

Revista

ABEE-MG

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHEIROS ELETRICISTAS DEPARTAMENTO DE MINAS GERAIS



ABEE-MG

Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas
Departamento de Minas Gerais

ANO 1 | Nº 6

Charging Ready

VEÍCULOS ELÉTRICOS

EM FASE FINAL DE ELABORAÇÃO,
A NOVA NORMA TÉCNICA
ABNT NBR17019, QUE DETERMINA
OS REQUISITOS PARA AS
INSTALAÇÕES DE ALIMENTAÇÃO
DE VEÍCULOS ELÉTRICOS, IRÁ
CONTRIBUIR PARA A SEGURANÇA
DAS PESSOAS E DO PATRIMÔNIO
CONTRA CHOQUES, SOBRECARGAS
E INCÊNDIOS

ARTIGO O especialista José Raposo Barbosa, membro da ABEE-MG, assina o trabalho “Medição Contínua de Temperatura do Aço Líquido no Distribuidor Utilizando Pirômetro Infravermelho”, envolvendo case na Usiminas

ENTREVISTA Eduardo Javier Muñoz, CEO da Bravo Motor Company, conta como está o processo de implantação de um complexo industrial na cidade de Nova Lima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte



ABEE-MG

Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas
Departamento de Minas Gerais

Publicação da Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas - Departamento de Minas Gerais (ABEE-MG).

Av. Álvares Cabral, 1.600 - 2º Andar - CEP 30170-001 | Belo Horizonte-MG | Tel: (31) 3299 8718
<https://abee-mg.com.br/>

ANO I • Nº 6 • FEVEREIRO 2022

Diretoria ABEE-MG
(gestão 2021-2023)

Presidente

Eng. Hélio Nonato de Oliveira

Vice-presidente

Eng.ª Cláudia Deslandes Figueiredo

1º Secretário

Eng. Fernando Luis de Almeida

2º Secretário

Eng. Fábio Oliveira Souto

1º Tesoureiro

Eng. Miguel Angelo dos Santos Sá

2º Tesoureiro

Eng. Eduardo Sabarense Prado

Diretor de Relações Institucionais

Eng. Alfredo Marques Diniz

Diretor de Eventos Técnicos

Eng. Claudio do Carmo Barsante

Conselho Deliberativo (Titulares)

Eng. Gilmar Pereira Narciso
Eng. Fabio Luis de Oliveira e Silva
Eng. José Flávio Gomes
Eng. Welhilton Adriano de Castro Silva
Eng. Luiz Carlos Sperandio Nogueira
Eng. Marcelo Marques Santana

Conselho Deliberativo (Suplentes)

Eng. André Luiz Freire
Eng. Alípio Monteiro Barbosa
Eng. João Jackson Batista Braga

Conselho Fiscal (Titulares)

Eng. Igor Braga Martins
Eng. Lucio Francisco Junior
Eng. Luiz Reis Lana

Conselho Fiscal (Suplentes)

Eng. Mario Veras Junior
Eng. Paulo Roberto de Paiva Novo
Eng. Nicolau Neder Pinheiro Damasceno

PRODUÇÃO



Diretoria

Hilton Moreno | Marcos Orsolon

Redação

Diretor de Redação:

Marcos Orsolon

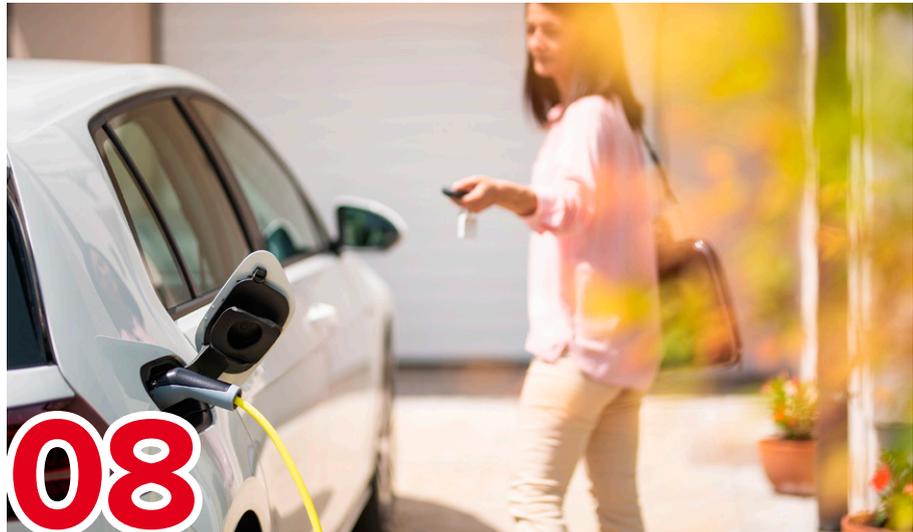
Editor: Paulo Martins

Jornalista Responsável:

Marcos Orsolon
(MTB nº 27.231)

Produção Visual e Gráfica
Estúdio AM

03 EDITORIAL



VEÍCULOS ELÉTRICOS

Os projetistas de instalações elétricas e os instaladores devem ficar atentos a uma nova norma técnica envolvendo a área de veículos elétricos e que está em fase final de elaboração. Trata-se da ABNT NBR 17019 - Instalações elétricas de baixa tensão — Requisitos para instalações em locais especiais — Alimentação de veículos elétricos. Na opinião dos especialistas da área elétrica, a nova norma tende a contribuir para a segurança das pessoas e do patrimônio contra eventos como choques, sobrecargas e incêndios.



ENTREVISTA

A cidade de Nova Lima-MG receberá um parque industrial que produzirá itens como células de baterias de lítio, veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia. A responsável pelo empreendimento é a Bravo Motor Company. Eduardo Javier Muñoz, CEO da Bravo Motor Company, informa como está o processo de implantação do empreendimento.



MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

O especialista José Raposo Barbosa descreve a metodologia, os benefícios, as comparações com outros tipos de medições e os resultados operacionais do sistema de medição contínua de temperatura do aço líquido no distribuidor da máquina de lingotamento contínuo na Usiminas.



Foto: Shutterstock

VEÍCULOS ELÉTRICOS

Nesta edição da Revista ABEE-MG trazemos duas matérias envolvendo os veículos elétricos, que estão ganhando cada vez mais espaço no mundo todo, inclusive no Brasil.

A primeira reportagem chama atenção dos especialistas da área elétrica para uma nova norma técnica que está em fase final de elaboração. Trata-se da ABNT NBR 17019 - Instalações elétricas de baixa tensão — Requisitos para instalações em locais especiais — Alimentação de veículos elétricos.

A expectativa é de que a publicação da nova norma aconteça até o final do primeiro semestre.

Na opinião do engenheiro eletricista e professor Hilton Moreno, a nova norma tende a contribuir para a segurança das pessoas e do patrimônio contra eventos como choques, sobrecargas e incêndios.

O segundo assunto envolvendo o universo dos veículos elétricos trata-se da entrevista com Eduardo Javier Muñoz, CEO da Bravo Motor Company. A empresa anunciou que irá construir um complexo industrial na cidade de Nova Lima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, para a fabricação de itens como células de baterias de lítio, veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia.

O investimento no empreendimento deverá girar na casa dos bilhões de dólares, e a perspectiva é de criação de milhares de empregos.

Na entrevista, Eduardo Javier Muñoz conta como está o processo de implantação do parque industrial e dá detalhes sobre os motivos que levaram à escolha da cidade e do País para receber o investimento.

Completando a revista trazemos um texto de autoria do especialista José Raposo Barbosa, sobre um trabalho desenvolvido na Usiminas. O artigo é intitulado “Medição Contínua de

Temperatura do Aço Líquido no Distribuidor Utilizando Pirômetro Infravermelho”.

Boa leitura!



