

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS E OS RESULTADOS OBTIDOS NO ENSAIO DE TRAÇÃO

SCHUEDA, Alexandre ¹
GRAWE, Fernando Claudio ²
HERRMANN, Gabriel ³
RAISER, Mateus ⁴
FREITAS FILHO, Fernando Luiz ⁵

RESUMO

Na busca de ganhar tempo e diminuir custo, as indústrias estão à procura de tecnologias que apresentem um melhor desempenho e benefício para diminuir falhas no produto final, até porque quanto menos erros e retrabalho, menor será o custo de transformação da matéria prima para o produto, embora o tema possua bastante notoriedade na atualidade, existem muitos questionamentos. A presente pesquisa buscou identificar o nível de maturidade, nesse caso buscando comparar os testes feitos em máquinas com software de simulação, a fim de compreender se é possível chegar no mesmo resultado, nesse estudo foi escolhido o aço 1020 para análise de tração. Com o apoio da empresa Metalab e do software Solid Edge foi alcançado o objetivo desse artigo de comparação, mas de maturidade intermediária, já que há vários fatores analisados nas discussões que podem criar uma disparidade nos resultados finais.

Palavras-chave: Solid Edge; Aço 1020; Análise.

¹Graduanda(o) do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, alexandreschueda@gmail.com; ²Graduanda(o) do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, fernandograwe.8375@aluno.unisociesc.com.br; ³Graduanda(o) do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, Gabriel_hermann@hotmail.com; ⁴Graduanda(o) do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário UNISOCIESC, mateus.raiser@outlook.com; ⁵Professor orientador: Doutor, Centro Universitário UNISOCIESC, fernando.freitas@unisociesc.com.br

1 INTRODUÇÃO

A constante evolução da engenharia mecânica tem sido impulsionada, em grande parte, pela aplicação de tecnologias inovadoras. Nos últimos anos, uma mudança significativa foi observada na maneira como os ensaios mecânicos são conduzidos e avaliados, graças à introdução e ao avanço dos softwares de Análise de Elementos Finitos (FEA) e outras ferramentas de simulação. No entanto, esta evolução desencadeou uma análise profunda sobre a viabilidade e os benefícios de incorporar o software nesse cenário tradicional.

A utilização de software neste tipo de ensaio tem gerado discussões profundas e promissoras em diversos setores da engenharia. Logo, esta análise comparativa busca explorar a extensão desse impacto, examinando como a adoção de software influencia a eficiência, a precisão e fundamentalmente a qualidade dos resultados obtidos em ensaios de tração.

Neste contexto, o presente artigo terá como objetivo realizar uma análise comparativa entre o método de elementos finitos e os resultados obtidos de ensaios de tração. Logo, para alcançar essa finalidade, será realizada uma avaliação dos resultados obtidos a partir de seis corpos de prova confeccionados com o material SAE 1020, submetendo-os a ensaios de tração em um ambiente laboratorial e posteriormente comparados com os dados de elementos finitos simulados no software Solid Edge, visando identificar convergências e divergências, bem como avaliar a eficácia do método de elementos finitos na modelagem do comportamento dos materiais em condições reais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão revisados conceitos importantes que irão ser utilizados, entre eles, será revisado a simulação, elementos finitos, ensaio de tração e propriedades dos materiais.

2.1 SIMULAÇÃO

A simulação oferece diversas ferramentas e aplicações, e uma abordagem para realizar cálculos é a execução manual. No entanto, esse método envolve o cálculo individual de cada parâmetro, o que aumenta substancialmente a probabilidade de erro. Além disso, é um processo demorado, especialmente quando é lidado com casos mais complexos ou quando o usuário possui conhecimento limitado no assunto (ANTONIACOMI et al., 2010).

Uma alternativa mais eficaz é a utilização de softwares de simulação, que oferecem maior confiabilidade e economizam tempo. Atualmente, existem diversas opções de software disponíveis, como ,SolidEdge, ANSYS® etc. A escolha entre eles depende das necessidades específicas do projeto (NAVES et al., 2011).

2.2 SOFTWARE SOLID EDGE - análise em ensaios de tração

O Solid Edge, é um software de design assistido por computador (CAD), pode ser aplicado em ensaios de tração de diversas maneiras. Ele permite a modelagem 3D de componentes sujeitos a ensaios de tração, a aplicação de condições de contorno, como forças e restrições, e a geração de malhas de elementos finitos para análises precisas. Além disso, o Solid Edge suporta análises de elementos finitos (FEA) para simular o comportamento dos componentes durante os ensaios de tração, oferecendo informações valiosas sobre distribuições de tensão e deformação.

