

RUBENS NOGUEIRA CARDOSO

IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA
REFERENTES À INSALUBRIDADE POR UMIDADE DOS
TRABALHADORES NA PRODUÇÃO DE FIBRA DE VIDRO.

São Paulo
2019

RUBENS NOGUEIRA CARDOSO

IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS E DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA
REFERENTES À INSALUBRIDADE POR UMIDADE DOS
TRABALHADORES NA PRODUÇÃO DE FIBRA DE VIDRO.

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2019

Dedico este trabalho aos meus familiares, principalmente à minha esposa Paula, aos meus lindos filhos Eduardo e Ana Paula e à minha mãe Dirce, por todo apoio e amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela jornada mais que maravilhosa nesta terra.

Aos meus amigos e colegas da Escola Politécnica da USP (POLI) que iniciaram esta jornada assim como eu, em busca de conhecimento técnico e especialização e conquistaram amizades para muitos anos.

Agradeço à empresa estudada e a toda a equipe que lá trabalhou durante minha jornada, que além de ter sido uma casa, foi uma escola sobre Segurança e Responsabilidade para com seus funcionários e contratados.

Agradeço à minha mãe, Dirce por toda a abnegação e esforço na minha criação e de meus irmãos.

Agradeço também aos meus lindos filhos, Eduardo e Ana Paula, que com seus olhos, suas dificuldades e, sobretudo, suas vitórias me impulsionaram a continuar.

Por último, porque é a mais importante, agradeço imensamente à minha esposa Paula R. Laranjeira. Pessoa que divide comigo esta jornada e a quem devo mais que admiração, carinho, respeito e amor.

“É um erro grave formular teorias antes de conhecer os fatos. Sem querer, começamos a mudar os fatos para que se adaptem às teorias, em vez de formular teorias que se ajustem aos fatos.”

Arthur Conan Doyle

RESUMO

A umidade é tratada como agente insalubre na Norma Regulamentadora 15 em seu anexo 10, porém a abordagem é qualitativa e abre campo para interpretações subjetivas. Simplificações exacerbadas podem inviabilizar processos industriais. Este é o foco deste trabalho, concentrado numa situação encontrada em uma indústria produtora de fibra de vidro, avaliaram-se os itens associados à umidade, suas influências e equipamentos corriqueiramente sugeridos que neutralizariam os efeitos nocivos associados. Foram estudadas a conceituação teórica de umidade, descrição do processo produtivo empregado na produção com destaque às fontes geradoras de umidade, legislações brasileiras cabíveis, norma internacional que mais se aproxima do foco deste trabalho e que norteia outras normas internacionais relacionadas a este agente. Pretendeu-se também ressaltar os ganhos de processo e financeiro projetados na instalação da solução proposta, além do bem-estar dos trabalhadores.

Palavras-chave: Umidade. Insalubridade. Fibra de vidro. NR15.

ABSTRACT

Humidity is treated as an unhealthy agent in the Regulatory Standard number 15 in its appendix 10, but the approach is qualitative and opens the field for subjective interpretations. Exacerbated simplifications can make industrial processes unviable. This is the focus of this work, concentrated in a situation found in a fiberglass producing industry, we evaluated the items associated with moisture, its influences and equipment that were routinely suggested that would neutralize the harmful effects associated with. We studied the theoretical concept of moisture, description of the productive process used in production with emphasis on sources of moisture, applicable Brazilian laws, international standard that most closely approximates the focus of this work and that guides other international standards related to this agent. It was also intended to emphasize the process and financial gains projected in the installation of the proposed solution, besides workers' welfare.

Keywords: Unhealthy. Harm. Moisture. Fiberglass. NR15. Brazil. Law.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráfico de faixa aceitável de operação de temperatura e umidade expresso em graus Celsius, apresentado na ANSI ASHRAE 55-2014.....	21
Figura 2 – Gráfico ao longo do ano do ponto de orvalho típico da região onde a fábrica estudada está instalada.	22
Figura 3 – Taxa metabólica por tipo de atividade.....	23
Figura 4 – Taxa metabólica por tipo de atividade (continuação)	24
Figura 5 – Taxa de incremento de ajuste de IBUTG médio para alguns tipos de vestimentas	24
Figura 6 –Critérios de julgamento e tomada de decisão.	25
Figura 7 – Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local.	27
Figura 8 – Relações de Taxa Metabólica e Máximo IBUTG.....	27
Figura 9 – Tipo de Atividade e Sobrecarga Física correspondente	27
Figura 10 – Distribuição demográfica da população brasileira, ano base 2010.	33
Figura 11 – Visão Lateral esquemática de um forno produtor de fibra de vidro.	38
Figura 12 – Fotografia de uma placa de fieira com destaque para os bicos de saída de vidro e a formação dos filamentos de fibra de vidro.	40
Figura 13 – Desenho esquemático de produção de fibra de vidro, desde a saída na fieira até a enroladeira.....	41
Figura 14 – Ligação química entre vidro e silano	41
Figura 15 – Ligação química entre Silano da encimagem e resina	42
Figura 16 – Foto das enroladeiras, canal 4 com proteções parciais de máquinas	42
Figura 17 – Foto das enroladeiras do canal 4 com proteções de máquinas semifechadas	43
Figura 18 – Montagem típica de blocos refratários contendo a coluna de vidro incandescente.	43
Figura 19 – Arranjo de forças atuantes no vidro.....	44
Figura 20– Canal de produção 2 – detalhe para chão úmido pela lavagem constante do piso.....	46
Figura 21 – Relação de Equipamentos de Proteção Individual disponibilizados aos funcionários.....	48
Figura 22 – Foto de funcionário paramentado com os equipamentos de proteção individual listados, adicionada da jaqueta de Tyvek®.	49
Figura 23 – Estrutura da Hierarquia de Controle de Riscos adaptada da NR 09.	49

Figura 24 – Medidor de Estresse térmico postado na entrada do canal 2, local de exposição à umidade.	52
Figura25 – Mostrador do medidor de estresse térmico.	53
Figura26 – Medidor de Umidade Relativa e Temperatura - Dwyer série RH.....	53
Figura 27 – Macacão com capuz de Tychem® da DuPont™.....	54
Figura 28 – Avental tipo barbeiro em Tychem® QC.....	54
Figura 29 – Trabalhador usando o macacão de Tyvek® Plus da DuPont™ em conjunto com avental frontal longo de trevira.	55
Figura 30 – Cálculo de estresse térmico inicial	58
Figura 31 – Teste da Capa Tychem® QC da DuPont™.....	59
Figura 32 – Fotografia frontal do funcionário após retirar a jaqueta em Tychem®QC da DuPont™, utilizando o avental de trevira sobre a jaqueta.	60
Figura 33 – Foto do funcionário no início do teste com macacão Tyvek® Plus da DuPont™.....	61
Figura 34 – Utilização do macacão Tyvek® Plus da DuPont™.	62
Figura 35 – Retirada do macacão Tyvek® Plus após 60 minutos de testes.	62
Figura 36- Posição produtora com vista dos coletores das enroladeiras e a proteção mecânica projetada para adequação à NR12.	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HVAC	<i>High Velocity Air Conditioning</i>
MTb	Ministério do Trabalho
MTe	Ministério do Trabalho e Emprego
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
PCMSO	Programa de Controle e Monitoramento da Saúde Ocupacional
PRFV	Plásticos reforçados por fibra de vidro

LISTA DE SÍMBOLOS

A	área da seção através da qual o calor flui por condução, medida perpendicularmente à direção do fluxo;
$^{\circ}\text{C}$	graus Celsius
dT/dx	<i>gradiente de temperatura na seção, razão de variação da temperatura T com a distância, na direção do fluxo de calor x.</i>
$\overrightarrow{F_{est}}$	força de estiramento
g	gramas
$\vec{g}$	força da gravidade
$\vec{P}$	força exercida pela pressão da coluna de vidro
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo
$\overline{IBUTG}$	Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo médio
IBUTGd	Valor do IBUTG no local de descanso
IBUTGt	Valor do IBUTG no local de trabalho;
k	condutividade térmica do material;
km	quilômetro
M	Taxa de metabolismo média ponderada para uma hora de atividade
M_d	Taxa de metabolismo no local de descanso;
M_t	Taxa de metabolismo no local de trabalho;
q_k	calor transmitido por condução
T	Temperatura, expressa em $^{\circ}\text{C}$
T_{bs}	Temperatura de bulbo seco
T_{bn}	Temperatura de bulbo úmido natural em $^{\circ}\text{C}$
T_d	Soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de descanso
T_g	Temperatura de globo em $^{\circ}\text{C}$
T_{po}	Temperatura de Ponto de Orvalho, expressa em $^{\circ}\text{C}$
T_t	Soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho;

Tex	Unidade de densidade linear, medida em g/km
UR	Umidade Relativa, expressa em %
W	Conteúdo de vapor na condição atual/real
Ws	Conteúdo de vapor na condição de saturação para uma determinada temperatura do ar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1– Legislação e Normas Técnicas	17
2.1.1 – CLT.....	17
2.1.2 – Norma Regulamentadora 15 anexo 10.....	17
2.1.3 – Normas e leis internacionais	20
2.1.4 – Norma de Higiene Ocupacional 06.....	22
2.1.5 – Norma Regulamentadora 12	25
2.1.6 –Norma Regulamentadora 15, Anexo 3 – Exposição ao Calor	26
2.1.7 – Norma regulamentadora 15, anexo 13 – Agentes Químicos.....	28
2.1.8 – Norma regulamentadora 17 – ERGONOMIA	29
2.2 – Definição de Umidade Relativa do ar	31
2.3 – Princípios de condução de calor	32
2.4 – Os Riscos da Umidade à Saúde do Trabalhador	33
2.4.1 – Relação de Calor e Umidade	33
2.4.2 – Relação de Umidade e reagentes químicos dissolvidos	34
2.4.3 – Relação de Umidade e agentes biológicos	34
2.4.4 – Umidade, Desidrose e doenças dermatológicas	34
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1 – ESTUDO DE CASO.....	36
3.1.1 Desenvolvimento Histórico.....	36
3.2 – Tecnologia de Produção.....	38
3.3 - População estudada	51
3.4 Equipamentos utilizados	52
3.4.1 Medição de Sobrecarga Térmica	52
3.4.2 Medição de Umidade Relativa e temperatura ambiente	53
3.5 Vestimentas e EPIs testados	54
3.6 CONDIÇÕES DE PROCESSO	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1 Resultados	58

4.2 Considerações Finais	64
5. CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS.....	70
APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE EPI NO FORMING– DESENVOLVIDO PARA TESTE DE CAPAS E JAQUETAS IMPERMEÁVEIS PELOS OPERADORES E ENROLADEIRAS.....	73
ANEXO A – DECISÃO JUDICIAL SOBRE INSALUBRIDADE POR UMIDADE EM SERVIÇO DE LIMPEZA COMERCIAL.....	74
ANEXO B – TRECHO DO RECURSO ORDINÁRIO, PROCESSO TRT/SP N00019011620125020385.....	75
ANEXO B – TRECHO DO RECURSO ORDINÁRIO, PROCESSO TRT/SP N00019011620125020385 (CONTINUAÇÃO).....	76

1 INTRODUÇÃO

A complexa legislação trabalhista brasileira e os sistemas de controle de atendimento a todos os seus requisitos, como o e-Social, por exemplo, têm apresentado um novo parâmetro operacional às empresas estrangeiras com unidades no Brasil. Uma destas complexidades únicas é a tratada pela Norma Regulamentadora (NR) 15 do Ministério do Trabalho. A NR15 trata dos itens relacionados aos pagamentos devidos aos trabalhadores expostos a operações e atividades laborais consideradas insalubres. Considerando a manufatura de um produto largamente utilizado nos meios industriais como reforço mecânico em materiais compósitos, a fibra de vidro não foge deste cenário de leis e critérios de restrição impostos pelos sistemas brasileiros de leis e controle de sua observância. Dentre os anexos da NR15, aquele que é mais notado e foi ponto central desta pesquisa, fica o pouquíssimo explorado anexo nº 10, relacionado à insalubridade por umidade. Seguindo no sentido de preservar a saúde dos trabalhadores, muito mais que o pagamento de proventos relacionados a possíveis danos causados ou às multas por descumprimentos, esta pesquisa centrou-se nos requisitos necessários para reconhecer o problema e propor medidas e dispositivos que possam mitigar os efeitos da exposição à umidade na fabricação de fibra de vidro.

Fonte: BRASIL, 1978

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é estudar dispositivos de proteção, mitigação e eliminação da exposição dos trabalhadores de uma fábrica de fibra de vidro aos efeitos da umidade ambiente proporcionada pelo processo e operação.

1.2 JUSTIFICATIVA

Após avaliação pericial a empresa onde os estudos foram desenvolvidos foi obrigada a reconhecer algumas atividades como insalubres por expor funcionários à umidade sem a devida distribuição de Equipamentos de Proteção Individual que eliminariam ou mitigariam esta exposição. Por este tema ser pouquíssimo explorado, não foram encontrados casos correlatos que pudessem embasar um estudo abordando e explorando a Norma Regulamentadora 15, em seu anexo número 10. O estudo aqui desenvolvido baseou-se, portanto na avaliação objetiva das condições de processo,

opções de mitigação e soluções viáveis que possam descaracterizar os possíveis efeitos nocivos da umidade à saúde dos trabalhadores.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1– LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS

2.1.1 – CLT

O Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, trata da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e estabeleceu os direitos e obrigações nas relações trabalhistas entre empregadores e empregados nas formas individuais e coletivas.

Através da Portaria MTb nº3.214 de 08 de junho de 1978 e publicado no Diário Oficial da União em 06 de julho do mesmo ano, estabeleceu as Normas Regulamentadoras que todos os empregados e empregadores regidos pela CLT deveriam observar, respeitar e atender.

Este decreto estabelece que as Norma Regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho são de observância obrigatórias por todas as empresas privadas, públicas, poderes executivo, legislativo ou judiciário e quaisquer outras que possuam funcionários regidos pela CLT. Estabelece também que o não cumprimento das disposições legais e regulamentares sujeita aos empregadores às penalidades previstas na legislação pertinente.

Também deixa clara a obrigatoriedade de cumprimento e caracteriza como ato faltoso a recusa injustificada em seguir o que foi estabelecido e preconizado nas legislações, padronizações e regras impostas

Fonte: BRASIL, 1943

2.1.2 – NORMA REGULAMENTADORA 15 ANEXO 10

A Norma Regulamentadora número 15 é a norma que estabelece e define as atividades e operações insalubres. Alguns de seus artigos são mostrados e detalhados abaixo, fazendo a conexão com este estudo.

O artigo 15.1 estabelece que todas as atividades e operações são consideradas insalubres se desenvolvidas sob certos parâmetros definidos em seus anexos.

