

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

Análise de carepas surgidas na laminação à quente de aços para fins elétricos utilizando a técnica de difração de raios x

Daniel Neves de Sousa¹; [0000-0002-5155-0753](tel:0000-0002-5155-0753)

Douglas Dias de Lima¹; 0123-0123-0123

Hellen Alves Teixeira¹; [0000-0002-5007-8055](tel:0000-0002-5007-8055)

Patrick de Oliveira Alencar¹; [0000-0001-7927-9144](tel:0000-0001-7927-9144)

Sandro Rosa Corrêa¹; [0000-0001-8973-2002](tel:0000-0001-8973-2002)

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
sandro.correa@foa.org.br

Resumo: Nos aços para fins elétricos adiciona-se silício em sua composição química com intuito de melhorar as suas propriedades magnéticas. Este produto possui um grande papel na matriz energética do país e do planeta, pois aproximadamente 50% da energia elétrica produzida anualmente é utilizada por motores de tração que utilizam em sua constituição este aço. Entretanto, a adição de silício acarreta às usinas siderúrgicas problemas na etapa de decapagem, devido a presença de uma fase de difícil remoção conhecida como Faialita (Fe_2SiO_4), o que eleva o seu tempo de processamento. Foram recebidas de uma usina siderúrgica, 4 amostras de aço laminado à quente com variações de espessuras e temperaturas de bobinamento à quente. As amostras foram submetidas a raios X e a saída dos feixes difratados com interferência construtiva, foi possível obter difratogramas das amostras e posteriormente feita a análise por comparação com uma base de dados cristalográficos. Os resultados obtidos por esta técnica mostraram a presença da fase Faialita em todas as amostras.

Palavras-chave: Silício. Decapagem. Faialita. Motores elétricos

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

INTRODUÇÃO

Os aços para fins elétricos ou aços siliciosos possuem em sua composição química o silício. Os transformadores elétricos têm um grande papel na matriz energética do país e do planeta, pois aproximadamente 50% da energia elétrica produzida anualmente é utilizada por motores de tração, e eles são fabricados utilizando os aços ao silício. (LANDGRAF, [s.d.]

No processo de laminação à quente, o aço é submetido a temperaturas de acabamento variando entre 820 e 950°C e no bobinamento entre 500 e 750 °C. Nessas condições, uma camada de óxido na superfície da chapa comumente chamada de carepa é formada. (MOUAYD et al., 2014; GINES et al., 2002).

Após o processo de laminação à quente, as usinas siderúrgicas submetem as chapas laminadas a uma decapagem química com intuito de remover a camada de óxidos (carepas) utilizando o ácido clorídrico (HCl). Uma parte das chapas decapadas são direcionadas para o mercado transformador como bobinas à quente decapada (BQD) e o restante são submetidas a outros processamentos posteriores, por exemplo à laminação a frio.

As usinas siderúrgicas possuem um grande desafio na remoção da carepa, pois normalmente os aços carbono comuns possuem camadas de carepas com os seguintes compostos: Hematita (Fe_2O_3), Magnetita (Fe_3O_4) e Wustita (FeO) que já foram estabelecidos parâmetros de processamento versus produtividade. Porém, quando se utiliza o silício, como no caso dos aços para fins elétricos, e associado ao par térmico do processamento termomecânico, temperatura final de acabamento e temperatura de bobinamento é comum surgir uma fase de difícil remoção na decapagem conhecida como Faialita (Fe_2SiO_4), o que eleva o tempo de processamento. (SANTOS, 2021).

A Faialita forma uma fina camada em contato com o substrato decorrente da difusão do oxigênio e do ferro, porém a difusão do ferro é bloqueada devido a presença de silício, o que reduz a espessura da camada deste óxido. (SANTOS, 2021).

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

A técnica de difração de raios X por ser não destrutiva, vem sendo bastante utilizada com intuito de identificação de fases cristalinas presente nos materiais. Ela se baseia na interferência de um feixe monocromático de raios X espalhados em ângulos específicos em um conjunto de planos atômicos em uma dada rede cristalina. Então o difratograma obtido é a representação dos arranjos atômicos de um determinado material. (SILVA, 2020).

O objetivo deste trabalho foi determinar por difração de raios X, as fases presentes nas amostras de chapas com camada de óxidos após variações na temperatura de bobinamento e espessura da chapa, no processamento termomecânico de laminação à quente.

MÉTODOS

Foram recebidas 4 amostras de aço para fins elétricos onde apresentavam variações na espessura e temperatura de bobinamento (TB) conforme tabela 1.

Tabela 1 – Condições das amostras recebidas.

