

ESTUDO DE TENACIDADE AO IMPACTO DO AÇO SAE 1020 QUANDO SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS.

Luiz Henrique Oliveira de Moraes

Resumo: O estudo da tenacidade do aço SAE 1020 quando submetido ao impacto em baixas temperaturas é de suma importância para avaliar os seus limites quando exposto a tal situação, isso por que trata-se de um aço utilizado em alta escala, em várias partes do mundo, e consequentemente em diferentes temperaturas de operação, conhecendo suas características quando exposto a baixas temperaturas, podem ser evitadas eventuais falhas de componentes de projetos, evitando então, prejuízos ambientais, financeiros, e até mesmo para a vida humana. A fragilização de um material quando submetido a baixas temperaturas é denominada como transição dúctil frágil. Uma boa forma de avaliar o comportamento de um material nessa situação, é realizando os ensaios de impacto do tipo Charpy em diferentes temperaturas, e a partir dos dados de ensaio obtidos realizar a comparação entre os valores de energia absorvida pelos corpos de prova, e com isso concluir se o material está sendo fragilizado, ou não, com o decréscimo de temperatura. Para o estudo de tal situação foram confeccionados corpos de prova para ensaio Charpy, com entalhe em v, com dimensões 10x10x55 mm de acordo com a norma ASTM-E23, A partir de uma barra chata laminada de aço SAE 1020. Onde se realizou ensaios com corpos de provas, com as seguintes temperaturas: -5°C, 0°C, 5°C, 10°C, 15°C, 20°C, 25°C e 30°C, temperaturas essas comuns em diversas regiões do mundo. O fim principal do trabalho é o acompanhamento da relação entre os valores de tenacidade do material em função do decréscimo de temperatura. Dessa maneira pode-se concluir que o uso do material é adequado para a operação nas temperaturas ensaiadas, pois praticamente não houve nenhum decréscimo de energia absorvida, comparando diferentes corpos de prova submetidos a diferentes temperaturas de ensaio.

Palavras-chave: ensaio de impacto charpy; transição dúctil frágil; SAE 1020

1. INTRODUÇÃO

O aço SAE 1020 tem um ótimo custo benefício, boa capacidade de usinabilidade e boa aplicabilidade em diversos projetos, possibilitando a fabricação de muitos componentes mecânicos, como eixos, engrenagens, virabrequins, catracas etc. Tais condições fazem com que esse aço seja um dos mais utilizáveis no mundo, e com isso, sua utilização deve ser dada em várias temperaturas de operação [8].

O decréscimo de temperatura pode ser responsável por falhas em componentes mecânicos, fazendo com que um material que normalmente se comporta de forma dúctil, se torna frágil. A fratura frágil é sempre indesejável perante a fratura dúctil, pois ela age de forma totalmente repentina, com pouca ou nenhuma deformação plástica pré-ruptura, acontecendo de forma catastrófica e inesperada, podendo causar danos patrimoniais, ambientais e até mesmo prejuízos contra a vida humana, dependendo da magnitude do projeto falho [13].

A transição dúctil-frágil é amplamente observada em metais com estrutura cristalina CCC e materiais com ligações covalentes (como polímeros) de acordo com [1] Nazari e Milani (2011). Muitas pesquisas semelhantes foram feitas nessa área, como a influência de microestruturas graduadas em um aço na faixa de temperaturas de transição dúctil-frágil de [1], ou influência do tamanho de grãos na tenacidade de aços liga de cromo e manganês [2]. Porém há poucas pesquisas relacionadas a transição dúctil-frágil em aços baixo carbono como o SAE 1020.

Visto que há uma enorme deficiência em dados do aço SAE 1020 relacionado à essa propriedade, o trabalho visa observar o comportamento do aço SAE 1020 em diferentes temperaturas, afim de trazer para engenheiros e projetistas que desejam utilizar esse tipo aço, um embasamento teórico, deixando-os em condições de interpretar se esse material é ideal em relação as suas eventuais temperaturas de operação.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A transição dúctil frágil, ocorre em materiais que em condições normais se comportam de forma dúctil, mas por conta de algum decréscimo de temperatura esse material pode romper de forma frágil, por conta de decréscimos consideráveis de tenacidade, esse fenômeno foi experimentalmente observado em pesquisa por

[3], os mesmos estudaram o comportamento de aços baixa liga em diferentes condições de temperaturas, e constataram que o decréscimo de tenacidade de um aço em baixas temperaturas pode ser 1/3 em relação a tenacidade do material em temperatura ambiente.