Bravo Motor Company se instala em MG

PLAYER INTERNACIONAL IRÁ IMPLANTAR
COMPLEXO PRÓXIMO À CAPITAL BELO HORIZONTE

ENTREVISTA A PAULO MARTINS

A cidade de Nova Lima, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, receberá um parque industrial que produzirá itens como células de baterias de lítio, veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energia. A responsável pelo empreendimento é a Bravo Motor Company. O investimento será na casa dos bilhões de dólares, com perspectiva de criação de milhares de empregos.

Nesta entrevista, Eduardo Javier Muñoz, CEO da Bravo Motor Company, informa como está o processo de implantação do empreendimento e dá detalhes sobre os motivos que levaram à escolha da cidade e do País para o complexo, que deverá atrair outras empresas correlatas.

REVISTA ABEE-MG - EM QUE FASE ESTÁ ATUALMENTE O PROJETO PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FÁBRICA DA BRAVO MOTOR COMPANY EM NOVA LIMA?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - O projeto está em fase de implantação, foram identificados os terrenos necessários, estamos finalizando os devidos processos para obtenção da propriedade dos mesmos, está sendo elaborada a apresentação da solicitação de Licenciamento e o projeto arquitetônico está bem avançado. Em paralelo, está sendo trabalhada a estruturação da cadeia de fornecimento tanto de materiais como de equipamentos de produção. Também nos encontramos em conversações com grupos e indivíduos interessados em participar como acionistas, além de serem aliados estratégicos da empresa.

REVISTA ABEE-MG - QUAIS SERÃO AS PRÓXIMAS ETAPAS DESSE PROCESSO?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - Fechar os acordos para incorporar os terrenos, solicitar e obter o Licenciamento Ambiental e iniciar a construção da

Foto: Divulgação



EDUARDO JAVIER MUÑOZ



unidade fabril. Também serão desenvolvidos pilotos de homologação de veículos e de alguns produtos que servirão para fechar contratos de venda que darão mais respaldo ao projeto.

REVISTA ABEE-MG - QUAL A PREVISÃO DE INÍCIO DA PRODUÇÃO?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - Alguns produtos devem sair das nossas instalações ainda esse ano, mesmo que tenhamos que iniciar operações em algum local já construído enquanto é construída a planta. O projeto final da fase 1 levará mais de 24 meses para entrar em operações, desde o início da construção.

REVISTA ABEE-MG - QUAIS PRODUTOS SERÃO FABRICADOS NA UNIDADE?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - A BMC produzirá células de baterias de lítio, veículos elétricos de uso profissional (táxi, vans e ônibus e suas versões para delivery de mercadorias) e sistemas de armazenamento de energia para domicílios, comércios, indústrias e assistência à rede elétrica. Mas o Cluster atrai outras indústrias que vão fabricar sistemas de carregamento elétrico sem fio, motores, peças para pack de baterias, etc.

REVISTA ABEE-MG - QUE TIPO DE PÚBLICO A BRAVO PRETENDE ATINGIR COM SEUS PRODUTOS?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - A Bravo Motor Company tem potenciais clientes como operadores de linhas de ônibus, taxistas, frotas corporativas e de governo, etc. Mas o usuário final é para quem fazemos os nossos produtos com muito amor e dedicação. Temos como desafio lograr que as pessoas desfrutem e procurem se locomover nos nossos veículos e que aqueles que precisam movimentar mercadorias encontrem nas nossas frotas eficiência e menores custos.

REVISTA ABEE-MG - QUAL SERÁ O VOLUME DE PRODUÇÃO INICIAL DA FÁBRICA?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - A primeira fase contempla chegar nos 22.500 veículos e 35 GWh de baterias anuais, mas a expectativa é que nas Fases 2 e 3 tenhamos um aumento significativo da produção.



Foto: Shutterstock



REVISTA ABEE-MG - OS PRODUTOS SERÃO EXPORTADOS? PARA QUAIS PAÍSES?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - Os produtos e a Planta em Nova Lima nascem com uma vocação internacional, o mercado alvo principal é a América Latina, Meio Oriente e África, mas alguns produtos devem ser exportados a outros mercados como Estados Unidos e a União Europeia como precursores de investimentos nesses mercados.

REVISTA ABEE-MG - QUAIS SÃO AS EXPECTATIVAS DA EMPRESA EM RELAÇÃO À SUA ATUAÇÃO NO MERCADO BRASILEIRO?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - O mercado brasileiro é muito importante e de um potencial significativo. Por exemplo, no Brasil existem 390.000 ônibus oficiais... nos Estados Unidos apenas 60.000.

REVISTA ABEE-MG - COMO FOI O PROCESSO DE ESCOLHA DO LOCAL PARA CONSTRUÇÃO DA FÁBRICA?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - Precisávamos de um local estrategicamente localizado a respeito das matérias-primas e polo de fornecedores, um Governo Federal, Estadual e Municipal que sejam preocupados com a geração de emprego e renda apoiada no investimento privado e que exista um compromisso com a descarbonização e avanços tecnológicos. Olhando para o mapa do mundo, existia grande quantidade de projetos importantes tanto na Ásia, na Europa e nos Estados Unidos... mas na América Latina nada, sendo que todos os minérios necessários estão aqui, especialmente no Brasil. Encontramos no Governo Federal a APEX, grande apoiador que articulou o relacionamento com os Ministérios, o INDI em Minas Gerais, onde além do INDI e as Secretarias existe uma equipe de atração de investimento liderada pelo vice-governador Paulo Brant, um governador de grande visão como Romeu Zema, quem tem se colocado a nossa disposição... para fechar o círculo virtuoso, o Governo Municipal de Nova Lima, com um prefeito de uma visão moderna e que com a sua equipe trabalha constantemente para transformar Nova Lima em pioneira das novas tecnologias e diversificar a economia, melhorando os empregos, o transporte, a educação e a saúde. Não ficou muito difícil para nós a escolha, e esse último ano e pouco de trabalho tem confirmado que a escolha não podia ser mais certa. Não poderia fechar essa questão sem destacar as Universidades e escolas de negócios de Minas Gerais, como UEMG, UFMG e Fundação Dom Cabral, entidades de classe como o CREA-MG ou a FIEMG, com os quais desenvolvemos um relacionamento ímpar e temos só que agradecer pela parceria, o carinho e o compromisso com o desenvolvimento do Estado e do nosso projeto.

REVISTA ABEE-MG - QUAL É O VALOR DO INVESTIMENTO PREVISTO NO PROJETO?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - Muito tem se falado sobre o montante a ser investido, como se fosse a cair do céu e acho mais importante focarmos na execução das etapas necessárias para chegarmos nos grandes números. O investimento necessário para a realização do que estamos fazendo é de bilhões de dólares, mas isso é uma consequência do trabalho e o crescimento orgânico do projeto, devemos pavimentar a pista de pouso para receber esses investimentos de uma forma sólida e duradoura, assim como temos feito até hoje, e seguiremos amanhã, estamos certos do rumo e do sucesso.

Foto: Divulgação

**EDUARDO JAVIER MUÑOZ**



O investimento necessário para a realização do que estamos fazendo é de bilhões de dólares, mas isso é uma consequência do trabalho e do crescimento orgânico do projeto.

REVISTA ABEE-MG - QUANTOS EMPREGOS DIRETOS E INDIRETOS SERÃO CRIADOS?

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - Serão criados milhares de empregos, se formos bem-sucedidos, dezenas de milhares, gerados não só por nós, mas pelos parceiros que nos acompanharão no Cluster. Esses empregos precisarão de formação e de pessoas capacitadas em áreas específicas, como produção de baterias de lítio, de veículos elétricos, técnicos eletricitistas, programadores, pessoal de manutenção, marketing... temos muitos empregos para dar, mas também muito trabalho para formar pessoas em conjunto com os governos e entidades empresariais.

REVISTA ABEE-MG - FAÇA UM BREVE HISTÓRICO DA BRAVO MOTOR COMPANY.