Identificação	TB (°C)	Espessura à quente (mm)	Localização na bobina
A1	710/750	2,7	Ponta
B1	710/750	3,0	
C1	680/720	2,7	
D1	680/720	3,0	

Fonte: Autores (2022)

As amostras foram caracterizadas por difração de raios X (DRX). As medidas foram efetuadas a temperatura ambiente utilizando radiação de $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, no difratômetro da marca Shimadzu modelo XRD-6100. As condições de medições foram $10^\circ < 2\theta < 90^\circ$, com passo angular de $0,02^\circ$ e tempo de 0,60 segundos.

Os resultados encontrados neste trabalho foram identificados utilizando os padrões obtidos no software Crystallographica Search-Match (CSM). Nas análises das

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

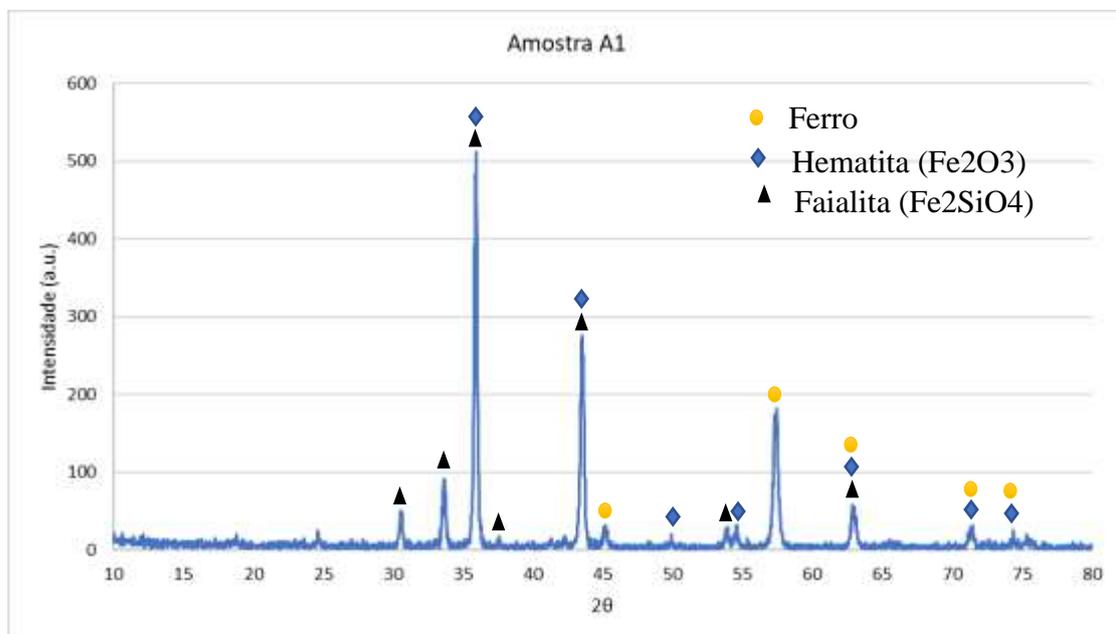
amostras foram obtidos difratogramas a partir dos sinais dos detectores eletrônicos de radiação, pelas reflexões contendo os picos correspondentes aos planos (h,k,l) de difração da radiação da estrutura da carepa

Além do gráfico, obteve-se um arquivo de dados do difratômetro das intensidades relativas (a.u.), para cada posição 2θ e seu resultado confrontados à base de dados do software Crystallographica Search-Match (CSM)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os resultados das amostras A1 e B1, que apresentaram a TB entre 710 e 750 °C, foram observadas a presença em todas elas das fases Faialita (Fe_2SiO_4) e Hematita (Fe_2O_3), Figura 1 e Figura 2. A amostra B1 apresentou também a fase Magnetita (Fe_3O_4). A presença da Magnetita pode estar associada a espessura maior da chapa, o que aumenta a velocidade de resfriamento sem dar tanto tempo para a oxidação completa para a hematita. (SANTOS, 2021).

Figura 1 – Difratograma da amostra A1.