2.3 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS - análise em ensaios de tração

O método de elementos finitos (FEA) desempenha um papel fundamental na realização de ensaios mecânicos avançados e na interpretação dos resultados. Quando aplicada aos ensaios mecânicos, oferece uma compreensão aprofundada do comportamento de materiais e estruturas, permitindo a otimização de projetos e a previsão de desempenho com alta precisão.

A primeira aplicação notável em ensaios mecânicos é a simulação de condições de carga e restrições. Isso permite a modelagem de diferentes cenários de

teste, desde ensaios de tração até testes de fadiga, e a previsão das respostas estruturais sob diferentes condições de carga.

Além disso, é crucial na análise de tensões e deformações durante ensaios de tração. Ela fornece uma visão detalhada das distribuições de tensão e deformação em um corpo de prova, permitindo a identificação de pontos críticos de concentração de tensão e a otimização de geometrias para minimizar falhas estruturais. Ademais, a análise de elementos finitos também permite prever o ponto de ruptura em ensaios destrutivos, o que é particularmente valioso na análise de materiais e componentes críticos.

Segundo Zienkiewicz, o método de elementos finitos é uma técnica versátil que tem sido aplicada em uma ampla gama de campos da engenharia. Ele permite a simulação de comportamento estrutural complexo em condições diversas, desde carregamentos estáticos e até dinâmicos.

2.4 ENSAIOS MECÂNICOS

Por definição, os ensaios mecânicos são procedimentos sistemáticos e controlados que permitem avaliar o comportamento de materiais e estruturas sob diferentes condições de carga. Desta forma, esses ensaios são realizados em laboratórios e fornecem informações essenciais para a engenharia mecânica em várias áreas, desde a concepção de produtos até a pesquisa avançada.

2.5 ENSAIOS DESTRUTIVOS

Consideram-se ensaios destrutivos aqueles procedimentos que demandam a utilização de métodos que tornam os materiais ou corpos de prova inutilizáveis, mesmo quando apresentam danos mínimos. Isso se deve ao fato de que as marcas resultantes de tais ensaios, como ilustrado no ensaio de dureza, tendem a se transformar em pontos de concentração de tensão potenciais e fontes de possíveis falhas (ZOLIN et al., 2011). Logo, os ensaios destrutivos ocupam uma posição de destaque na determinação das propriedades dos materiais, sendo particularmente

relevantes quando se busca mensurar a capacidade desses materiais em resistir a esforços mecânicos (ZOLIN et al., 2011).

Além disso, um exemplo notável de ensaio destrutivo é apresentado por Callister Junior (2011) na forma do ensaio de tração. Nesse método amplamente empregado, o corpo de prova é submetido a uma força de tração que pode resultar em seu alongamento ou estiramento até a eventual ocorrência de sua fratura. Essa técnica é frequentemente utilizada para determinar o módulo de Young, uma importante propriedade mecânica dos materiais.

2.6 ENSAIO DE TRAÇÃO

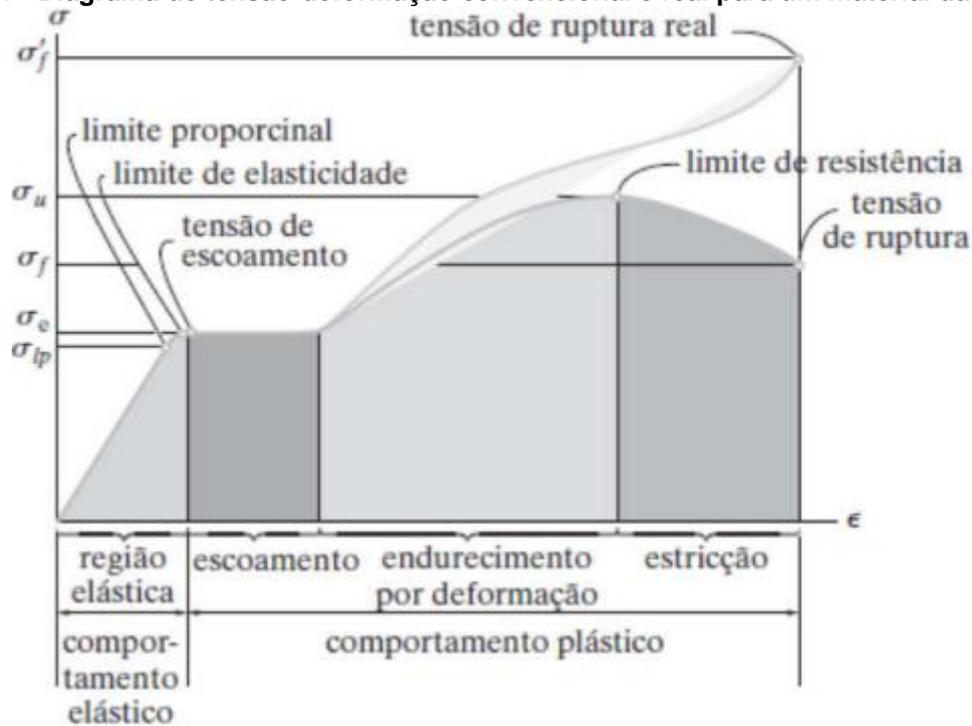
O ensaio de tração é comumente realizado utilizando uma máquina universal. Nesse procedimento, o corpo de prova é firmemente fixado pelas suas extremidades na máquina, de modo a permitir que a mesma aplique uma força axial que estica o corpo de prova, aumentando seu comprimento. A máquina de tração é operada de forma hidráulica e está conectada a um dinamômetro, responsável por medir a força aplicada ao corpo de prova.

