

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA ALTERAÇÃO DO
REVESTIMENTO PERMANENTE DO FUNDO DE UMA PANELA DE AÇO EM
UMA ACIARIA ELÉTRICA**

**STUDY OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE ALTERATION OF
THE PERMANENT COATING OF THE BOTTOM OF A STEEL PAN IN AN
ELECTRIC STEEL WORK PLANT**

Emilly Vithória Oliveira Rocha Diniz¹
Verônica Diniz²

RESUMO

O aço é uma liga ferro-carbono, que pode ser utilizado nos mais diversos setores da economia devido ao seu baixo custo de fabricação e suas propriedades químicas e mecânicas. Os materiais refratários fazem parte da fabricação do aço através da composição do revestimento interno nos equipamentos utilizados na fabricação do mesmo. Diferentes tipos de materiais refratários podem ser aplicados nesses equipamentos sendo eles: dolomíticos, magnesianos, aluminosos. No presente trabalho foi discutido a modificação da espessura do revestimento permanente da panela de aço a fim de aumentar o peso de aço vazado realizando as medições de temperatura da carcaça metálica e empeno da chapa de base da panela e comparando-o com os dados das panelas sem modificação para garantir a segurança operacional, obtendo-se resultados dentro dos limites estabelecidos possibilitando a mudança.

Palavras-chave: permanente; refratário; temperatura.

ABSTRACT

Steel is an iron-carbon alloy, which can be used in the most diverse sectors of the economy due to its low manufacturing cost and its chemical and mechanical properties. Refractory materials are part of the manufacture of steel through the composition of the internal lining in the equipment used in the manufacture of the same. Different types of refractory materials can be applied in these equipments, namely: dolomitic, magnesium, aluminous. In the present work, the modification of the thickness of the permanent coating of the steel ladle will be discussed in order to increase the weight of cast steel, performing the necessary measurements and comparisons to guarantee operational safety, obtaining results within the established limits, enabling the change.

Keywords: permanente; refractory; temperature.

1 Bacharelado em Engenharia de Materiais - Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho. 2022

2 Doutora em Ciências e Engenharia de Materiais – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho.

INTRODUÇÃO

O Aço

O aço se trata de uma liga ferro carbono com peso de carbono podendo chegar até 2%, que são amplamente utilizados em vários segmentos como a construção civil, petroquímica, veículos, etc. O seu extenso uso se dá no baixo custo da sua fabricação até seu processamento, grande quantidade da sua matéria prima e uma modelagem de fabricação que permite variar as propriedades mecânicas. O aço é classificado de acordo com o percentual de carbono empregado no mesmo e ligas¹. Pode ser classificado em:

- Aços carbono: são classificados de acordo com o percentual de carbono existente em sua composição química. Agrupados em aço carbono com $C > 0,5\%$; baixo carbono com $0,05\% < C < 0,19\%$; médio carbono com $0,2\% < C < 0,49\%$ ¹.
- Aços ligas: são aqueles que são inseridas ligas como Ni, Cr, Mo, V, em sua composição, para atingir propriedades que o aço carbono não consegue. Dividem-se em baixa liga, com elementos em até 5% e maiores que esse valor, são considerados de alta liga¹.

Historicamente, o aço é utilizado desde 4.500 anos atrás, com a descoberta do ferro, mas foi somente em 1856 que um Engenheiro Metalúrgico chamado Henry Bessemer, descobriu uma forma de reduzir o teor de carbono e retirar as impurezas do ferro, transformando-o em aço e atingindo propriedades e características que permitem as mais diversas aplicações².

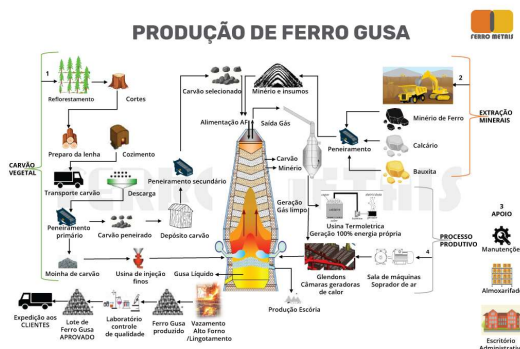
Esse processo de redução do teor de carbono e “limpeza” do aço se deu em fornos que eram carregados com ferro, onde ocorria um sopro de oxigênio causando a oxidação dos elementos como o carbono, manganês, silício, etc. A redução desses elementos, proporciona um material mais resistente que pode ser aplicado

principalmente em estruturas. O pioneiro desse processo foi o conversor de Bessemer, onde em um forno de forma oval era carregado com o ferro gusa e soprado oxigênio efetuando a “limpeza” do aço. Esse processo era rápido, durava entre 15 a 20 minutos e barato. A implantação do conversor de Bessemer foi de extrema importância para a revolução industrial, pois o aço começou a ser produzido em grande escala e grandes estruturas sendo construídas³.