O artigo 15.1.4 define que as condições insalubres devem ser comprovadas através de laudo de inspeção no local de trabalho para validação das condições. Esta obrigatoriedade de comprovação é aplicável aos anexos 7, 8, 9 e 10.

O anexo 7 trata especificamente das condições de trabalho sob influência de radiações não-ionizantes. O anexo 8 trata das condições de trabalho sobre a exposição ao dos trabalhadores submetidos a Vibrações. O anexo 9 trata das

condições de trabalho que expõem o trabalhador ao Frio e o anexo 10 trata das condições de trabalho que expõem trabalhadores à Umidade.

Uma vez que o foco desta monografia recai, exclusivamente, no anexo nº10 da NR 15. Seu texto é reproduzido abaixo na íntegra:

UMIDADE

As atividades ou operações executadas em locais alagados ou encharcados, com umidade excessiva, capazes de produzir danos à saúde dos trabalhadores, serão consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho.

Fonte: BRASIL, 1978

Diferentemente das demais normas previstas no artigo 15.1.4, o anexo 10 não especifica os limites a serem usados para auferir o pagamento pela exposição dos trabalhadores ao agente Umidade.

Usando os mesmos princípios utilizados nos demais anexos, foram procurados correlatos em legislações estrangeiras que pudessem estabelecer um limite de exposição, como o determinado especificamente no anexo nº11, que trata de agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, onde existe uma gama de agentes previstos e aqueles onde não há um limite claro, o anexo remete aos valores especificados em normas internacionais, periodicamente revisados e atualizados, como a ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, ou Conferência Governamental Americana dos Higienistas Industriais, tradução nossa).

É importante ressaltar que tanto as NRs assim como as premissas da engenharia de Segurança do Trabalho pressupõem que sempre deve ser adotado o critério mais restritivo. É nesta premissa que não se encontram correlatos internacionais que possam ser aplicados para delimitar os parâmetros do que é tolerável ou não no anexo nº10 da NR15.

Esta indefinição de limites de tolerância, ou mesmo de quantificação do que é excesso de umidade ou não excesso abre brechas para diversos questionamentos. Muitos casos estudados sobre decisões judiciais mostravam sim um nexos causal bastante forte, como casos de trabalhadores que pleiteavam a insalubridade pela exposição à umidade por estarem expostos em seus locais de trabalho a condições de alta umidade, como em lavras de areia, atividades náuticas e outras que utilizam a água

no ambiente, processo ou meio. No entanto, exposições a água de enxague em situações de limpeza doméstica, profissionais de Educação Física especializados em esportes aquáticos requerendo indenizações pela presença da umidade também são encontradas. Ao mesmo tempo em que a água é o meio, também se torna o agente deletério e fonte de preocupação para saúde do trabalhador.

Um fato deve ser lembrado, a água é um solvente universal. Esta característica deve ser considerada na avaliação. Água pura, sem outra substância solubilizada é bastante difícil de ser encontrada que não em usos específicos, como água destilada por exemplo. Assim sendo, a água ou umidade presente pode carregar consigo substâncias que podem sim lhe conferir propriedades que sejam efetivamente nocivas ao ser humano.

Mas ainda que assim aconteça, a água ou umidade devem ser avaliadas e históricos de doenças dermatológicas, respiratórias e demais devem ser consideradas e, se existentes, devem ser tratadas na sua origem.

2.1.3 – NORMAS E LEIS INTERNACIONAIS

Foram consultadas as legislações dos Estados Unidos da América, Coreia do Sul, México, Japão, França e Itália, países estes onde a empresa foco do estudo possui unidades e os corpos de engenharia de segurança do trabalho, saúde ocupacional e meio ambiente foram questionados a respeito de semelhanças.

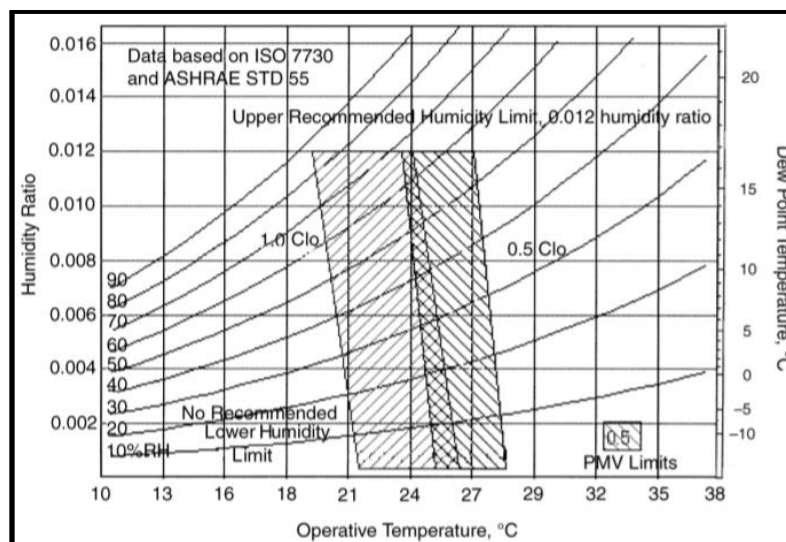
As diretrizes mais próximas encontradas foram relacionadas ao estabelecimento do “padrão de conforto térmico ambiental para ocupação humana” (tradução nossa) previsto pela norma norte americana ANSI/ASHRAE 55-2014. Esta norma prevê os cálculos necessários de velocidade do ar, calor irradiado, temperatura, isolamentos providos via vestimentas usadas pelos ocupantes do ambiente, carga de trabalho destes ocupantes via razão metabólica, umidade, mas em nenhum momento esta norma é tratada com força de lei, impondo punições ou multas em caso de descumprimento, como a NR15, anexo nº10.

Por outro lado, a correlação brasileira desta norma de conforto térmico não foi ainda desenvolvida. O que mais se assemelha e estabelece alguns valores de referência é a Norma Regulamentadora NR17 – Ergonomia (NR 17, 1990). A NR17 e sua correlação com este estudo será desenvolvida mais à frente neste trabalho.

Outra norma que trata de assunto semelhante a conforto térmico é a parte dois da NBR 16.401 – Instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários, revisada em 2006 e publicada pela última vez em 2008 (ABNT, 2008) e que usa a norma ASHRAE como fonte de inspiração, na sua versão de 2005.

Retornando, portanto à norma ASHRAE 55-2014, temos que as umidades relativas em ambientes dotados de ar condicionado deveriam ficar em torno de 65% com temperatura de trabalho entre 22,5°C e 25,5°C.

Figura 1 – Gráfico de faixa aceitável de operação de temperatura e umidade expresso em graus Celsius, apresentado na ANSI ASHRAE 55-2014.



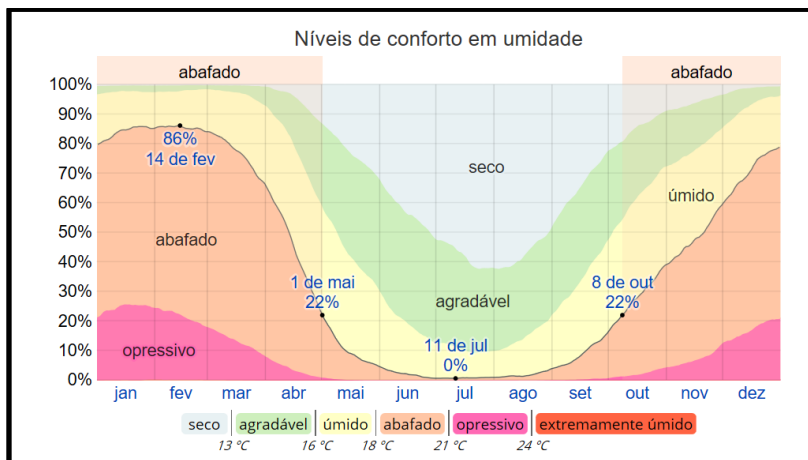
Fonte: norma ANSI ASHRAE 55-2014

A umidade, neste caso é tratada como uma referência geral do conteúdo de umidade do ar. Ela pode ser expressa em diversas formas de variáveis termodinâmicas como temperatura de ponto de orvalho (*Dew-point temperature*), pressão de vapor e mesmo razão de umidade.

Ponto de Orvalho é a temperatura/pressão na qual todo o volume de um vapor disperso num volume de gás se condensa em líquido. No caso estamos tratando do ponto de orvalho da água ambiente.

A cidade onde a unidade estudada está instalada apresenta, tipicamente, uma umidade categorizada pelo ponto de orvalho a seguir

Figura 2 – Gráfico ao longo do ano do ponto de orvalho típico da região onde a fábrica estudada está instalada.



Fonte: Weatherspark, 2018

O gráfico anterior refere-se à cidade onde a empresa que foi foco deste estudo está instalada. No entanto, no local do estudo a umidade ambiente e temperatura são mantidos por equipamentos de umidificação e refrigeração. Estes equipamentos suprem o ar ao sistema de HVAC e mantém a temperatura na casa dos $23 \pm 3^\circ\text{C}$ o ano todo e umidade relativa na casa dos $82 \pm 4\%$.

Esta umidade tem relação direta com o desempenho da produção, sendo que valores fora desta faixa especificada acarreta redução do poder refrigerador do HVAC nos filamentos de fibra de vidro e por consequência, perdas de eficiência significativos por quebra dos filamentos.

Uma vez que foi anotado em perícia judicial que a empresa não fornecia os EPIs necessários a neutralizar os efeitos da umidade aos funcionários, precisamos também calcular a Sobrecarga Térmica que estes trabalhadores estão expostos e assim propor as medidas cabíveis necessárias para prover tais equipamentos de proteção individual.

2.1.4 – NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL 06

A Norma de Higiene Ocupacional NHO06 da FUNDACENTRO traz os conceitos e fórmulas de cálculo da avaliação de exposição ao calor. Revisada em 2017 para sua segunda edição, ela nos dá um parâmetro de como o funcionário aclimatado, com suas vestimentas de operação e sujeito às condições de processo está sujeito.

No caso, devemos aplicar os cálculos referentes ao ambiente interno. Neste caso a fórmula é expressa abaixo:

$$IBUTG = 0,7 \, tbn + 0,3 \, tg \quad (1)$$

Onde:

sendo:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural em °C

tg = temperatura de globo em °C

As taxas metabólicas, neste caso devem avaliadas levando-se em consideração as tabelas expressas na norma citada.

Os quadros a seguir foram extraídos da última e recentíssima revisão da NHO 06.

Figura 3 – Taxa metabólica por tipo de atividade

Quadro 1² Taxa metabólica por tipo de atividade	
Atividade	Taxa metabólica^(a) (W)
Sentado	
Em repouso	100
Trabalho leve com as mãos	126
Trabalho moderado com as mãos	153
Trabalho pesado com as mãos	171
Trabalho leve com um braço	162
Trabalho moderado com um braço	198
Trabalho pesado com um braço	234
Trabalho leve com dois braços	216
Trabalho moderado com dois braços	252
Trabalho pesado com dois braços	288

a) Taxa metabólica definida para o homem padrão (área superficial igual a 1,8 m²)
 $M \text{ [kcal/h]} = 0,859845 \times M \text{ [W]}$

Fonte: FUNDACENTRO, 2017

Figura 4 – Taxa metabólica por tipo de atividade (continuação)

Atividade	Taxa metabólica ^(a) (W)
Trabalho leve com braços e pernas	324
Trabalho moderado com braços e pernas	441
Trabalho pesado com braços e pernas	603
Em pé, agachado ou ajoelhado	
Em repouso	126
Trabalho leve com as mãos	153
Trabalho moderado com as mãos	180
Trabalho pesado com as mãos	198
Trabalho leve com um braço	189
Trabalho moderado com um braço	225
Trabalho pesado com um braço	261
Trabalho leve com dois braços	243
Trabalho moderado com dois braços	279
Trabalho pesado com dois braços	315
Trabalho leve com o corpo	351
Trabalho moderado com o corpo	468
Trabalho pesado com o corpo	630
Em pé, em movimento	
Andando no plano	
1. Sem carga	
• 2 km/h	198
• 3 km/h	252
• 4 km/h	297
• 5 km/h	360

Fonte: FUNDACENTRO, 2017

Figura 5 – Taxa de incremento de ajuste de IBUTG médio para alguns tipos de vestimentas

Quadro 2 Incrementos de ajuste do IBUTG médio para alguns tipos de vestimentas*	
Tipo de roupa	Adição ao IBUTG [°C]
Uniforme de trabalho (calça e camisa de manga comprida)	0
Macacão de tecido	0
Macacão de polipropileno SMS (<i>Spun-Melt-Spun</i>)	0,5
Macacão de poliolefina	2
Vestimenta ou macacão forrado (tecido duplo)	3
Avental longo de manga comprida impermeável ao vapor	4
Macacão impermeável ao vapor	10
Macacão impermeável ao vapor sobreposto à roupa de trabalho	12

*Vestimentas com capuz devem ter seu valor acrescido em 1 °C
 Fonte: Adaptado de ACGIH (2016) e ISO DIS 7243 (2014)

Fonte: FUNDACENTRO, 2017

Figura 6 –Critérios de julgamento e tomada de decisão.

Quadro 3 Critério de julgamento e tomada de decisão		
Condições de exposição	Consideração técnica	Atuação recomendada
Obedecidos os limites estabelecidos na Tabela 1	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente
Acima dos limites estabelecidos na Tabela 1 até os limites inferiores da região de incerteza estabelecidos na Tabela 4	Acima do nível de ação	No mínimo, adoção de medidas preventivas
No intervalo de valores estabelecidos na Tabela 4	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição
Acima dos limites estabelecidos na Tabela 2	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: FUNDACENTRO, 2017

2.1.5 – NORMA REGULAMENTADORA 12

Por outro lado temos a Norma Regulamentadora número 12 que trata da Segurança no trabalho de Máquinas e Equipamentos. Publicada inicialmente em 08 de Junho de 1978, esta norma tem passado por constantes revisões, sendo a mais recente de 18 de dezembro de 2018.

Seu item 12.1 é transcrito abaixo:

“Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela

Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.”

Fonte: Brasil, 1978

No item 12.4 da norma citada está listado que aplica-se aos Equipamentos de Proteção Coletiva como um forma mais eficiente de proteção que as medidas administrativas e de equipamentos de proteção individual (EPI).

Mais uma vez o agente UMIDADE não é tratado nesta norma regulamentadora. Mas ela aborda os agentes químicos em seus itens 12.106 e 12.107.