No ensaio de tração, o corpo de prova é submetido a uma força de tração uniaxial que aumenta progressivamente. Ao mesmo tempo, observações são feitas para medir o alongamento do corpo de prova. Essas informações são usadas para construir uma curva de tensão-deformação com base nas medições de carga e extensão (DIETER, 1982).

Através do método descrito, é possível obter a característica curva tensão-deformação associada ao material em questão, como ilustrado na Figura 1. Nessa curva, é possível identificar quatro diferentes modos de comportamento do material, que variam de acordo com o grau de deformação aplicado (HIBBELER, 2010).

A curva é representada pela tensão nominal (σ) em relação à deformação nominal (ϵ). A tensão nominal é determinada pela divisão da carga aplicada pela área original da seção transversal do corpo de prova, enquanto a deformação nominal é calculada pela divisão da variação no comprimento de referência do corpo de prova pelo comprimento original de referência do mesmo.

Figura 1 - Diagrama de tensão-deformação convencional e real para um material dúctil (aço)



Fonte: Hibbeler (2010)

Na região elástica da curva, a tensão apresenta uma relação linear com a deformação. Quando a carga excede o valor correspondente ao limite de escoamento, o corpo de prova sofre uma deformação plástica generalizada. A partir desse ponto, ele permanece deformado mesmo se a carga for reduzida a zero (DIETER, 1982).

Um pequeno aumento na tensão acima do limite de elasticidade resultará no colapso do material e causará deformações permanentes. Esse comportamento é conhecido como escoamento, o qual é identificado como a segunda região na curva (HIBBELER, 2010).

É essencial conhecer o ponto em que a deformação plástica se inicia, o que é denominado de fenômeno do escoamento. Isso se deve ao fato de que a maioria das estruturas é projetada para garantir que, quando submetidas a uma carga, apenas ocorrerá uma deformação elástica (LOPES, 2014).

O limite de escoamento é definido como a tensão a partir da qual um material começa a se deformar permanentemente (MORAIS, 2016). A magnitude do limite de escoamento é uma medida da resistência de um material à deformação plástica e

varia amplamente, indo de 35 MPa para ligas de alumínio de baixa resistência até 1400 MPa para aços de alta resistência (CALLISTER JUNIOR, 2011).

Após o escoamento, é possível aplicar uma carga adicional ao corpo de prova, resultando em uma curva que continua a crescer, mas de forma menos acentuada, até atingir o ponto de máxima tensão, denominado limite de resistência (LR). Esse crescimento mais lento da curva é conhecido como endurecimento por deformação, o qual é representado como a terceira região na curva (HIBBELER, 2010).

A resistência do material refere-se à sua capacidade de suportar vários tipos de esforços, como tração e compressão. Em termos de resistência mecânica, esse termo diz respeito às forças internas de atração entre as partículas que compõem o material, como as ligações metálicas que unem um grande número de átomos, resultando em uma maior dureza do material (LOPES, 2014).

Nos ensaios convencionais, o limite de resistência à tração é o ponto mais alto na curva tensão-deformação, correspondendo à máxima tensão que uma estrutura pode suportar sob tração. Se essa tensão for aplicada e mantida, ocorrerá a fratura do material (FREDEL, 2008).

Os limites de resistência à tração podem variar amplamente, desde 50 MPa para alumínio até 3000 MPa para aços de elevada resistência (CALLISTER JUNIOR, 2011).

Quando o limite de resistência é alcançado, ocorre uma diminuição na área da seção transversal em uma região localizada do corpo de prova, em vez de ao longo de todo o seu comprimento. Como resultado, uma estrição gradual se forma nessa região à medida que o corpo de prova se alonga.

Conforme a área da seção transversal nessa região diminui continuamente, ela só pode sustentar uma carga decrescente, fazendo com que o diagrama se curve para baixo até que o corpo de prova se rompa, atingindo a tensão de ruptura, como indicado pela quarta região na curva (HIBBELER, 2010).