Há vários fatores que causam fratura frágil além de baixas temperaturas, há também a existência de impurezas, a presença de polos e micro cavidades, que podem fazer com que o tal fenômeno ocorra. A própria concentração de carbono pode influenciar de forma negativa na ductilidade de um dado material, apesar de sua contribuição para o aumento da dureza e resistência a tração. Em boa parte das vezes, aços altos carbono tem um baixo grau de alongamento em relação aos aços baixo carbono. O fósforo exerce um efeito bem mais indesejável, podendo fragilizar o material, por isso o fósforo muitas vezes é tratado como impureza no processo de fabricação de aços. Porém há elementos de liga que fazem com que dificulte a ocorrência da transição dúctil frágil, exemplo disso é o molibdênio, que costuma diminuir drasticamente as temperaturas da faixa de transição dúctil frágil [5].

O [7], destacam que em aços com uma quantidade superior a 0,3% de carbono em sua composição apresentam uma grande suscetibilidade a fratura em área de solda por conta do armazenamento de hidrogênio no interior do material. Para eliminar esses gases basta adicionar cerca de até 0,6% de silício [7]

Porém não são apenas elementos de liga que contribuem de forma positiva nessa propriedade no aço, tratamentos térmicos também podem ajudar, basta avaliar a forma de como a propagação de trinca é inibida por contornos de grão, ou seja, quanto maior for a densidade de contornos de grão, maior será a resistência perante a trinca, com isso uma menor granulometria é preferível, para o aumento da resistência a tração e tenacidade, além do mais, precipitados, altos ângulos entre contornos de grão, texturas cristalográficas e a resistência a matriz de aço podem influenciar na forma benéfica de como o material pode falhar [2]

O objeto de estudo principal do [4], foi mapear como um aço austenítico, com alta concentração de nitrogênio, se comporta em falhas à medida que varia o tamanho dos grãos em diferentes corpos de prova, a partir de ensaios de impacto do tipo charpy e de tração. Com isso concluiu-se que aços austeníticos se comportam de forma semelhantes aos aços ferríticos quando se fala da influência do tamanho de grão na transição dúctil frágil, ou seja, quanto menor o grão do material menores serão as temperaturas de transição, de forma inversa um material com um grande tamanho de grão perde potencial de resistir ao impacto[4].

Segundo [11], Aços bifásicos podem ser obtidos através do aquecimento de aços hipoeutetoides (caso do aço 1020) acima da linha Ac1 do diagrama de fases (temperatura eutetoide), se forem resfriados corretamente podem conter partículas de martensita em uma matriz ferrítica, além da martensita esses materiais podem conter outras fases como bainita e perlita por exemplo, dependendo da severidade da taxa de resfriamento. A martensita é uma fase dura, porém quebradiça, e ferrita age de forma mais dúctil e maleável, com o correto uso do tratamento térmico, podemos obter resistência, dureza e ductilidade bastante satisfatórias, otimizando as propriedades do aço no tocante a tenacidade.

Além disso, [2], tiveram como motivação para sua pesquisa, falhas repentinas e catastróficas de componentes de armazenamento de materiais radioativos de algumas indústrias na Índia, segundo os autores radioatividade intensifica os efeitos da transição dúctil frágil em aços ligas de cromo e molibdênio (objeto de estudo dos pesquisadores).

Outra condição que contribui que os materiais se comportem de forma frágil, são os concentradores de tensão, objeto de estudo de [6], que examinaram os efeitos dos concentradores de tensão em aços bifásicos, e resumidamente os autores chegaram a conclusão que concentradores de tensão e a severidade do raio na ponta do entalhe (quanto menor for, maior a suscetibilidade de um material fraturar de forma frágil), pode diminuir significativamente a quantidade de energia absorvida ao impacto, fazendo com que o material se torne frágil. Com isso características na geometria de peça, entalhes, fissuras, corrosão por pite e as próprias microcavidades citadas anteriormente, agem como concentradores de tensão podendo causar falhas ao componente quando submetido ao impacto.

