

3

Material e Procedimento Experimental

3.1

Material

O material utilizado no presente trabalho foi retirado de uma amostra de um sonotrodo danificado. De acordo com o desenho do fabricante trata-se de um aço estrutural para construção mecânica SAE 8550 (*Society of Automotive Engineers - EUA*) Nitrodur 34 CrAlNi7. Aço pré-beneficiado (temperado e revenido) para nitretação, utilizado em componentes que requeiram dureza superficial e resistência ao desgaste tais como discos, máquinas para extrusão, engrenagens, anéis, bielas, ferramentas de desempenadeiras, sonotrodos para corte, etc.

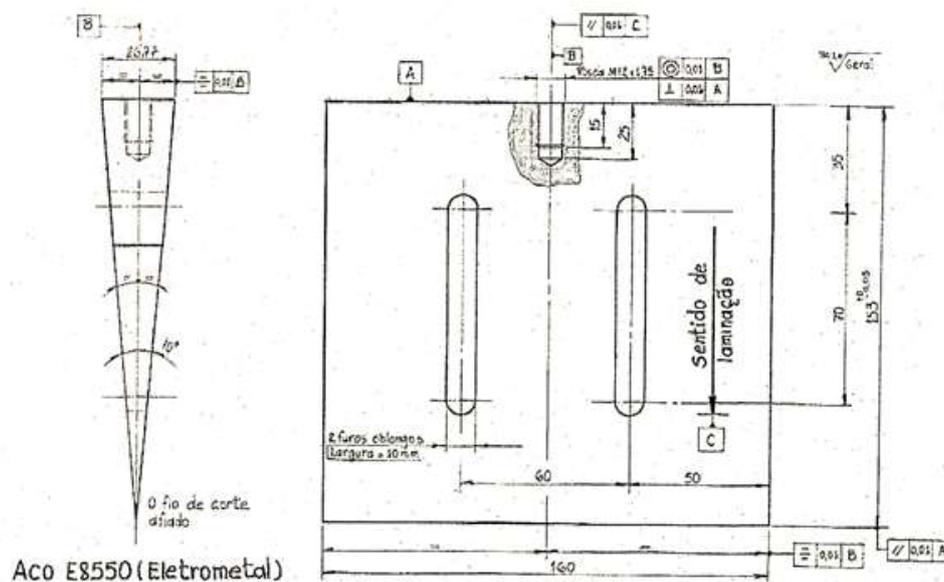


Figura 19: Desenho dimensional de um sonotrodo.

O Aço SAE 8550 é classificado como aço meio duro em função do seu percentual de carbono de 0,30-0,37%.

A composição química do aço SAE 8550 é mostrada na tabela 2.

Tabela 2 – Composição química característica do Aço estrutural SAE 8550

Elemento	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	Ni
% em Peso	0,30 -0,37	< 0,40	0,40 - 0,70	< 0,025	< 0,025	0,80- 1,20	1,50- 1,80	0,15- 0,25	0,85- 1,15

Para verificar a composição química do aço foi cortada uma amostra da faca medido 2 x 2 x 1 cm e realizado um ensaio de fluorescência de raios x com o objetivo de avaliar qualitativamente a presença dos componentes químicos presentes na amostra. O equipamento utilizado foi o XRF da BRUKER modelo S1 TITAN XRF Gun.

O ensaio consiste em se colocar a amostra sobre a área de análise do aparelho e utilizando um software do fabricante Bruker e um computador conectado ao equipamento, extrair os dados de fluorescência em forma de gráfico com o objetivo de confirmar com os dados do catálogo quanto à presença dos componentes do aço SAE 8550.



Figura 20 – Ensaio de fluorescência de raios X.

3.2

Simulação pelo Método de Elementos Finitos

O sonotrodo foi desenhado no software *solidworks* e importado para o Software *Ansys workbench* onde foi realizado o modelamento e a definição das condições de contorno.

É importante salientar que para esta simulação, foi escolhida a simulação Estática Estrutural.