A ductibilidade de um material é uma medida do grau de deformação plástica que ele pode suportar antes de ocorrer a fratura. Essa característica pode ser quantificada de duas formas: através do alongamento percentual ou da redução de área percentual, esta última também conhecida como coeficiente percentual de estrição (CALLISTER JUNIOR, 2011).

A realização deste ensaio permite determinar que tipo de processo de produção um material específico pode ser submetido, como extrusão, laminação, estamparia profunda, entre outros. Quanto maior for o alongamento do material, maior será sua capacidade de se deformar (FRANCESCHI et al., 2017).

2.7 CORPO DE PROVA

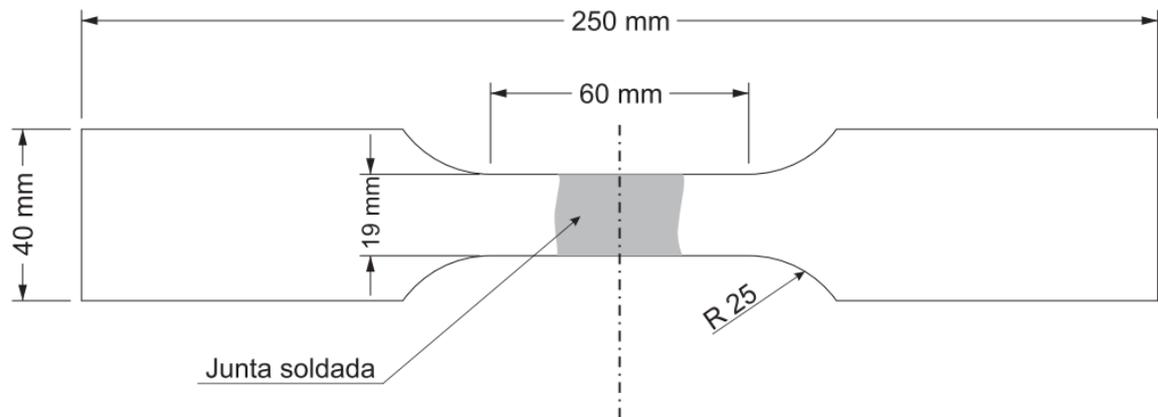
A preparação do corpo de prova desempenha um papel crucial na realização de ensaios de tração. O comprimento e a forma do corpo de prova, juntamente com a velocidade de aplicação da carga e as possíveis imprecisões durante os ensaios, exercem influência direta nos resultados obtidos. A fim de assegurar a reprodutibilidade dos ensaios, normas técnicas são empregadas para padronizar as dimensões e formatos dos corpos de prova.

As características do corpo de prova, como seu formato e dimensões, variam de acordo com a rigidez do material em análise, a capacidade da máquina utilizada e a geometria do produto final do qual o corpo de prova foi retirado. Isso é essencial para garantir que a fratura ocorra na região útil do corpo de prova, permitindo a validação do ensaio (CALLISTER et al., 2014).

2.8 NORMA DO ENSAIO DE TRAÇÃO - NBRISO6892-1

A norma NBR ISO 6892-1 é uma norma internacional que estabelece procedimentos e requisitos para a realização de ensaios de tração em materiais metálicos. Ela descreve a preparação dos corpos de prova, os procedimentos de ensaio e a análise dos resultados, com o objetivo de determinar propriedades mecânicas, como resistência à tração e limite de escoamento. Essa norma garante que os ensaios sejam conduzidos de forma padronizada, fornecendo dados dimensionais confiáveis e precisos para o projeto e análise de estruturas e componentes que utilizam esse material, como ilustrado na figura 2, um croqui de corpo de prova estilo gravata segundo a norma.

Figura 2 – Croqui corpo de prova



Fonte: NBRISO6892-1 (2013)

2.9 PROPRIEDADE DO MATERIAL SAE 1020 – composição química

O aço SAE 1020 é produzido comercialmente em uma ampla variedade de composições. Suas especificações podem incorporar diversas porcentagens de elementos químicos, com o intuito de otimizar custos, aproveitando as matérias-primas disponíveis localmente, e assegurando as propriedades necessárias. A diversidade na composição encontrada do aço SAE 1020 é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição química; (SAE 1020)

Elemento	%
Carbono	0,18 a 0,23
Manganês	0,3 a 0,6
Enxofre	0,05
Fósforo	0,014
Ferro	Restante da composição

Fonte: Giassi Ferro e Aço (2019)

2.10 MÓDULO DE YOUNG

O módulo de Young, também conhecido como módulo de elasticidade, é uma propriedade que expressa a rigidez de um material quando sujeito a tensões de tração ou compressão. Essencialmente, ele representa a relação entre a tensão aplicada e a deformação resultante, dentro da faixa linear de comportamento do material. Matematicamente, essa relação pode ser expressa pela fórmula:

$$E = \text{Tensão } (\sigma) / \text{Deformação } (\epsilon).$$

onde:

E é o Módulo de Young.