EDUARDO JAVIER MUÑOZ - A Bravo Motor Company é uma empresa Californiana, desde 2012, o grupo fundador teve uma etapa prévia de 4 anos na Argentina. Após ser selecionada pelo programa Select USA do departamento de Comércio do Governo Federal dos Estados Unidos, recebeu o apoio do Go-Biz (Escritório do Governo da Califórnia para o desenvolvimento de negócios e da Economia) e finalmente incubada na Universidade da Califórnia. Desde então, tem desenvolvido estratégias e produtos para descarbonização das cidades, focando na eliminação de emissões produto dos setores da Energia e a Mobilidade. Integrante, por meio da sua Fundação EVShare, do grupo liderado por The Energy Coalition para el desarrollo de la primera Comunidad de Energía Avanzada, subsidiada por la California Energy Commission. A Bravo Motor Company lidera a integração de tecnologias de ponta na mais moderna e efetiva proposta de descarbonização, impactando o setor da energia e a mobilidade, por meio de veículos elétricos, compartilhados, conectados (algum dia autônomos) e sistemas de armazenamento de energia. ●

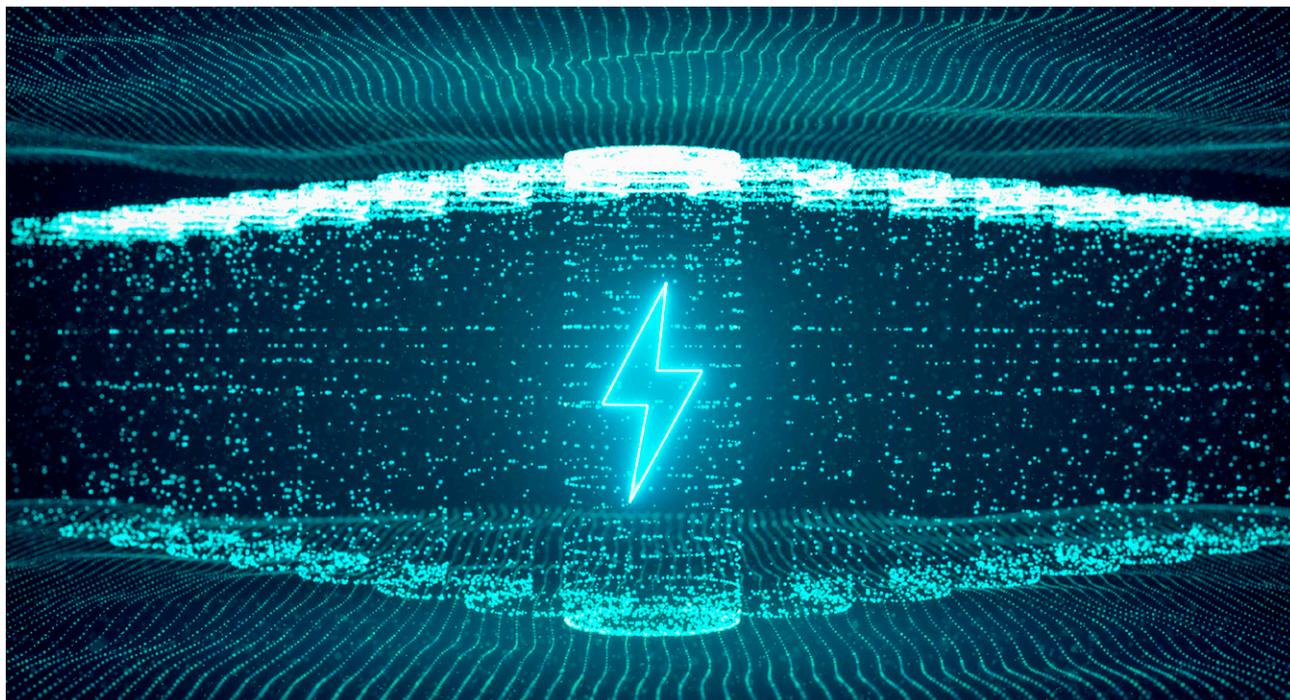


Foto: Shutterstock



Nova norma regulamenta alimentação de veículos elétricos

ABNT NBR 17019 ESTÁ EM FASE FINAL DE ELABORAÇÃO, PODENDO SER PUBLICADA ATÉ O FINAL DO PRIMEIRO SEMESTRE.



Os projetistas de instalações elétricas e os instaladores devem ficar atentos a uma nova norma técnica envolvendo a área de veículos elétricos e que está em fase final de elaboração. Trata-se da ABNT NBR 17019 - Instalações elétricas de baixa tensão — Requisitos para instalações em locais especiais — Alimentação de veículos elétricos.

A última etapa do processo de elaboração da nova norma consiste na análise dos comentários recebidos durante a consulta nacional. Essa análise deve ocorrer entre os meses de março e abril e após a consolidação do texto final o mesmo será enviado à ABNT para publicação - que deve ocorrer até o final do primeiro semestre.

De acordo com o engenheiro eletricista e professor Hilton Moreno, que coordena o Grupo de Trabalho Locais Especiais da Comissão de Estudos de Instalações Elétricas de Baixa tensão (CE-003:064.001) do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003), a nova norma tende a contribuir para a segurança das pessoas e do patrimônio contra eventos como choques, sobrecargas e incêndios.



Sobre a necessidade de escrever uma nova norma, pelo que a instalação elétrica irá alimentar - um sistema de recarga de veículo elétrico - começam a aparecer particularidades que não são cobertas pela norma ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

A ABNT NBR 17019 especifica os requisitos para a instalação elétrica fixa destinada a fornecer energia elétrica aos veículos elétricos e/ou a receber energia elétrica a partir dos veículos elétricos. Instalação elétrica fixa é o conjunto de componentes elétricos associados e com características coordenadas entre si, constituído para uma finalidade determinada, projetado para ser instalado permanentemente em um local determinado.

Por sua vez, os requisitos relativos aos sistemas de alimentação para veículos elétricos (SAVE) para a recarga condutiva e os modos de recarga apropriados são descritos nas séries ABNT NBR IEC 61851 e ABNT NBR IEC 62196. Os requisitos relativos ao sistema de alimentação para veículos elétricos (SAVE) para a transferência de energia sem fio são descritos na série IEC 61980. A nova norma não abrange a avaliação de risco de explosão devido à possível produção de hidrogênio ou de outros gases inflamáveis durante a recarga da bateria.

Hilton Moreno destaca que a ABNT NBR 17019 vem para sedimentar definições e terminologias, de modo que todos 'falem a mesma língua' no mercado. Como as tecnologias de recarga de veículos elétricos surgiram no mercado antes de existir a respectiva normalização técnica, é natural que as pessoas usem termos diferentes para designar o mesmo produto ou componente, em função do país de origem da tecnologia, o que produz uma certa confusão nos momentos de especificar e adquirir tais produtos, afirma Hilton.

O item 3.104, por exemplo, define que "Ponto de conexão" para veículo elétrico é o ponto de acoplamento com a instalação elétrica fixa onde a energia elétrica é transferida de ou para um veículo elétrico (ver Figura A.5). São exemplos de pontos de conexão: tomada de corrente, dispositivo de transferência de energia sem fio, tomada móvel para VE.