Iniciou-se a página do projeto, acesso às ferramentas para leitura geometria importada, selecionada a unidade em metros, criada as condições de contorno sendo a carga de tração nas faces da Faca de 100 N e considerado o apoio fixo na região da rosca de fixação do sonotrodo.

Selecionou-se um material estrutural default do programa, pois na ocasião da simulação não tínhamos os dados do material. Sendo gerada a Malha, escolhido o critério equivalente de Von Misses e colocado o projeto para ciclar.

3.2.1

Geometria e posição de retirada dos corpos de prova

O material para os ensaios Charpy e de Tração foram retirados de um sonotrodo tipo faca defeituoso. Levamos a faca trincada para uma empresa de usinagem e utilizando o processo de eletroerosão a fio, foram fabricados os espécimes conforme figuras a seguir:



Figura 21 – Retirada dos espécimes no sentido da laminação

Os espécimes foram retirados no sentido longitudinal que coincide com o sentido de laminação do aço.

Os corpos de prova de tração foram retirados da face da faca e os de charpy foram retirados da parte superior que é a que apresenta maior volume conforme figura 22.

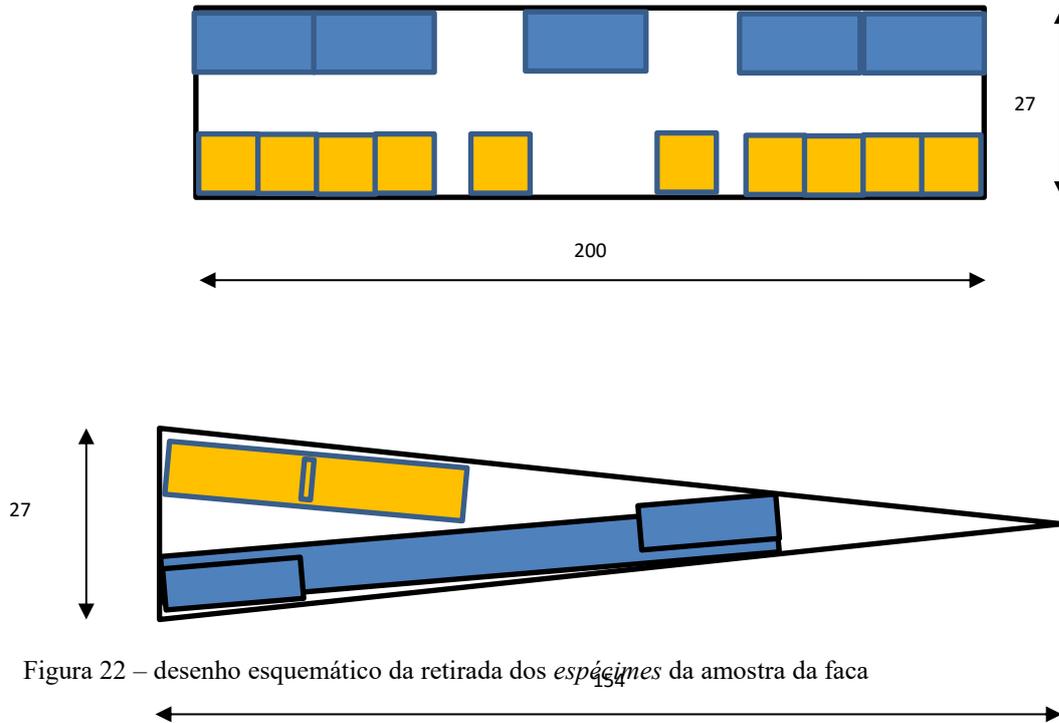


Figura 22 – desenho esquemático da retirada dos *espécimes* da amostra da faca

3.2.2

Corpo de prova para ensaio tração

O corpo de prova para o ensaio de tração foi escolhido tipo plano conforme a norma ASTM E 8M [11] devido à geometria plana da faca para obter um melhor aproveitamento da amostra conforme figura 23 abaixo.