σ é a tensão aplicada (em pascals, N/m²).

ϵ é a deformação elástica (adimensional).

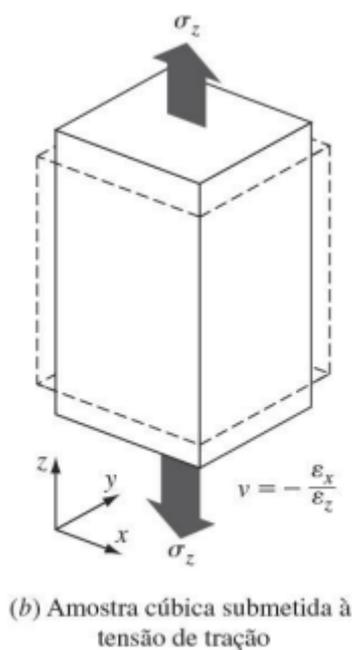
Logo, a determinação das propriedades elásticas é de grande importância para a descrição de diversas características, tais como a resistência ao cisalhamento em metais, a tenacidade em materiais frágeis e a resistência à propagação de trincas em resposta a choques térmicos, entre outras.(CASSOLINO, 2010).

2.11 COEFICIENTE DE POISSON

O Coeficiente de Poisson é uma propriedade mecânica fundamental dos materiais, que desempenha um papel significativo na análise e no projeto de estruturas em engenharia. Esse coeficiente, representado pelo símbolo ν (nu), é uma medida da capacidade de um material de deformar-se lateralmente quando submetido a uma carga uniaxial, conforme ilustrado na figura 3. Logo, o Coeficiente de Poisson é definido como a razão entre a deformação lateral (aumento da largura ou espessura) e a deformação axial (alongamento ou encurtamento) que ocorre quando um material é submetido a uma carga uniaxial (CALLISTER et al., 2014). Matematicamente, é expresso pela fórmula:

$$\nu = -\Delta(\text{Deformação Lateral}) / \Delta(\text{Deformação Axial}).$$

Figura 3 - Representação ilustrativa do coeficiente de poisson



Fonte: Propriedades mecânicas USP, Capítulo 17 (2014)

Um valor típico do Coeficiente de Poisson para aços varia geralmente entre 0,25 e 0,30. Isso significa que, quando uma amostra de aço é esticada ou comprimida em uma direção, ela tende a contrair ou expandir lateralmente em uma fração significativamente menor da magnitude da deformação axial. Esse comportamento é uma característica comum dos materiais elásticos e é fundamental para a teoria da elasticidade.