2.1.6 –NORMA REGULAMENTADORA 15, ANEXO 3 – EXPOSIÇÃO AO CALOR

A exposição ao calor é avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG)", de acordo com a NR15, anexo 3 da Portaria 3214/78 do MTE, definido pelas seguintes equações:

- Ambientes Internos ou Externos sem Carga Solar.

$$IBUTG = 0,7 T_{bn} + 0,3 T_g \quad (2)$$

- Ambientes Externos com Carga Solar

$$IBUTG = 0,7 T_{bn} + 0,1 T_{bs} + 0,3 T_g \quad (3)$$

Onde:

T_{bn} – temp. de bulbo úmido natural;

T_g = temp. de globo;

T_{bs} = temp. de bulbo seco

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

Regime de trabalho intermitente com período de descanso no próprio local de prestação de serviço.

Figura 7 – Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local.

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte FUNDACENTRO, 2017

Figura 8 – Relações de Taxa Metabólica e Máximo IBUTG

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

Fonte: FUNDACENTRO, 2017

Figura 9 – Tipo de Atividade e Sobrecarga Física correspondente

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

Fonte: FUNDACENTRO, 2017

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

$$M = \frac{Mt \times Tt + Md \times Td}{60} \quad (4)$$

Sendo:

Mt– taxa de metabolismo no local de trabalho;

Tt– soma dos tempos, em minutos, em que se permanece no local de trabalho;

Md- taxa de metabolismo no local de descanso;

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

$\overline{IBUTG}$ é o valor IBUTG médio ponderado para uma hora, determinado pela seguinte fórmula:

$$\overline{IBUTG} = \frac{IBUTGt \times Tt + IBUTGd \times Td}{60} \quad (5)$$

Sendo:

IBUTGt= valor do IBUTG no local de trabalho;

IBUTGd = valor do IBUTG no local de descanso;

Tt e *Td*= como anteriormente definidos;

Tt + *Td*=60 minutos corridos.

2.1.7 – NORMA REGULAMENTADORA 15, ANEXO 13 – AGENTES QUÍMICOS

No anexo 13 da NR15 – Agentes químicos, os contaminantes químicos podem apresentar-se sob as formas sólida, líquida e gasosa, recebendo os nomes de: neblinas, névoas, poeiras, vapores, fumos, gases, etc.

É sabido que estes contaminantes podem penetrar no organismo humano pela via respiratória (inalação), via cutânea (absorção pela pele) e via digestiva (absorção gastrointestinal). Alguns contaminantes possuem efeitos acumulativos e outros, acabada a exposição ao produto, o organismo os elimina gradativamente. A imensa maioria das doenças profissionais, exceção às dermatites, são atribuídas a absorção através dos pulmões, isto é, inalação. Nem todos os contaminantes do ar que chegam aos pulmões, são absorvidos pelo sangue. Parte dos contaminantes pode ser expelida pelo ar expirado, outra parte pode ser captada pela secreção das mucosas, engolidas e expelidas pelos intestinos. A susceptibilidade a um dado contaminante também varia de indivíduo a indivíduo. Para alguns, a exposição a um dado contaminante pode provocar uma reação branda, para outros, pode ser grave ou fatal. Isto depende, entre outros parâmetros, da saúde do indivíduo, da dose do agente agressivo e do ritmo de trabalho em que o trabalhado se desenvolve.

Os contaminantes podem apresentar os seguintes graus de toxicidade:

- Nulo – se não apresentarem riscos sob nenhuma condição;
- Leve – se puderem provocar alterações imediatas no organismo, mas que desaparecem quando termina a exposição ao contaminante;
- Moderado – se puderem produzir alterações temporárias, porém não suficientemente severas para provocar danos irreversíveis ou permanentes ou morte;
- Alto – se puderem causar morte ou dano irreversível ou permanente por pequena que seja a exposição ou a quantidade absorvida pelo organismo.

Os métodos para evitar que os contaminantes produzam danos à saúde podem ser: - Correto projeto do processo, levando em conta desde o início da escolha dos produtos usados e quais os riscos que apresentam;

- Mudança do processo, por outro de menor risco;
- Substituição de produtos químicos por outros menos tóxicos;
- Isolamento do processo;
- Separação do pessoal;
- Supressão do contaminante na fonte geradora;
- Sistema de ventilação local exaustora.

2.1.8 – NORMA REGULAMENTADORA 17 – ERGONOMIA

A norma regulamentadora 17, de 23 de novembro de 1990, estabelece os parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Estas características vão além dos mobiliários utilizados, das cargas movimentadas e de quesitos objetivos e mensuráveis. Devem ser levadas em consideração a forma como os trabalhos e tarefas são desempenhados no local, jornadas de trabalho e descanso, pausas periódicas dentro da jornada, execução de horas extras, rotatividade de funcionários, idades média, máxima e mínima dos trabalhadores, estatura destes trabalhadores entre outros fatores para que a avaliação ergonômica seja o mais abrangente possível e consiga aproximar-se das condições reais de execução das tarefas e propor soluções necessárias e desejáveis à população estudada.

A umidade relativa do ar é tratada na NR17 unicamente no item 17.5.2 subitem d, e esta deve ser superior a 40%. Vê-se claramente que a umidade, neste item, é apenas

um item relacionado ao conforto térmico em áreas onde o trabalho intelectual com atenção constante deve ser desempenhado.

Há que se fazer a aplicação prática deste limite ao local onde será desempenhada a função. Em alguns ambientes específicos, umidade igual ou superior a 40% pode ser danoso ao processo, ao ponto de inviabilizá-lo. Neste caso específico, outras fontes de suprimento de ar devem ser proporcionadas e disponibilizadas aos trabalhadores da área. Ou então outros processos devem ser desenvolvidos para viabilizar sua execução de forma confortável, segura e produtiva.

2.2 – DEFINIÇÃO DE UMIDADE RELATIVA DO AR

De acordo com (BUCK, 1981) vapor de água pura é considerado saturado quando sua presença é viável em equilíbrio termodinâmico estável com a superfície plana de água pura ou gelo. Na interface das duas fases, o vapor de água possui a mesma temperatura e pressão que a fase condensada (tradução nossa).

Nestas condições o ponto de condensação é igual ao ponto de orvalho. Mas verifica-se que ele é localizado e válido apenas numa ínfima lâmina próxima às superfícies de água e ou gelo.

A umidade relativa, por outro lado, é mais facilmente interpretada segundo GAVANI, E como sendo a razão entre o conteúdo de vapor na condição atual/real (W) e aquela na condição saturação (W_s) para uma determinada temperatura do ar. Sendo expressão pela seguinte fórmula:

$$UR = \frac{W}{W_s} \times 100\% \quad (6)$$

Portanto a umidade relativa do ar é relação da temperatura/pressão ambiente com a pressão de vapor no local. Sendo assim, para umidades relativas acima de 50%, uma aproximação das equações termodinâmicas que correlacionam as grandezas aqui citadas tem-se:

$$UR \approx 100 - 5(T - T_{po}) \quad (7)$$

Fonte: Wikipédia.

Onde

UR é a Umidade Relativa, expressa em %

T é a temperatura ambiente, expressa em °C

T_{po} é a Temperatura de Ponto de Orvalho, expressa em °C

O erro na estimativa da temperatura T é da ordem de $\pm 1^\circ\text{C}$.

Como afirmado anteriormente, o local onde a questão foi estudada mantém a temperatura na casa dos $23 \pm 3^\circ\text{C}$ o ano todo e umidade relativa na casa dos $82 \pm 4\%$.

2.3 – PRINCÍPIOS DE CONDUÇÃO DE CALOR

Um dos problemas associados aos locais alagados, encharcados refere-se especialmente ao problema de expor os funcionários a condições que possam resfriá-los em demasia.

Como citado anteriormente, os locais estudados são dotados de sistemas de ar condicionado e estes propiciam não apenas a renovação de ar por método forçado, como também provém o ar em temperatura controlada e praticamente constante ao longo do ano.

Sabendo destas condições, se faz necessário avaliar como este calor é transmitido no caso de a umidade relativa ser excessiva ao ponto de encharcar as roupas dos funcionários.

De acordo com a lei de Fourier de 1822, o calor transmitido (q_k) por condução ou unidade de tempo em um material é igual ao produto das seguintes quantidades:

k é a condutividade térmica do material;

A , a área da seção através da qual o calor flui por condução, medida perpendicularmente à direção do fluxo;

dT/dx , o gradiente de temperatura na seção, isto é, a razão de variação da temperatura T com a distância, na direção do fluxo de calor x .

A equação que descreve a condução de calor unidirecional é:

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (8)$$

Ou seja, mesmo se houver uma parede plana por onde a transmissão de calor possa ter lugar, em regime permanente ela pode ser expressa pela função abaixo:

$$\frac{q_k}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_{quente}}^{T_{fria}} k dT \quad (9)$$

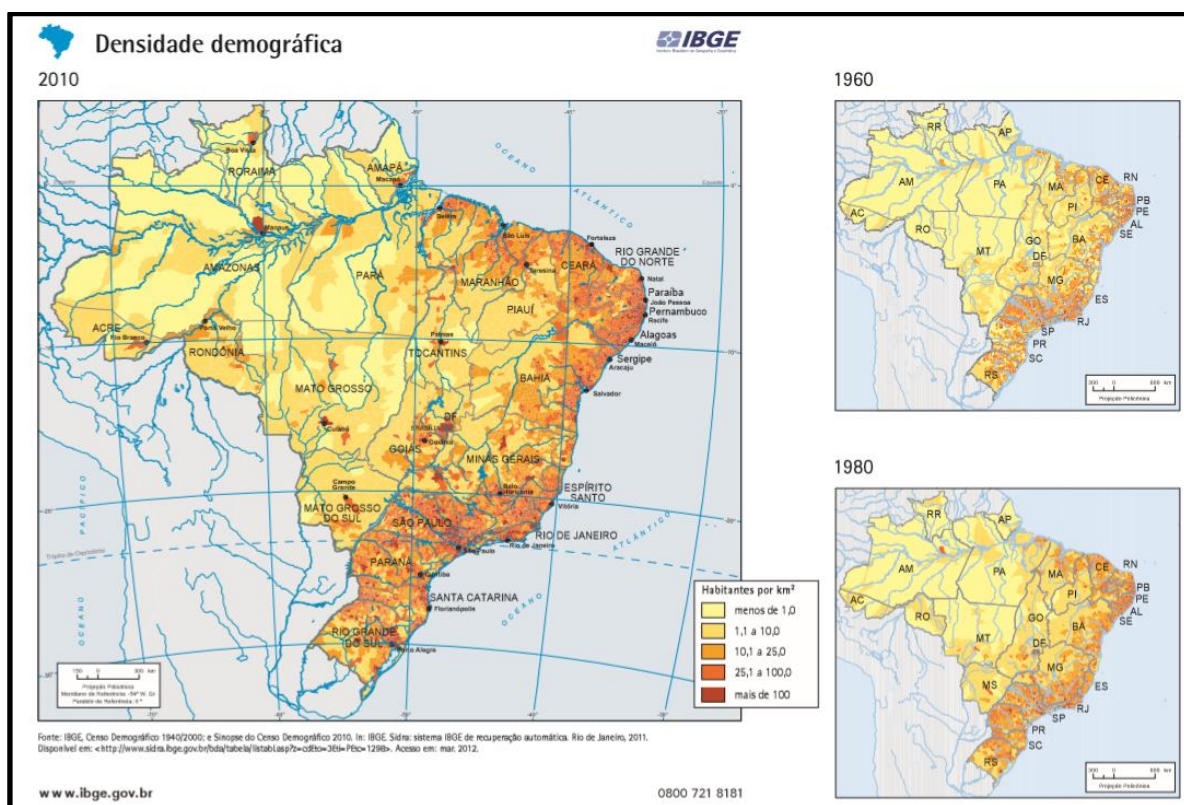
Fonte: Kreith, F, 1977 p. 4-8

Considerando que a parede citada seja as roupas do trabalhador e que os tecidos que compõem a vestimenta apresentam resistência térmica bastante baixa à transmissão do calor quando umedecidas. Em uma ambiente encharcado ou alagado, a evaporação será possível e roubará calor do corpo do trabalhador, resfriando-o.

2.4 – OS RISCOS DA UMIDADE À SAÚDE DO TRABALHADOR

A umidade em si não traz riscos associados diretamente ao ser humano. Haja visto que as maiores concentrações de população no Brasil se dá nas proximidades de costas litorâneas e rios. Nenhum mal é diretamente associado ao fato destas regiões possuírem maior umidade que outras. A figura 10 abaixo demonstra claramente a distribuição de densidade demográfica em 2010 e como ela vem evoluindo desde 1960.

Figura 10 – Distribuição demográfica da população brasileira, ano base 2010.



Fonte: IBGE, 2019.

Nestas áreas próximas ao litoral brasileiro a umidade relativa é mais alta que as áreas mais afastadas, sem que haja prejuízos às populações destes locais por esta exposição.

2.4.1 – RELAÇÃO DE CALOR E UMIDADE

Se a umidade ambiente for excessiva ao ponto de permitir a formação de filme de água diretamente em contato com o funcionário ou com suas vestimentas, pode proporcionar a perda de calor por evaporação. Esta perda de calor pode ser nociva

aos trabalhadores que estiverem com alguma predisposição por baixa resistência imunológica ou então não ambientados

2.4.2 – RELAÇÃO DE UMIDADE E REAGENTES QUÍMICOS DISSOLVIDOS

Outra condição perigosa associada à presença de umidade excessiva no local de trabalho seria que a água que compõe a umidade estivesse contaminada por algum agente químico. A água, neste caso, serviria de veículo ao agente químico e este, em contato com a pele do trabalhador, ainda que em baixíssima concentração, teria um veículo de entrada por absorção da pele.

Estando dissolvidos, os reagentes também poderiam ser carregados pela umidade às vias respiratórias do trabalhador, chegando aos pulmões e, em casos mais extremos, causar uma contaminação química do trabalhador.

A presença destes reagentes químicos no ambiente também viabilizariam o aparecimento de doenças dermatológicas tais como dermatites e dermatoses nos trabalhadores.

2.4.3 – RELAÇÃO DE UMIDADE E AGENTES BIOLÓGICOS

Dentre os fatores de risco associados à umidade seria a viabilização de proliferação de fungos que encontrariam na alta umidade meios para sobreviverem e se desenvolverem.

Tendo-se umidade, taxa de renovação de ar propícia, temperatura adequada, luminosidade e alimento, fungos como *Aspergillus sp*, *Penicillium sp* ou *Alternaria sp* poderiam encontrar o ambiente propício para desenvolvimento.

Por meio de seus esporos, que se alastram no ambiente e em caso de condições propícias podem causar infecções nas vias aéreas e estas serem difundidas nos demais sistemas do organismo.

Existem relatos médicos de aspergiloses, que uma vez infectando pessoas com baixa resistência provocada por medicamentos imunossupressores usados contra rejeição de transplantados, podem levá-las à óbito.

