

LAUDO NR 12

FORNO 850 C

Patrimônio ITB 3449

31/01/2.024

engº Mario A. Abe



Escopo

Laudo de conformidade do Forno de Tratamento Térmico dos núcleos de ferro silício dos transformadores elétricos à normativa NR12 – Segurança no Trabalho em Maquinas e Equipamentos (Redação dada pela Portaria SEPRT n.º 916, de 30/07/19)

SUMÁRIO NR12

- 12.1 Princípios gerais
- 12.2 Arranjo físico e instalações.
- 12.3 Instalações e dispositivos elétricos.
- 12.4 Dispositivos de partida, acionamento e parada.
- 12.5 Sistemas de segurança
- 12.6 Dispositivos de parada de emergência.
- 12.7 Componentes pressurizados.
- 12.8 Transportadores de materiais.
- 12.9 Aspectos ergonômicos
- 12.10 Riscos adicionais.
- 12.11 Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza
- 12.12 Sinalização.
- 12.13 Manuais
- 12.14 Procedimentos de trabalho e segurança.
- 12.15 Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição.
- 12.16 Capacitação.

IDENTIFICAÇÃO

Equipamento:

Forno metalúrgico 850°C

ICA Ind e Com de Artefatos de Alumínio Ltda

CNPJ 62.235.031/0001-89

Num Série 285 fabricado em 08/2.023

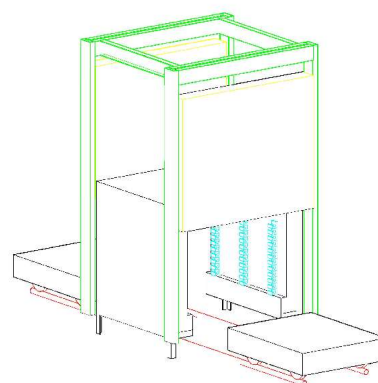
Tensão 3P 220V Potência aquecimento: 108 kW

Patrimônio XXXXXXXXXX

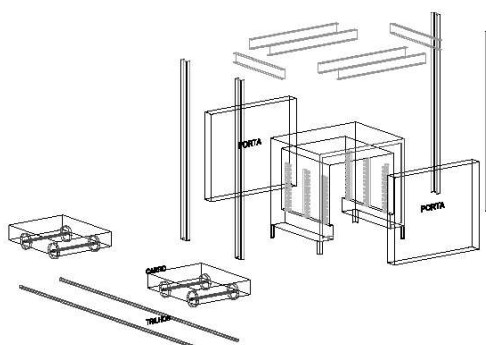


DESCRIÇÃO:

1. Dimensões:
 - Comprimento 1,65;
 - Largura 2,25;
 - Altura 4,15m
2. 2 carros capacidade de 2.000 kgs
Plataforma de 1150 x 1450;
Motorizado elétrico trifásico de 0,33 HP; velocidade 2,0 m/min
3. 2 portas guilhotinas com contrapesos e acionamento manual;
4. Gabinete termoisolado com Fibra cerâmica :
5. 12 resistências elétricas de fio Kanthal A-1 montadas na configuração triângulo; potência total de 108 kW.
6. Temperatura de projeto 850°C



VISTA EXPLODIDA



12.1 Princípios gerais

• Termos e definições

Para efeitos deste laudo, aplicam-se os seguintes termos e definições:

- **Circuito de potência:** circuito que fornece energia para operação da máquina.
- **Equipamento periférico:** equipamento que interage com a máquina, por exemplo, manipulador para retirada de peças, equipamento para troca de molde e presilhas de fixação automática do molde.
- **Perigo:** fonte, situação ou ato com potencial para provocar danos humanos em termos de lesão ou doença, ou uma combinação destas.
- **Risco:** combinação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso ou exposição com a gravidade da lesão ou doença que pode ser causada pelo evento ou exposição.
- **Evento perigoso:** evento que pode causar ferimentos.
- **Dano:** ferimento físico e/ou dano à saúde ou propriedade.
- **Risco residual:** risco remanescente, após a adoção de medidas de segurança.
- **Medida de segurança:** medida que controla o perigo ou elimina o risco.
- **Zona de perigo ou zona de risco:** qualquer espaço dentro e/ou ao redor da máquina na qual uma pessoa pode estar exposta a um perigo.
- **Avaliação de riscos:** processo de avaliação de riscos provenientes de perigos, levando em consideração a adequação de qualquer controle existente, e decidindo se o risco é ou não aceitável.
- **Estimativa do risco:** definição da possível severidade do dano e da probabilidade de sua ocorrência.
- **Situação perigosa:** circunstância na qual uma pessoa está exposta a, no mínimo, um perigo.
- **Categoria:** classificação das partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, com respeito à sua resistência a defeitos e seu subsequente comportamento na condição de defeito, que é alcançada pela combinação e interligação das partes e/ou por sua confiabilidade. O desempenho com relação à ocorrência de defeitos, de uma parte de um sistema de comando, relacionado à segurança, é dividido em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4) segundo a norma ABNT NBR 14153 – Segurança de máquinas
 - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança - Princípios gerais para projeto, equivalente à norma *EN 954-1 - Safety of machinery - Safety related parts of control systems*, que leva em conta princípios qualitativos para sua seleção. Na comunidade internacional a EN 954-1, foi substituída pela *EN ISO 13849-1:2008 – Safety of machinery - Safety related parts of control systems*, que estabelece critérios quantitativos, não mais divididos em categorias, mas em níveis de performance (PL) de “a” até “e”, sendo que o “PLe” é o mais elevado. Abaixo a definição das categorias.
- **Categoria 1:** comportamento do sistema:
 - a) Uma simples falha pode levar à perda da função de segurança
 - b) Emprego de dispositivos bem testados, ou seja, (a) componentes largamente usados no passado com resultados satisfatórios em aplicações similares, (b) fabricados e verificados com princípios que demonstram ser adequados e confiáveis para funções de segurança.
 - c) Medidas adicionais: aterrar o equipamento, sobredimensionar o dispositivo, evitar curto-circuito com aumento da isolação, garantir abertura do circuito para remover a potencia no caso de falha.
- **Categoria 2:** comportamento do sistema:
 - a) A função de segurança exercida pelo sistema de controle deve ser checada a intervalos regulares, automática ou manualmente.
 - b) Checar pelo menos a cada partida da máquina, ou periodicamente, durante a operação, se a análise de riscos assim indicar.
 - c) Se uma falha ocorrer, a função de segurança pode ser perdida entre as verificações, mas será detectada no próximo teste.
 - d) Dispositivos de entrada e saída conectados em canal simples.

- **Categoria 3:** comportamento de sistema:
 - a) Ao ocorrer um defeito isolado, a função de segurança sempre será cumprida;
 - b) Alguns, mas não todos, defeitos serão detectados; e
 - c) O acúmulo de defeitos não detectados leva à perda da função de segurança.
- **Categoria 4:** comportamento do sistema:
 - a) Uma falha isolada em qualquer dessas partes relacionadas à segurança não leva à perda das funções de segurança, e
 - b) A falha isolada será detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança, como, por exemplo, imediatamente, ao ligar o comando, ao final do ciclo de operação da máquina. Se essa detecção não for possível, o acúmulo de defeitos não levará à perda das funções de segurança.
- **Observação válida apenas para as categorias 3 e 4:** quando forem utilizadas chaves de segurança eletromecânicas (com o atuador mecânico) no intertravamento de proteções móveis, deverão ser instaladas duas chaves de segurança com ruptura positiva por proteção, devendo ambas ser monitoradas por interface de segurança. Quando utilizadas chaves de segurança magnéticas, eletrônicas codificadas ou optoeletrônicas, entre outras sem atuação mecânica, pode ser adotada apenas uma chave para o intertravamento, devendo o monitoramento ser mantido por interface de segurança.
- **Dispositivo de intertravamento:** chave de segurança mecânica, eletromecânica, magnética ou óptica projetada para este fim e sensor indutivo de segurança, que atuam enviando um sinal para a fonte de alimentação do perigo e interrompendo o movimento de perigo toda a vez que a proteção for retirada ou aberta.
- **Falha:** a incapacidade de um elemento executar a função requerida.
- **Falha segura:** o princípio de falha segura requer que um sistema entre em estado seguro, quando ocorrer falha de um componente relevante à segurança. A principal pré-condição para a aplicação desse princípio é a existência de um estado seguro em que o sistema pode ser projetado para entrar nesse estado quando ocorrerem falhas.
- **Defeito:** o estado de um determinado elemento caracterizado pela sua incapacidade de realizar uma função requerida, exceto durante manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou devido à ausência de condições externas.
- **Máquina / Maquinário:** conjunto de peças ou de componentes ligados entre si, em que pelo menos um deles se move, agrupados de forma a atender a uma aplicação específica.
- **Dispositivo de restrição mecânica:** dispositivo que, ao introduzir um obstáculo mecânico (exemplos: cunha, fuso, escora, calço etc.) em um determinado mecanismo, opõe-se a ele por meio de sua própria força, podendo assim prevenir algum movimento perigoso.
- **Parada de emergência / Função de parada de emergência:** função que consiste em evitar o surgimento ou reduzir a existência de perigos para pessoas, danos às máquinas ou atividades em curso, e ser iniciada por uma única ação humana.
- Na ABNT NBR NM 272:2001, o item 3.2, diz que uma **proteção fixa** é aquela que é mantida em sua posição fechada, permanentemente (por solda, etc.) ou por meio de fixadores (parafusos, porcas, etc.) tornando a sua remoção ou abertura impossível sem o uso de ferramentas. Como **ferramenta**, a mesma norma define no item 3.9 como sendo um *instrumento mecânico, tal como uma chave de serviço projetada para operar um elemento de fixação. Um instrumento improvisado, tal como uma moeda ou lixa de unha, não pode ser considerado uma ferramenta*. Esta mesma definição aparece no item 12.41 alínea “a” da NR-12.