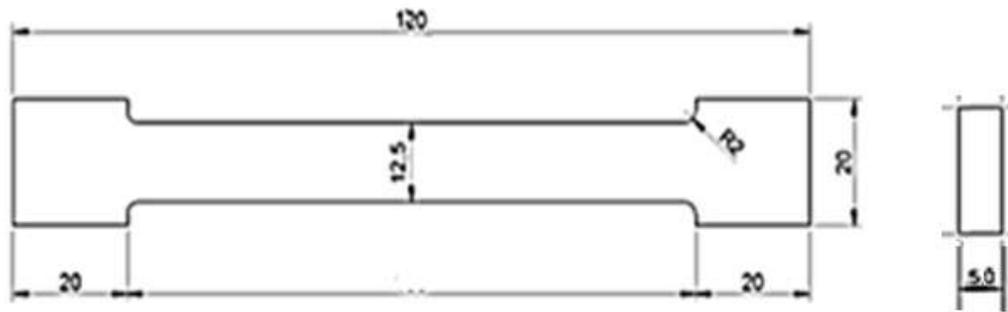


Figura 23 – Geometria dos corpos de prova para o ensaio Tração.

3.2.3

Corpos de prova para ensaio Charpy

Os corpos de prova para o ensaio Charpy foram retirados da amostra conforme a norma ASTM E 23[13] cujas dimensões encontram-se descritas conforme a figura 24

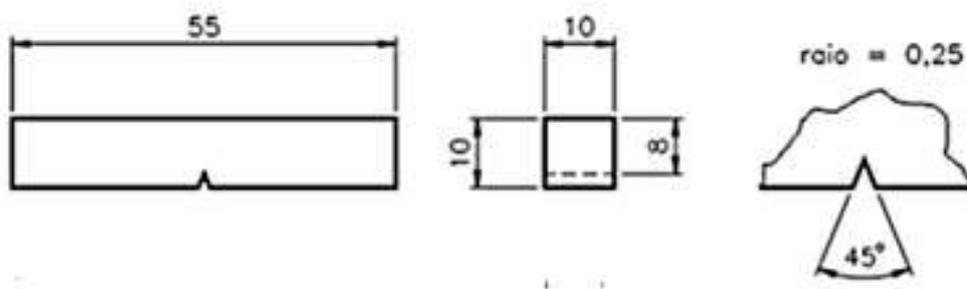


Figura 24 – Geometria dos corpos de prova para o ensaio Charpy.

3.3

Ensaio com Líquido Penetrante

O ensaio por líquidos penetrantes é utilizado para se detectar descontinuidades superficiais e que sejam abertas na superfície, tais como trincas, poros, dobras, etc..

O Método consiste em fazer penetrar na abertura da descontinuidade um líquido. Após a remoção do excesso de líquido da superfície, faz-se sair da

descontinuidade o líquido retido através de um revelador. A imagem da descontinuidade fica então desenhada sobre a superfície.

Seis etapas foram realizadas, a saber:

- 1- Preparação da superfície - Limpeza inicial – foi realizada com o objetivo de remoção de sujidades, óleos, graxas e ferrugem que podem afetar os resultados do ensaio.
- 2- Aplicação do Penetrante – Aplica-se o líquido penetrante, cor vermelha, com o objetivo de penetrar por capilaridade nos defeitos superficiais aguardou-se 15 minutos para que o produto pudesse penetrar.
- 3- Remoção do excesso de penetrante - Após a etapa 2, procedeu-se a remoção superficial do filme de penetrante removendo totalmente com pano branco todo o resíduo de penetrante.
- 4- Revelação - Após a remoção de todo o penetrante da superfície, aplicou-se um spray de pó fino e branco na superfície que age absorvendo o penetrante onde houver descontinuidades revelando as mesmas na cor vermelha.



Figura 25 – Revelação dos defeitos com ensaio de líquidos penetrantes.