Já segundo o item 3.105, Sistema de alimentação para VE - SAVE - é o equipamento ou conjunto de equipamentos que asseguram as funções dedicadas à alimentação de energia elétrica até um VE, para fins de recarga, a partir de uma instalação elétrica fixa ou de um outro tipo de rede de alimentação

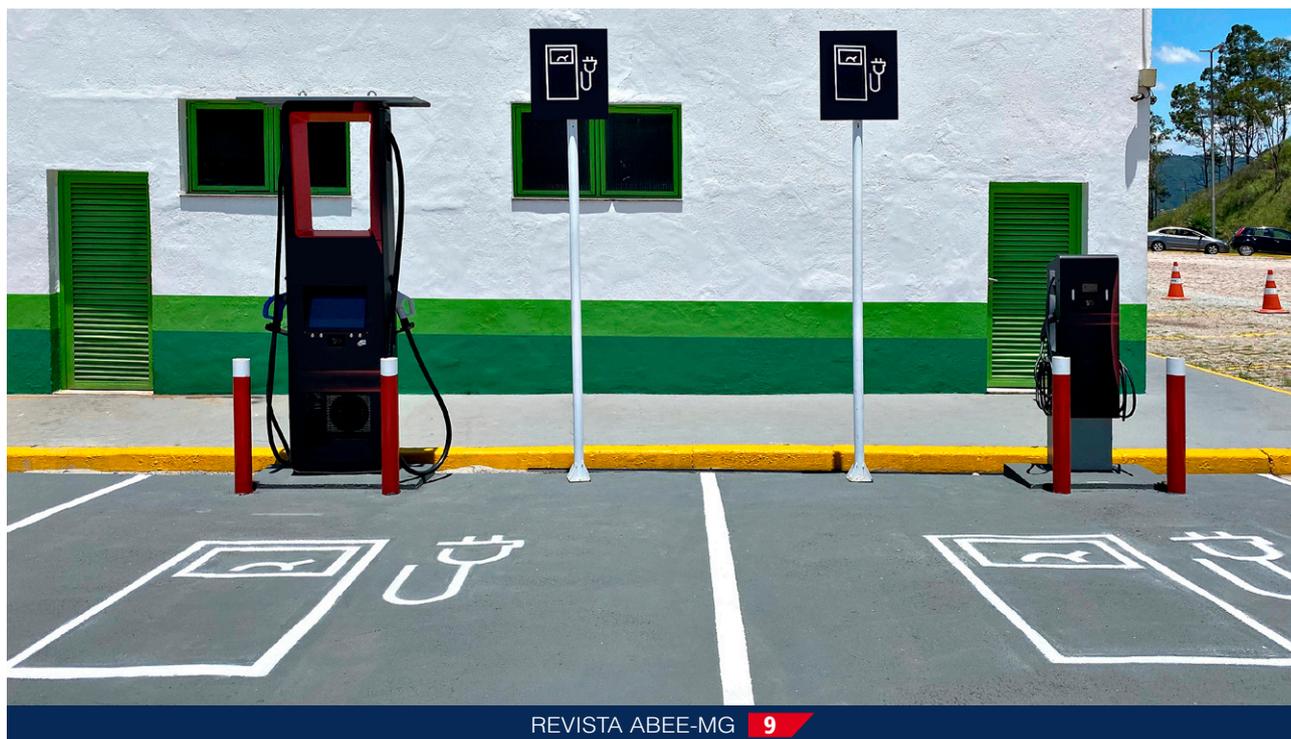


Foto: Shutterstock

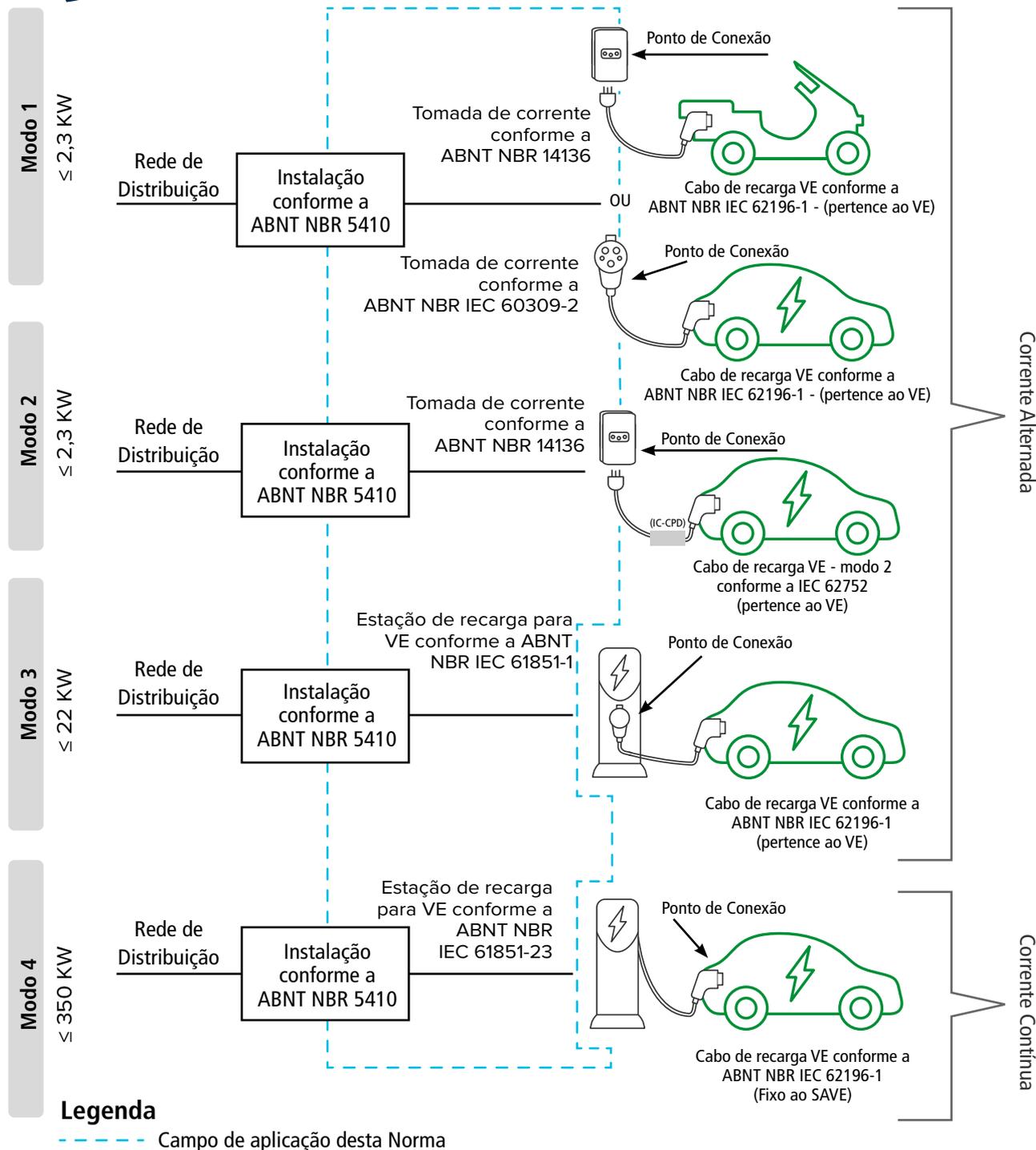


Figura A.5 - Campo de aplicação desta Norma ao integrar um SAVE à instalação elétrica fixa

Destaques da norma

No capítulo **5.1 Proteção contra choques elétricos**, o item **5.1.1.3 Proteção adicional** determina a substituição do texto de 5.1.1.3 da ABNT NBR 5410 pelo seguinte: Cada ponto de conexão em corrente alternada deve ser protegido individualmente por um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual,



com corrente diferencial-residual nominal $I\Delta n$ igual ou inferior a 30 mA. Este requisito implica que este dispositivo diferencial-residual não seja utilizado para a proteção de outros pontos de conexão ou de outros equipamentos de utilização. Este dispositivo DR pode estar instalado no quadro de distribuição da instalação elétrica fixa e/ou no sistema de recarga para VE.