• Estimativa dos riscos

Conforme a norma ABNT NBR ISO 12100:2013 – Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Avaliação e redução de riscos, após a identificação do perigo, a estimativa do risco deve ser conduzida para cada situação perigosa pela determinação dos elementos de risco.

Na determinação destes elementos é necessário levar em consideração os seguintes aspectos:

• **Elementos do risco:**

O risco, associado com uma situação particular ou processo técnico, depende da combinação dos seguintes elementos:

- a severidade do possível dano;
- a probabilidade de ocorrência do dano, a qual é função:
- da frequência e exposição das pessoas ao perigo;
- da probabilidade de ocorrência do evento perigoso, e;

Em forma de figura, a representação pode ser feita da seguinte forma:

RISCO		SEVERIDADE	PROBABILIDADE DE OCORRENCIA desse dano
Relacionado ao perigo considerado	É função da >	do possível dano para o perigo considerado	Frequência e duração da exposição Possibilidade de ocorrência do evento perigoso Possibilidade de evitar ou limitar o dano

Uma vez identificados os perigos procede-se o cálculo do **HRN – Hazard Risk Number** conforme a fórmula e as variáveis discriminadas nos quadros abaixo.

PO – Probabilidade de Ocorrência	
0,033	Quase Impossível
1	Altamente Improvável
1,5	Improvável
2	Possível
5	Alguma chance
8	Provável
10	Muito provável
15	Certo

FE- Frequência Exposição	
0,5	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de Horas
5	Constantemente

NP- Número de Pessoas Expostas	
1	1 - 2 pessoas
2	3 – 7 pessoas
4	8 – 15 pessoas
8	16 – 50 pessoas
12	Mais que 50 pessoas

GPD – Grau possíveis Danos	
0,1	Arranhão/Contusão Leve
0,5	Dilaceração/Doenças Moderadas
2	Fratura /Enfermidade Leve
4	Fratura/Enfermidade grave
6	Perda de um membro/Olho
10	Constantemente

Caracterizado os riscos calcula-se o $HRN = (PO \cdot FE \cdot GPD \cdot NP)$

A tabela seguir estabelece os valores em que se enquadrarão cada nível de risco e a categoria de comando relacionado à segurança, conforme definido no capítulo **Têrmos e Definições**.

NIVEL	HRN
QUALITATIVO	0
ACEITAVEL	0 a 1
MUITO BAIXO	>1 a 5
BAIXO	>5 a 10
SIGNIFICATIVO	>10 a 50
ALTO	>50 a 100
MUITO ALTO	>100 a 500
EXTREMO	>500

12.2 Arranjo físico e instalações.

- **Porta da direita**



- **Porta da esquerda**



- **Lateral Fundo**



- **Lateral Painei**



12.3 Instalações e dispositivos elétricos.

- **Instalações elétricas:**
Instalações Trifásica 220V, alimentação com 3 vias de 2x70mm² de cabo de cobre flexível + cabo terra de 70 mm²;
Chave seccionadora no painel com fusíveis NH2 ultrarápidos de 400A
- **Aterramento local** com haste de ferro cobreada.



- **Conexão da rede de aterramento no painel e no corpo do forno**

Bitola cabo aterramento baseada na Table 5.1 in AS/NZS 3000:2018.