5- Avaliação - Após a aplicação do revelador, as indicações começam a serem observadas, através da mancha causada pela absorção do penetrante contido nas aberturas, e que serão objetos de avaliação.

6- Limpeza pós-ensaio - A última etapa, geralmente obrigatória, é a limpeza de todos os resíduos de produtos, que podem prejudicar uma etapa posterior de trabalho da peça (soldagem, usinagem, etc...).

Os corpos de prova para os ensaios Charpy e Tração deste trabalho, foram submetidos previamente a ensaios de líquidos penetrantes com o objetivo de verificar se os corpos de prova continham algum defeito superficial prévio que os incapacitasse para a realização dos ensaios já que a amostra do sonotrodo, já havia sido usada em produção.

Este ensaio também foi realizado na face sonotrodo antes de serem usinados os corpos de prova conforme figura 3.6 abaixo:

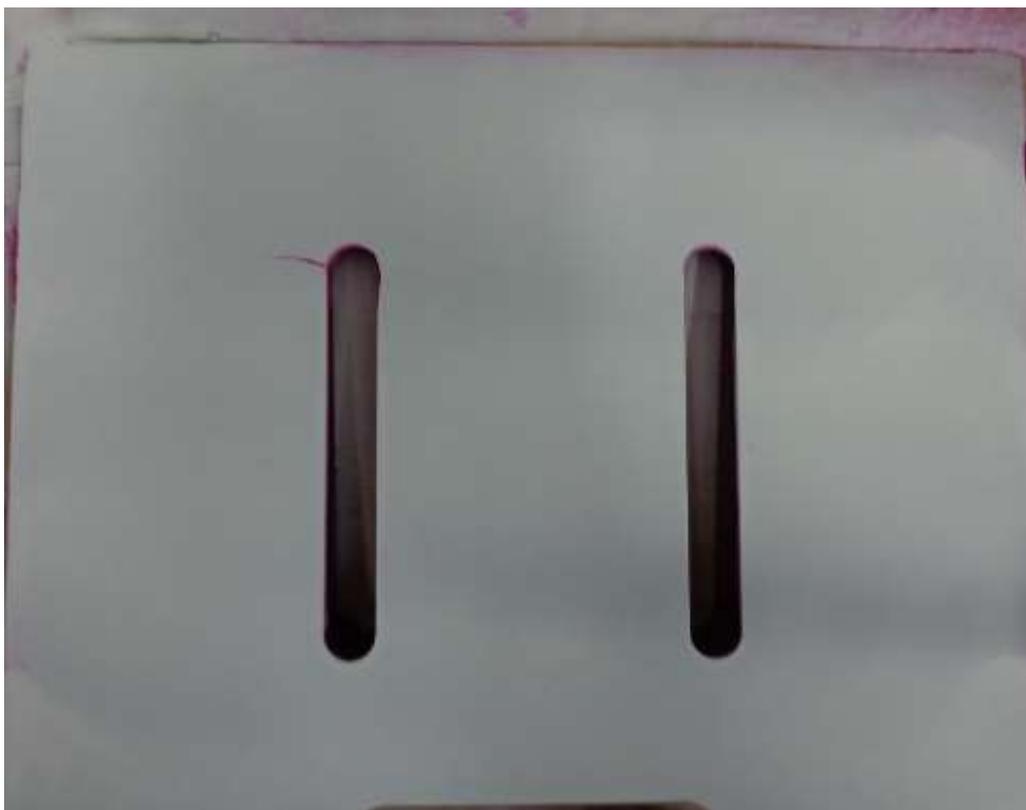


Figura 26 – Ensaio de líquidos penetrantes na face sonotrodo

3.4

Ensaio Tração

Os corpos de prova foram submetidos a ensaio Tração para comparar os dados de catálogo do aço ASI 8550 com os resultados do ensaio.

Um corpo de prova foi ensaiado em uma máquina de teste universal eletrônica WDW T100 Fabricante SHIJIN (www.shijin.com) existente no IFRJ campus Paracambi de acordo com a norma ASTM E8M-95[11].