A própria norma ASTM E-23 (normalização para ensaios de impacto e base para a metodologia experimental desse trabalho), especifica que tipos de entalhes podem ser utilizados nos corpos de prova, especificando de forma detalhada ângulos dos entalhes, além dos raios das pontas dos entalhes. Dessa forma os corpos de prova fraturam mais facilmente com o impacto do martelo, por conta dessa característica geométrica que age como concentrador de tensão.

Certa quantidade de trabalho a frio também pode ajudar na redução das temperaturas da faixa de transição dúctil frágil, se extrapolar-nos demais essa certa quantidade, o encruamento se torna vilão, tornando a estrutura com maior resistência a tração, porém quebradiça, reduzindo tenacidade do material e consequentemente aumentando as faixas de temperaturas de transição dúctil frágil [6]

Ou seja, é necessário dosar a porcentagem de encruamento, o [6] aplicaram taxas de trabalho a frio de 0% até 2,5% em um aço carbono com molibdênio, e com isso observou-se na análise micrográfica de superfície fraturada de dois aços com composição idêntica, um encruado a 0,5% e outro a 2,5%, constatou-se que no segundo caso havia uma maior presença de característica de fraturas transgranulares e alguns indícios de fraturas intergranulares (características de fratura frágil). Além do mais constatou-se que o aço a que foi submetido a 0,5% de encruamento apresentou uma menor temperatura de transição dúctil frágil em relação as

outras porcentagens de deformação, havendo um decréscimo considerável da temperatura de transição em relação ao material que não foi submetido a deformação, segundo os autores algo próximo de 20 graus Celsius menor.

[6] usaram a análise de superfície fraturada, além dos valores de tenacidade de cada peça a diferentes temperaturas para a interpretação de seus resultados quando se fala de transição dútil frágil. Análise micrográfica essa, que foi objeto de pesquisa de [10], onde a peça a ser fraturada (corpos de prova de liga de aço temperados) passa por um processo de resfriamento (cerca de -25 Graus Celsius), e logo após o corpo de prova é submetido ao ensaio de impacto do tipo Charpy, a partir daí são realizadas uma série de análises microscópicas, onde são levadas em consideração uma série de características superficiais de fratura, como rugosidade superficial, e dimensão de fratura frágil (possui características de clivagem), afim de chegar a uma conclusão da natureza da falha. Essa metodologia é complementar a análise apenas quantitativa de tenacidade ao impacto.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

O objeto central do projeto é observar como o aço baixo carbono SAE 1020 reage ao impacto quando submetido a baixas temperaturas. Para isso, foram realizados ensaios de impacto do tipo Charpy, com corpos de prova normatizados com entalhe em V em diferentes faixas de temperaturas.

Deve-se todo cuidado na confecção dos corpos de prova como pontua [16], e na preparação do ensaio para que erros não acabem influenciando o resultado das medições. Para isso, os corpos de prova são normatizados de acordo com a norma ASTM E-23 dimensões de 10x10x55mm e entalhe em V com 2 mm de profundidade em ângulo de 45°. Fatores como erros das dimensões nos corpos de prova (mais especialmente no entalhe), má posicionamento da peça na máquina, máquina com folga ou com ponteiro mal ajustado, são as principais fontes de erros quando se realiza esse tipo de ensaio.

2.2.1 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS

Os corpos de prova foram confeccionados a partir de uma barra chata laminada de aço SAE 1020 com as dimensões de 1 polegada e meia de largura, meia polegada de espessura e um metro de comprimento. Primeiramente a barra foi cortada com o auxílio de uma serra fita demonstrada na figura 1, em várias partes iguais, formando peças com 12 mm de comprimento e mesmas dimensões da seção transversal citadas anteriormente. Depois todas as peças passaram pelo processo de corte novamente no lado de 1 polegada e meia, obtendo a dimensão de 55mm.

Após os processos de corte as peças passaram pelo processo de desbaste superficial, através da operação de fresamento em uma fresadora vertical (representada na figura 3). Posteriormente, as peças passaram novamente pelo processo de fresamento, para passar pelo processo de acabamento, obtendo as dimensões desejadas (10x10x55mm).

O entalhe também foi feito na fresadora, com ferramenta perfilada, demonstrada na figura 2, com avanço manual, obtendo a profundidade do entalhe de 2mm localizado na parte central da peça em ângulo de 45°.



