

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS NO DESEMPENHO DE UM AÇO SAE 1095

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENTS ON THE PERFORMANCE OF A SAE 1095 STEEL

Antonio José de Moura Junior[I]
João Paulo Sachetto[II]
Alessandro Fraga Farah[III]

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi analisar o aço SAE 1095 com diversas condições de tratamento térmico verificando a influência do meio de processamento térmico na microestrutura e propriedades mecânicas por meio de ensaios. Os corpos de prova foram submetidos ao tratamento de normalização a 900ºC por 30 minutos; têmpera partindo de 900ºC com meio de resfriamento à água; têmpera partindo de 900ºC resfriado por meio de água seguido de revenimento a 420ºC por 60 minutos; austêmpera a 420ºC por 90 minutos. Em seguida, as amostras foram sujeitas a ensaios no durômetro para se obter a dureza, à teste Charpy para obter a tenacidade e para a análise da microestrutura foi submetido a metalografia. Os dados de caracterização e energia absorvida convergiram em termos de fratura sem deformação plástica observada nas amostras submetidas ao ensaio de impacto, sugerindo que os tratamentos realizados nesta liga têm pouco efeito, exceto para as amostras normalizadas.

Palavras-chave: Tratamento Térmico. Propriedades Mecânicas. Microestrutura.

ABSTRACT

The objective of the present work was to analyze SAE 1095 steel with several heat treatment conditions, verifying the influence of the heat processing medium on the microstructure and mechanical properties through tests. The specimens were submitted to normalizing treatment at 900ºC for 30 minutes; quenching at 900ºC with water cooling; tempering at 900ºC with water cooling followed by tempering at 420ºC for 60 minutes; austempering at 420ºC for 90 minutes. Then, the samples were subjected to tests in the durometer to obtain the hardness, to the Charpy test to obtain the toughness and for the microstructure analysis was submitted to metallography. The characterization and absorbed energy data converged in terms of fracture without plastic deformation observed in the samples submitted to the impact test, suggesting

[I]Estudante do curso superior de Tecnologia em Mecânica: Processos de Soldagem da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz)– São Paulo –Brasil. E-mail: antonio.moura@fatec.sp.gov.br
[II] Prof. Me. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz)–São Paulo – Brasil. E-mail: joao.sachetto@fatec.sp.gov.br
[III] Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz)–São Paulo – Brasil. E-mail: alessandro.farah@fatec.sp.gov.br



that the treatments performed on this alloy have little effect, except for the normalized samples.

Keywords: Heat Treatment. Mechanical Properties. Microstructure.

Data de submissão do artigo: 31/07/2022.
Data de aprovação do artigo: 20/09/2022.
DOI: 10.33635/sitefa.v5i1.219

1 INTRODUÇÃO

Aços são classificados por suas propriedades mecânicas, composição química, aplicação, temperabilidade, resistência à corrosão, tamanho de grão, nível de inclusões não metálicas, dentre outros. (SILVA; MEI, 2006). Partindo deste conceito, este material pode ser utilizado em diversos segmentos por ter aplicabilidade e diversidade no mercado.

O aço utilizado no estudo para este trabalho é o aço-carbono o SAE 1095, sendo classificado como um aço de alto teor em carbono, que possui propriedades de alta dureza e boas propriedades mecânicas, e será submetido ao processo de tratamento térmico.

Para Sverdlin e Ness (2007), o propósito do tratamento térmico é causar mudanças propositais na estrutura metalúrgica e consequentemente nas propriedades físicas de um material.

Dessa forma, o tratamento térmico de equipamentos representa uma etapa crítica no processo de fabricação para o desempenho individual ou do conjunto mecânico, e se mal dimensionado tende a depreciação precoce ou falha em campo, levando riscos operacionais e a despesas para empresa.

O presente estudo tem como propósito caracterizar o aço SAE 1095 sujeito a diferentes processos de tratamentos térmicos, com ensaios de dureza, impacto e metalografia.