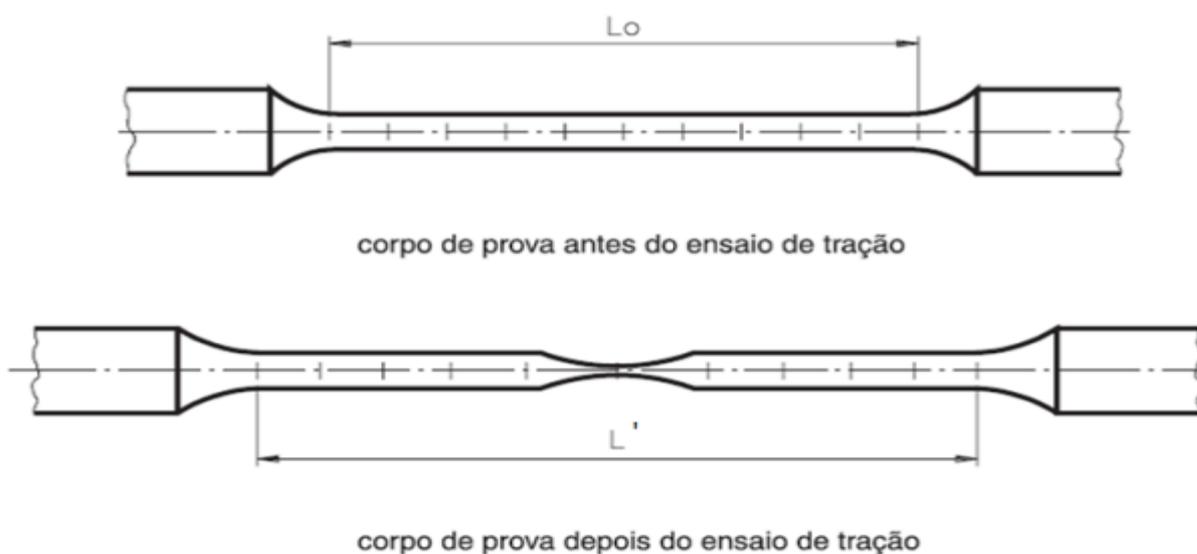
2.12 LIMITE DE RESISTÊNCIA

O Limite de Resistência, também conhecido como limite de escoamento, é a tensão a partir da qual um material começa a demonstrar uma deformação plástica significativa. A transição precipitada do comportamento elástico para o comportamento plástico, observada em aços recozidos e normalizados, fornece uma definição direta e clara do conceito de limite de resistência (CALLISTER et al., 2014).

Portanto, no caso do aço SAE 1020, emprega-se o método de deslocamento no qual a resistência à deformação é avaliada a partir de um desvio específico em

relação à relação linear entre a tensão e a deformação do material, conforme ilustrado na figura 4.

Figura 4 - Ilustração de um corpo de prova submetido a tração



Fonte: U.F De Pelotas - Resistência dos materiais 1 (2014)

2.13 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO

A resistência à tração de um material, refere-se à máxima tensão que esse aço pode suportar antes de se romper quando submetido a uma força de tração uniaxial. A resistência à tração do aço SAE 1020 pode variar dependendo das condições de fabricação, tratamento térmico e composição química específica do material. No entanto, em média, a resistência à tração desse aço geralmente situa-se na faixa de 350 MPa a 450 MPa (ZOLIN et al., 2011).

3 METODOLOGIA

Neste capítulo será dedicado a caracterização da pesquisa, ou seja, a empresa onde foi realizado e disponibilizado os recursos para os estudos, o software utilizado para comparação de resultados laboratoriais e computacionais e a estrutura metodológica para o desenvolvimento desta análise comparativa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa realizada para este artigo foi desenvolvida a partir de um método de estudo de caso, modelagem e simulações de análise. Ademais, foi definido pela equipe uma abordagem combinada entre empresa e integrantes do presente artigo.

Além disso, foi realizado um estudo com os recursos a serem buscados, as etapas necessárias para desenvolver os resultados, o material a ser analisado, as pessoas e empresa envolvida para obter os dados desejados.

Portanto, visando este cenário, é possível analisar os eventos e as possibilidades de resultados.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada na empresa parceira Metalab, ilustrada na figura 5, localizada na cidade de Joinville, a Metalab é dedicada na engenharia de materiais, com foco em controle de qualidade, inspeção de produtos e análise de falhas.