Fonte: FAPESP, 2016

2.4.4 – UMIDADE, DESIDROSE E DOENÇAS DERMATOLÓGICAS

Por último, a desidrose é uma doença dermatológica que geralmente acomete mãos e pés da pessoa afetada. É caracterizada pelo aparecimento de manchas vermelhas

com bordas bem demarcadas e coceira. Após um curto período do aparecimento das manchas e coceira, aparecem pequenas bolhas de água – vesículas. As bolhas de água podem levar cerca de duas a três semanas para secarem por completo, desde que seja aguda e não crônica, isto depende da condição clínica do trabalhador. A coceira pode cessar pouco antes da completa secagem das bolhas. A pele dos locais acometidos pela desidrose então passa a mostrar um aspecto ressecado.

A desidrose pode ter fonte endógena, ou seja, criada pelo próprio organismo do paciente, tendo como início o estresse ou fatores psicológicos não totalmente definidos. Mas também pode ter fonte externa, pelo contato com agentes agressores ou irritantes primários, causadores de dermatites ou reações alérgicas.

A desidrose ocorre, normalmente no verão, porém se o ambiente é úmido e quente, a desidrose pode ocorrer em qualquer estação do ano.

Fonte: Sociedade Brasileira de Dermatologia, 2019

Outra doença dermatológica associada aos locais úmidos é o pé de trincheira ou de imersão. Bastante comum na Primeira Guerra Mundial e reportado na Guerra do Vietnã, o pé de trincheira é causado pela alta umidade dos pés e pela vasoconstrição arterial, causando cianose e esta evolui para ulceração no pé, com possibilidade de evolução para gangrena.

Neste caso os pés ficam inchados, vermelhos, amortecidos e finalmente acontece a morte dos tecidos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – ESTUDO DE CASO

3.1.1 DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

A invenção da fibra de vidro foi um item revolucionário na história dos materiais compósitos.

Segundo Lubin (1982, p.1), compósito é um material combinado criado pela junção de dois ou mais componentes – um agente de carga ou reforço e uma matriz ligante compatível (p.e. uma resina) – para obter características e propriedades específicas (tradução nossa).

Os compósitos são largamente utilizados na sociedade desde a descrição de polímeros de formaldeído feita por Butlerov (Lubin, 1982). Eles são a base de produção de plásticos reforçados por fibra de vidro (PRFV), fibras de carbono em resinas epóxi, fórmica, micarta ou Celeron, fibras naturais de coco com polímeros ou cimentos, para citar apenas alguns exemplos de compósitos dos milhares de possibilidades já desenvolvidos.

Restringindo apenas à fibra de vidro e os compósitos que dependem de sua utilização, as aplicações já ultrapassam mais de 47.000 conhecidas e catalogadas, estendendo-se das triviais caixas d'água, embarcações náuticas, carrocerias rodoviárias, substituto de amianto nas lonas de freio de ônibus e caminhões, substituto de lã de rocha em silenciadores automobilísticos, próteses dentárias e utilização em plásticos de engenharia destacando-se a fabricação de tecidos técnicos para uso na produção de pás eólicas para geração de energia elétrica sustentável, materiais pultrudados que utilizados em perfis específicos são aplicados na construção de plataformas de petróleo entre outras.

A fibra de vidro é utilizada, portanto como reforço mecânico nos compósitos com resinas.

A fibra de vidro teve seu início em 1938, quando duas companhias dos Estados Unidos, a *Owens-Illinois Glass Co.* de Newark, Ohio, se uniu à *Corning Glass Works of Corning* de Nova Iorque e fundaram a *Owens Corning Fiberglas Corporation* (Loewenstein, 1983).

A história da fibra de vidro no Brasil iniciou-se em 1950, na concessão de uma ilha no Guarujá ao engenheiro mecânico Fernando Eduardo Lee que experimentava a produção de pequenos barcos de compósitos. Outros pioneiros da utilização da fibra de vidro foram Angelo Camatta no Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) em São

José dos Campos construindo maquetes, hélices e capacetes e Stanislau Zoborovsky que usava a fibra de vidro combinada com resina para produzir peças e acessórios para seu jipe, de acordo com a obra *Compósitos*[...]p. 13. Estas fibras importadas pela companhia Brasimet eram fornecidas em rolos de filamento contínuo rebobinado, chamado comercialmente de *Roving*, ou em mantas de filamentos picados e aglutinados com resina sólida pulverizada.

As fibras eram misturadas com resinas em processos de laminação manual (*handlay-up*) ou laminação à pistola por aspersão (*spray-up*) e assim foram os precursores destes materiais em nosso solo.

O desenvolvimento da indústria de fibra de vidro continuou basicamente com aplicações em telhas usadas na construção civil, painéis luminosos e foram impulsionadas após a instalação de empresas produtoras de resinas como DuPont™, e Reinhold do Brasil.

Em 1972 foi instalada a primeira empresa produtora de fibra de vidro no Brasil, no interior de São Paulo e produzia fibras de vidro do tipo “A”, que continha óxido de boro (B₂O₃) em sua composição vítrea. Uma produção pequena, mas suficiente para aumentar os negócios no Brasil e desenvolver o mercado de PRFV no Brasil.

Pouco a pouco os negócios da empresa foram crescendo e o único forno do início das operações foi ladeado por outros dois fornos produtivos.

Na década de 1990, uma segunda empresa de fibra de vidro também foi instalada no interior do estado de São Paulo. Esta planta acirrou a concorrência de mercado e ofereceu outras oportunidades aos clientes, além das importações de mercados europeu e asiático, sobretudo chinês.

A unidade estudada, chamada de “Fábrica A” daqui por diante, teve a construção de seu forno na década de 1990. Esta construção levou em consideração a mudança da formulação para um vidro livre de boro, chamado de vidro E-CR.

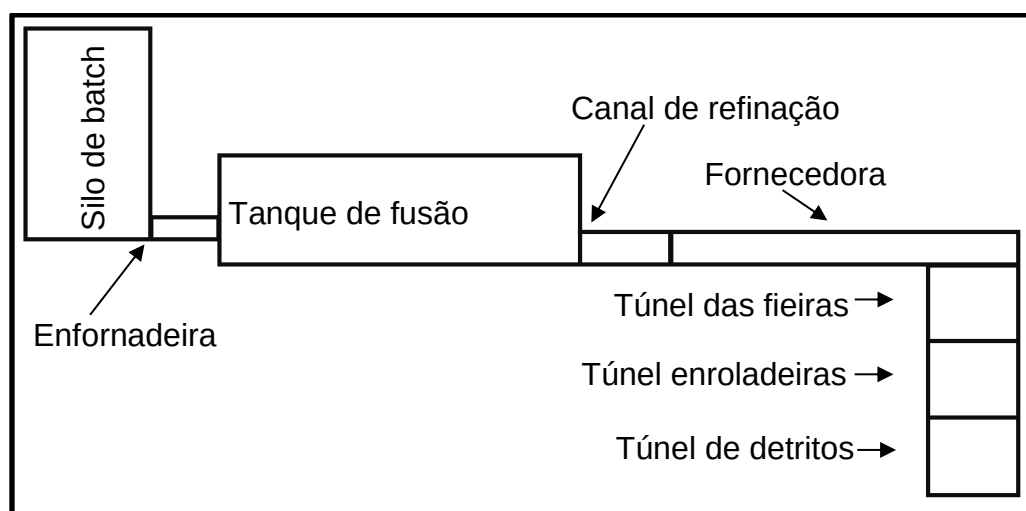
A unidade estudada produz fibra de vidro para aplicações em compósitos. São produzidas as linhas de produtos *Roving* Direto, *Roving* indireto ou de múltiplas pontas, Mantas de fibra de vidro e Fibra de vidro picadas e secas.

3.2 – TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO

Existem várias formas de produção de fibra de vidro, desde as originadas em esferas de vidro pré-fabricadas (*marbles*), pela fusão dos materiais em uma tina refratária que flui por um funil em sua base e é soprado com ar comprimido em alta velocidade, formando filamentos com baixo controle de diâmetro de filamento e responsável pela produção das mantas de fibra de vidro usadas em isolamentos termo acústicos.

A tecnologia que focaremos neste trabalho e usada pela “Fábrica A” consiste na empregada para produção de filamentos contínuos com alta precisão de controle de diâmetro de filamentos e, por conseguinte, sua densidade linear, controlada em gramas por quilômetro de fio (g/km) nomeado de tex. Uma vista lateral geral do forno é mostrada na figura 1 abaixo e será útil para a melhor compreensão do processo.

Figura 11 – VISÃO LATERAL ESQUEMÁTICA DE UM FORNO PRODUTOR DE FIBRA DE VIDRO.



Fonte: Arquivo pessoal.

O processo de fabricação inicia-se na mistura seca das matérias primas inorgânicas que comporão o vidro. As matérias primas são recebidas já pulverizadas com granulometria e composição controladas.

As granulometrias dos materiais pulverizados são estritamente controladas para permitir não apenas a perfeita homogeneização após a mistura, mas também para otimizar o processo de fusão delas nas etapas posteriores.

As matérias primas são então dosadas em sistema de bateladas, por isto recebem a denominação de Batch (batelada). Uma vez dosado e misturado, o Batch é transferido para os silos de estocagem e esta mistura é alimentada continuamente no forno

vidreiro por equipamentos chamados de alimentadoras de composição, ou simplesmente de “Enfornadeiras”.

Como citado anteriormente, por não conter boro, um formador de ponto eutético que reduziria a temperatura de fusão do vidro, a temperatura de fusão do vidro E-CR é mais alta, chegando a temperaturas superiores a 1500°C. Apenas para comparação, um vidro borosilicato possui temperatura de fusão da ordem de 1200°C.

A fusão é obtida por meio da queima de gases combustíveis. Uma vez fundido o vidro possui uma característica de condução de energia elétrica. Por esta razão, o forno vidreiro, assim como em outros casos possui um sistema de bancos de eletrodos que fornecem a energia adicional à massa vítrea fundida, compondo assim a matriz energética necessária para fundir continuamente o vidro.

Interessante notar que neste estágio, apesar da altíssima temperatura, os efeitos de convecção sejam bastante pequenos. A homogeneização, portanto, seria prejudicada. Os eletrodos servem então não apenas como fontes de energia, mas também de obstáculos que fisicamente ajudam a movimentar e homogeneizar térmica e quimicamente a massa fundida.

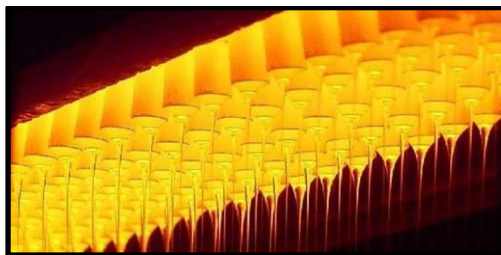
Após o tanque de fusão, o vidro flui pela passagem estreita sifonada chamada de garganta. A garganta funciona como uma comporta de represa invertida, sendo a parte aberta destinada ao fluxo de material a inferior e um bloco de refratário mais próximo da superfície do vidro contém os infundidos, que por serem menos densos que a massa vítrea fundida, ficam sobrenadando na superfície do tanque. A passagem pela garganta também auxilia no processo de homogeneização do vidro fundido.

Após a garganta o vidro é conduzido, como em outros processos contínuos, à zona nomeada de refinação. Nesta zona, a uma temperatura por volta de 1300°C, acontece a eliminação das bolhas de ar. A eliminação das bolhas é primordial no processo de fabricação de fibras de vidro porque elas não possuem homogeneidade de tamanho e poderiam causar desde a quebra dos filamentos de fibra de vidro até a formação de cânulas ocas no interior das fibras e isto reduziria em muito a resistência mecânica dos compósitos que seriam formados com a utilização da fibra.

Existem processos específicos de fabricação que controlam os tamanhos das cânulas formadas, mas neste caso, as fieiras, peças que discutiremos mais à frente, são especialmente projetadas para produzi-las. Não é o caso da unidade produtora estudada.

Após a refinação, o vidro fundido é conduzido por canais de refratários, chamados de fornecedoras, até as posições produtoras. Estas posições são dotadas de fieiras que retêm o vidro, o aquece, acondicionando termicamente para que possa então formar os filamentos de fibra de vidro.

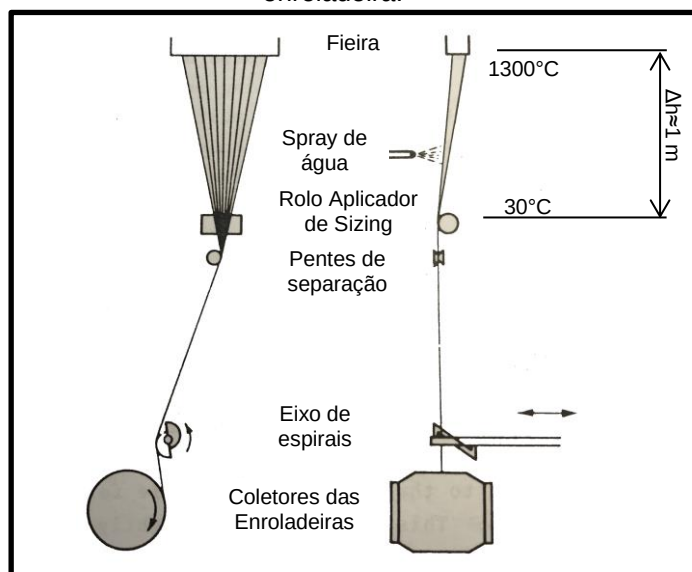
Figura 12 – Fotografia de uma placa de fieira com destaque para os bicos de saída de vidro e a formação dos filamentos de fibra de vidro.



Fonte: Heraeus, 2018

As gotas de vidro incandescente são pressionadas pela coluna de vidro e pela gravidade passando pela fieira e chegando finalmente ao ponto de coleta. Neste ponto, fluxos intensos de ar condicionado em alta velocidade (*High Velocity Air Conditioning* – HVAC) e sprays de água desmineralizada finamente pulverizada resfriam o filamento que estava a cerca de 1300°C até a temperatura ambiente em um intervalo de cerca de 1 metro de distância e em fração de segundos. A figura abaixo 13 mostra o arranjo físico descrito por Loewenstein.

Figura 13 – Desenho esquemático de produção de fibra de vidro, desde a saída na fieira até a enroladeira.



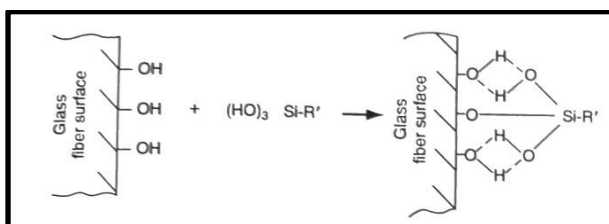
Fonte: Loewenstein, 1983

Com o filamento resfriado, ele então passa por uma aplicação de uma solução aquosa chamada de sizing ou encimagem.