2 MATERIAIS METÁLICOS

Os materiais metálicos são formados por estruturas cristalinas, que é caracterizada pela ordenação de longo alcance dos átomos, seguindo modelos geométricos bem definidos denominados células unitárias (SANTOS, 2006).

2.1 Aços

Os aços, para Marques, Modenesi e Bracarense (2011), são as ligas mais utilizadas pela sociedade, pela facilidade de refiná-los e produzi-los em grande variedade, por serem de baixo custo e serem abrangentes quanto as propriedades físicas e mecânicas que podem ser obtidas por adição de elementos de ligas como: Cr, NI,Mo, por exemplo, ou pelo controle de tratamentos térmicos.

2.1.1 Aços com baixo teor de carbono

Segundo Callister (2002) esses aços contêm até 0,25% de C e por conta desse baixo percentual eles tendem a não responderem aos tratamentos térmicos voltados para a formação



da martensita, que é um ganho de resistência obtido pelo trabalho a frio, em que a microestrutura é composta por ferrita e perlita.

2.1.2 Aços com médio teor de carbono

A concentração de carbono do aço carbono médio está entre 0,25% e 0,60%, portanto, essas ligas podem ser tratadas termicamente para melhorar suas propriedades mecânicas (CALLISTER, 2002).

2.1.3 Aços com alto teor de carbono

Para Callister (2002) os aços com alto teor de carbono estão geralmente entre 0,60% e 1,4% sendo o mais duro, mais resistente ao desgaste, mas menos dúctil de todos os aços carbono e, quase sempre, são usados em condições endurecidas e pode suportar o desgaste e a abrasão de arestas de corte afiadas.

2.2 Tratamento Térmico

A microestrutura sofre os efeitos térmicos e adquire arranjos cristalinos diferentes, mudando assim suas propriedades mecânicas (MILAN *et al.*, 2014).

Basicamente se controla as variáveis temperatura e período no processo de tratamento térmico, dependendo da combinação entre dureza e resistência mecânica requeridas em serviço, de acordo com a aplicação e necessidade (KRAUSS, 2005).

2.2.1 Têmpera

A temperabilidade de um material tem influência direta na quantidade de martensita formada após o tratamento térmico de têmpera. Elementos de liga, dificultam as transformações de decomposição da austenita, aumentando a temperabilidade (COLPAERT, 2008).

A definição de transformação da microestrutura martensítica se trata da transformação que o crescimento dos cristais se dá através de um movimento ordenado de átomos do cristal gerando uma estrutura final (BURKE, 1965).

2.2.2 Revenimento

O revenimento se trata de um processo térmico que visa uma redução na fragilidade da martensita formada no processo de têmpera. (KRAUSS, 2005).

Revenido se obtém através do processo de aquecimento de um aço com microestrutura martensítica até a temperatura menor que a temperatura difusão do carbono durante um tempo específico (CALLISTER 2002).

V SITEFA
Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho

2.2.3 Austêmpera

O tratamento térmico de austêmpera é um tratamento do tipo isotérmico com o objetivo de obter uma microestrutura constituída predominantemente de bainita (PINEDO, 2021).

Entende-se conceitualmente que austêmpera é toda transformação isotérmica em que uma liga passa por temperaturas abaixo da formação da fase perlítica e acima da transformação martensítica. (ASM INTERNATIONAL, 1991).