Figura 5 – Fachada da empresa

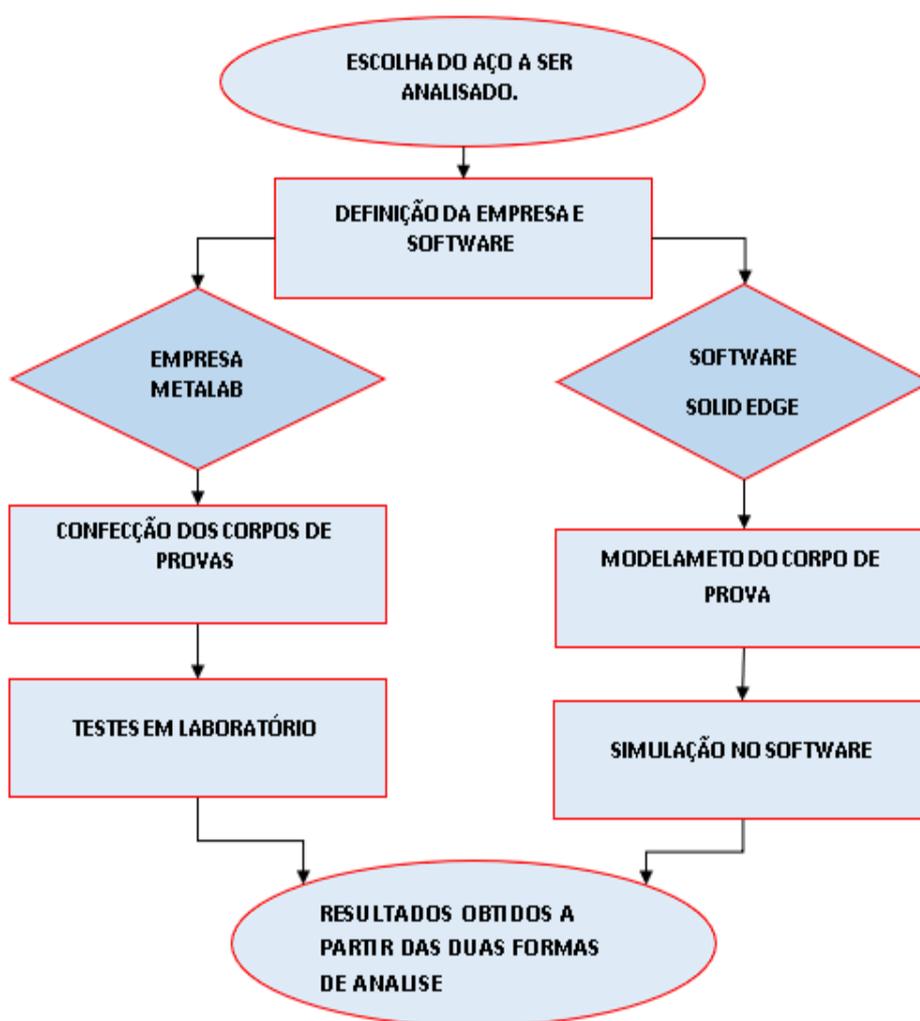


Fonte: Google maps (2023)

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Visando a melhor forma de desenvolver cada etapa deste estudo, foi pensado em trazer um material de uso comum na indústria, e assim conseguindo desenvolver um estudo prático deste aço, e com base nos tópicos de estudo deste artigo foi criado um fluxo para melhor gestão desta pesquisa, ilustrado na figura 6.

Figura 6 – Fluxograma da pesquisa



Fonte: Autores (2023)

3.4 FLUXOGRAMA

Para ser obtido êxito no presente artigo, foi desenvolvido um fluxograma, conforme ilustrado na figura 6. Logo, foi realizado um estudo paralelo, ou seja, de um lado do fluxograma está representado o estudo de forma prática em laboratório, e de outro lado, de forma virtual com a utilização de software CAD para modelamento e de simulação de elementos finitos para análise de tração. Nesse conceito, foi possível diagnosticar algumas variáveis entre os dois métodos de análise e dar continuidade nos resultados.

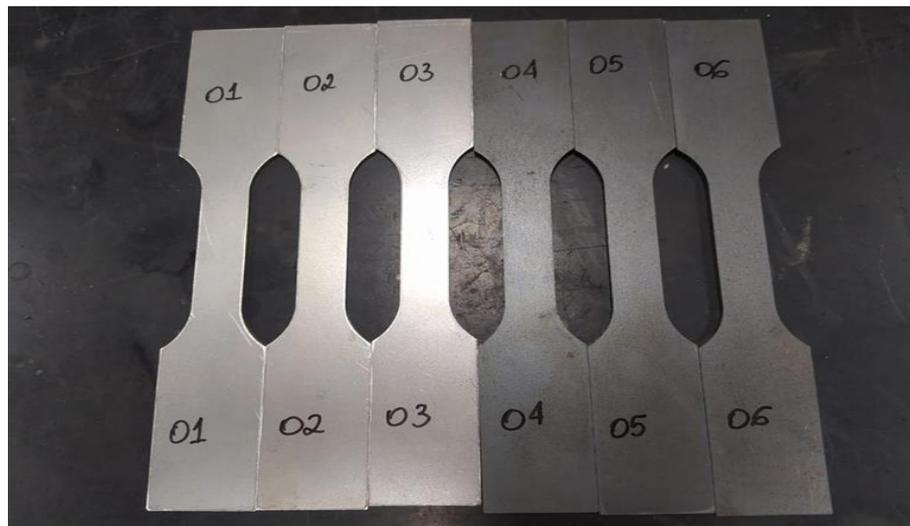
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após obtido os resultados práticos por meio da empresa contratada e os teóricos por meio do uso de software CAD Solid Edge, percebe-se uma disparidade de valores entre os dois métodos. Há vários fatores que possam influenciar, tanto no valor teórico quanto no valor em que as peças atingiram o valor máximo.

4.1 RESULTADOS PRÁTICOS

Após confeccionado o corpo de prova, ilustrado na figura 7, estes são submetidos a uma série de tensões para que sejam analisado o ponto crítico. Conforme listado na tabela 2, pode-se perceber que, quanto maior a espessura da peça, maior será a carga necessária para que ela consiga alcançar seu limite de resistência ou escoamento. Abaixo nota-se os corpos de prova onde, respectivamente, os corpos de prova de 01 a 03 são de espessura de 3mm e os demais são de espessura de 4mm.