Aos longos dos anos, a forma de se produzir aço foi evoluindo cada vez mais, possibilitando a produção de aços cada vez mais nobres em sua aplicação, com a inserção de ligas como nióbio, cromo, níquel, etc. Esse caminho só pode ser percorrido devido à evolução no processo de refino do aço.

Podemos dividir as usinas que produzem o aço em dois tipos: usinas integradas e usinas semi-integradas. Nas usinas integradas, a produção do aço ocorre em três etapas: redução, refino e laminação. A etapa de redução é responsável pela fabricação do ferro gusa. O minério de ferro é carregado no alto forno, onde ocorre um sopro de oxigênio em 1000°C . Com o calor gerado pelo contato do oxigênio e do minério, a carga é fundida e inicia-se a redução do minério de ferro, transformando-o em ferro gusa. O ferro gusa formado possui elevado teor de carbono. A esquematização da fabricação do ferro gusa pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Produção Ferro Gusa



Fonte: Ferro Metais, 2020.
<https://ferrometais.com/>

Após a redução do minério de ferro, o ferro gusa é transportado em carro porta torpedos para a etapa de refino. Essa etapa ocorre nas Aciarias e no caso das usinas integradas, são aciarias a oxigênio. No refino, são retiradas as impurezas do aço e reduz-se o teor de carbono do mesmo. Após o refino, ocorre a solidificação do aço que pode ser na forma de tarugos e blocos⁴.

Já nas usinas semi-integradas, a etapa de redução não existe. Essas usinas já recebem a carga metálica (sucata de ferro, ferro gusa sólido), para ser fundida. Ocorre então a fusão dessa carga metálica e o refino, visando os mesmos objetivos da integrada e a solidificação. Nas usinas semi-integradas as aciarias são elétricas⁴.

As aciarias elétricas utilizam a eletricidade para fundir a carga metálica. Os fornos elétricos podem possuir 2 ou 3 eletrodos de grafite, que ao entrar em contato com a carga metálica, ocorre a abertura do arco elétrico onde a temperatura é alta o suficiente para realizar a fusão dessa carga metálica. Após a fusão dá-se início ao refino primário, onde através da inserção de oxigênio no banho metálico, elementos como o silício, manganês e fósforo serão oxidados e irão sobrepor o banho metálico. Essa sobreposição desses elementos sobre o banho metálico forma um composto que é chamado de escória. A escória é formada por todos os óxidos provenientes da oxidação do metal líquido.

Um importante processo a acontecer no refino em um forno elétrico é a formação da escória espumante, onde ocorre a formação de CO₂ pela reação do oxigênio e carbono. A formação desse gás fará com que a escória cresça, abafando o arco elétrico e protegendo as paredes do forno.

Na siderurgia, os refratários são utilizados como revestimentos dos equipamentos que fazem parte do processo de fabricação do aço. Desde a fusão a solidificação. Para a usina semi-integrada, os equipamentos são: forno elétrico, panela de aço e distribuidor.

Os refratários podem ser utilizados nas indústrias siderúrgicas, cimenteiras, petroquímicas, etc.

As cerâmicas refratárias são cerâmicas especiais que possuem um alto ponto de fusão e que são utilizadas em ambientes agressivos, como por exemplo de alta temperatura e não há perda das suas propriedades física, química e mecânica.

Forno Elétrico

O forno elétrico a arco, conhecido como FEA, é o equipamento responsável, na aciaria elétrica, pela fusão da carga metálica. O equipamento é formado por duas carcaças, uma superior e outra inferior, e a abóbada. A carcaça superior é formada por painéis refrigerados que refrigeram a carcaça metálica durante a produção do aço, garantindo a segurança operacional através da troca de calor. Podemos visualizar na Figura 2.