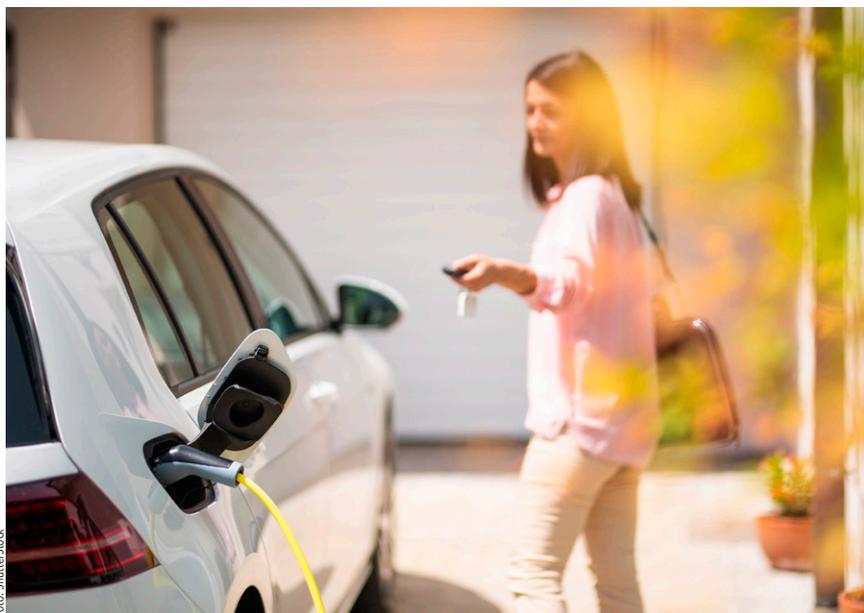
No capítulo **6.3 Dispositivos de proteção, seccionamento e comando**, o item 6.3.3.2 **Dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual (dispositivos DR)** determina adicionar:

- ▶ **6.3.3.2.101** Os dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual que protegem cada ponto de conexão em corrente alternada, para os modos de recarga 1 e 2, de acordo com 5.1.1.3, devem ter uma corrente diferencial-residual nominal $I\Delta n$ igual ou inferior a 30 mA, e devem atender no mínimo aos requisitos dos dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual do tipo A. Não é permitida a utilização de dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual do tipo AC.
- ▶ **6.3.3.2.102** No caso em que a estação de recarga para VE, para o modo 3 de recarga, for equipada com uma tomada fixa ou tomada móvel para VE de acordo com a série ABNT NBR IEC 62196, as medidas de proteção contra a corrente de falta em corrente contínua indicadas a seguir devem ser atendidas, exceto quando forem asseguradas pela própria estação de recarga para VE:
 - a) utilização de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual do tipo B; ou
 - b) utilização de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual do tipo A em conjunto com um dispositivo de detecção de corrente diferencial-residual contínua, de acordo com a IEC 62955; ou
 - c) utilização de um dispositivo de proteção à corrente diferencial-residual do tipo F em conjunto com um dispositivo de detecção de corrente diferencial-residual contínua, de acordo com a IEC 62955.

Os dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual devem ser de acordo com uma das seguintes normas: ABNT NBR NM 61008-1, IEC 61009-1, ABNT NBR IEC 60947-2 ou ABNT NBR IEC 62423.

As subseções 6.3.3.2.101 e 6.3.3.2.102 não são aplicáveis no caso em que o ponto de conexão for protegido contra choques elétricos pela medida de proteção SELV ou por separação elétrica.

Hilton Moreno destaca que, com a publicação da norma ABNT NBR 17019 haverá a introdução mais explícita no mercado brasileiro dos dispositivos DR dos tipos B e F, pouco conhecidos e utilizados até agora. Segundo o professor, o DR tipo B é responsável por detectar correntes residuais alternadas, contínuas pulsantes e contínuas puras, presentes em sistemas de carregamento de VE. O DR tipo F, por sua vez, oferece proteção contra choque elétrico na presença de cargas elétricas que possuem conversores de frequência em redes monofásicas em corrente alternada, sendo que sua característica de disparo está situada entre o Tipo A e o Tipo B. Ainda segundo Hilton Moreno, a nova norma apresenta para o mercado brasileiro o dispositivo de detecção de corrente diferencial-residual contínua, conforme a IEC 62955, que detecta correntes de fuga, porém não possui o dispositivo de atuação.





O item **6.5.101 Tomadas de corrente e tomadas móveis para VE** traz os seguintes textos:

- ▶ **6.5.101.1** No caso em que o ponto de conexão seja uma tomada de corrente ou uma tomada móvel para VE, ela deve ser de acordo com:
 - a) a ABNT NBR IEC 60309-1 ou ABNT NBR IEC 62196-1, onde a intercambiabilidade não é requerida, ou
 - b) a ABNT NBR IEC 60309-2, ABNT NBR IEC 62196-2, IEC 62196-3 ou IEC TS 62196-4, onde a intercambiabilidade é requerida, ou
 - c) a ABNT NBR 14136, onde este padrão é requerido pelo fornecedor do veículo elétrico.
- ▶ **6.5.101.2** Cada tomada de corrente deve ter um contato de terra conectado ao condutor de proteção (PE), com exceção dos casos em que uma separação elétrica seja utilizada.
- ▶ **6.5.101.3** Cada tomada de corrente ou tomada móvel para VE deve estar localizada a uma distância compatível com o comprimento do cabo de recarga para o veículo elétrico.
- ▶ **6.5.101.4** Uma tomada de corrente ou uma tomada móvel para VE deve alimentar somente um veículo elétrico por vez.
- ▶ **6.5.101.4.1** Não é permitida a utilização de extensões elétricas e de adaptadores múltiplos. Conforme é enfatizado nestes itens, a nova norma se preocupa muito com o padrão de tomada de corrente a ser utilizado no ponto de conexão, além de prescrever medidas que impeçam o uso de emendas em condutores, extensões e adaptadores, como benjamins.

O item **6.5.103 Fontes de reserva** traz o seguinte texto:

- ▶ **6.5.103.1** O veículo elétrico pode ser utilizado como fonte de reserva.

A definição de fonte de reserva de acordo com a ABNT NBR 5410 é a seguinte: alimentação ou fonte que substitui ou complementa a fonte normal.

Para a utilização do veículo elétrico como fonte de reserva recomenda-se que seja consultado o fornecedor do veículo elétrico. A utilização do veículo elétrico como fonte de reserva não dispensa o atendimento aos regulamentos de órgãos públicos, autoridades reguladoras e empresas distribuidoras de eletricidade.

Conforme explica Hilton Moreno, é possível, desde que o fabricante do veículo elétrico e a concessionária de energia permitam, que o veículo elétrico alimente a instalação elétrica, como se fosse um gerador de emergência. “Acabou a luz em casa, eu ligo o carro na tomada e quem vai dar energia elétrica para a casa funcionar é o carro. É uma instalação de mão dupla. Isso é diferente do mundo normal da ABNT NBR 5410, onde a instalação é que sempre alimenta a carga”, comenta Hilton. ●



Ilustração: Shutterstock



Foto: Shutterstock

Medição Contínua de Temperatura do Aço Líquido no Distribuidor Utilizando Pirômetro Infravermelho ⁽¹⁾

Resumo

O presente trabalho, desenvolvido na Usiminas, descreve a metodologia, os benefícios, as comparações com outros tipos de medições e os resultados operacionais do sistema de medição contínua de temperatura do aço líquido no distribuidor da máquina de lingotamento contínuo nº 4 da Aciaria nº 1.

A medição de temperatura utiliza um manipulador mecânico, uma cerâmica de alumina como corpo negro, um pirômetro de fibra óptica e um dispositivo de refrigeração e proteção do sensor. Foram utilizados

(1) Contribuição Técnica à ABEE.



métodos comparativos através de medição com termopar do tipo “S” e a experiência operacional para a implementação da nova medição.

O processo de medição contínua de temperatura levou à redução dos custos operacionais, da exposição térmica do operador de plataforma, dos riscos de acidentes pessoais e operacionais e mostra a tendência da variação da temperatura do processo ao longo do tempo.

1. Introdução

As indústrias siderúrgicas têm conseguido notável progresso nas últimas décadas, na melhoria da qualidade dos seus produtos, aumento da produtividade, melhoria no controle ambiental, redução dos custos operacionais e aumento da segurança pessoal e operacional. Isso tem incentivado de maneira significativa a busca por processos inovadores de produção, desenvolvimento de equipamentos no controle dos processos e medição de seus parâmetros.