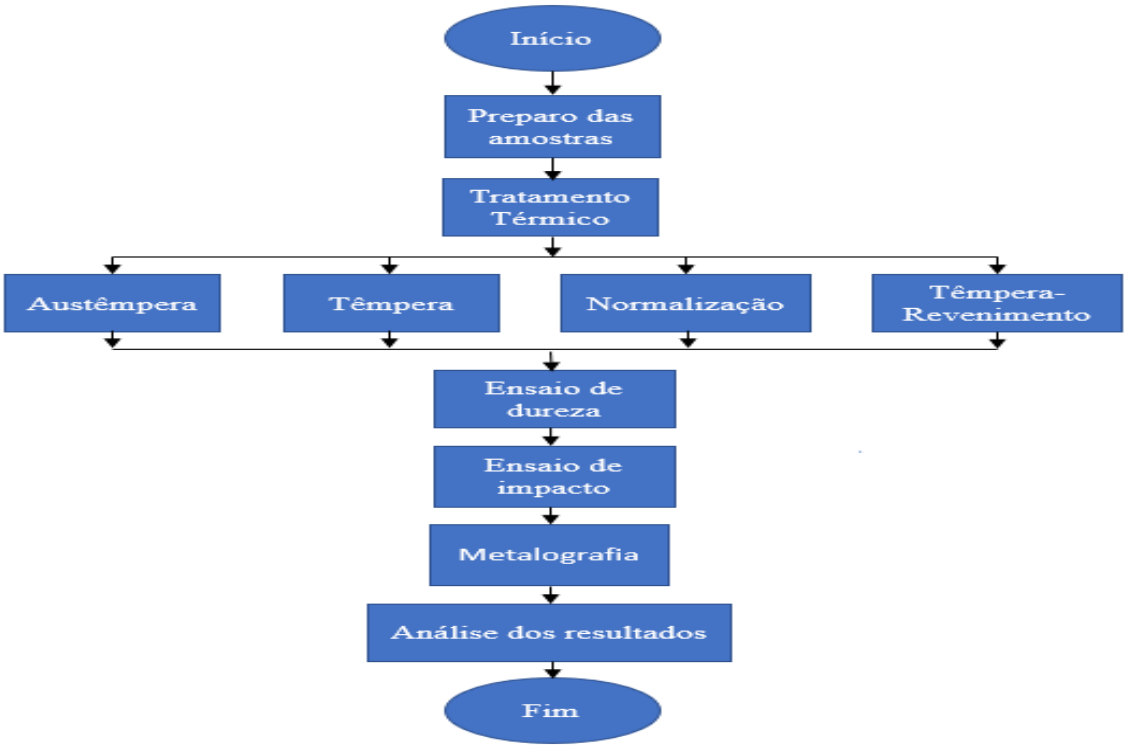
2.2.4 Normalização

Na normalização o resfriamento a partir da austenitização é mais rápido do que no recozimento pleno, normalmente resfriadas a ar nesta condição de resfriamento a decomposição da austenita é diferente levando a formação de ferrita e perlita (PINEDO, 2021).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para o presente trabalho foi utilizado o método de pesquisa quantitativa para a análise das informações coletadas, o fluxograma 1demonstra quais as etapas para a realização deste estudo.

Fluxograma 1 - Metodologia aplicada ao processo



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

As amostras do aço fundido SAE 1095 na condição recozida foram usinadas com dimensões adequadas para ensaio de impacto, e sua composição química está mostrada na tabela 1 e a tabela 2 apresenta os parâmetros metalúrgicos usados para tratamento térmico das amostras.

Tabela 1 - Composição química Aço 1095

Composição Química	Porcentagem
Carbono (C)	0.85-0.98 %
Manganês (MN)	0.60- 0.90 %
Fósforo (P)	<=0.04 %
Enxofre (S)	<=0.05 %

Fonte: Adaptado de Aços Roman (2022)