Figura 2 - Vista Carcaça Superior

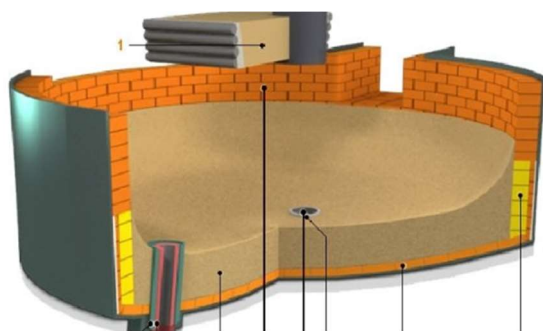


Fonte: NUNES, 2021.

<https://slideplayer.com.br/amp/12550934/>

A carcaça inferior é uma carcaça metálica com o revestimento interno de cerâmicas refratárias. Na Figura 3 podemos evidenciar os diferentes formatos de refratários que compõem o FEA.

Figura 4 - Vista Carcaça Inferior



Fonte: NUNES, 2021.

<https://slideplayer.com.br/amp/12550934/>

Na parte inferior da carcaça, temos a soleira do FEA. Essa região é formada por massa de magnésia, onde a mesma é posta e compactada a fim de retirar a presença de ar na camada para que a massa atinja a resistência necessária e para que ocorra a sinterização uniforme da mesma. A sinterização ocorre durante a operação do FEA, o calor formado é suficiente para a sinterização da massa. A massa que compõe a soleira se trata de uma massa magnésiana, o MgO possui um alto ponto de fusão, possuindo uma boa resistência à corrosão, choque térmico e durabilidade.

O resto da carcaça é composta por tijolos magnesianos. O motivo da escolha se dá pelo mesmo motivo da soleira. Esses tijolos podem ser sinterizados ou fundidos, sendo esse último apresentando uma resistência maior. Além do MgO, o tijolo também apresenta em sua composição química, o carbono. O carbono presente na composição irá aumentar a resistência do tijolo, pois irá diminuir a molhabilidade da peça. O tijolo de MgO-C fundido é mais nobre que o sinterizado e geralmente é empregado em regiões estratégicas do FEA, ou seja, regiões de maior desgaste, pois ele possui um custo mais elevado do que o tijolo sinterizado. Algumas regiões em que pode ser aplicado são: regiões de ponto quente que podem sofrer desgaste devido ao arco elétrico. Regiões próximas aos

injetores de oxigênio e regiões próximas ao canal de vazamento.

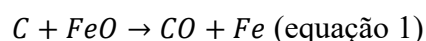
Além dos tijolos e soleira, o FEA apresenta material refratário no canal de vazamento. Esse canal de vazamento é formado por refratários de MgO-C com grãos eletrofundidos devido a grande sollicitação da região.

Além das regiões já apresentadas, a carcaça do forno é revestida por tijolos refratários em seu todo que fica por trás dos tijolos que ficarão em contato com o aço/escória e a soleira. Essa camada é conhecida como camada de segurança e existe para proteger em caso de possíveis infiltrações na camada de trabalho. O tijolo é de MgO.

Escória Espumante

Conforme comentado anteriormente, durante o processo de refino no FEA, ocorre a formação de escória, que são os elementos que foram oxidados durante a inserção de oxigênio no banho metálico, para retirar aqueles elementos que não são necessários na composição do aço, como por exemplo, o fósforo. Esses elementos oxidados, devido a diferença de densidade irão sobrepor o banho metálico. Alguns óxidos presentes na escória são: MgO, CaO, SiO₂, P₂O₃, Al₂O₃, FeO, etc.

Além da inserção do oxigênio, também se adiciona o carbono. O carbono inserido irá ligar-se ao oxigênio livre, ou o oxigênio que está ligado ao Fe, devido à maior afinidade do carbono com o oxigênio. Com isso, ocorre a formação do gás CO e o Fe retorna para o banho. Com a formação do gás CO, a escória irá espumar. Podemos observar essa reação na equação 1 abaixo:



A formação da escória espumante é de suma importância para o processo, pois ela será capaz de proteger os refratários por desgaste do arco elétrico, pois ela irá abafar o mesmo. Além disso, ela retém a

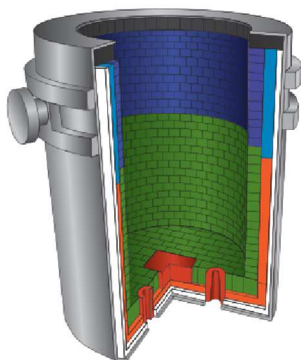
temperatura do banho, diminuindo a necessidade de energia a mais.