No processo de solidificação do aço no lingotamento contínuo, são utilizados basicamente dois tipos de sensores para a medição de temperatura do metal líquido no distribuidor. A maioria das siderúrgicas utiliza termopares de platina do tipo “S”¹ (10%PtRh e Pt), montados em pontas descartáveis, para medições eventuais. Uma minoria, devido ao alto custo, utiliza no processo de monitoramento contínuo, termopares de platina do tipo “B”² (94%Pt/6%Rh e 70%Pt/30%Rh), em montagens especiais devidamente protegidos. Esses tipos de medições apresentam índice elevado de manutenção, erros consideráveis na medição, alto custo e riscos de acidentes pessoal e operacional.

Visando minimizar os problemas citados, foi avaliada dentre outros métodos, a aplicação de pirômetro óptico que se mostrou bastante adequada³.

Foram utilizados métodos comparativos e a experiência operacional para a implementação e validação da nova medição.

2. Princípio de Medição dos Pirômetros Ópticos

A radiação infravermelha faz parte do espectro eletromagnético, e inclui vários tipos de ondas como rádio, microondas, luz visível, luz ultravioleta, raios gama e raios X. A faixa infravermelha está entre a porção visível do espectro e as ondas de rádio. Os comprimentos de ondas infravermelhas são geralmente expressos em micron (μm), com o espectro se estendendo de 0,7 a 1000 micra. Somente a faixa de 0,7 a 18 micra é usada para a medição de temperatura.

A intensidade da energia infravermelha emitida de um objeto aumenta ou diminui em razão da sua temperatura. Emissividade é o termo utilizado para determinar as características de emissão de energia de diferentes materiais e superfícies.

Um pirômetro óptico de duas cores ou de razão⁴, detecta a energia infravermelha de um objeto e focaliza a energia em dois sensores fotossensíveis, incorporados em uma única pastilha de silício. Os detetores convertem a energia infravermelha num sinal elétrico, que é convertido dentro de um valor de temperatura baseado na equação de calibração do medidor e na configuração da inclinação da curva de saída de temperatura (*slope*). Esse valor de temperatura pode ser exibido no medidor, saindo como sinal elétrico (4 a 20 mA) e exibido no computador.



Quando o alvo é muito pequeno ou quando outras partículas interferem no sinal de medição, como fumaça, vapor e poeira, um pirômetro de duas cores ou de razão é mais efetivo.

Os pirômetros ópticos, onde a cabeça está separada dos medidores eletrônicos com um cabo de fibra óptica, são aplicados em locais onde há campos eletromagnéticos ou em outros ambientes desfavoráveis.

A equação 1 a seguir, é a função matemática de saída do pirômetro de fibra óptica de duas cores.

$$T = (E_{\lambda 1} * \lambda_1 * \epsilon_{\lambda 1} * X_1\%) / (E_{\lambda 2} * \lambda_2 * \epsilon_{\lambda 2} * X_2\%) \quad (1)$$

Sendo:

T: temperatura (°C),

$\epsilon_{\lambda 1} = \epsilon_{\lambda 2}$: emissividades do tubo cerâmico relativa aos λ_1 e λ_2 ;

λ_1 : comprimento de onda da medição do sensor 1 (μm);

λ_2 : comprimento de onda da medição do sensor 2 (μm);

$E_{\lambda 1}$: radiação relativa ao λ_1 ;

$E_{\lambda 2}$: radiação relativa ao λ_2 ;

$X_1\% = X_2\%$: percentual de obstrução (%).

Em pirômetro de duas cores ou de razão, como é mostrado na equação 1, o percentual da relação da obstrução ($X_1\% / X_2\%$) é constante e igual a 1. As emissividades relativas ($\epsilon_{\lambda 1}$ e $\epsilon_{\lambda 2}$) são iguais, pois o ponto de leitura é único, então a relação $\epsilon_{\lambda 1} / \epsilon_{\lambda 2}$ é também constante e igual a 1. Desta forma, a função matemática final de saída do pirômetro de fibra óptica de duas cores, é dada pela equação 2.

$$T = E_{\lambda 1} * \lambda_1 / E_{\lambda 2} * \lambda_2 \quad (2)$$

O resultado da equação 2, depende apenas dos valores dos comprimentos de ondas gerados no interior da cerâmica (λ_1 e λ_2) e das radiações relativas ($E_{\lambda 1}$ e $E_{\lambda 2}$).

3. Descrição do Sistema de Medição com Pirômetro Óptico

Para a utilização do pirômetro óptico na medição contínua da temperatura do aço líquido no distribuidor, a Usiminas desenvolveu um dispositivo que permitiu o uso dessa tecnologia, originando a patente no Brasil e no exterior de nº PI-0502779-9 de 09 de junho de 2005.

O sistema de medição contínua utiliza um pirômetro de razão com fibra óptica, um conversor óptico/elétrico (4 a 20 mA), uma cerâmica de alumina grafitada como corpo negro e uma caixa com refrigeração protegendo a cabeça óptica. A fibra óptica é o meio de transmissão da energia infravermelha emitida no interior da cerâmica, sendo que essa radiação é proporcional à temperatura do processo.



A cerâmica, composta de alumina grafitada e prensada, possui a capacidade de promover uma alta condutividade térmica e luminosa. Para permitir a medição da temperatura do processo, a cerâmica possui um furo longitudinal com uma das extremidades fechada, onde o pirômetro está focado para fazer a leitura. A cabeça óptica está devidamente alinhada dentro da cerâmica de forma a garantir uma leitura precisa, sem as interferências da parede interna da mesma.

O processo de medição consiste basicamente em mergulhar a cerâmica e aquecê-la à temperatura do aço líquido. O pirômetro óptico faz a leitura da radiação instantânea, processa e envia para o sistema de registro e indicação. O tempo inicial necessário para estabilizar a medição é de aproximadamente 6 a 10 minutos.

A vida útil desse tubo cerâmico depende das características do aço em processo. Em média, a cerâmica dura 24h de operação, podendo atingir um tempo maior. Na figura 1 é apresentado o desenho do dispositivo.

O pirômetro óptico foi montado de forma a não sofrer nenhum dano no momento da troca da cerâmica e da limpeza da lente do sensor⁵, gerando baixo custo operacional e de manutenção.