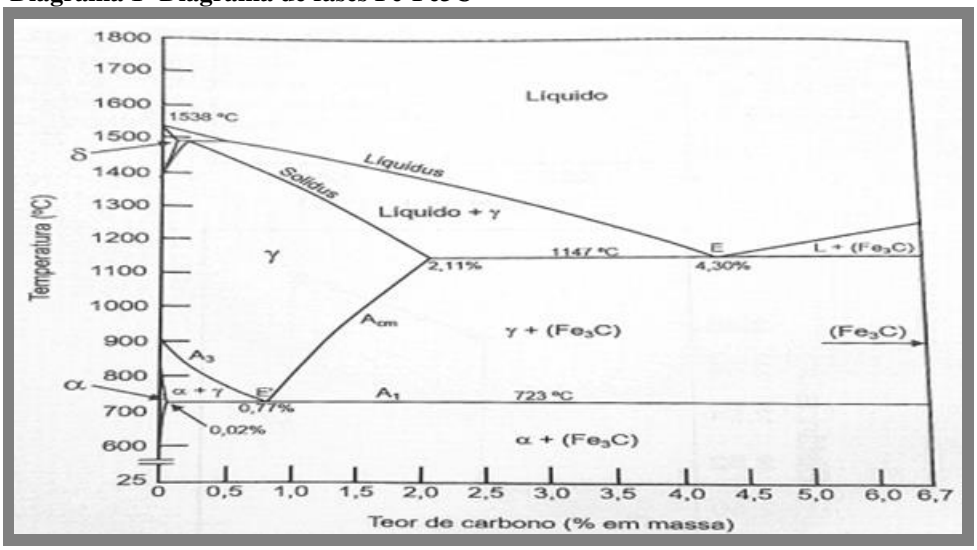
Tabela 2 – Parâmetros do Processo

Condição do tratamento das amostras	Temperatura de austenitização	Tempo de controle da temperatura	Temperatura do processo	Meio de resfriamento
Temperado	900°C	-	-	Água
Normalizado		30 min	-	Ar
Austemperado 420°C		1h30min	420°C	-
Temperado Revenido 420°C		1h	420°C	Água

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A primeira etapa do processo foi a fabricação das amostras do aço SAE 1095 de acordo com a norma E-23 ASTM Charpy tipo A 55x10x10 45°. Para o ensaio de impacto foi utilizado o martelo 300 Joules. Para o ensaio de dureza foi utilizado Rockwell escala C com penetrador de diamante, com carga maior de 150 kgf e leitura realizada na cor preta. Para metalografia depois de preparadas as amostras foram atacadas com Nital 2% para melhor visualização de contorno de grão e Picral 4% para facilitar a visualização de perlita e outras microestruturas como martensita revenida, as análises foram feitas em um microscópio óptico.

Diagrama 1- Diagrama de fases Fe-Fe3C



Fonte: Pinedo (2021)

O diagrama de fases acima demonstra em regiões, linhas de limites e pontos as respectivas transformações de fases em função da temperatura e teor de carbono, fundamentais para a escolha da temperatura em que o material se transforma em austenita ou ferro gama (y-Fe).

Diagrama 2 – Diagrama TTT (Temperatura, Tempo, Transformação)



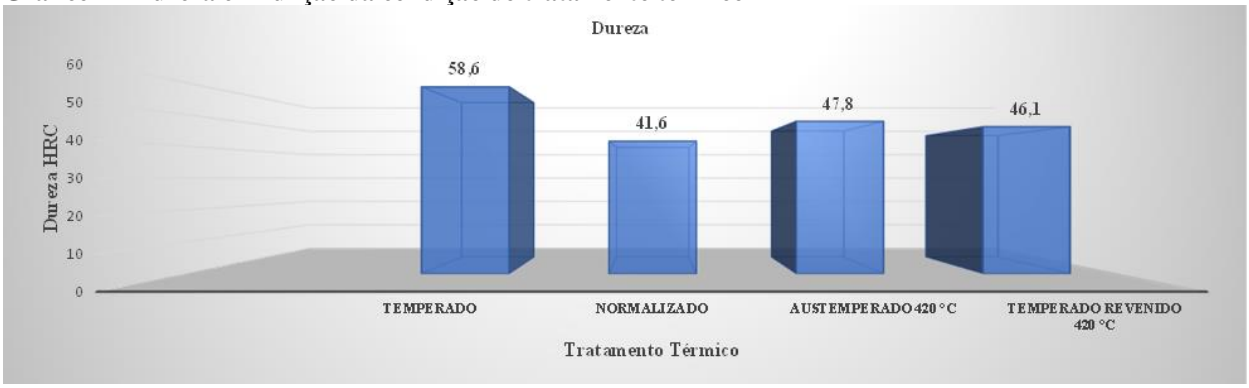
Fonte: Pinedo (2021)

No diagrama acima mostra a curva TTT fundamental para se obter a composição específica de cada aço utilizado neste presente trabalho, para determinar a temperatura e tempo do processo para obter a microestrutura desejada.