Figura 1: serra fita utilizada (autoria própria)

Especificações da serra fita:

Fabricante: Starrett Tools (suzhou) Company ltd.

Modelo: s1101

Tensão: 220V

Ano de fabricação: 2010

Número de série: F1-00821-CMNG



Figura 2: Ferramenta utilizada para a usinagem do entalhe (Autoria própria)



Figura 3: Fresadora utilizada na confecção dos corpos de prova (Autoria própria)



Figura 4: corpo de prova finalizado com dimensões 10x10x55mm (Autoria própria)

2.2.2 - PREPARAÇÃO DOS MEIOS DE RESFRIAMENTO

Foram preparados dois meios de resfriamento, o primeiro meio foi a salmoura, que nada mais é que uma solução de água com sal (composição de 70% e 30% respectivamente), o segundo meio de resfriamento foi água potável. Quize peças foram resfriadas imersas na salmoura, enquanto que 25 peças foram resfriadas imersas em água, os corpos de prova foram resfriados em um freezer com seus respectivos meios de resfriamento em recipientes de 1 litro, 18 horas antes do ensaio.



Figura 5: corpos de prova imersos em água gelada (Autoria própria)

2.1.3 -ENSAIO DE IMPACTO DOS CORPOS DE PROVA

O princípio do ensaio de impacto do tipo Charpy, trata-se da transformação da energia potencial do martelo em energia cinética e parte dessa energia cinética é absorvida pelo corpo de provas para que a fratura ocorra como pontua [14].

[15], citaram algumas vantagens do uso do ensaio de impacto, uma delas foram seu baixo custo e sua simplicidade, podendo comparar de forma rápida e eficiente a resistência ao impacto de diferentes materiais. Além do mais o mesmos pontuam que em algumas vezes materiais que apresentam altos valores de tenacidade em ensaios de tração, pode ser que não ocorra o mesmo quando o material é submetido a altas taxas de deformação, como ocorre no ensaio de impacto.

Basicamente os ensaio baseia-se em um pêdulo que é liberado em uma certa altura atingido a peça no ponto de energia potencial mínima e consequentemente energia cinética máxima, obedecendo a s leis de conservação de energia.

[17] representaram essas converções de energia de uma forma bem interessante:

$$Et = Ep + Ek + Ea$$

Onde:

Et: Energia total

Ep: Energia potencial

Ek: Energia cinética

Ea: Energia absorvida pelo corpo de provas

Onde a energia potencial é totalmente convertida em energia cinética na iminência do impacto (se considerarmos como referência o ponto do impacto). Após o impacto parte dessa energia cinética é absorvida pela peça e a outra parte é convertida novamente em energia potencial fazendo o pêndulo atingir uma nova altura menor que a inicial.

Para a realização do ensaio primeiramente o pêndulo foi liberado sem nenhum corpo de prova posicionado, para verificar se o pêndulo estava calibrado, cujo o resultado da medição sem resistência foi de 0 J, portanto a máquina estava ajustada. Posteriormente verificou-se se a fixação entre a máquina e os corpos de prova estava com alguma folga, e foi percebido que sim, e com isso foi realizado o ajuste, após esses procedimentos realizou-se os ensaios propriamente ditos

Foram realizados 40 ensaios onde a cada 5 peças era utilizada uma temperatura, portanto foram utilizados 8 valores de temperaturas (-5 °C, 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C). Onde a peça era retirada do meio resfriado e era realizadas sucessivas medidas de temperaturas com o auxílio de um pirômetro portátil, até que os corpos de provas absorvam calor do ambiente atinja suas eventuais temperaturas pré-definidas, para que imediatamente após a obtenção da temperatura, seja realizado o ensaio de impacto. Ensaio do tipo Charpy (com isso o corpo de provas estava disposto horizontalmente, diferente do ensaio Izod, que o corpo de provas é posto na vertical) que foi realizado com o martelo de 300J, onde a leitura dos dados era realizada na escala graduada da máquina de ensaios, e posteriormente todos os dados do ensaio eram anotados

A temperatura registrada imediatamente para as peças que saíam da salmoura era de -7 °C, enquanto que as a temperatura das peças congeladas em água era de 0 °C, todas as temperaturas foram medidas no local do entalhe de cada corpo de prova, pois se trata do local onde haverá a ocorrência do impacto e consequentemente a fratura.