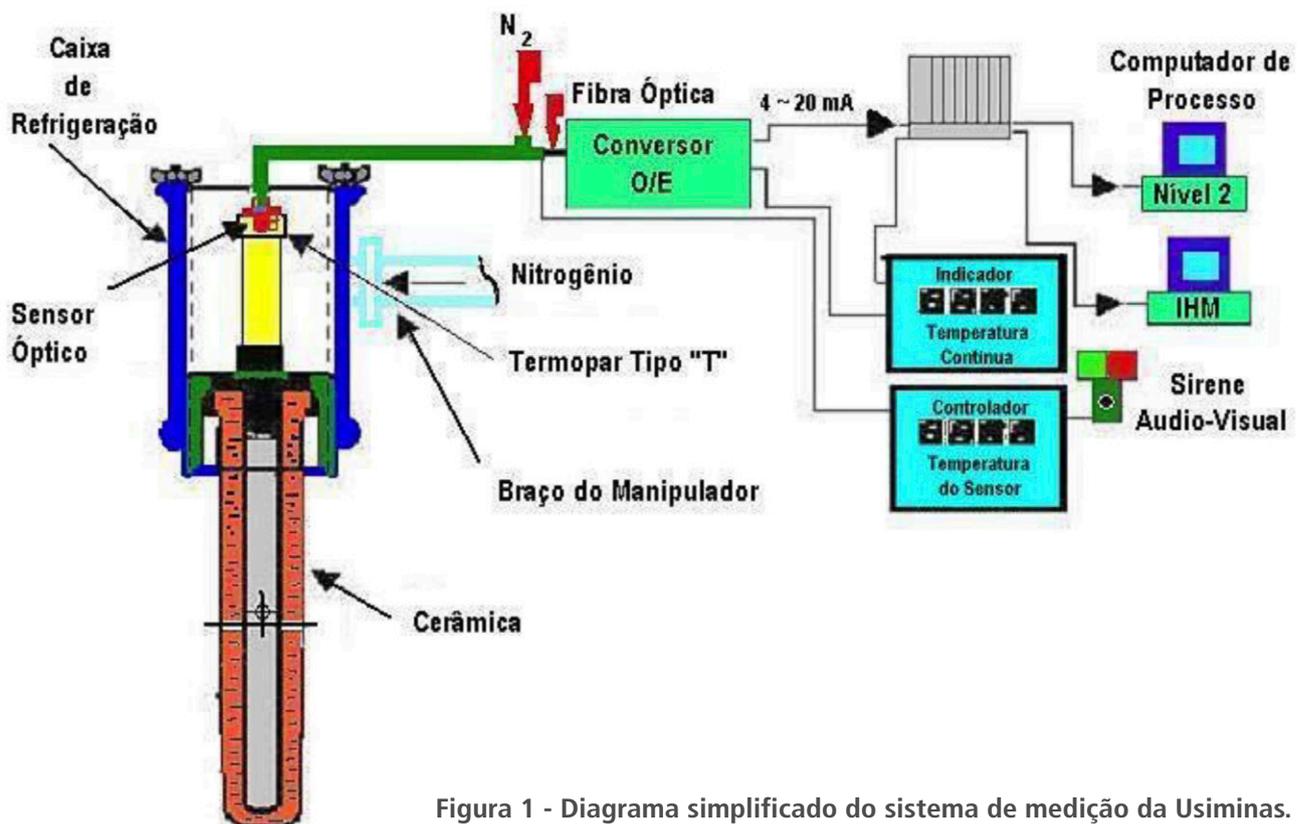


Figura 1 - Diagrama simplificado do sistema de medição da Usiminas.

Através de simulações diretas, realizando-se medições com sensores descartáveis, termopares do tipo "S", foi possível ajustar o tempo de resposta da medição de temperatura do processo, alterando a inclinação da curva de medição (*slope*) e ajustando o filtro de saída.

Nesse sistema é necessário substituir o tubo cerâmico e fazer a limpeza na lente a cada 24h de operação. A atividade de substituição e limpeza da lente é realizada pela operação. A calibração do pirômetro óptico⁶ é realizada a cada 12 meses, sendo que até o presente momento não foi verificado nenhum desvio da calibração durante esse intervalo de tempo.



4. Variáveis Importantes no Desenvolvimento do Projeto

No decorrer desse desenvolvimento, surgiram várias interferências, tais como:

- especificar um pirômetro óptico adequado à aplicação;
- alta temperatura na cabeça óptica do sensor infravermelho, superior a 200°C;
- monitorar a temperatura na região onde a cabeça óptica está instalada;
- projetar e desenvolver um dispositivo mecânico para instalação e proteção da cabeça óptica;
- tornar a aplicação adequada à operação, garantindo a substituição da cerâmica de forma fácil, rápida e segura;
- estabelecer o diâmetro interno e comprimento do tubo de aço inox para fixar a cabeça óptica;
- manter a fixação e alinhamento da cabeça óptica no tubo de aço inox;
- projetar um novo tubo cerâmico com as dimensões adequadas à necessidade do processo, minimizando os efeitos do alinhamento do conjunto mecânico entre o pirômetro óptico e a cerâmica;
- definir a vazão e pressão do gás de refrigeração para a fibra e a cabeça óptica sem comprometer a medição;
- definir a distância entre cabeça óptica e o fundo da cerâmica;
- minimizar a interferência na medição durante a variação do nível de aço líquido no distribuidor, durante a troca da panela, principalmente em baixa tonelagem;
- ajustar o tempo de resposta, isto é, a sensibilidade da medição e o fator de correção da inclinação da curva (*slope*).

Com o objetivo de solucionar essas interferências e viabilizar a aplicação do sensor, foi desenvolvido um sistema utilizando nitrogênio para refrigeração interna da unidade eletrônica, da fibra óptica e da cabeça sensora, minimizando os efeitos da alta temperatura que estão submetidos (>200°C). A caixa de proteção garante o alinhamento da cabeça óptica e do tubo cerâmico e elimina os efeitos dos impactos operacionais, tais como o manuseio durante a substituição da cerâmica, limpeza da lente e choques mecânicos. Para monitorar a temperatura interna, foi instalado um termopar do tipo “T” (0 a 400°C) junto à cabeça sensora, ligado a um controlador digital responsável por gerar alarmes sonoros e visuais quando a temperatura ultrapassa um limite previamente estabelecido.

5. Fatores que Influenciam na Medição

- sujeira na lente;
- formação de sílica, gerada pelo processo, no interior do tubo cerâmico;
- nível de aço no distribuidor abaixo de 18 toneladas;
- alinhamento da cabeça óptica com o tubo cerâmico;
- fumaça, vapor e poeira em excesso no interior do tubo cerâmico;
- volume de nitrogênio para refrigeração da cabeça sensora;
- distância entre o sensor óptico e o ponto de medição.



Através de simulações diretas, realizando-se medições com sensores descartáveis, termopares do tipo “S”, foi possível ajustar o tempo de resposta da medição de temperatura do processo, alterando a inclinação da curva de medição (*slope*) e ajustando o filtro de saída.

Nesse sistema é necessário substituir o tubo cerâmico e fazer a limpeza na lente a cada 24h de operação. A atividade de substituição e limpeza da lente é realizada pela operação. A calibração do pirômetro óptico⁶ é realizada a cada 12 meses, sendo que até o presente momento não foi verificado nenhum desvio da calibração durante esse intervalo de tempo.



Figura 2 - Interferência gerada no interior do tubo de medição durante a operação - Sílica

6. Principais Benefícios da Medição com Pirômetro Óptico

Deve-se destacar que nas malhas de medições que utilizam sensores de platina, como termopares tipo “S” ou “B”, cuja incerteza é superior a $\pm 8^{\circ}\text{C}$.

Na figura 3 é apresentado o dispositivo de medição após ser retirado do banho.

A incerteza dos pirômetros ópticos para a faixa de medição de 1400 a 1800°C é em média $\pm 0,36\%$ do valor medido. É um dispositivo de medição com baixo índice de manutenção se comparado com termopares.



Figura 3 - Vista geral do sistema de medição após ser retirado do banho.



Na figura 4 é apresentado o gráfico dos custos entre os diversos tipos de medição e fabricantes, para dois anos consecutivos de operação, nas quatro máquinas de lingotamento da Usiminas. Os dados incluem a aquisição de equipamentos e instalação, não considerando o desembolso com as atividades de manutenção.

O pirômetro óptico é mais econômico em relação aos outros tipos de medição, sendo que o custo do primeiro ano de utilização é maior em relação ao segundo em função da aquisição de equipamentos e materiais de consumo (cerâmica). O mesmo não ocorre para o segundo ano, pois o desembolso é apenas com a cerâmica.

Os custos para os demais tipos de medição de outros fabricantes utilizados nessa aplicação para o primeiro e segundo anos são iguais, por se tratarem de materiais de consumo constante (termopares, cabos de compensação e cerâmica).

Os dados de custos operacionais e de aquisição de equipamentos apresentados na figura 4, não levam em consideração as variações dos índices econômicos, tais como inflação e variação cambial.

O dispositivo desenvolvido pela Usiminas possui maior robustez pois foi protegido de tal maneira que fatores externos como altas temperaturas e interferência humana não degradem seu desempenho. A caixa de proteção evita que o sistema fique sujeito a danos durante sua operação e manutenção.