Panela de aço

A panela de aço é o equipamento responsável por receber o aço líquido após o vazamento no FEA. Após o vazamento, o aço líquido é transportado para a panela e de lá seguirá para o refino secundário. É nessa etapa que irá ocorrer o ajuste químico do aço que está sendo produzido e a temperatura.

A panela, se trata de um equipamento que é revestida internamente por material refratário. Diferente do FEA, ela será constituída inteiramente por tijolos. A panela também irá apresentar a camada de segurança e os tijolos que ficarão em contato com o aço e escória. Na Figura 5, podemos observar a estrutura de uma panela de aço.

Figura 5 - Vista Panela de Aço



Fonte: Saint Gobain, 2022.

<https://www.ceramicsrefractories.saint-gobain.com/pt/>

Para a composição química, as panelas de aço da fábrica em que o trabalho foi realizado, são dolomíticos para a região que fica em contato com o aço e escória e aluminosos para o revestimento de trabalho. Na Figura 5 podemos ver algumas regiões em destaque. Para a região laranja e azul claro, temos o revestimento de trabalho. Para a região azul escuro e verde temos o revestimento de trabalho. Apenas diferenciando a região da escória (azul escuro) e do aço (verde).

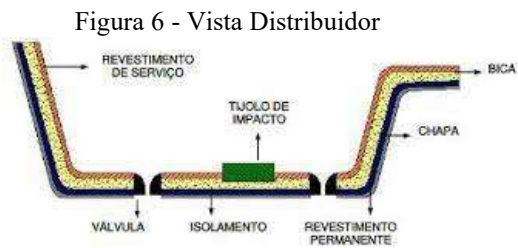
O tijolo dolomítico (MgO e CaO) é escolhido como revestimento de trabalho devido ao tipo de escória formada durante o processo. Diferente do FEA, que em sua composição a escória possui uma maior porcentagem de FeO, MnO, CaO. A escória da panela possui uma maior porcentagem de CaO e SiO₂. Podemos relacionar esses dois elementos para identificar como está a escória formada e os ajustes que precisam ser realizados.

Assim como o FEA, a escória da panela também irá proteger a panela e a sua composição deve ser possível de formar uma camada protetora no revestimento de trabalho. Essa camada protetora é conhecida como coating e podemos mensurar sua formação devido a basicidade binária da escória. Essa basicidade é medida através da divisão do teor de CaO e SiO₂ encontrados na escória. Para valores abaixo de 1.5, é considerado que a escória está muito fluida, onde não irá ocorrer a formação do coating e a mesma pode infiltrar entre os tijolos. Na faixa de 1.6 - 2, a escória apresenta uma aparência pastosa e consegue formar o coating ao longo do revestimento refratário, prolongando a campanha do mesmo. Para valores acima de 2, a escória se torna “dura”, onde irá agregar no fundo da panela e também não irá proteger o revestimento refratário.

Para o revestimento de segurança utiliza-se o tijolo aluminoso (Al₂O₃). Esses tijolos agem como isolantes térmicos, atuando na troca de calor entre o aço, tijolo de trabalho e carcaça metálica, protegendo a carcaça de possíveis infiltrações.

Distribuidor

O distribuidor é o equipamento que irá ser responsável pelo fluxo do aço para os moldes de resfriamento. Na Figura 6, pode-se observar o equipamento e suas camadas.



Fonte: SILVA, *et al*, 2013.

https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5009972/LOM3045/Lingotamento_Continuo-texto.pdf

O revestimento de trabalho do distribuidor será de tijolo aluminoso, tendo as mesmas propriedades da panela, comentando no tópico anterior. Na presente usina, para a região de trabalho é composta com uma massa projetada. Essa massa é magnésiana, atendendo as necessidades de processo.