4 RESULTADOS

Partindo dos princípios fundamentados pela literatura apresentada, pode-se analisar os resultados que serão apresentados de maneira holística fazendo um comparativo dos valores obtidos em função do meio de processamento.

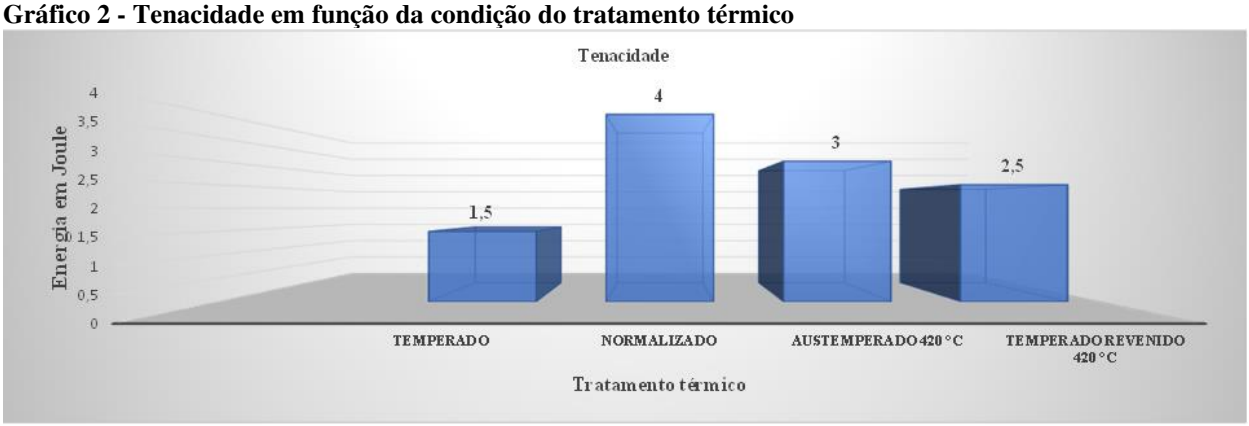
Gráfico 1 - Dureza em função da condição do tratamento térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Os valores apresentados no gráfico de dureza são o resultado da média aritmética de 3 pontos distintos do corpo de prova. No tocante aos resultados há, uma diferença notável nos valores encontrados no ensaio em função do tratamento.

Gráfico 2 - Tenacidade em função da condição do tratamento térmico



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Os valores apresentados em relação à tenacidade dos corpos de prova não tiveram uma diferença abrupta, com exceção ao CP normalizado. As imagens seguintes mostram a fratura frágil dos corpos submetidos ao ensaio Charpy.

Figura 1 - Fratura do corpo de prova Normalizado



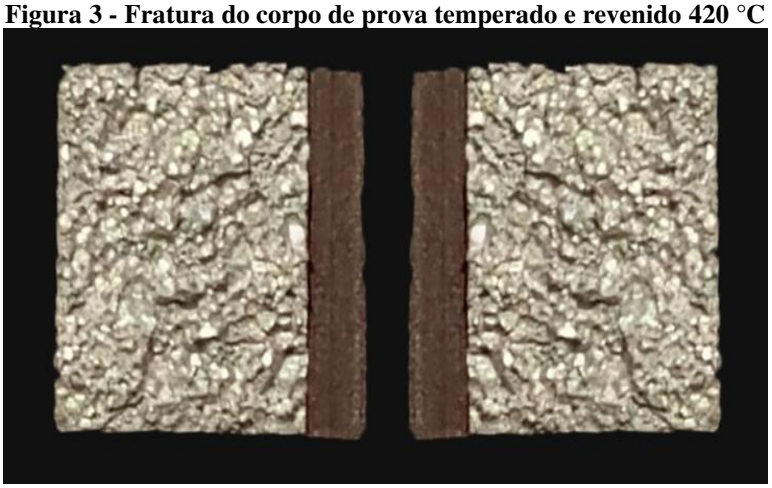
Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 2 - Fratura do corpo de prova temperado



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 3 - Fratura do corpo de prova temperado e revenido 420 °C