Os ensaios foram realizados de forma a se obter o limite de escoamento, o limite de resistência à tração, a deformação % e a redução % da área do material após o rompimento total do corpo de prova.

3.5

Ensaio Charpy

Os corpos de prova foram submetidos a ensaio de Charpy para comparar os dados de catálogo do aço ASI 8550 com os espécimes retirados da amostra da faca trincada.

A máquina utilizada foi um pendulo de impacto analógico marca PANTEC. A norma utilizada para o ensaio foi a ASTM E 23-94.

Devido a pouca quantidade de corpos de prova disponíveis foram ensaiados cinco corpos de prova à temperatura de 25 °C e avaliado a sua microestrutura já que as falhas ocorrem à temperatura ambiente.

3.6

Caracterização Microestrutural

Foram retiradas amostras do aço estrutural ASI 8550 no tamanho 2 x 2 x 1 e preparadas metalograficamente. Para esta análise as amostras foram embutidas e lixadas por via úmida na sequência 100, 180, 220, 400, 600, 800 e 1200.

As amostras foram embutidas entre 500 e 1000 Lbf/pol². Foi utilizada uma máquina embutidora marca FORTEL EF 40 e utilizado baquelite em pó preto marca RESITEC.

As amostras foram sendo avaliadas em microscópio óptico com o objetivo de eliminar os riscos deixados pelas lixas e manchas de secagem que chamamos de “cometas”. Iniciou-se o polimento em baixa rotação com alumina 1 e adicionando-se álcool hidratado sempre que necessário.

Após cada sequência de lixamento lava-se a amostra em água corrente, aplica-se álcool etílico P.A. e seca-se com ar quente a uma inclinação de 45°. Quando a amostra não apresentar mais riscos e cometas, repete-se o procedimento com alumina 0,5 com novo pano de polimento.

As amostras foram atacadas com Nital 5% durante 8 segundos. Após o ataque as amostras foram analisadas por microscopia óptica em microscópio ZEISS e microscopia eletrônica de varredura MEV modelo Hitachi TM 3000.

3.7

Ensaio de Dureza Rockwell

Dureza é a propriedade de um material que permite a ele resistir à deformação plástica, usualmente por penetração. O termo dureza também pode ser associado à resistência à flexão, risco, abrasão ou corte.

A dureza não é uma propriedade intrínseca do material, ditada por definições precisas em termos de unidades fundamentais de massa, comprimento e tempo. Um valor da propriedade de dureza é o resultado de um procedimento específico de medição.

O método mais comum de obtenção do valor de dureza é medir a profundidade ou área deixada por um instrumento de endentação de formato específico sobre o material, usando-se para tal uma força definida, aplicada durante um tempo específico. É a determinação da dureza por penetração. Os principais métodos padronizados de medição são: Brinell, Vickers, e Rockwell.

Neste ensaio foi utilizado um equipamento DIGIMESS e utilizada o método de medição na escala Rockwell C cuja carga foi de 150 Kgf e utilizado um penetrador cone de diamante de 120°.

Desprezaram-se os três primeiros ensaios em um corpo qualquer antes de iniciar a avaliação da amostra. Foram realizados ensaios em duas amostras sendo cinco medidas para cada uma.

O objetivo foi verificar se a dureza da amostra estava compatível com a dureza de catálogo do aço ASI 8550 e buscar uma relação entre a dureza do material e o limite de resistência do material medido no ensaio de tração.

3.8

Fractografia

Neste ensaio foram utilizadas amostras da fratura dos corpos de prova C5 e C4, após ensaio Charpy. Os corpos de prova foram analisados em microscópio eletrônico de varredura, MEV TM 3000 da Hitachi, com o objetivo de determinar, o mecanismo de fratura sofrido pelo material. Para fixar o corpo de prova foi utilizada fita adesiva magnética para que não houvesse perda de elétrons no MEV.