Com isso, o trabalho proposto tem por objetivo geral realizar estudo de caso na possibilidade de alteração do revestimento de trabalho do fundo da panela que recebe aço em uma Aciaria Elétrica. E para os seus objetivos específicos tem-se a verificação da influência da temperatura da chapa do fundo da panela e no empeno da chapa de base da panela e por último, o aumento da capacidade da carga de aço líquido da panela em toneladas.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido em uma usina semi-integrada, na aciaria da Gerdau Açonorte. Empresa situada no Curado, cidade do Recife. A Gerdau está presente no mercado há mais de 120 anos e se consagra como a maior recicladora da América Latina. A empresa está presente nos mais diversos setores como construção, indústria automotiva, naval, maquinário, etc⁵.

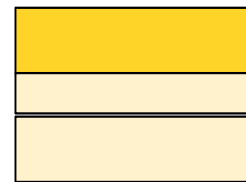
O estudo da alteração do revestimento permanente foi feito em etapas:

1. Demolição completa de todo o revestimento refratário da panela, de

trabalho e de segurança, de três panelas utilizando marteletes pneumáticos;

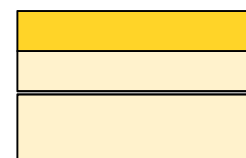
2. Montagem do novo revestimento permanente com a redução de 24% da espessura do fundo, com base na capacidade máxima de aço da panela. Na Figura 7, pode-se verificar a formatação original e na Figura 8, pode-se verificar a nova formatação do fundo da panela.

Figura 7 - Visão das camadas do tijolo permanente do fundo da panela (tijolo a ser modificado em destaque).



Fonte: Autora, 2022.
Arquivo pessoal.

Figura 8 - Visão das camadas do tijolo permanente do fundo da panela após modificação (tijolo modificado em destaque).



Fonte: Autora, 2022.
Arquivo pessoal.

Pode-se perceber que a montagem do fundo da panela é feita de forma “sanduíche” essa montagem garante uma maior segurança operacional diminuindo a troca de calor entre o aço e carcaça, com o tijolo aluminoso agindo como isolante térmico. Inicialmente a montagem era feita com o tijolo de menor espessura entre os tijolos de maior espessura, na nova configuração, temos os dois tijolos de espessura menor sobre o tijolo de maior espessura. O tijolo mais fino corresponde a 57% da espessura do tijolo maior.

Após a montagem do revestimento de segurança, foi feita a montagem do revestimento de trabalho utilizando o tijolo dolomítico.

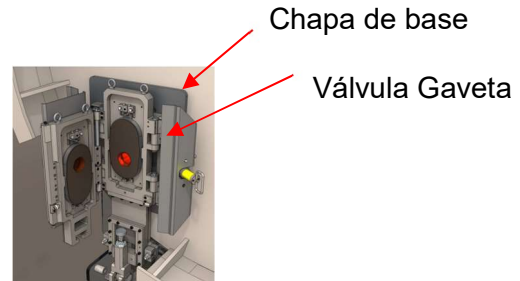
Com a montagem concluída, as painéis foram postos em ciclo, ou seja, entraram em operação para recebimento do aço líquido.

3. Acompanhamento da temperatura do fundo da panela quando em operação utilizando câmera termográfica manual. A temperatura foi medida quando a panela foi posicionada no lingotamento contínuo, já na fase final de produção dos tarugos. Antes da abertura da panela, apontou-se a câmera para o fundo da panela, onde foi anotado a temperatura identificada no ponto mais quente. Ao todo, para construção deste trabalho foram analisadas 200 corridas. Vale ressaltar que não só haviam painéis com fundo modificado em operação, durante o acompanhamento também haviam painéis no projeto original para fins de comparação.
4. Medição do empeno da chapa de base da panela, utilizando paquímetro
5. Comparação do peso vazado após modificação.

Após a coleta dos resultados, foi feita a análise dos dados encontrados, temperatura e empeno da chapa de base da panela, para verificar a viabilidade da modificação. Esses dois parâmetros foram escolhidos como base para tomada de decisão da modificação, pois a temperatura da carcaça do fundo da panela deve estar abaixo do limite crítico estabelecido para que não venha ocorrer perfurações da carcaça devido à alta temperatura e o empeno da chapa de base é de suma importância, pois a chapa de base é onde fica alocada a válvula gaveta da panela. A válvula gaveta é responsável do controle de fluxo de vazamento do aço, um empeno na chapa de base implicaria em um mau posicionamento da válvula gaveta, podendo

ocasionar problemas de infiltração de aço, comprometendo a segurança operacional.