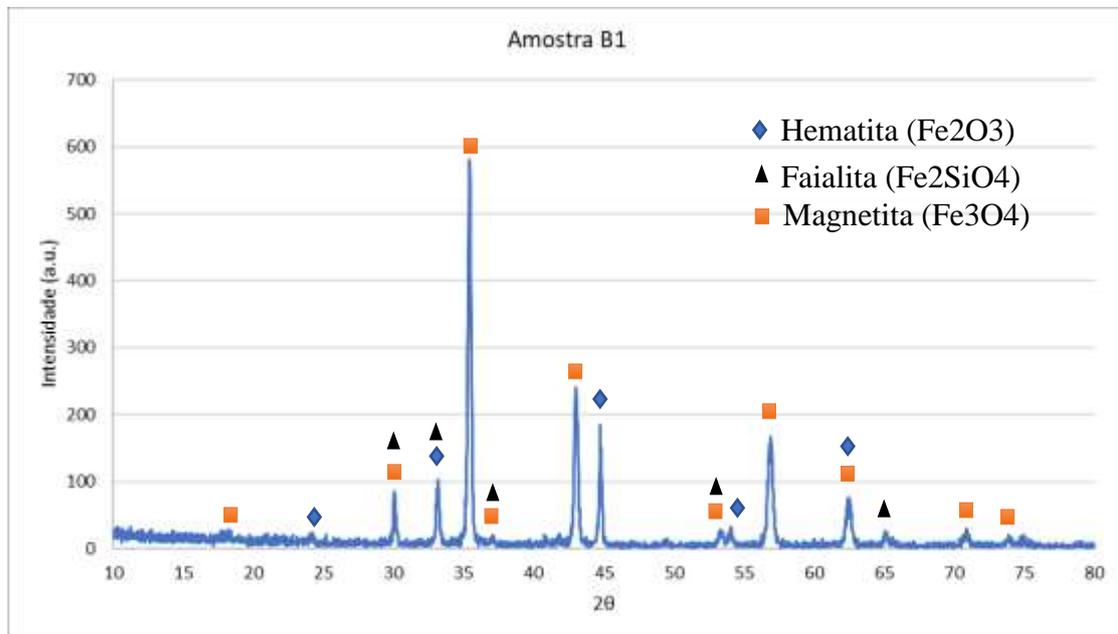


Fonte: Autores (2022).

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

Figura 2 – Difratoograma da amostra B1.



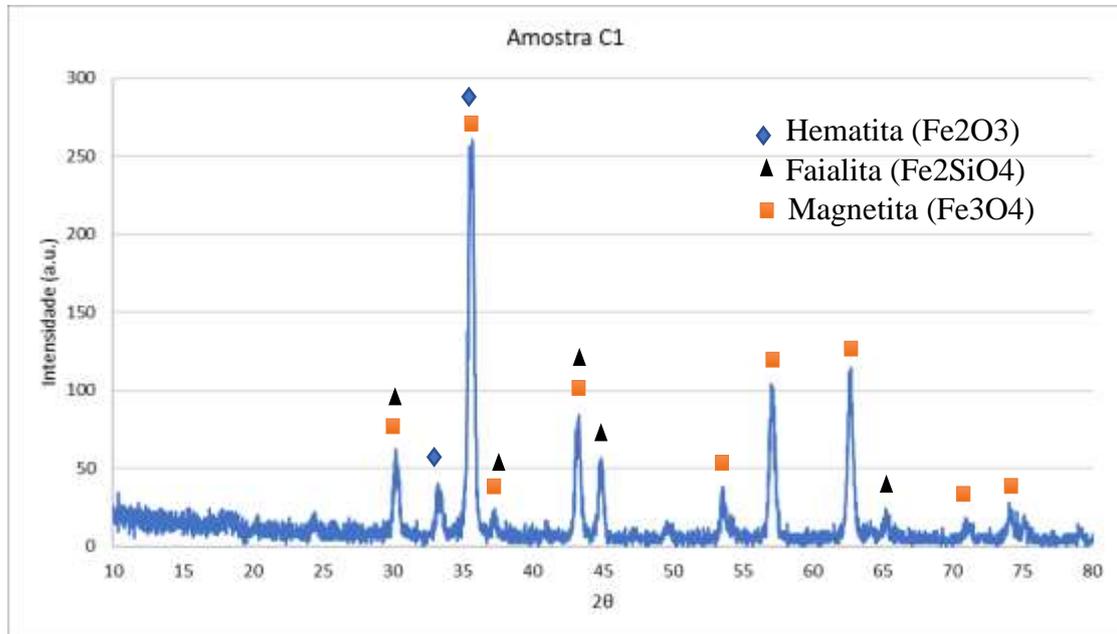
Fonte: Autores (2022).

Já nas amostras C1 e D1 com TB entre 680 e 720 °C, Figura 3 e Figura 4, foram observadas a presença das fases Faialita, Magnetita e Hematita. A presença das fases Magnetita e Hematita está associada a temperatura mais baixa de bobinamento. (GINES et al, 2002).