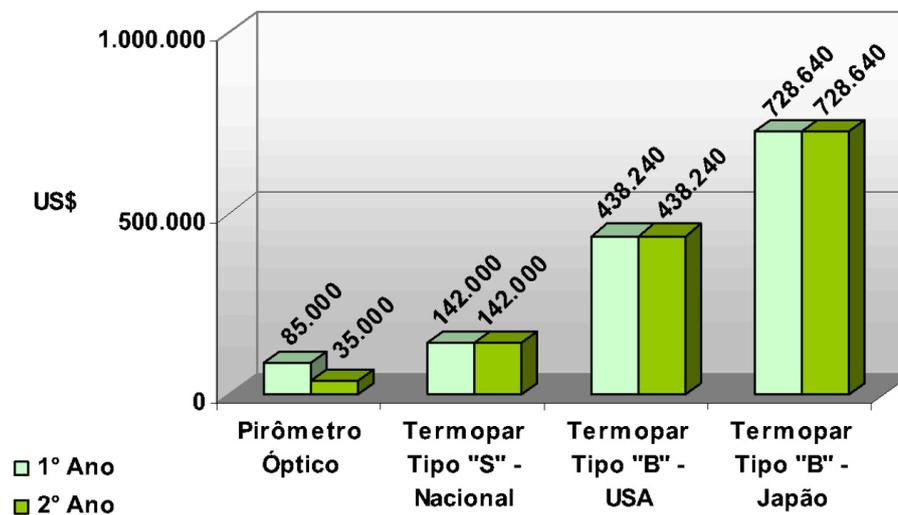


Figura 4 - Gráfico de custo entre os diversos tipos de medição.

Com a medição contínua é possível um acompanhamento das variações de temperatura do processo, reduzindo problemas operacionais como obstrução das válvulas longa e submersa e rompimento de pele.

Os gases gerados no interior do tubo cerâmico, em função da alta temperatura do processo, maior que 1500°C, provocam a oxidação dos termopares de medição contínua. O mesmo não ocorre com o pirômetro óptico.

Com o novo sistema reduziu-se a necessidade das tomadas sistemáticas de temperatura com lança de imersão manual durante o lingotamento, em média três medições por corrida, consequentemente reduziu-se o tempo de exposição do operador de plataforma à alta temperatura e aos riscos de acidentes, gerando maior conforto pessoal e disponibilidade operacional. A figura 5 apresenta o operador no momento da medição utilizando a lança de medição manual com sensor descartável, termopar tipo "S".



Nas aplicações da Usiminas, a vida média dos termopares do tipo “B”, para a medição contínua, foi de 150h de operação. Já a vida útil do pirômetro óptico, até o momento, ultrapassou 4 anos.

Na figura 5 é mostrada a medição temperatura do aço líquido no distribuidor durante a operação através do processo manual.



Figura 5 - Medição da temperatura do aço líquido no distribuidor com lança de medição manual.

7. Análise Gráfica

Na figura 6 é mostrada a temperatura do aço líquido no distribuidor durante a operação.

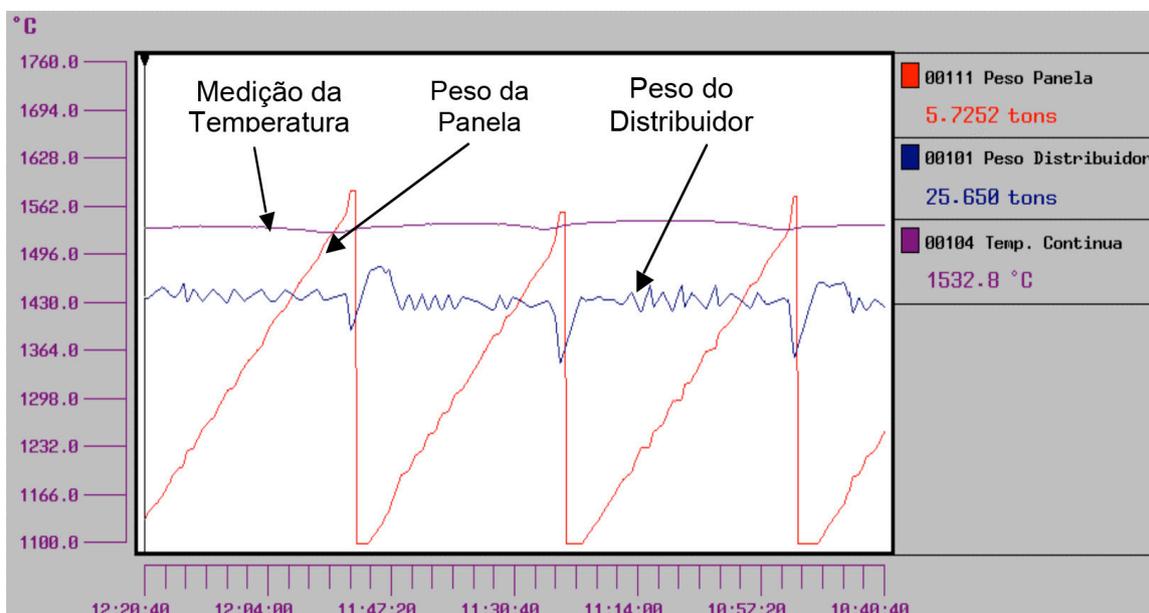


Figura 6 - Gráfico da medição contínua da temperatura do aço líquido.



Nesse gráfico visualiza-se a continuidade de medição da temperatura no aço líquido na troca da panela. Observa-se uma queda suave na temperatura durante a troca da panela abaixo de 18 toneladas. A ocorrência desse fato é devida ao baixo nível de aço no distribuidor, ficando a cerâmica total ou parcialmente fora do banho. Ao restabelecer o nível normal de operação no distribuidor (24 toneladas), a medição volta a se estabilizar. Os momentos de troca de painéis estão representados nos picos da linha “Peso da Panela” no qual seu valor é máximo e o peso no distribuidor é mínimo. O ganho está na continuidade da medição de temperatura durante essa troca que pode ser visualizada na constância da linha “Medição da Temperatura”. O tempo necessário para atingir esta estabilidade está em torno de 5 minutos.

8. Conclusão

Dentre todas as tecnologias de medição analisadas, a utilização do pirômetro de fibra óptica foi a que apresentou o menor custo operacional e o maior grau de confiabilidade.

Esse desenvolvimento, na Usiminas, foi pioneiro e utilizou uma tecnologia de medição de temperatura disponível no mercado.

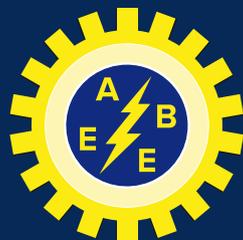
Adicionalmente ao uso do dispositivo com a tecnologia aplicada, é importante para uma medição confiável, desenvolver um projeto adequado ao ambiente de trabalho, minimizar as interferências geradas pelo processo, ajustar a medição com um padrão e escolher adequadamente o pirômetro óptico.

Enfim, trata-se de uma alternativa viável e atrativa levando-se em consideração os ganhos operacionais, segurança e a relação custo/benefício do projeto. ●

9. Referências Bibliográficas

1. ECIL. Catálogo de Pirometria, Cabos de Compensação e Sensores de Temperatura, São Paulo.
2. VESUVIUS. Manual do usuário do Sistema Accumetrix, p. 2-9, Brasil, 1994.
3. ASTM E639. Standard Test Method for Measuring Total Radiance Temperature of Heated Surfaces Using a Radiation Pyrometer, 2002.
4. RAYTEK. Marathon Series FR1 Operator's Manual, England, 2000.
5. LAND. Infrared Application Bulletin, p. 1-2, England, 1999.
6. ASTM E1256, Standard Test Methods for Radiation Thermometers, ASTM, 1995.

JOSÉ RAPOSO BARBOSA MEMBER OF ABEE



ABEE-MG

Associação Brasileira de Engenheiros Eletricistas
Departamento de Minas Gerais

Av. Álvares Cabral, 1.600 - 2º Andar - CEP 30170-001 | Belo Horizonte-MG | Tel: (31) 3299 8718
<https://abee-mg.com.br/>