A encimagem é responsável pela transformação de filamentos de vidro em fibra de vidro. Esta solução aquosa possui uma mistura de silanos e outros componentes químicos que permitirão a compatibilidade química do filamento de fibra de vidro com a resina no momento da aplicação no processo de manufatura dos produtos acabados de fibra.

A figura 14 abaixo mostra como se dá a ligação entre as hidroxilas presentes na superfície do vidro e as pontes de $(OH)_3$ dos silanos. Esta reação inicia-se na disponibilização dos silanos na fase de aplicação da encimagem e finaliza na cura, quando os produtos são secos e as reações químicas de ligação finalmente acontecem nas estufas.

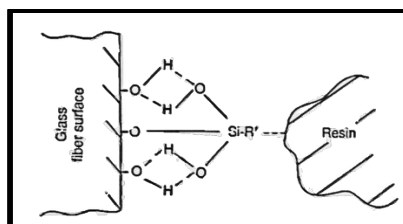
Figura 14 – Ligação química entre vidro e silano



Fonte: Fiber-Reinforced Composites, 2008, p. 91.

Uma vez que estas pontes estão formadas entre Silano e Vidro, quando os produtos são usados nos processos de formação do compósito, os radicais indicados por SI-R' na figura 14 acima se ligam às matrizes poliméricas das resinas empregadas pelos clientes, conforme mostrado na figura 15 abaixo.

Figura 15 – Ligação química entre Silano da encimagem e resina



Fonte: Fiber-Reinforced Composites, 2008, p. 91.

Logo após a aplicação da encimagem, o filamento desce ao andar logo abaixo do prédio, onde ficam localizadas as enroladeiras. As figuras 16 e 17 abaixo mostram os coletores das enroladeiras do canal 4 em duas diferentes fornecedoras. As diferenças entre as proteções de máquinas diferenciam os canais, instalados em diferentes etapas de projetos de atualização de tecnologia.

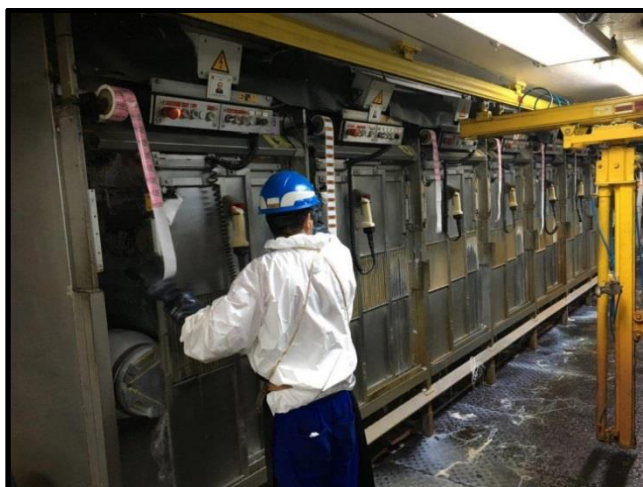
As proteções de máquina do canal 4, fornecedora 1 possuem aberturas gradeadas à uma altura de 60 centímetros acima do solo e abertura completa no contato da proteção com o solo, até altura de 15 centímetros.

Figura 16 – Foto das enroladeiras, canal 4 com proteções parciais de máquinas



Fonte: arquivo pessoal

Figura 17 – Foto das enroladeiras do canal 4 com proteções de máquinas semifechadas

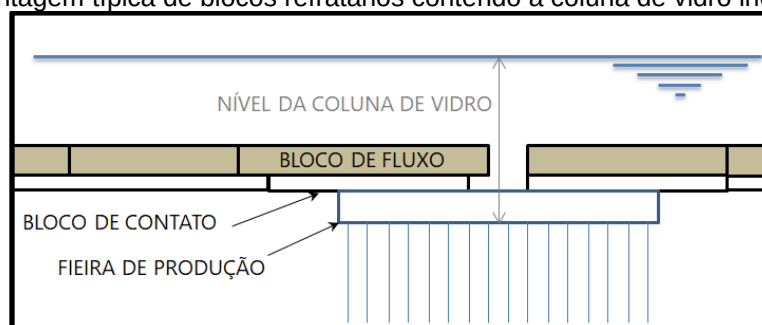


Fonte: Arquivo pessoal

As enroladeiras são equipamentos que ainda estiram o vidro desde a partir da fieira. Este estiramento promove em nível molecular um pequeno grau de ordenação em segmentos de moléculas, mas ainda não caracterizando a formação de retículos cristalinos que classificaria o vidro como sólido. Ele é também, dentre outros fatores, é um dos responsáveis pela resistência mecânica que as fibras de vidro conferem aos materiais compósitos que elas compõem.

O estiramento da fibra é controlado pela velocidade de rotação dos coletores das enroladeiras, conferindo o tex adequado aos produtos fabricados. A figura 18 abaixo mostra como fica disposto o escoamento do vidro dentro da fornecedora e como ele atravessa os blocos cerâmicos refratários e chega a ser exposto logo após a fieira.

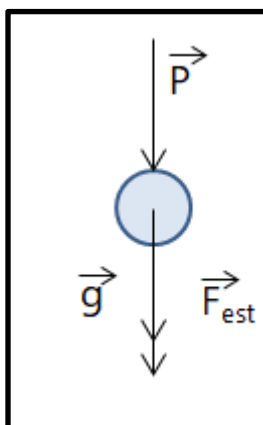
Figura 18 – Montagem típica de blocos refratários contendo a coluna de vidro incandescente.



Fonte: arquivo pessoal

A figura 19 abaixo mostra esquematicamente como as diversas forças atuam sobre uma partícula de vidro logo na saída de um bico na placa da fieira de produção, chamado de teton, tetão ou bico.

Figura 19 – ARRANJO DE FORÇAS ATUANTES NO VIDRO



Fonte: arquivo pessoal

As enroladeiras são equipamentos que enrolam a fibra de vidro sobre tubos de papelão por meio da rotação de partes girantes chamadas de coletores. A velocidade de rotação dos coletores varia de acordo com o tex do produto sendo fabricado. Complexos cálculos de cálculo da velocidade linear destes coletores devem fazer a compensação do aumento do diâmetro causado pela deposição da fibra de vidro.

Os coletores das enroladeiras então podem ter velocidades de rotação da ordem de 700 até mais de 2400 rpm. A velocidade é inversamente proporcional ao tex almejado, portanto quanto maior a velocidade de rotação, menor o tex do produto fabricado.

É preciso lembrar que os fatores de viscosidade do vidro, composição deste vidro, temperatura do vidro acima da fieira, coluna de vidro acima da fieira, temperatura da fieira e outros fatores externos como ajustes de sistemas de refrigeração e o próprio projeto e execução da fieira podem ter influência primordial sobre o tex final do produto.

Voltando ao tema do arranjo físico do prédio produtivo, mostrado esquematicamente na figura 11, temos abaixo do nível das enroladeiras o chamado túnel de detritos. O túnel de detritos é o local onde os filamentos não fiados, perdas de produtividade, umidade excessiva, lavagens e outros resíduos são destinados. Containeres metálicos perfurados sob as posições produtoras recebem os detritos sólidos e estes são removidos periodicamente. Os resíduos líquidos são também coletados e enviados ao sistema de tratamento de efluentes por meio de um sistema de bombas centrífugas.

É neste nível que estão instalados os exaustores e lavadores de gases de alta vazão chamados de Scrubbers.

Os scrubbers são responsáveis pela criação da pressão negativa dentro dos túneis de fieiras e de enroladeiras. Esta pressão negativa nos demais túneis é de importância primordial para a manutenção das condições de processos e de exaustão de névoas criadas pelos sprays de água desmineralizada aspergidos sobre os filamentos, como citado anteriormente.

Os dois níveis citados anteriormente, Túneis de Enroladeiras e de Detritos são especialmente pintados com tinta epóxi branca com tratamento antifúngico desenvolvida especialmente para aplicação em locais úmidos e com umidade. Esta pintura é mantida após aplicação de sanitizante industrial à base de cloro, secagem superficial e aplicação simples com pincéis. Por ter um acabamento brilhante, baixíssima porosidade e componentes que inibem ou evitam a proliferação de microorganismos fúngicos, não existe a presença de bolores ou mofos nos locais. Avaliações periódicas do sistema de HVAC atestam a limpeza e ausência de fungos patogênicos no sistema e as avaliações de PCMSO e ambulatoriais confirmam a eficácia de todo o tratamento e cuidado com estes quesitos ambientais.

Retornando à temática da umidade e da importância da água no processo, ela tem papel fundamental na transformação de uma massa incandescente em fibra de vidro, atuando tanto na refrigeração do filamento, como veículo de aplicação da encimagem no filamento, transformando-o em fibra de vidro.

Perdas inerentes do processo atual também contribuem para aumento da umidade no nível das enroladeiras. Derrames e vazamentos de encimagem no túnel das fieiras, o efeito da velocidade de rotação dos coletores das enroladeiras que causam a eliminação de excessos de encimagem por projeção desta nas paredes e adjacências das instalações dos coletores de enroladeiras. Estas projeções e sujidades atualmente inerentes do processo oferecem riscos aos trabalhadores, uma vez que as encimagens podem se tornar escorregadias e oferecer risco de queda. Por estas razões o piso no nível das enroladeiras é constantemente lavado com água de processo. Este fato pode ser visto nas figuras 20 e 22, abaixo.

Figura 20– Canal de produção 2 – detalhe para chão úmido pela lavagem constante do piso.



Fonte: arquivo pessoal

Uma vez que a fibra de vidro está enrolada sobre um tubete de papelão, ela segue por meio de transportes específicos para os processos onde a água será eliminada e algumas reações químicas acontecerão.

A estas reações dá-se o nome de cura e são as responsáveis pelas ligações entre os silanos e o vidro da fibra. (fonte: Fiber-Reinforced Composites, 2008, p. 91).

O próprio formato do enrolamento também determina a utilização final, sendo possível produzir o chamado *Roving Direto* (ou T-30), *Roving* com Múltiplas Pontas (ou apenas *Roving*), manta de fibra picada ou então a fibra picada.

No contexto do histórico da empresa, precisa-se denotar que após uma avaliação pericial promovido pelo sindicato da categoria, a empresa iniciou os pagamentos de 20% sobre um salário mínimo por expor seus funcionários a insalubridade por umidade em grau médio. Nas palavras do perito selecionado, o texto é transcrito a seguir:

De fato, a RECDA fornece equipamentos de proteção para mãos, mas a exposição à umidade ocorre em todo o braço e antebraços dos Substituídos, razão pela qual não é possível reconhecer a neutralização da insalubridade – umidade, no caso em tela – setor Forming.

Desse modo, apesar de receber luvas, os trabalhadores não tinham à sua disposição roupas impermeáveis.

Na vistoria judicial ficou constatado que no processo de produção de fibra de vidro o operador molhava os braços, de maneira a caracterizar contato direto com o agente.

A RECDA deveria, tendo em vista sua obrigação legal, ter fornecido uniforme impermeável para que fosse possível a neutralização do agente insalutífero umidade.

Desse modo, conclui-se que os Substituídos do Setor Forming estão expostos a umidade, pois não são fornecidos EPIs adequados a neutralização do agente químico deletério. Informa ainda que na época das vistorias “in loco” laboravam cerca de 97 empregados no setor Forming. (MARTINEZ, C., 2014, p. 120-121.)

Referente à decisão judicial e observação por parte do perito, foi destacado que mesmo disponibilizando EPIs necessários aos funcionários, com CAs aprovados para mitigar ou neutralizar o agente nocivo umidade, a exposição de parte do corpo dos funcionários foi, neste caso, suficiente para caracterizar a insalubridade por umidade. Note-se também que não houve qualquer menção a agentes diversos, como químicos, biológicos ou de qualquer outra natureza que pudessem contaminar a água ou umidade para embasar a decisão.

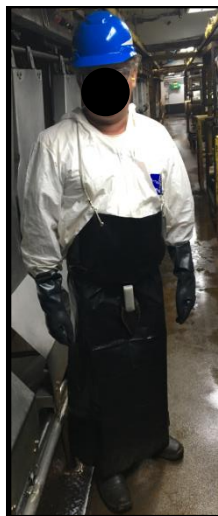
Abaixo estão relacionados os EPIs distribuídos aos trabalhadores. Como pode ser visto luvas, casacos e jaquetas impermeáveis são distribuídos aos trabalhadores na área estudada.

Figura 21 – Relação de Equipamentos de Proteção Individual disponibilizados aos funcionários