Nesses ensaios obtemos as seguintes informações: energia absorvida pelos corpos de provas, temperatura e além do mais podemos comparar as áreas das superfícies fraturadas, a fim de avaliar através da comparação entre as imagens, se houve aumento da atividade de fratura frágil com o decréscimo de temperatura.



Figura 6: Máquina de ensaios de impacto (autoria própria)

Fabricante: Time Group INC®

Modelo: JB-W300A

Martelo: Pendular de 300j com corpo de prova em apoio simples

2.3. Resultados e Discussões

Os valores das tenacidades em função das temperaturas estão representados na tabela 1 na forma de média aritmética dos ensaios de impacto em cada temperatura, com o desvio padrão incluso. Os valores da tabela estão representados graficamente no gráfico 1.

Note que a média das tenacidades do ensaio de 20°C é ligeiramente menor que as demais, sendo que o ocorrido não se dá por conta da temperatura pois o valor de energia absorvida sai da linearidade dos ensaios com faixas de temperaturas próximas, tal fenômeno pode ter ocorrido por conta de baixa qualidade superficial nos corpos de prova em questão, essa má qualidade faz com que se forme um ambiente propício para a ocorrência de concentradores de tensão facilitando a ruptura do material. Além do mais a presença de impurezas no metal pode ser a causa do ocorrido, fazendo com que ocorra a presença de micropartículas duras no material, reduzindo a sua capacidade de absorver energia no impacto.

Outro fator pode ter sido a falta de homogeneidade na distribuição de carbono da barra onde foi obtido os corpos de provas, fazendo com que o haja regiões de menor capacidade de absorção de energia.

Tabela 1: Média das energias absorvidas ao impacto para as temperaturas ensaiadas

TEMPERATURA [°C]	ENERGIA ABSORVIDA [J]
-5	31,6 ± 0,88
0	32,6 ± 2,32
5	33 ± 1,6
10	34 ± 1,3
15	34,8 ± 1,04
20	32,2 ± 1,1
25	33,8 ± 2,34
30	35,2 ± 1,36

Fonte: Autoria Própria

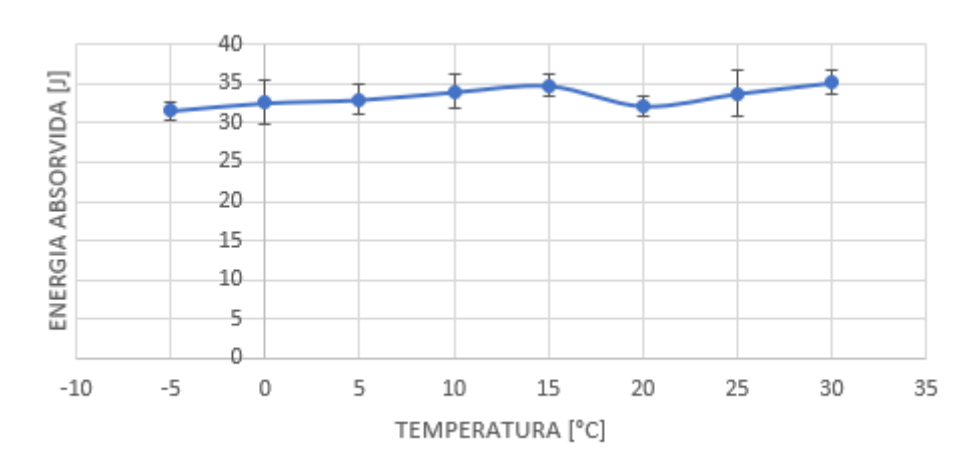


Figura 7: Gráfico relaciona energia absorvida pela temperatura

Fonte: Autoria própria

Além da avaliação quantitativa dos dados de absorção de energia do material é de suma importância também a avaliação qualitativa da superfície fraturada da peça a fim de identificar mudanças comportamentais da fratura. Perceba que nas figuras abaixo praticamente não temos praticamente nenhuma diferenciação de características de superfície de área fraturada entre um exemplar ensaiado em -5°C (mostrado na figura 7) e na superfície de um exemplar ensaiado a 30°C mostrado na figura 8. Na tabela 2 podemos ver a porcentagem de área de superfície de fraturada com características de fratura frágil para cada ensaiado nas diferentes temperaturas.