Figura 6 - Vista Válvula Gaveta e Chapa de Base



Fonte: Santos, *et all*, 2015.
46º Seminário de Aciaria – ABM *Week*.

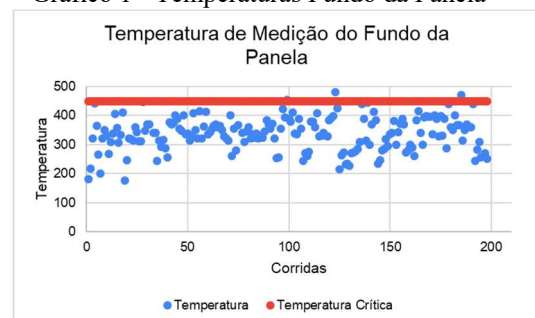
Foram comparados os resultados antes da modificação e pós modificação para melhor tomada de decisão baseado nos resultados e segurança de operação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a medição do fundo, foi possível analisar se a temperatura estava dentro da faixa de segurança operacional. Essa faixa foi estabelecida através de um estudo térmico realizado pelo fornecedor. Devido a questões de segredos industriais, o estudo não pode ser disponibilizado.

Pode-se observar o comportamento das temperaturas do fundo de todas as painéis que estavam em ciclo nessas 200 corridas (com modificação e sem modificação) através do gráfico de dispersão indicado abaixo (Gráfico 1), correlacionando com a temperatura crítica, que se enquadra em uma faixa de 400 e 480 °C, de acordo com o estudo térmico realizado pelo fornecedor dos tijolos.

Gráfico 1 - Temperaturas Fundo da Panela

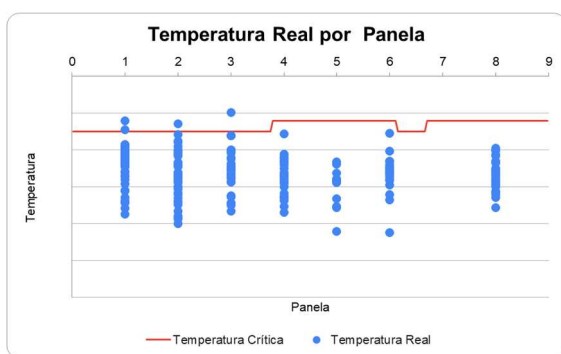


Fonte: Autora, 2022.

É possível verificar que as temperaturas estão abaixo da faixa de temperatura crítica (uma faixa entre 400 e 480°C) de trabalho, ou seja, tanto para as painelas com a modificação como para as sem modificação, o isolamento térmico causado pelo tijolo aluminoso está sendo eficiente. Isso só é possível devido a composição química do tijolo. Visto que o tijolo aluminoso é um tijolo que possui acima de 46% de teor de alumina (Al₂O₃) em sua composição e baixos teores de impurezas como CaO, MgO, etc. O que garante a sua estabilidade volumétrica. Além disso, esse isolamento também é possível devido ao tamanho de poros a baixa densidade aparente, características próprias do tijolo⁶.

Através das medições de temperatura do fundo da panela, também foi possível analisar e comparar o comportamento das temperaturas com as painelas que possuíam a modificação e aquelas que não possuíam. Pode-se observar essa comparação através do Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparação das Temperaturas entre as Painelas com e sem Modificação



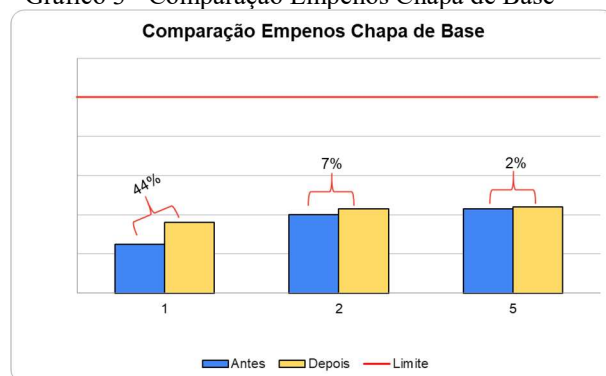
Fonte: Autora, 2022

Para a comparação, temos que as painelas 1, 2 e 5, são as painelas que possuem a modificação e as outras painelas (3, 4, 6 e 8), não possuem. Também temos faixas críticas de temperaturas diferentes. Para o fundo mais baixo, a temperatura crítica é 7% menor que o fundo original, visto que o fundo original possui uma espessura maior, logo a barreira de isolante térmico é maior e com isso, a transferência de calor se torna

menor. Através do gráfico é possível verificar que grande parte das temperaturas medidas estão abaixo da faixa crítica tanto para as painelas com e sem modificação.