FABRICANTE	EQUIPAMENTO	CA	UTILIZAÇÃO
MARLUVAS CALÇADOS DE SEGURANÇA LTDA	CALÇADO TIPO BOTINA	25.812	PROTEÇÃO DOS PÉS DO USUÁRIO CONTRA IMPACTOS DE QUEDAS DE OBJETOS SOBRE OS ARTELHOS, CONTRA AGENTES CORTANTES E PERFURANTES E CONTRA UMIDADE PROVENIENTE DE OPERAÇÕES COM O USO DE ÁGUA.
BSB PRODUTORA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL S.A.	CALÇADO TIPO BOTA	26.541	PROTEÇÃO DOS PÉS DO USUÁRIO CONTRA IMPACTOS DE QUEDAS DE OBJETOS SOBRE OS ARTELHOS, AGENTES CORTANTES E PERFURANTES E UMIDADE PROVENIENTE DE OPERAÇÕES COM O USO DE ÁGUA
MAVARO INDUSTRIA E COMERCIO DE PRODUTOS QUIMICOS LTDA	CREME PROTETOR DE SEGURANÇA	10.931	PROTEÇÃO DOS MEMBROS SUPERIORES CONTRA AGENTES QUÍMICOS (ÁGUA, TOLUENO, XILENO, N-HEXANO, CLORETO DE METILENO, PERCLOROETILENO, TRICLOROETILENO, METILETILCETONA, ACETONA, BENZINA, THINNER, ÁGUA-RAZ, GASOLINA, ÓLEO MINERAL, ÓLEO DIESEL, QUEROSENE, NUJOL, ÁCIDO FOSFÓRICO A 15%, ÁCIDO CLORÍDRICO A 15%, ÁCIDO SULFÚRICO A 15%, ÁCIDO ACÉTICO A 10%, HIDRÓXIDO DE SÓDIO A 10%, ÁCIDO NÍTRICO A 10% E EPICLORIDRINA)
ANSELL BRAZIL LTDA.	VESTIMENTA TIPO AVENTAL	12.721	PROTEÇÃO DA PARTE FRONTAL DO USUÁRIO CONTRA RESPIGOS DE ÁGUA.
ANSELL BRAZIL LTDA.	LUVA PARA PROTEÇÃO CONTRA AGENTES MECÂNICOS E QUÍMICOS	12.872	PROTEÇÃO DAS MÃOS DO USUÁRIO CONTRA AGENTES ABRASIVOS, ESCORIANTE, CORTANTES E PERFURANTES E CONTRA AGENTES QUÍMICOS TAIS COMO CLASSE A - TIPO 2: AGRESSIVOS BÁSICOS; CLASSE B - DETERGENTES, SABÕES, AMONÍACO E SIMILARES E CLASSE C - TIPO 3: ÁLCOOIS, TIPO 5: CETONAS E TIPO 6: ÁCIDOS ORGÂNICOS.
PROMAT INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	LUVA PARA PROTEÇÃO CONTRA AGENTES MECÂNICOS E QUÍMICOS	6657	PROTEÇÃO DAS MÃOS DO USUÁRIO CONTRA AGENTES ABRASIVOS, ESCORIANTE, CORTANTES E PERFURANTES E CONTRA RISCOS QUÍMICOS TAIS COMO CLASSE A - TIPO 1: AGRESSIVOS ÁCIDOS, TIPO 2: AGRESSIVOS BÁSICOS, CLASSE B - DETERGENTES, SABÕES, AMONÍACO E SIMILARES; CLASSE C - TIPO 3: ÁLCOOIS, TIPO 4: ÉTERES; TIPO 5: CETONAS e TIPO 6: ÁCIDOS ORGÂNICOS
ANSELL BRAZIL LTDA	LUVA PARA PROTEÇÃO CONTRA AGENTES QUÍMICOS	12.372	PROTEÇÃO DAS MÃOS DO USUÁRIO CONTRA AGENTES QUÍMICOS TAIS COMO DETERGENTES, SABÕES, AMONÍACO E SIMILARES.
VOLK DO BRASIL LTDA	LUVA PARA PROTEÇÃO CONTRA AGENTES QUÍMICOS	16.977	PROTEÇÃO DAS MÃOS DO USUÁRIO CONTRA AGENTES QUÍMICOS TAIS COMO OS DE CLASSE A - TIPO 2: AGRESSIVOS BÁSICOS; E OS DE CLASSE C - TIPO 1: HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS, TIPO 3: ÁLCOOIS e TIPO 6: ÁCIDOS ORGÂNICOS.
PROMAT INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	LUVA PARA PROTEÇÃO CONTRA AGENTES QUÍMICOS	9633	PROTEÇÃO DAS MÃOS DO USUÁRIO CONTRA AGENTES QUÍMICOS TAIS COMO CLASSE B - DETERGENTES, SABÕES, AMONÍACO E SIMILARES E CLASSE C-TIPO 1: HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS, TIPO 2: HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS, TIPO 3: ÁLCOOIS, TIPO 4: ÉTERES, TIPO 6: ÁCIDOS ORGÂNICOS.

Fonte: arquivo pessoal

Figura 22 – Foto de funcionário paramentado com os equipamentos de proteção individual listados, adicionada da jaqueta de Tyvek®.

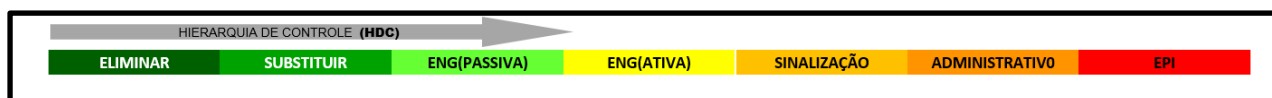


Fonte: Arquivo Pessoal

Em uma avaliação e sugestão de controle foi proposto o uso de EPIs. Neste momento o perito evocou a Norma Regulamentadora número 6. É exatamente neste ponto que existe uma predisposição a solução que cobriria os locais do corpo do funcionário expostos.

Diferente do que se é preconizado nas disciplinas de Engenharia de Segurança e Saúde, foi proposto em primeira abordagem logo o último grau de proteção, o oferecimento de equipamento de proteção individual em lugar de outras medidas.

Figura 23 – Estrutura da Hierarquia de Controle de Riscos adaptada da NR 09.



Fonte: Brasil 1978

Na figura 23 acima deixa-se claro que os controles mais efetivos devem partir sempre da Eliminação da Condição Perigosa.

Em segunda instância dever-se-ia ter a Substituição como segundo grau de maior efetividade para resguardar a segurança e saúde do trabalhador.

Nos casos onde a eliminação ou substituição não são possíveis, inicia-se a incorporação das medidas com aplicação de dispositivos de engenharia, sendo os mais efetivos os de aplicação Passiva, ou seja, que independem da ação ou arbítrio do trabalhador em usá-lo ou não. Numa instância abaixo na hierarquia, encontram-se

os dispositivos de engenharia ativa. Estes são muito efetivos, mas dependem da vontade do trabalhador em usá-los e não se expor à condição perigosa.

Logo abaixo na hierarquia de controle iniciam-se as medidas Sinalização, são os sinais de alerta, placas, avisos e tudo que se pode ser usado para conscientizar os funcionários sobre uma condição perigosa.

Em penúltima instância nesta hierarquia de controle de riscos podemos encontrar as medidas administrativas. Aqui são enquadrados os treinamentos, procedimentos, estudos e melhorias em processo que dependem fortemente dos trabalhadores. Possíveis avaliações ou auditorias de aderência aos procedimentos enquadram-se nesta hierarquia

Por último, portanto com menor grau de efetividade na hierarquia de controle de riscos e que normalmente se tem como um dos primeiros itens a serem avaliados dada sua velocidade de disponibilização e até por adequar o trabalhador às condições de processo que oferecem as condições perigosas, tem-se os equipamentos de proteção individual. No entanto deve-se ter sempre em mente que os EPIs podem, muitas vezes não evitar uma exposição ou lesão, mas reduzir o grau de um dano à saúde do trabalhador ou minimizar uma lesão

3.3- POPULAÇÃO ESTUDADA

A população estudada foi dos funcionários Operadores de Enroladeiras, com cerca de 80 funcionários. Restringimos a experiência mínima na função de 3 anos, reduzindo a população a ser estudada a cerca de 50 funcionários, distribuídos nos 3 turnos da empresa que processa fibra de vidro contínua e constantemente. Os funcionários selecionados são ambientados tanto às condições de trabalho quanto às tarefas executadas.

A seleção de funcionários mais novos na função poderia mascarar possíveis resultados uma vez que eles não teriam ainda as condições de memória muscular requerida para executar as atividades exigidas na função e poderiam também influenciar nas seleções que se desejam fazer neste estudo.

Os funcionários distribuíram-se nos 3 canais estudados, de forma que os resultados pudessem expressar uma amostragem ampla da população de funcionários nas diversas posições.

As temperaturas ambientes nos canais de teste ficaram sempre dentro da faixa de $23\pm 3^{\circ}\text{C}$ no local das coletas e a temperatura ambiente externa variou de 22°C a 32°C .

3.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

3.4.1 MEDIÇÃO DE SOBRECARGA TÉRMICA

As medições foram feitas utilizando o índice de sobrecarga térmica – Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG, utilizando Medidor de Estresse Térmico da marca Instrutherm Mod. TGD300. Os valores encontrados foram comparados aos Limites de Tolerância da NR15 da Portaria 3214/78 do MTE em seu Anexo 3 e NHO 06 da FUNDACENTRO.

O medidor de Estresse Térmico foi colocado na área de medição, túnel das enroladeiras, em altura compatível com a altura média do tronco dos trabalhadores, a cerca de 1,40 metro de altura do solo em sua porção mais alta. Ele ficou exposto por cerca de 15 minutos em cada posição de medição e as medições normalizadas foram utilizadas para este estudo.

Figura 24 – Medidor de Estresse térmico postado na entrada do canal 2, local de exposição à umidade.



FONTE: PPRA do Túnel de Enroladeiras da Empresa estudada 2017.

As medições aconteceram em 18/12/2018 por volta das 10 horas da manhã. Estas medições se estenderam por 4 dias de avaliações. Como o sistema de HVAC possui alta eficiência, requisito necessário para a processabilidade da fibra de vidro, as medições tiveram variações pequenas (desvio padrão menor que $0,5^{\circ}\text{C}$), sendo consideradas desprezíveis neste estudo. As medições de estresse térmico TGD 300, como é visto na figura 25 abaixo ficaram na casa de $23,6^{\circ}\text{C}$

Figura25 – Mostrador do medidor de estresse térmico.



FONTE: PPRA de 2017 do Túnel de Enroladeiras da Empresa.

3.4.2 MEDIÇÃO DE UMIDADE RELATIVA E TEMPERATURA AMBIENTE

Medidor-Transmissor de Umidade e Temperatura *Dwyer Instruments* com filtro sinterizado, modelo Série RH, com faixa de leitura de 0 a 100% de umidade, acuracidade de leitura de $\pm 2\%$ 10 – 90% para umidade relativa e $\pm 0,3^\circ\text{C}$ a 25°C .

Fonte: DWYER, 2013

Figura26 – Medidor de Umidade Relativa e Temperatura - Dwyer série RH



Fonte: arquivo pessoal

A umidade é medida continuamente, 24 horas por dia, 7 dias por semana. Este sistema de medição atua no sistema de MUAS, que são partes do sistema de HVAC para manter a umidade e temperatura controladas do ambiente.

3.5 VESTIMENTAS E EPIS TESTADOS

Foram testados os seguintes EPIs, todos da DuPont™, nesta ordem:

Macacão com Capuz de Tychem®, CA 34.577 com costura termosselada

Avental tipo barbeiro em Tychem® QC. CA 34.150 Alças para ajuste na cintura de 105 cm. Costura simples.

Macacão de Tyvek® Plus, CA 34.632

Figura 27 – Macacão com capuz de Tychem® da DuPont™.



Fonte: DuPont™, 2019

Figura 28 – Avental tipo barbeiro em Tychem® QC.



Fonte: DuPont™, 2019

Figura 29 – Trabalhador usando o macacão de Tyvek® Plus da DuPont™ em conjunto com avental frontal longo de trevira.



Fonte: arquivo pessoal

Na análise de estresse térmico, seguiu-se a metodologia preconizada na NHO 06 da FUNDACENTRO. Efetuou-se uma análise detalhada da possível sobrecarga térmica de todas as funções executadas nos locais que são alvo deste estudo, sendo os principais os túneis de enroladeiras dos canais 2, 3 e 4, função de Operador de Enroladeira.

As etapas seguintes foram de avaliação de conforto e operação dos funcionários usando os EPIs resistentes a água selecionados.

Os funcionários foram avaliados por 60 minutos ininterruptos de uso das vestes em cada uma das modalidades, em todos os turnos. Foram selecionados 3 funcionários por turno, totalizando 9 funcionários.

Os funcionários selecionados foram considerados aptos para o trabalho durante toda a duração do experimento. Estes funcionários são considerados funcionários de alta confiança pelas lideranças diretas e que possuem voz de liderança dentre os demais funcionários, de forma que eram capazes de expressarem pontos positivos ou negativos dos EPIs testados nas condições normais de trabalho.

Cada veste e cada resultado foi acompanhado de um questionário de avaliação de bem-estar e comparativo com o uniforme normalmente usados.

O uniforme de trabalho dos funcionários é composto de:

- Calça de brim em algodão reforçado,
- Camiseta de manga curta em algodão,
- Avental de trevira,
- Capacete de segurança,
- Óculos de segurança,
- Sapato de segurança em couro com biqueira de compósito e palmilha antiperfurante,
- Luva de nitrílica e
- Luva de Neoprene com cano médio.

Conhecendo os resultados de avaliação de Estresse Térmico da função, avaliados nos PPRAs de anos anteriores, foi se cogitada uma avaliação de testes de equipamentos de proteção individual cujos certificados de aprovação (CA) fossem indicados para agentes químicos. Testaram-se, portanto, primeiramente, as vestes de Tychem®.

Uma vez testadas estas vestes, testaram-se as vestes de Tyvek® nas variantes de Tyvek® e Tyvek Plus®, nesta ordem.

As medições de umidade relativa do ar e temperatura nos canais são contínuas e ininterruptas.

Durante as execuções dos testes foi monitorado o desempenho geral e individual das posições, de forma que anormalidades como excesso de trabalho para retirada de rocas e tortas pequenas fosse evitado. Isto poderia causar um excesso de tarefas que adicionariam uma variável extra nos cálculos e poderia inviabilizar as comparações.

3.6 CONDIÇÕES DE PROCESSO

Precisa-se destacar que as condições de processo nos dias avaliados foram com performance considerada normal, ou seja, uma quantidade de quebras de posições baixa, cerca de 1 quebra a cada 30 minutos ou com tempo entre quebras maior.

Esta condição inicial para a avaliação é importante porque caso a eficiência de produção fosse baixa, com mais de uma quebra a cada 30 minutos, por exemplo, uma maior quantidade de rocas pequenas de fibra de vidro seria produzida e isto acarretaria numa maior movimentação dos trabalhadores, alterando, portanto, os

cálculos de estresse térmico e sujeitando os trabalhadores a condições longe das usuais.

Caso os equipamentos avaliados fossem avaliados e aprovados, um teste de estresse com utilização dos EPIs deveria ser realizado e sua eficácia ser comprovada.

A aprovação dos EPI sem este teste de “choque” representaria uma falha que sujeitaria os trabalhadores a condições propícias à fadiga antecipada por estresse térmico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

O primeiro passo do estudo foi avaliar o cenário atual. Para tanto foram realizadas as medições nos locais ocupados pelos funcionários e a distribuição de tempo nestes locais. Com isto foi possível calcular a sobrecarga térmica a que os funcionários estavam expostos. Neste momento nenhum equipamento foi adicionado. Estes cálculos são mostrados na figura abaixo:

Figura 30 – Cálculo de estresse térmico inicial

Localização	Tempo de Exposição	Tipo de Atividade	Taxa Metabólica	IBUTG
Unidade	min		kcal/	°C
Túnel das enroladeiras	42	Moderada	220	24,2
Local de descanso	18	Leve	150	21,2
TOTAL	60			
$M \text{ (média ponderada)} = ((M1 \times T1) + (M2 \times T2)) / 60$				199 kcal/h
IBUTG máximo permitido (Limite de Tolerância)				30°C
$IBUTG \text{ (média ponderada)} = ((IBUTG1 \times T1) + (IBUTG2 \times T2)) / 60$				23,3°C

Fonte: Arquivo Pessoal

O resultado obtido classifica o trabalho como aceitável dentro dos parâmetros estudados. O quadro 1 da NHO 06 da FUNDACENTRO mostra que o limite de tolerância neste caso não foi excedido.

O tipo de atividade foi considerado moderado por causa do fluxo de trabalho normal com poucas quebras de posições. Neste regime acontece o aumento de tempo entre intervenções dos trabalhadores nas posições. As rocas também são movimentadas por dispositivos ergonômicos, de forma que o funcionário opere o dispositivo ergonômico e este faça a movimentação das cargas do produto entre a posição de produção e os carrinhos de transporte.

Outra consideração importante é que os funcionários saiam de suas estações de trabalho para sentar-se, beber água e descansar, contabilizando o tempo médio de 18 minutos na jornada de 60 minutos, em média.