12.4 Dispositivos de partida, acionamento e parada de emergência

- Painel de controle fechado com abertura condicionada ao desligamento obrigatório da chave seccionadora geral
- Painel travável na condição fechado e desligado mediante inserção de cadeado na manopla da seccionadora;
- Botoeira de emergência monitorada com rearme manual;



Chave emergência tipo Cogumelo com relés duplo canal monitorado com botão de rearme.

Os relés de segurança para parada de emergência foram desenvolvidos pela DIGIMEC para atender a revisão da NR-12 de 24 de dezembro de 2010, tendo como principio de seu projeto os requisitos constantes nas:

NBR 13.759 (Segurança de máquinas - Equipamentos de parada de emergência - Aspectos funcionais - Princípios para projeto)

NBR 14.153 (Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projetos) para categoria de comando 4.

IEC 61.508 (Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems)

EN ISO 13.849-1-2006 (Safety-related parts of control systems-part 1- general principles for design)

IEC/EN 60204-1-2006 (Safety of machinery - Electrical equipment of machines)

O RELÉ DPX-257 ATENDE OS SEGUINTE REQUISITOS DE SEGURANÇA

- Circuito é redundante, com dois micros controladores, cada um monitorando um canal e se comunicando via serial.
- A função de segurança não se perde com a falha de um componente.
- A condição de abertura e fechamento do duplo canal é testada constantemente. Os relés de saída têm suas condições de funcionamento testadas a cada operação de liga ou desliga.
- Duplo canal com diversidade de polaridade (S1 / S0 PNP e S2 / S3 NPN ou ambos PNP para cortina de luz). Reconhece curto-circuito transversal entre os circuitos de comando do duplo canal.
- Fonte chaveada interna, garantindo a função de segurança no caso de flutuações da rede elétrica.

APLICAÇÕES

- Próprio para aplicações em comandos de categoria 4 (NBR 14.153):
- Parada de emergência, categoria 0 (NBR 13.759) - Botão de emergência
- Monitoração de chaves de segurança

Chave seccionadora com trava de segurança bloqueável com cadeado na posição **Desligada** →

Botoeira de emergência cogumelo monitorada e rearme. 24 VDC →



Análise de Risco

PO	FE	NP	GPD	HRN	Nível
1,5	2,5	1	0,1	0,38	aceitável

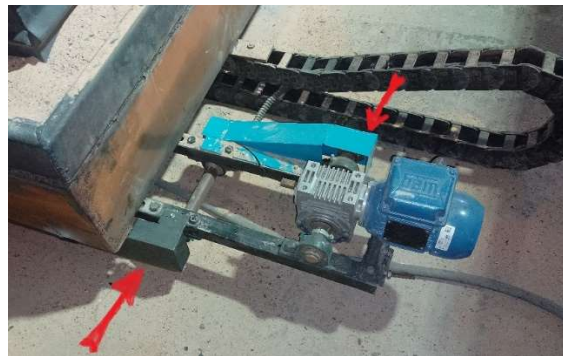
12.5 Sistemas de segurança

Travas mecânicas nos mecanismos de acionamento das portas contra fechamento accidental; sistema porta e contrapeso balanceado neutro



- **Proteção das Correntes de rolos do sistema de movimentação dos carros**

Velocidade do carro de 2,0 m/min.
Sistema de transmissão **auto-frenante** com redutor a rosca Sem fim



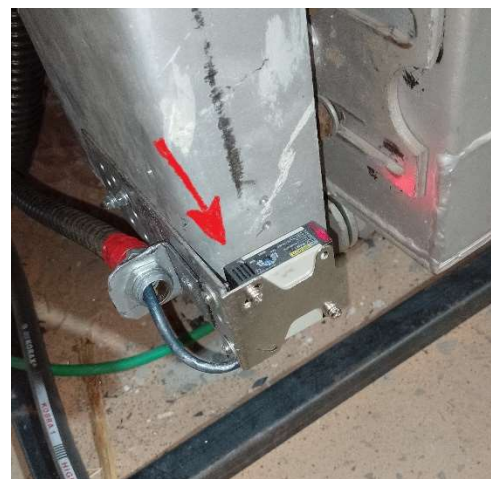
- **SENSOR OTICO DA PORTA**
O que diz a NR12

- 12.5.7 As máquinas e equipamentos dotados de proteções móveis associadas a dispositivos de intertravamento devem:
- a) operar somente quando as proteções estiverem fechadas;
 - b) paralisar suas funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação; e
 - c) garantir que o fechamento das proteções por si só não possa dar início às funções perigosas

-Energização das resistências SOMENTE com as portas fechadas;

-Sensores fotoelétricos de reflexão nas portas. Os relés abrem o circuito dos controladores que desarma o Contator K1 principal, desligando as resistências. --

- Para a continuidade da operação é necessário um novo acionamento manual da chave impulso.