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

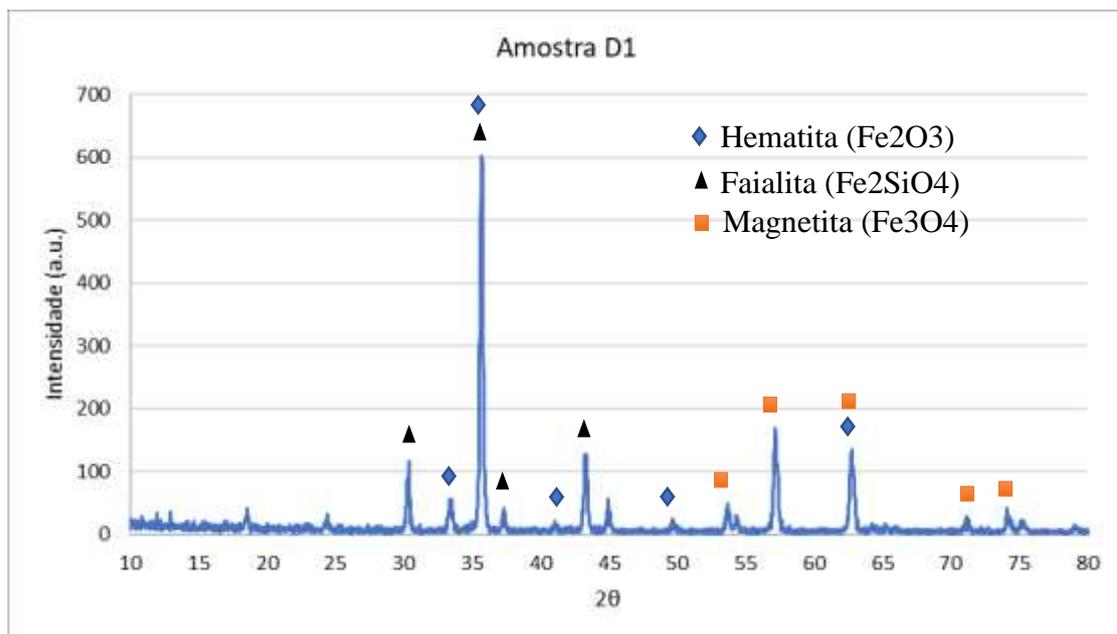
1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

Figura 3 – Difratoograma da amostra C1.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4 – Difratoograma da amostra D1.



Fonte: Autores (2022).

Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

Foi observada em todas as amostras analisadas a presença da Faialita, e este fato está associado a presença do silício adicionado no aço para fins elétricos e da alta temperatura de laminação. (SANTOS, 2021; MOUAYD et al., 2014).

Não ter encontrado a fase Wustita (FeO), pode estar associado a pequena quantidade de FeO ou da decomposição da reação eutetóide, levando a formação de outras fases, como a Magnetita ou Hematita. (GINES et al, 2002).

CONCLUSÕES

A variação na temperatura de bobinamento e da espessura à quente das amostras não impediram a formação da fase Faialita. Entretanto, a velocidade de resfriamento influenciou na formação da Magnetita e Hematita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FOA pelas bolsas de pesquisa nº 90227/17/RPE para o projeto de pesquisa de iniciação científica (PIBIC).

REFERÊNCIAS

GINES, M.J.L. et al. Study of the picklability of 1.8 mm hot-rolled steel strip in hydrochloric acid. **Latin American applied research**, Bahía Blanca , v. 32, n. 4, p. 281-288, dic. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0327-07932002000400002&lng=es&nrm=iso>. Acessado em 11 set. 2022.

LANDGRAF, Fernando J.G. **Propriedades magnéticas dos aços para fins elétricos**. Disponível em: <http://www.pmt.usp.br/ACADEMIC/landgraf/nossos%20artigos%20em%20pdf/02Lan%20%20recope%20.pdf>. Acesso em 12 fev. 2022.

MOUAYD, A. A. et al. Effect of silicon content in steel and oxidation temperature on scale growth and morphology. **Materials Chemistry and Physics**, Elsevier, 2014, 143, pp.996-1004. 10.1016/j.matchemphys.2013.10.037. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0254058413007840#:~:text=S>



Tudo é Ciência: do Big Bang ao Metaverso

1º Congresso Brasileiro de Ciência
e Saberes Multidisciplinares

silicon%20oxides%20concentrate%20at%20metal,morphology%20depends%20on%20Oxidation%20temperature.&text=High%20silicon%20content%20leads%20to,lower%20than%201177%20%C2%B0C. Acesso em 26 jul. 2022.

SANTOS, MAYARA CARDOZO DOS. **Estudo da cinética de decapagem química de aços ao Boro**. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60499>. Acesso em 30 ago. 2022.

SILVA, R. F. DA. A Difração de Raios X: uma Técnica de Investigação da Estrutura Cristalina de Materiais. **Revista Processos Químicos**, v. 14, n. 27, p. 73-82, 22 set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.19142/rpq.v14i27.577>. Disponível em: http://ojs.rpqsenai.org.br/index.php/rpq_n1/article/view/577. Acesso em 26 jul. 2022.