De acordo com o parecer do perito, a empresa deveria disponibilizar equipamentos de proteção individual que neutralizassem o agente umidade. Tendo isto por verdade, foi testado o macacão de Tychem®QC da DuPont™, como visto na figura abaixo:

Figura 31 – Teste da Capa Tychem® QC da DuPont™



Fonte: arquivo pessoal

Pelo quadro 2 da FUNDACENTRO, mostrado na figura 5, este tipo de vestimenta, utilizado sobre o uniforme normal de trabalho deve adicionar de 10 a 12°C. Considerando-se que o macacão completo seja adicionado 12°C ao IBUTG calculado, ter-se-ia o valor de:

$$\overline{IBUTG} + \text{Sobrecarga da vestimenta} = IBUTG_{\text{resultante}} \quad (10)$$

Desta forma o IBUTG resultante é de:

$$23,3 + 12 = 35,3^{\circ}\text{C}$$

O capuz não foi utilizado em nenhuma das tentativas, portanto a adição do 1°C citado no rodapé do quadro 2 não foi acrescido ao cálculo de estresse térmico.

Este resultado mostra uma exposição acima do limite de tolerância para o trabalho contínuo. Além disto, fica acima dos 32,2°C e isto impede que o trabalho fosse executado sem adoção de medidas adequadas de controle.

Uma hipótese de medida de controle seria refrigerar ainda mais o local de trabalho, no entanto, esta medida seria extremamente cara. Equipamentos de refrigeração industrial e que atendam as especificações de processo da fabricação de fibra de vidro custariam algo na ordem de 2 milhões de dólares (US\$ 2.000.000,00) para aquisição e instalação, segundo estimativa fornecida pela equipe de engenharia da unidade. Os custos de manutenção e de operação teriam ordem de cerca de R\$ 60.000,00 ao ano. Devem-se considerar os custos de aquisição, reposição e devido descarte dos EPIs, em valores em torno de R\$ 45.000,00 ao ano.

Esta solução ainda traria outro agravante, a exposição dos funcionários a um ambiente mais frio, uma vez que a temperatura estimada de operação neste ambiente giraria na ordem de 16,5°C para que o IBUTG de 30°C fosse respeitado.

Esta solução foi testada nos funcionários citados. O resultado foi praticamente o mesmo em todos os turnos testados. Com cerca de 1 hora de testes, a sudorese apresentada pelos funcionários foi excessiva. Isto nos levou a constatar que a fadiga por estresse térmico inviabilizaria o uso do EPI.

Os mesmos funcionários foram acompanhados em dias diferentes antes e após o teste e em nenhum dia eles apresentaram sintomas iguais aos verificados durante o teste.

Figura 32 – Fotografia frontal do funcionário após retirar a jaqueta em Tychem®QC da DuPont™, utilizando o avental de trevira sobre a jaqueta.



Fonte: arquivo pessoal

Os testes com o avental em Tychem® tipo barbeiro tiveram resultado semelhante, com aumento da temperatura e aumento da sudorese dos funcionários.

Considerando-se que o avental tipo barbeiro, segundo o quadro deveria acrescentar 4°C ao IBUTG calculado, ter-se-ia o valor de:

$$\overline{IBUTG} + \text{Sobrecarga da vestimenta} = IBUTG_{\text{resultante}} \quad (11)$$

Desta forma o IBUTG resultante é de:

$$23,3 + 4 = 27,3^{\circ}\text{C}$$

Embora o estresse térmico neste caso fosse aceitável por norma, já seria suficiente para instituir descansos programados de 15 minutos a cada jornada de 45 minutos,

segundo quadro 1 mostrado na figura 7. Em situação de alta demanda de trabalho, este novo procedimento demandaria a contratação de ao menos mais 4 funcionários por turno, ou seja, um aumento de efetivo de 12 funcionários, dada a rotatividade de funcionários, folguistas e demais condições avaliadas.

Uma situação extra mostrou um problema de uso deste EPI, ele se enroscava com facilidade nos suportes inferiores dos carrinhos de transporte de tortas e bobinas. Além dos riscos de queda por puxão, poderia desencadear problemas de qualidade nas rocas expostas nos suportes e rasgos no EPI. Dois dos nove funcionários que testaram o EPI relataram esta condição que o ambiente proporcionou.

Outra tentativa foi a utilização de outro modelo de EPI. Desta vez foi testado o macacão de Tyvek® Plus da DuPont™. Com costuras termosseladas, este EPI deveria trazer maior conforto ao operador.

Os testes também foram desenvolvidos com os 9 operadores e todos apresentaram problemas de adaptação ao EPI.

Figura 33 – Foto do funcionário no início do teste com macacão Tyvek® Plus da DuPont™.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 34 – Utilização do macacão Tyvek® Plus da DuPont™.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 35 – Retirada do macacão Tyvek® Plus após 60 minutos de testes.



Fonte: arquivo pessoal.

Neste caso, os funcionários resistiram mais tempo, cerca de 3 horas de uso antes de demonstrarem também queixas de sudorese excessiva. Mas o desconforto e problemas como dificuldade em vestir o EPI e removê-lo foram bastante criticados pelos usuários.

Considerando-se que o macacão de corpo inteiro impermeável à umidade, sobreposto ao uniforme deveria acrescentar 12°C ao IBUTG calculado, ter-se-ia o valor de:

$$\overline{IBUTG} + \text{Sobrecarga da vestimenta} = IBUTG_{\text{resultante}} \quad (12)$$

Desta forma o IBUTG resultante é de:

$$23,3 + 12 = 35,3^{\circ}\text{C}$$

Novamente o valor calculado excede os valores e caímos na mesma barreira vista nas jaquetas de material impermeável já discutidos neste estudo. Porém a que se ressaltar que a parte traseira do EPI é composta de TNT, portanto o valor a ser acrescido ao IBUTG poderia ser reavaliado, tendo em vista que os funcionários conseguiram resistir mais ao seu uso. Com este parâmetro, consideramos utilizar um acréscimo de IBUTG pela vestimenta de 4°C. desta forma o IBUTG resultante seria de:

$$\overline{IBUTG} + \text{Sobrecarga da vestimenta} = IBUTG_{\text{resultante}} \quad (13)$$

Desta forma o IBUTG resultante é de:

$$23,3+4 = 27,3^{\circ}\text{C}$$

Os cálculos de manutenção deste equipamento de proteção individual também foram desfavoráveis. Embora a peça unitária seja mais barata que a jaqueta de Tychem®, a sua reposição seria mais frequente, dado que o material é muito mais frágil e por cobrir desde o pescoço até os tornozelos, qualquer rasgo ou dano seria bastante para exigir sua substituição. Nestas condições os custos de manutenção deste EPI foram estimados na ordem de R\$ 80.000,00 ao ano. As demais condições de investimento em um sistema adicional de ar condicionado, sua manutenção e demais condições seriam mantidas. Considerando o último cálculo de IBUTG, a temperatura do túnel seria reduzida para 19,5°C para manutenção do conforto térmico em níveis que eliminariam as pausas comentadas. Ainda assim, inviável e extremamente custoso. Os funcionários mostraram em todos os turnos sudorese excessiva, queixas de dificuldade em vestir e retirar os EPIs e por último, problemas com a fragilidade do material testado.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido às condições de processo e da tecnologia instalada na localidade avaliada, as tentativas de mitigação ou redução da exposição dos funcionários ao agente umidade pela adoção de diversos tipos de equipamentos de proteção individual foram infrutíferas. Mesmo a utilização dos EPIs como forma de contenção, ou seja, até que uma solução corretiva definitiva fosse instalada foi descartada.

A sobrecarga térmica a que os funcionários seriam submetidos inviabilizariam o sistema atual de condicionamento de ar. As temperaturas necessárias no túnel das enroladeiras seriam demasiadamente baixas e o custo de operação e manutenção da disponibilização dos equipamentos de proteção individual, com acréscimo da reavaliação do sistema de ar condicionado seriam demasiadamente caros.

Outro ponto importante a ser considerado é que a produção de vidro e fibra de vidro é uma condição à parte. Trabalhando com temperaturas muito altas, por vezes em quebras de posição os filamentos precisam ser restabelecidos. Neste momento, gotas de vidro incandescente podem ser geradas e estas gotas descem o caminho já descrito do túnel das fieiras para o túnel de detritos. O túnel das enroladeiras, por conseguinte, o local onde os trabalhadores alvo deste trabalho se localizam, podem estar na trajetória deste material quente. Uma vez que os tecidos e não tecidos usados nos EPIs que serviriam de barreira para a umidade são, invariavelmente, produzidos com material orgânico polimérico poderiam criar uma outra condição perigosa. Se atingidos por material quente, estas barreiras para a umidade, poderiam se tornar um local de aderência da gota incandescente e esta causar queimaduras nos braços e antebraços dos operadores. Ou então, agravar uma possível lesão no caso de contato involuntário com partes quentes. Esta, por si só motivo bastante para impedir o uso destes equipamentos para barrar a umidade.

Nas avaliações ficou constatado que não existem históricos de afastamentos de funcionários por contaminação com reagentes químicos. Inexiste histórico de alergias ou de qualquer outra doença dermatológica que pudesse levar à conclusão de que os reagentes químicos presentes na encimagem poderiam causar qualquer dano à saúde dos trabalhadores. Portanto, a concentração de químicos e suas naturezas não podem ser correlacionados com problemas de saúde causados a funcionários expostos a eles.

É importantíssimo salientar que este trabalho não questiona em nenhum momento a qualidade dos EPIs testados. Estes mesmos EPIs foram avaliados em outras situações e cenários e já demonstraram sua eficácia e utilidade.

Também é preciso ressaltar que os trabalhadores não tiveram um período de aclimatização usando os equipamentos.

A avaliação minuciosa dos resultados de estresse térmico (IBUTG) mostra que mesmo adotando pausas periódicas nas atividades, os valores de teto para exposição foram excedidos para trabalhadores ambientados e utilizando os EPIs testados.

Ainda que a resposta dos usuários fosse positiva e tivéssemos a permissão de iniciar o uso dos EPIs na operação normal, esta alternativa apenas substituiria a insalubridade por umidade por uma nova vertente, a causada por exposição ao calor ou estresse térmico, podendo levar os trabalhadores à fadiga.

Os custos relacionados à aquisição, descarte e reposição dos equipamentos de proteção individual testados inviabilizariam economicamente esta prática, no cenário estudado.

A proposta do perito, portanto, de disponibilizar os equipamentos de proteção individual que neutralizariam a exposição à umidade considerou única e exclusivamente que as condições de processo não seriam modificadas. Isto implicaria que o ponto principal que motiva o local ser lavado continuamente não seria alterado. No entanto, propõem-se uma abordagem diferente. Neste estudo, a solução proposta para a neutralização do agente umidade recairá na contenção da fonte de sujeira, motivadora das constantes lavagens de piso para eliminação dos respingos de encimagem projetada pelas rocas e tortas em rotação nos coletores e outros já discutidos.

Embora comentado antes, que não haja dano causado à saúde e bem-estar dos funcionários pela presença de reagentes químicos na encimagem, em concentrações baixíssimas e natureza que não tenham causado qualquer mal à saúde dos trabalhadores, evoca-se o anexo 13 da NR15, para postular a solução de isolamento do agente agressor e otimizar o sistema de ventilação de exaustão. Neste sentido e se utilizando dos conceitos preconizados pela NR12, propõem-se a instalação de guardas e proteções de máquinas nas enroladeiras de forma que estes equipamentos sejam fechados de forma quase hermética, isto é, com aberturas minimizadas, de forma que impeçam a projeção direta de encimagem e de umidade no nível do túnel das enroladeiras e, em caso de derrame de encimagem oriunda do túnel das fieiras,

que este seja isolado pela guarda e proteção e seja encaminhado diretamente ao túnel de detritos.

Figura 36- Posição produtora com vista dos coletores das enroladeiras e a proteção mecânica projetada para adequação à NR12.



Fonte: Relatório PILZ, 4180111.06-SC_Bobinagem, 2018, p. 18

A abertura eventual das portas para retirada das rocas deve ser mantida, mas apenas neste momento a exposição e acesso a esta zona onde haveria a presença da umidade seria possível, minimizando a exposição do trabalhador.

Pequenas frestas entre as portas frontais deste fechamento não seriam rotas de saída da umidade, lembrando que no nível abaixo está instalado um sistema de exaustão potente, o Scrubber.

Fazendo este isolamento das posições conseguir-se-á outro ganho para o processo, o aumento da eficiência do sistema de exaustão e lavagem dos gases. Este sistema hoje dimensionado para vencer as diversas entradas falsas de ar, localizadas em cada posição produtora, poderia ser redimensionado e sua potência reduzida, economizando energia.

Vale mais uma discussão neste quesito referente à guarda e proteção de máquinas. Uma vez que esta barreira física é necessária para impedir o acesso do trabalhador a partes móveis de equipamentos, é também momento de avaliar a condição global de trabalho e propor uma solução que equacione diversos fatores de risco.

Embora uma solução seja aceitável para a adequação de um equipamento à NR12, a parada do processo necessária para a adequação pode ser significativa. Condições extraordinárias, como neste caso, umidade, devem ser consideradas e podem ser tratadas ao mesmo tempo com investimento mínimo.

Se em lugar de umidade, um cenário mostrasse ruído excessivo, a guarda e proteção de máquinas poderia ser um dos meios para isolar ou conter a fonte geradora do ruído e desta forma atacar uma gama maior de condições perigosas com uma intervenção única, projetada e instalada, reduzindo perdas e otimizando investimentos de segurança.

Retornando à questão da umidade, uma vez contida a fonte de sujeira, otimizada a potência do Scrubber e a eliminação das grandes entradas falsas de ar, a característica de gerador de pressão negativa nos túneis de fieiras e de enroladeiras ganharia eficiência e ajudariam a sugar possíveis respingos que por ventura fossem projetados para fora do fluxo do túnel de fieiras – túnel de enroladeiras – túnel de detritos.

Neste cenário, projeta-se que mesmo os EPIs usados atualmente como avental de trevira e de mangotes deveriam ser reavaliados, com possibilidade real de redução de custos operacionais.

Outro ganho, este sim diretamente ligado à adoção das guardas e proteções de máquinas do tipo completo e fechado seria a proteção efetiva dos operadores às partes terminais dos coletores em movimento e possíveis projeções de vidro que possam acontecer pela quebra das posições e queda de partículas de vidro sobre as partes em movimento. Ações adicionais como a seleção correta de dispositivos de segurança e redundâncias inerentes e necessários para completa satisfação dos requisitos preconizados pela NR12 e normas internacionais deverão ser estudados e incorporados às guardas.