Análise de Risco

PO	FE	NP	GPD	HRN	Nível
1,5	2,5	1	0,1	0,38	aceitável

12.10 Riscos adicionais –Superfícies Aquecidas

O que diz a NR12:

12.10.4 Devem ser adotadas medidas de proteção contra queimaduras causadas pelo contato da pele com superfícies aquecidas de máquinas e equipamentos, tais como a redução da temperatura superficial, isolamento com materiais apropriados e barreiras, sempre que a temperatura da superfície for maior do que o limiar de queimaduras do material do qual é constituída, para um determinado período de contato

- **Parâmetros de referências:**

<https://www.abthermal.com/osha-ul2200-personnel-burn-protection-solutions-tapes-blankets-fabrics.html#:~:text=Through%20experience%2C%20it%20has%20generally,is%20desirable%20for%20metallic%20objects.>

Excerto da fonte acima:

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) Personnel Burn Protection Solutions

OSHA does not have a specific standard or guideline set regarding specific temperatures objects must be limited to so as to protect workers from accidental contact burns.

OSHA does consider exposed heated surfaces to be a hazard if there is a potential for injury. There are two specific citations that can be used for guidance: 1910.261(k)(11) and 1910.262(c)(9).

A referência americana em Saúde laboral não especifica um valor de temperatura limite e menciona como guia a tabela do UL reproduzida abaixo

OSHA

Location	Composition of surface ^a	
	Metal	Nonmetallic
Handles or knobs that are grasped for holding	50° C (122° F)	60° C (140° F)
Handles or knobs that are contacted and do not involve holding; and other surfaces subject to contact and user maintenance	60° C (140° F)	85° C (185° F)
Surfaces subject to casual contact ^a	70° C (158° F)	95° C (203° F)
^a A handle, knob, or similar device, made of a material other than metal that is plated or clad with metal having a thickness of 0.005 inch (0.127 mm) or less is judged as a nonmetallic part.		
^b See the Exception to 38.3.		

UL2200-temperature-limits¶

O que nos interessa – **Superfícies metálicas**

Underwriters Laboratories (UL)™ - 858

Manoplas e outros controles sujeitos a contatos eventuais60" C

Superfícies sujeitas a contato casual..... 70" C

Outra referência disponível

Portaria Inmetro 400/2012

Fornos e fogões a gás deverão ser entregues ao mercado consumidor com maior isolamento térmico com o objetivo de reduzir em 15°C a temperatura externa das laterais, painel e porta do forno, que poderá chegar, no máximo, a 70°C (45°C da superfície metálica mais 25°C referente ao que o Inmetro considera temperatura ambiente média). De acordo com o Inmetro, este é o limite máximo de segurança para evitar acidentes como queimaduras, caso o usuário toque acidentalmente.

- **Mapeamento Térmico**

Equipamentos:

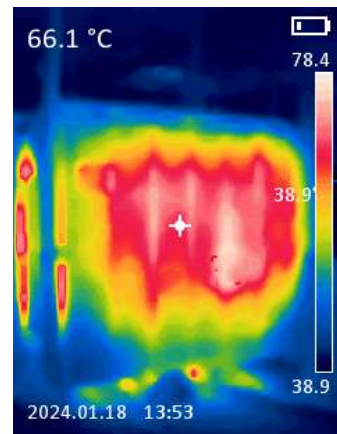
1. Camera Térmica Profissional UNI-T modelo Uti120S;
2. Termometro Infravermelho Instrutherm TI-550

- Temperatura do forno em 2024 01 18
às 13:50

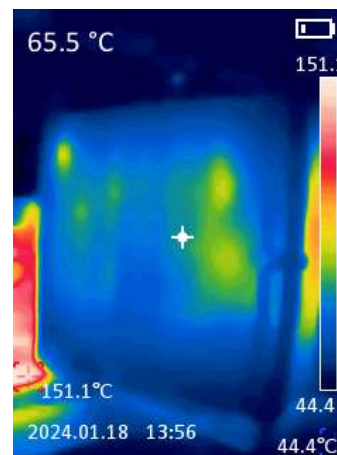
- Operando já durante 4 horas no
patamar de 861,2 °C, portanto, já com o
gradiente de temperatura no isolamento
térmico estabilizado.