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Figura 4 - Fratura do corpo de prova Austemperado 420 °C

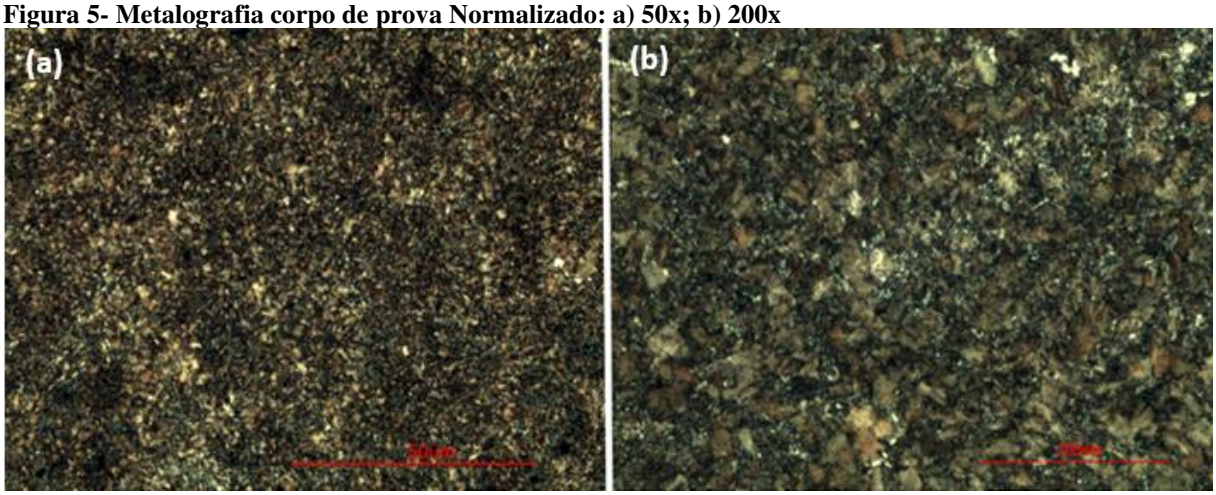


Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

As imagens das fraturas quando comparadas apresentam semelhança entre si com exceção do corpo de prova normalizado.

4.1 Resultados da metalografia

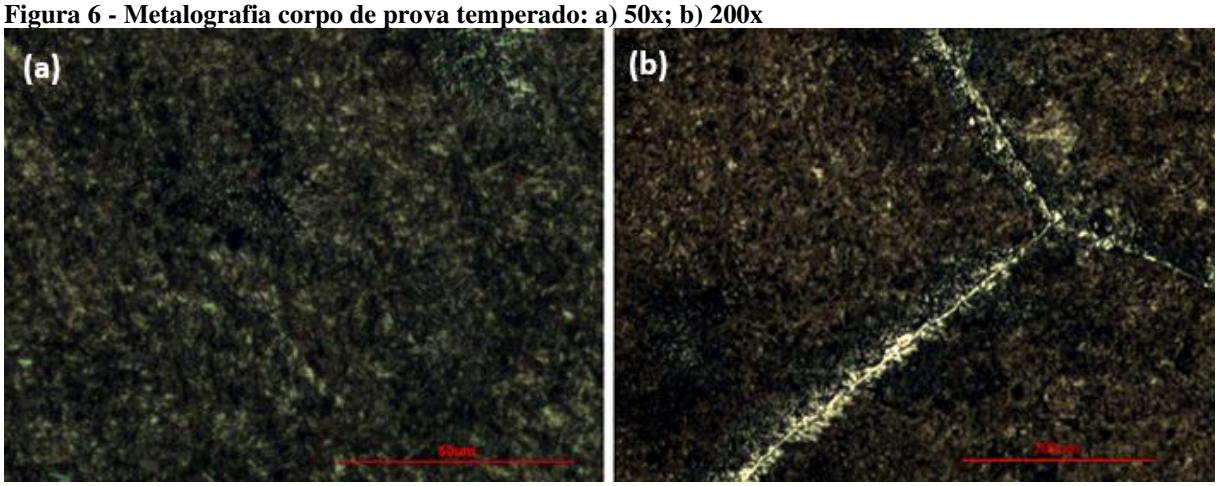
Figura 5- Metalografia corpo de prova Normalizado: a) 50x; b) 200x



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Microestrutura formada por resfriamento lento ao ar a partir da temperatura de austenita evidenciando os contornos de grãos de microconstituinte perlita fina.