Desta forma, reafirma-se que a proteção coletiva é mais efetiva e duradoura que as proteções individuais. Embora mais custosas em sua implementação, os ganhos em segurança, operacionais e de processo teriam seu retorno mais rápido e efetivo.

Com base nestas premissas a empresa já possui estudos e um cronograma de implementação de proteções de máquina adequadas ao isolamento do fator umidade, aliando NR12 e a proposta deste estudo para serem iniciadas em 2019.

O primeiro passo será a especificação técnica de engenharia de implementação das guardas e proteções de máquina que aliem os requisitos mais restritivos no mundo à necessidade de contenção da umidade no ambiente dos coletores das enroladeiras. Para os anos seguintes, uma vez que o protótipo seja bem-sucedido, seriam instaladas cerca de 7 máquinas ao ano, aliando custos de investimentos e priorização de riscos. Caso ainda permaneçam posições sem as devidas proteções na próxima

reforma do forno, pode-se fazer a instalação das demais posições, caso esta seja a decisão da empresa e tenha-se a verba de investimento necessária.

5. CONCLUSÕES

Portanto o objetivo do estudo foi atingido.

Fica aqui uma sugestão de continuidade deste estudo de avaliação das novas tecnologias de tecidos e não tecidos utilizados na confecção de EPIs para esta finalidade. Este estudo pode ser direcionado à revisão dos valores de acréscimos de cálculo de estresse térmico (IBUTG), ampliando as faixas a serem avaliadas em relação à cobertura do corpo pela camada impermeável.

REFERÊNCIAS

ASHRAE **Standard 55**, **thermal environmental conditions for human occupancy**, 2014

BRASIL, Associação Brasileira de Materiais Compósitos, Andrade, S. **Compósitos I: Materiais, Processos, Aplicações, Desempenho e Tendências**, 1ª edição, 2008.

BRASIL, **Consolidação das Leis do Trabalho**, 1943, site <http://www.trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras> acessado em 18/09/2018.

BRASIL, **Norma Regulamentadora 15**, anexos 1 a 16, 1978, site <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO10.pdf>

BRASIL, **Norma Regulamentadora 12**, 1978, site <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>

BUCK, A. L., "**New equations for computing vapor pressure and enhancement factor**", J. Appl. Meteorol. 20: 1527–1532

CONJUR, 2019, site <https://www.conjur.com.br/dl/atividades-limpeza-produtos-uso.pdf> acessado em 26/02/2019 às 09:34

DUPONT, 2019, site <https://safespec.dupont.com.br/safespec/pt/product/212.html?jsessionid=F3F7A1CE1F6657F92CEE8557413A407A?refNm=Related> acessado em 19/02/2019 às 23:11

DUPONT, 2019, site <https://safespec.dupont.com.br/safespec/pt/product/81.html?refNm=Recent> acessado em 19/02/2019 às 23:27

DWYER *Instruments* Co, 2013, site http://www.dwyer-inst.com/PDF_files/RH_iom.pdf acessado em 19/02/2019 às 22:21h

FAPESP, 2016, site <http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/05/19/o-ataque-silencioso-dos-fungos/> acessado em 19/02/2019 às 20:19h

GAVANI, E., http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/flg0253/2014/aula6/umidade_do_ar.pdf acessada em 11/02/2019 às 22:28h.

HERAEUS, https://www.heraeus.com/en/hpm/hpm_products_solutions/glass_components/quality_glass/glassfibers.aspx acessado em 10/10/2018 às 21:25h

IBGE, Site: <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/densidade-demografica.html> acessado em 19/02/2019 às 20:08.

KREITH, F., **Princípios da Transmissão de Calor**, Edgar Blücher, tradução da 3ª Edição americana, 1977, p. 4 a 6.

LÉLIS, L. **Programa de Prevenção de Riscos Ambientais 2008 - 2017**, Prévia Engenharia

LOEWENSTEIN, K. **The Manufacturing Technology of Continuous Glass Fibres**, 2nd ed., New York, Elsevier, 1983, p. 1 a12

LUBIN, G. **Handbook of Composites**, Nova Iorque, Van Nostrand Reinhold, 1982, p1

MARTINEZ, C. **Laudo Pericial de 24 de junho de 2014** – Processo 0002267-53.2010.5.14.0010ACC, p. 120 a 121

MOREIRA, Manhães Sociedade de Advogados, site <http://www.mmaalaw.com/limpeza-de-banheiro-nao-da-direito-a-adicional-de-insalubridade-por-contato-com-umidade/> acessado no dia 26/02/2019 às 08:17.

PILZ, 4180111.06-SC_Bobinagem, 2018, p. 18

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA, site

<https://www.sbd.org.br/dermatologia/pele/doencas-e-problemas/disidrose/48/>

Acessado em 27/07/2019 às 11:19.

WEATHERSPARK, site <https://pt.weatherspark.com/y/30182/Clima-característico-Brasil-durante-o-ano> acessado em 23/10/2018 às 22:14h

WIKIPÉDIA, https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponto_de_orvalho acessada em 11/02/2019 às 22:05h.

**APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE EPI NO FORMING–
DESENVOLVIDO PARA TESTE DE CAPAS E JAQUETAS IMPERMEÁVEIS
PELOS OPERADORES E ENROLADEIRAS**

EHS - Teste de EPI								
Data		Turno		Hora do início				
Formulário de Gerenciamento de Mudanças nº:								
Local do Teste								
EPI em teste (Breve descrição)								
CA nº								
Fabricante:								
Nome do funcionário:								
Crachá:		Dia do Turno (6/2)						
Avaliação pré teste (assinale com um X a sua resposta)								
Você está se sentindo bem?				SIM	NÃO	N.A.		
Você se sente em condições de realizar suas funções?				SIM	NÃO	N.A.		
Este teste não foi imposto a você, concorda com esta afirmação?				SIM	NÃO	N.A.		
Você sabe que se houver qualquer problema o teste pode e deve ser interrompido?				SIM	NÃO	N.A.		
Você sabe que você tem o Direito a Recusa ao Trabalho?				SIM	NÃO	N.A.		
Avaliação pós teste (assinale com um X a sua resposta)								
Tamanho do EPI selecionado			XP	P	M	G	GG	XGG
EPI fácil de pôr e tirar					SIM	NÃO	N.A.	
EPI é de fácil utilização					SIM	NÃO	N.A.	
EPI era confortável					SIM	NÃO	N.A.	
EPI mostrou-se eficaz como barreira à umidade					SIM	NÃO	N.A.	
EPI não criou pontos de agarramento e de enroscos					SIM	NÃO	N.A.	
Você se sentiu seguro em usar este EPI?					SIM	NÃO	N.A.	
Quais as vantagens de adotar este EPI? na sua opinião								
Quais as desvantagens de usar este EPI no seu dia a dia?								
Observações e comentários (se preciso use o verso da folha)								
Assinatura do funcionário:								

ANEXO A – DECISÃO JUDICIAL SOBRE INSALUBRIDADE POR UMIDADE EM SERVIÇO DE LIMPEZA COMERCIAL

Contratada pela Orbenk para trabalhar exclusivamente para a Comercial Automotiva, em Cascavel, no Paraná, a empregada, que também atendia clientes, entrou na justiça pedindo a rescisão indireta do contrato de trabalho após sete meses no emprego. Ela alegou que teria sido coagida a pedir demissão em razão do excesso de serviço e apontou ainda desvio de função, não pagamento do adicional de insalubridade e assédio moral.

O pedido foi negado em primeiro grau. A auxiliar entrou com recurso sustentando que havia trabalhado em condições adversas à saúde na limpeza diária de dois banheiros, em contato com agentes biológicos e com umidade excessiva.

Com base em perícia, o Tribunal Regional do Trabalho no Paraná concedeu o adicional de insalubridade. De acordo com o TRT, para recebimento da parcela, basta que o perito conclua que a umidade é nociva à saúde do profissional.

O caso chegou ao TST. A relatora na Sexta Turma, desembargadora convocada Cilene Ferreira Amaro Santos, observou que de acordo com a CLT, os limites de tolerância para a caracterização da insalubridade são definidos pelo Ministério do Trabalho, por meio das normas regulamentadoras. A umidade é tratada no anexo 10 da NR 15, que considera insalubre a atividade executada em locais alagados ou encharcados, com umidade excessiva, capaz de produzir danos à saúde do trabalhador.

A relatora também ressaltou que na decisão do Regional, consta que a empregada molhava um pano de chão em balde com água e produto de limpeza comum para passar no piso. Por isso, entendeu que a situação não se enquadra nos requisitos para a caracterização da insalubridade pelo agente umidade.

Dessa forma, por unanimidade, a Sexta Turma absolveu a Orbenk Administração e Serviços do pagamento do adicional de insalubridade a auxiliar de serviços gerais.

Fonte: <http://www.mmaalaw.com/limpeza-de-banheiro-nao-da-direito-a-adicional-de-insalubridade-por-contato-com-umidade/> acessado no dia 26/02/2019 às 08:17.

ANEXO B – TRECHO DO RECURSO ORDINÁRIO, PROCESSO TRT/SP

N00019011620125020385



PODER JUDICIÁRIO FEDERAL
JUSTIÇA DO TRABALHO DA SEGUNDA REGIÃO

máximo. A reclamante, adesivamente, às f.131/135v, quanto ao reconhecimento da justa causa; a não concessão das verbas rescisórias, do seguro desemprego; da multa do artigo 477, §8º da CLT; da aplicação do artigo 467 da CLT; dos danos morais; dos honorários advocatícios. Postulam a reforma do julgado.

Deposito recursal f.127.

Custas Processuais f.128.

Contrarrazões da reclamada f.137/140.

II VOTO

**RECURSO ORDINÁRIO DA RECLAMADA
DO ADICIONAL DE INSALUBRIDADE**

A reclamante sustentou fazer jus a adicional de insalubridade, remetendo ao labor em umidade excessiva e contato com álcalis cáusticos, conforme laudo pericial.

Sem razão. O exame da insalubridade de um ambiente de trabalho para fins de acréscimo remuneratório reclama a conjugação de elementos técnicos e hermenêutico-jurídicos, na medida em que a sua caracterização ocorre de modo potencial, assentada na subsunção das atividades exercidas às normas regulamentares expedidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, não bastando a mera conclusão em laudo pericial (art. 192 da CLT).

A questão é pacífica na jurisprudência do Colendo Tribunal Superior do Trabalho: *“Não basta a constatação da insalubridade por meio de laudo pericial para que o empregado tenha direito ao respectivo adicional, sendo necessária a classificação da atividade insalubre na relação oficial elaborada pelo Ministério do Trabalho” (Orientação Jurisprudencial 4, I, da SDI-1 do C. TST).*

No pertinente, a Norma Regulamentadora 15 da Portaria nº 3.214/78 do MTE dispõe que *“as atividades ou operações executadas em locais alagados ou encharcados, com umidade excessiva, capazes de produzir danos à saúde dos trabalhadores, serão consideradas insalubres em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho”* (realcei – Anexo 10), assim como que há *“insalubridade de grau médio (...) [na] fabricação e manuseio de álcalis cáusticos”* (realcei – Anexo 13).

In casu, porém, a despeito de a diligência técnica ter concluído pela existência de **insalubridade em grau médio** (fls. 90/103 e 112/115), saliento que a reclamante ativava-se tão somente como *Ajudante Geral* em uma pequena escola de cursos profissionalizantes, com **tarefas de limpeza em geral**, de banheiros, pisos, vidros e mesas, utilizando *detergente multiuso, água sanitária e desinfetante, todos produtos de uso doméstico* (fls. 93 e 99/101).

Assim, não vejo como admitir que a simples limpeza de pisos e banheiros, isto é, um rápido e passageiro procedimento de enxágue, possa se equiparar a locais efetivamente alagados ou encharcados, vale dizer, caracterizar um verdadeiro

**ANEXO B – TRECHO DO RECURSO ORDINÁRIO, PROCESSO TRT/SP
N00019011620125020385 (CONTINUAÇÃO)**



**PODER JUDICIÁRIO FEDERAL
JUSTIÇA DO TRABALHO DA SEGUNDA REGIÃO**

ambiente com umidade excessiva, de fácil proliferação de fungos e bactérias.

De igual sorte, o contato com os produtos de limpeza ocorre de forma difusa, indireta ou após diluição em água, circunstância inábil a caracterizar a *fabricação e manuseio de álcalis cáusticos*, sob pena de se atribuir insalubridade ao contato com qualquer substância alcalina (pH superior a 7), ainda que não efetiva e concretamente *cáustica*, passível de corrosão e queimaduras.

A *contrario sensu*, também ensejaria concluir que lavar as mãos, louças e roupas, escovar os dentes e tomar banho são atividades em umidade excessiva e com substâncias alcalinas, sendo certo que o próprio Ministério da Saúde recomenda para a **água potável** um pH de 6 a 9,5 (art. 39, §1º, da Portaria nº 2.914/2011). Enfim, tal panorama corresponderia que **a vida é insalubre**, subvertendo a própria lógica do sistema e contrariando toda a proteção jurídica às atividades necessárias, porém prejudiciais à saúde.

A jurisprudência é pacífica sobre o tema:

“(…) RECURSO DE EMBARGOS ADICIONAL DE INSALUBRIDADE - LIMPEZA DE ESCRITÓRIO – CONTATO COM ÁLCALIS CÁUSTICOS NO MANUSEIO DE PRODUTOS HABITUAIS DE LIMPEZA. A jurisprudência desta Subseção Especializada tem entendido que o manuseio de produtos comuns de limpeza para higienização de escritórios, inclusive de banheiros, não enseja o pagamento do adicional de insalubridade, ainda que o laudo pericial manifeste-se em sentido diverso. A NR-15, Anexo 13, da Portaria nº 3214/78, ao tratar do manuseio de álcalis cáusticos, está se referindo ao produto bruto, em sua composição plena, e não ao diluído em produtos de limpeza habituais, como se refere o Tribunal Regional, destinados a asseio e conservação das dependências do trabalho. Nesse sentido a Orientação Jurisprudencial nº 4 da SBDI-1 e os seguintes precedentes jurisprudenciais: E-RR-776599/2001, DJ de 16/3/2007, Relator Ministro Brito Pereira; ERR- 606/2004-611-04-00, DJ de 18/5/2007, Relator Ministro Brito Pereira e E-RR-647328/2000, Ac. SBDI-1, Rel. Min. Aloysio Corrêa da Veiga, DJ de 3/6/2005. Recurso de embargos conhecido e provido” (grifei – TST, SDI-1, E-RR 759917-58.2001.5.04.5555, Rel. Min. LUIZ PHILIPPE VIEIRA DE MELLO FILHO, v.u., j. 08/09/2008, DEJT 12/09/2008).

“RECURSO DE REVISTA - ADICIONAL DE

Fonte: <https://www.conjur.com.br/dl/atividades-limpeza-produtos-uso.pdf>
acessado em 26/02/2019 às 09:34