PESADA
a)	Trabalho contínuo	até 30,0°C	até 26,7°C	até 25,0°C
b)	45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 °C a 30,6 °C	26,8 °C a 28,0 °C	25,1 °C a 25,9 °C
c)	30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 °C a 31,4 °C	28,1 °C a 29,4 °C	26,0 °C a 27,9 °C
d)	15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 °C a 32,2 °C	29,5 °C a 31,1 °C	28,0 °C a 30,0 °C
e)	Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle.	acima de 32,2 °C	acima de 31,1 °C	acima de 30,0 °C

Quadro 2: Regime de trabalho em função do IBUTG e do tipo de atividade.

Fonte: NR 15 do MTE, Anexo N° 3, Quadro N° 1, adaptado.

APÊNDICE E

Tabela 2: Valores de Referência para Diferentes Critérios de Estresse Térmico e Disfunções Orgânicas

Tabela 2: Valores de referência para diferentes critérios de estresse térmico e disfunções orgânicas

Critério	Pessoas não aclimatadas		Pessoas aclimatadas	
	<i>Alerta</i>	<i>Perigo</i>	<i>Alerta</i>	<i>Perigo</i>
<i>Máxima umidade da pele</i> W_{Max}	0,85	0,85	1,0	1,0
<i>Máxima taxa de suor</i> Repouso: $M < 65 \text{ W/m}^2$ $SW_{\text{max}} (\text{W/m}^2)$ $SW_{\text{max}} (\text{g/h})$ Trabalho: $M > 65 \text{ W/m}^2$ $SW_{\text{max}} (\text{W/m}^2)$ $SW_{\text{max}} (\text{g/h})$	100 260 200 520	150 390 250 650	200 520 300 780	300 780 400 1040
<i>Acumulação máxima de calor</i> $Q_{\text{max}} (\text{W.h/m}^2)$	50	60	50	60
<i>Perda máxima de água</i> $D_{\text{max}} (\text{W.h/m}^2)$ $D_{\text{max}} (\text{g})$	1000 2600	1250 3250	1500 3900	2000 5200

Fonte: Norma ISO 7933, 1989, adaptada