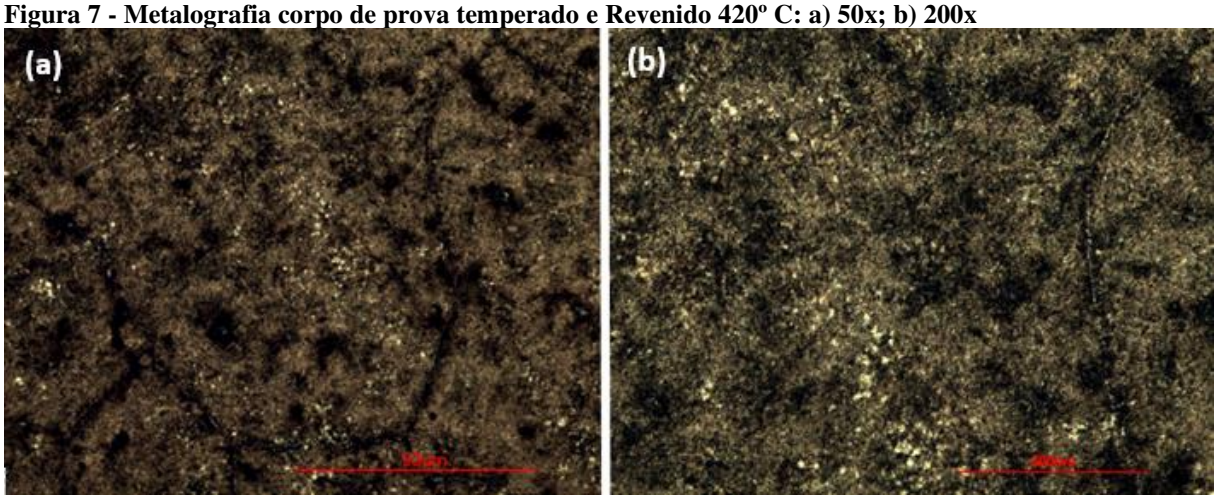
Figura 6 - Metalografia corpo de prova temperado: a) 50x; b) 200x



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Microestrutura composta por martensita e apresenta cementita em seu contorno de grão.

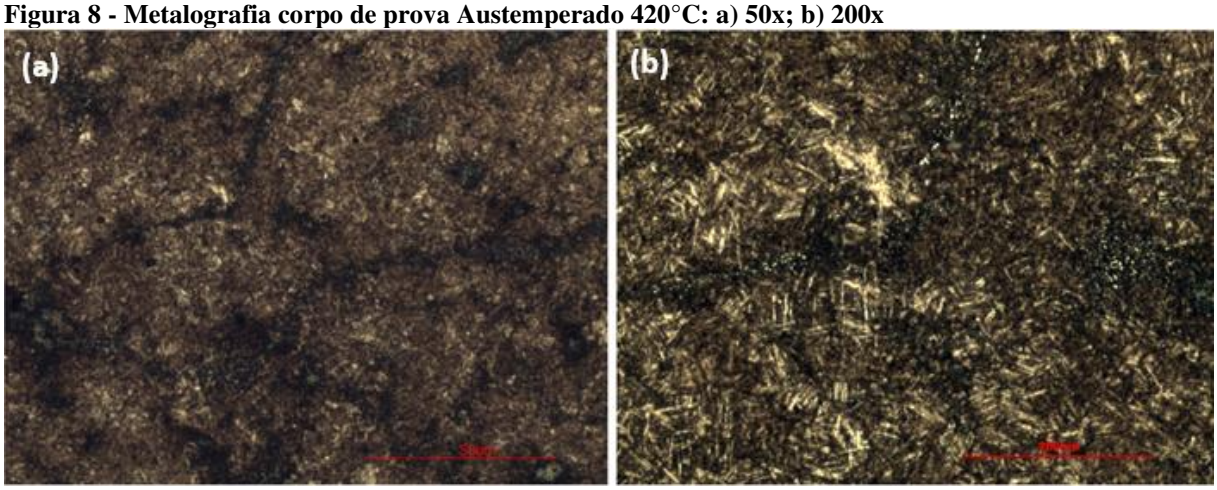
Figura 7 - Metalografia corpo de prova temperado e Revenido 420º C: a) 50x; b) 200x