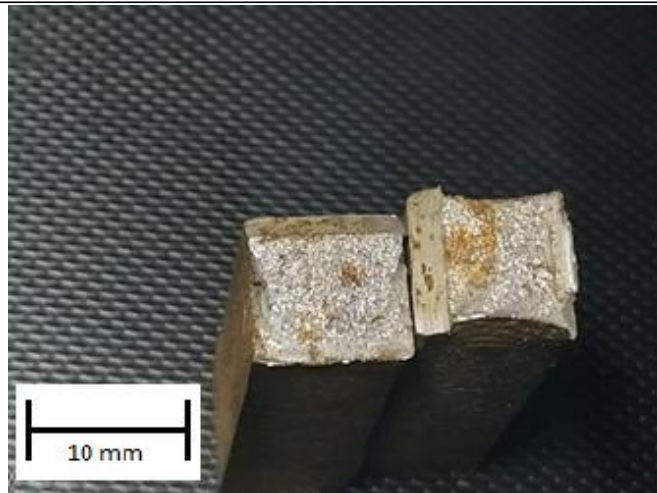


Figura 8: superfície fraturada de peça ensaiada em -5°C (Autoria própria)

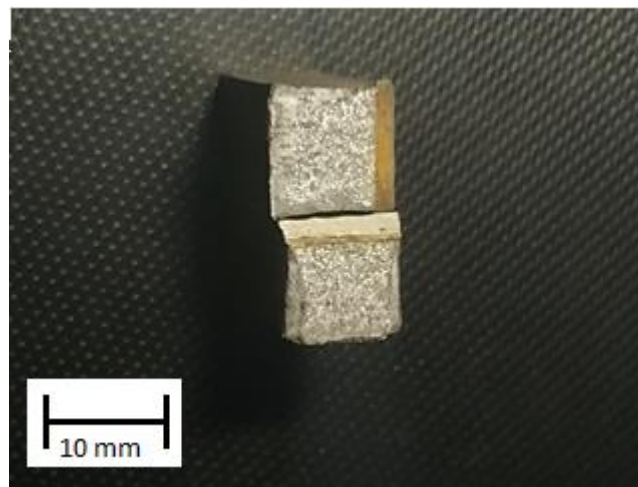


Figura 9: superfície fraturada de peça ensaiada em 30°C (Autoria própria)

Tabela 2: Porcentagem de área fraturada com características de fratura frágil em relação a temperatura. Fonte: Autoria própria

TEMPERATURA [$^{\circ}\text{C}$]	ÁREA [%]
-5	$70,64 \pm 1,32$
0	$70,04 \pm 3,15$
5	$70,19 \pm 0,78$
10	$70,46 \pm 2,78$
15	$68,43 \pm 4,07$
20	$70,69 \pm 1,93$
25	$72,07 \pm 1,79$
30	$70,19 \pm 1,41$

Fonte: Autoria própria

Note que os valores de área fraturada com características de fratura frágil praticamente não variaram de acordo com que a temperatura era modificada.

3. CONCLUSÕES

A metodologia utilizada permitiu obter um melhor entendimento de como o aço SAE 1020 se comporta quando submetido a cargas dinâmicas em altas taxas de deformação e em baixas temperaturas, evidenciou-se também que para que o ensaio seja bem sucedido deve-se seguir com grande rigor as normas específicas e garantir o bom funcionamento da máquina ajustando-a antes dos ensaios de impacto para que os dados obtidos tenham validade.

Note que o aço SAE 1020 teve um bom comportamento nas condições de ensaio que o mesmo foi submetido, onde o aço se comportou de forma estável em todos os ensaios. partir da interpretação dos dados quantitativos percebemos que praticamente não houve decréscimo de tenacidade quando a temperatura foi reduzida, outro fator que evidencia que não houve mudanças do comportamento dúctil/frágil do material, é o fato de não haver aumento na área brilhosa e pigmentada e brilhosa nos corpos de prova a medida que a temperatura caía.