Porta da direita 66,1 °C

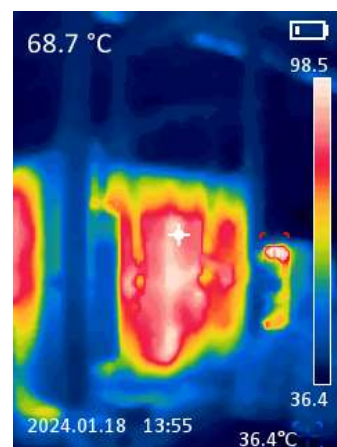


- **Porta da Esquerda 65,5 °C**

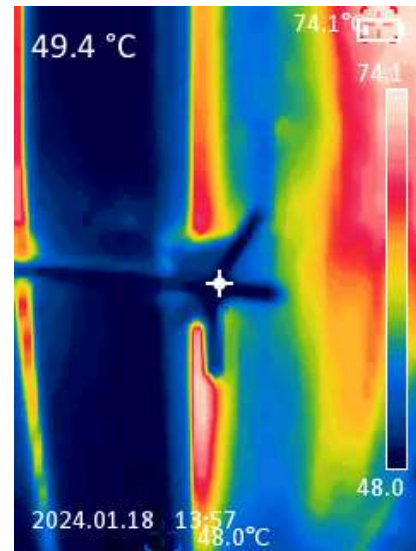


*Imagem quente (vermelha) à esquerda é da carga recém processada esfriando

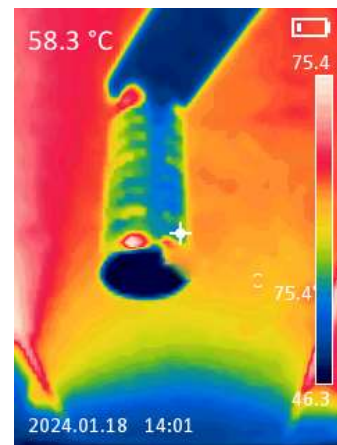
- **Parede do fundo (lado das correntes acionamento das portas) 68,7 °C**



- Manopla Fechamento das portas 49,4 °C



- Manivela Acionamento das portas 58,3 °C (obs abaixo)



Obs. A temperatura real da manopla medida com termômetro infravermelho indicou em torno de 45°C. Desvio na temperatura detectada pela câmera pode ser decorrente da captação das emissões refletidas da superfície mais quente da antepara do forno, pelo fato da manopla ser de alumínio polido.

**SINALIZAÇÃO “SUPERFÍCIE QUENTE” >>
Aviso na superfície sujeito a contato
frequente - PORTAS**



Análise de Risco

PO	FE	NP	GPD	HRN	Nível
10	2,5	1	0,1	2,5	Muito Baixo

As varreduras térmicas das superfícies e das manoplas indicaram **conformidade** com os parâmetros do **Inmetro** e do **UL** específicos para eletrodomésticos.

12-12 SINALIZAÇÃO

- Material em alta temperatura

O PROBLEMA:

Materiais processados no forno saem aquecidos à uma temperatura em torno de 750°C.

À medida que esfriam perdem a cor característica da alta temperatura, tornando-se, pois, passível de contato acidental com graves complicações sistêmicas e locais.



Análise de Risco

PO	FE	NP	GPD	HRN	Nível
10	5	12	4	2.400	EXTREMO



- No âmbito das operações circunjacentes é exigível um aparato de delimitação e identificação da área de segurança contra contato acidental com material muito quente.
- Devido às restrições derivadas do processo industrial adjacente faz se necessário um estudo amplo das delimitações e sinalizações considerando essas interferências outras.

Laudo emitido por:

Mario A. Abe

Graduação: Engenharia Civil – 1975

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Registro no CREA-SP:

Cursos de Especialização na Escola Politécnica – USP:

1976- Recursos Hídricos I – Depto. de Engenharia Hidráulica

1976- Modelos Fluviais – Depto. de Engenharia Hidráulica

1979- Transitórios Hidráulicos – Depto. de Engenharia Mecânica



IBAPE

Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo

Seção Regional de Ribeirão Preto.

2007- Vistorias e Perícias em Edificações.