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Microestrutura presente martensita revenida. Neste corpo de prova foi identificado a presença de porosidade em grandes quantidades em resultado de processo de fabricação e presença de carbonetos, denotado pelos pontos esbranquiçados.

Figura 8 - Metalografia corpo de prova Austemperado 420°C: a) 50x; b) 200x



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Microestrutura apresenta bainita superior, neste corpo de prova foi identificado a presença de porosidade em grandes quantidades.

5 CONCLUSÃO

O estudo proporcionou agregar conhecimento técnico relacionado a tratamentos térmicos, onde foi possível analisar e diferenciar a influência de tais tratamentos sobre a microestrutura e propriedades mecânicas do aço SAE 1095. Aspectos de fratura sem deformação plástica foram observados nas amostras submetidas ao ensaio de impacto, características que convergem com dados de energia absorvida, evidenciando baixa oscilação, fato que sugere pouca influência dos tratamentos realizados nesta liga, com ligeira exceção da



amostra normalizada. A porosidade oriunda do processo de fundição comprometeu parcialmente a qualidade das amostras metalográficas, entretanto, não impossibilitou a confirmação das microestruturas esperadas para cada tratamento térmico.

Os resultados obtidos atenderam às expectativas destacando a importância e influência do tratamento para atingir a necessidade de projetos interferindo diretamente na microestrutura. Em consequência, suas propriedades mecânicas como dureza e tenacidade foram fatores determinantes para que o material tivesse um bom desempenho evidenciado com as amostras realizadas em laboratório, podendo então, em casos práticos, atender às necessidades dos clientes.

REFERÊNCIAS

ASM INTERNATIONAL; Heat Treatment of Steel, Vol. 4, 1991, pp 317-413.

BURKE, J. The Kinetics of Phase Transformation in Metals. London: Pergamon Press, 1965.

CALLISTER JUNIOR, William D. **Ciência e Engenharia dos materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2002. 620 p. Sergio Murilo Stamile Soares.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4 ed., São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 652 p.

KRAUSS, G. **STEELS: PROCESSING, STRUCTURE, AND PERFORMANCE.** Ohio: ASM International, 2005. 600 p.

MARQUES, P. V.; MODENESI, P. J.; BRACARENSE, A. Q. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. Único, 2011.

MILAN, M.; MALUF, O.; SPINELLI, D; BOSE FILHO, W. W., **Metais: uma visão objetiva.** Colosio, M. A., 2.ed., São Carlos, 2014.

PINEDO, Carlos Eduardo. **Tratamentos térmicos e superficiais dos aços**. São Paulo: Blucher, 2021. 326 p.

ROMAN., Grupo Aços. **SAE 1095 | Aço de alto Carbono Especial p/ Construção Mecânica**. 1958. Aços Roman. Disponível em: https://aco.com.br/aco/sae-1095/. Acesso em: 14 jul. 2022.

SANTOS, R.G. **Transformações de fase em materiais metálicos.** Campinas: UNICAMP, 2006. 432p.

SILVA, André Luiz V. Da Costa e, 1953- **Aços e ligas especiais/** André Luiz V. Da Costa e Silva, Paulo Roberto Mei. –São Paulo: Edgard Blücher, 3 ed.2006.

SVERDLIN, A. V.; NESS, A. R. **Fundamental Concepts in Steel heat treatment. In: Steel heat treatment: metallurgy and technologies TOTTEN**, G. E. (Ed. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. p. 121-164.