Para trabalhos futuros relacionados ao tema é aconselhável utilizar meios que atinjam temperatura mais baixas, afim de testar o aço SAE 1020 no seu extremo de resistência à transição dúctil frágil, é aconselhável meios de resfriamento como nitrogênio líquido, ou álcool etílico em mistura com gelo seco. Além do mais para a complementação do trabalho é aconselhável avaliar o comportamento do aço SAE 1020 ao impacto em baixas temperaturas, após o material ser submetido a diferentes tratamentos térmicos como têmpera e revenimento por exemplo

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]ALI NAZARI, A. A. M. Ductile to brittle transition temperature of functionally graded steels with crack. **Materials Science and Engineering**, p. 6, 2011.
- [2]ARYA CHATTERJEE, D. C. A. M. R. M. A. K. B. Effect of normalization temperatures on ductile–brittle transition. **Materials Science & Engineering A**, West Bengal, India, p. 13, agosto 2014.
- [3]BOZHENOV, M. M. K. A. V. A. Scattering of Values of Impact Toughness of Low Alloy Steel. **Inorganic Materials: Applied Research**, moscow, v. 5, p. 10, june 2013.
- [4]BYOUNGCHUL HWANG, . S.-J. K. Grain size dependence of ductile-to-brittle transition temperature of a. **Materials Science and Engineering**, p. 4, 2011.
- [5]DELFORGE, D. Y. M. INSTRUMENTAÇÃO DE UM PÊNDULO PARA ENSAIO DE IMPACTO CHARPY, FEVEREIRO 1994.
- [6]L. JUHAR, I. S. G. R. Effect of microstructure on mechanical properties of dual phase steels. **Materials Science & Engineering A**, junho 2013.
- [7]MARCELO DALVI NICOLA, M. F. N. V. PROJETO MECÂNICO E CONSTRUÇÃO DE VASO DE PRESSÃO:, Vitória, julho 2012.
- [8]METALS, G. GGD METALS. **GGD METALS**, 2015. Disponível em: <<https://ggdmetals.com.br/produto/sae-1020/>>. Acesso em: 16 outubro 2019.
- [9]RIDDLE*, R. G. F. A. N. Control of ductile to brittle transition. **Materials Science & Technology**, janeiro 2011.
- [10]S. ULU*, Y. K. A. I. G. Surface borided SAE 1020 steel with dual. **Materials Science and Technology**, abril 2012.
- [11]WEI TANG, Y. W. Fractal characterization of impact fracture surface of steel, janeiro 2012.
- [12]WILIAM D. CALLISTER JR, D. G. R. **Ciência e Engenharia De Materiais**. Rio de Janeiro: LTC, v. 8º, 2012.
- [13]MEYERS, M. A. and CHAWLA, K. K.. Mechanical Behavior of Materials. Prentice-Hall, New Jersey, 1999.
- [14]ASKELAND, D. R. and PHULÉ, P. P.. The Science and Engineering of Materials. Thomson Learning , 5th ed., Austrália, 2006.
- [15]GARCIA, A.; SPIM, J. A. e SANTOS, C. A.. Ensaio dos Materiais. LTC, Rio de Janeiro, 2008
- [17]DAVIM, J. P. e MAGALHÃES, A. G.. Ensaios Mecânicos e Tecnológicos: Inclui Exercícios Resolvidos e Propostos. Publindústria, 2. ed., Porto, Portugal, 2004.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 15 h 30 min do dia sete de fevereiro de dois mil e vinte, na sala três da central de aulas cinco da UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi-Árido reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **LUIZ HENRIQUE OLIVEIRA DE MORAIS**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula **2017011190**, com o título **“ESTUDO DE TENACIDADE AO IMPACTO DO AÇO SAE 1020 QUANDO SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPERATURAS”**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por três membros: Prof. MSc. PRINCE AZSEMBERGH NOGUEIRA DE CARVALHO, presidente da banca e orientador do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Engº. FILIPE LIMA LIMA DOS SANTOS e Bela. GIOVANNA MARIA DE OLIVEIRA FIN, como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido às seguintes notas: 9,0; 9,5; 10,0. Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral 9,5. E para constar, eu, PRINCE AZSEMBERGH NOGUEIRA DE CARVALHO, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró, 10 de fevereiro de 2020.

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Prince Azsemergh N. de Carvalho

Prof. MSc. PRINCE AZSEMBERGH NOGUEIRA DE CARVALHO – UFERSA
Presidente e orientador

Filipe Lima dos Santos

Prof. Engº. FILIPE LIMA LIMA DOS SANTOS – UFERSA
Primeiro Membro

Giovanna Maria de Oliveira Fin

Bela. GIOVANNA MARIA DE OLIVEIRA FIN - UFERSA
Segundo Membro