A medição do empeno da chapa de base é de extrema importância para garantir que não haja espaços e que a aloque bem a válvula gaveta evitando infiltrações. Diferente da medição da temperatura, essa medição da chapa de base só é possível ser realizada após o fim da campanha da panela. Com isso, foram analisadas as medições do fim da campanha da panela após a modificação do fundo e comparado com a média das medições antes da modificação. A temperatura nesse caso tem grande influência, pois caso o calor do aço esteja passando para o fundo da panela, haverá o empeno da chapa de base. Pode-se observar essa comparação no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Comparação Empenos Chapa de Base



Fonte: Autora, 2022

Pode-se observar uma pequena variação entre o antes e depois, sendo mais acentuada na painela 1, com a marca de 44% de aumento, na qual não foi identificado o porquê dessa diferença, porém as médias estão dentro do limite de empeno estabelecido pelo fabricante, estando 59% abaixo do mm permitido.

Por fim, foi analisado o peso médio de aço vazado em cada painela e foi verificado um acréscimo de 5% comparado com as painelas que não possuíam essa modificação, aumentando a produtividade e diluindo custos operacionais.

Os testes iniciais se mostraram satisfatórios em termos de segurança operacional. As temperaturas e empenos

dentro da faixa, garantem que não haja qualquer incidente com a panela.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A temperatura não influenciou o empeno da chapa de base, com valores abaixo do limite estabelecido pelo fornecedor. Conforme mostrado nos gráficos 1 e 2, essas temperaturas do fundo das panelas ficaram dentro da temperatura crítica. Com isso a troca de calor entre o aço e a carcaça permaneceu praticamente a mesma. O isolamento térmico oriundo do tijolo permanente aluminoso não foi afetado pela redução do fundo da panela.

Com isso, é possível avançar nos testes e homologar o novo projeto com a modificação do fundo da panela.

REFERÊNCIAS

1 TSCHIPTSCHIN, André. **Mundo dos aços especiais: processos de Fabricação**. 2011. *E-book* Disponível em: <http://www.pmt.usp.br/ACADEMIC/antsc/hip/Modulo-1.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2022.

2 TUBOS ABC. **A origem do aço e suas aplicações**. São Paulo, 2022 Disponível em: <https://www.tubosabc.com.br/aco/a-origem-do-aco/>. Acesso em: 5 jul. 2022

3 UDIACO. **Conheça a importância do processo Bessemer para a revolução industrial**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://udiaco.com.br/processo-bessemer/>. Acesso em: 5 jul. 2022

4 INSTITUTO AÇO BRASIL. **Ferro e aço**. São Paulo, 2019. Disponível em: <https://acobrasil.org.br/site/processo-siderurgico/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

5 GERDAU. **Sobre nós**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www2.gerdau.com.br/sobre-nos/#a-gerdau>. Acesso em: 15 ago. 2022.

6 PORTAL AQUECIMENTO INDUSTRIAL. **Tipos de refratários parte II: produtos conformados**. Disponível em: <https://www.aquecimentoindustrial.com.br/tipos-de-refratarios-parte-ii-produtos-conformados/>. Acesso em: 3 set. 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus avós que sempre batalharam para me dar a melhor educação e acreditarem na minha capacidade e sonhos. Sei que de onde vocês estão sentem orgulho por eu ter trilhado o caminho da educação e conquistas como vocês sempre sonharam.

Minha mãe e irmã, por estarem comigo nos momentos difíceis e sempre me apoiarem.

Minha noiva, por me ajudar diariamente e incentivar a nunca desistir e ser minha inspiração.

A professora Verônica Diniz pela paciência e sabedoria durante o processo de orientação no desenvolvimento deste trabalho e pelos ensinamentos em cadeiras específicas de cerâmicas que levei para a indústria.

Ao time da Aciaria da Açonorte, por todo desenvolvimento e companheirismo no dia a dia e compartilhamento de conhecimento.