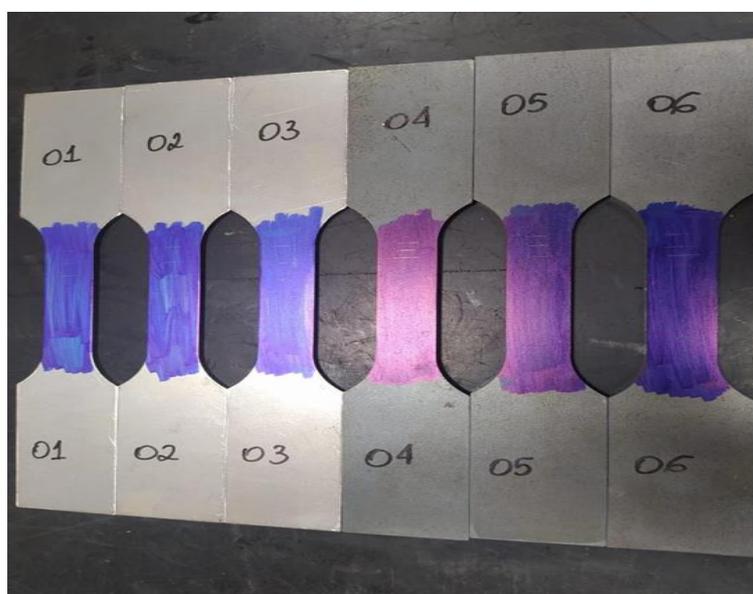
Figura 7 – Corpos de prova



Fonte: Autores (2023)

Como o teste se define em atuar em uma certa área da peça, foi identificado e para melhor representação foi pintado o centro dos corpos de prova para melhor identificação do resultado final, conforme ilustrado na figura 8.

Figura 8 – Corpos de prova indicando área tracionada



Fonte: Autores (2023)

Por fim, os corpos de prova serão submetidos ao teste de tração com base nos dimensionais obtidos durante a confecção dos mesmos. Tendo em vista, foi identificado pela equipe que as peças de espessura 3mm possuem uma maior

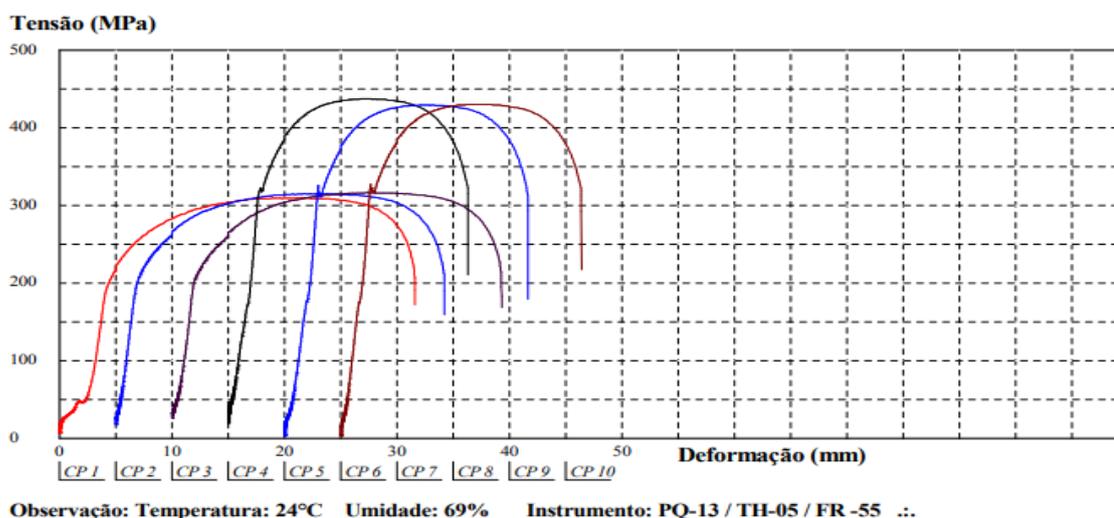
capacidade de deformação na região identificada na figura 8, no entanto, os corpos de prova de espessura de 4mm apresentam uma resistência maior, de até 548 Mpa, enquanto a de menor espessura até 368 Mpa, conforme gráfico 1.

Tabela 2 – Relatório de ensaio de tração

Corpo de Prova	Largura (mm)	Espessura (mm)	L0 (mm)	Tensão Máx. (Mpa)	Carga Máx. (N)	Tensão Esc. (Mpa)	Carga Esc. (N)	Along (%)
CP1	18,73	2,911	42	311	16930	196	10697	53,2
CP2	18,67	2,922	42	316	17227	202	11043	53,6
CP3	18,67	2,922	42	317	17293	207	11306	54,0
CP4	18,77	4,272	51	438	35082	321	25770	33,6
CP5	18,77	4,272	51	430	34454	315	25225	34,0
CP6	18,92	4,274	51	431	34818	322	26066	34,0

Fonte: Metalab (2023)

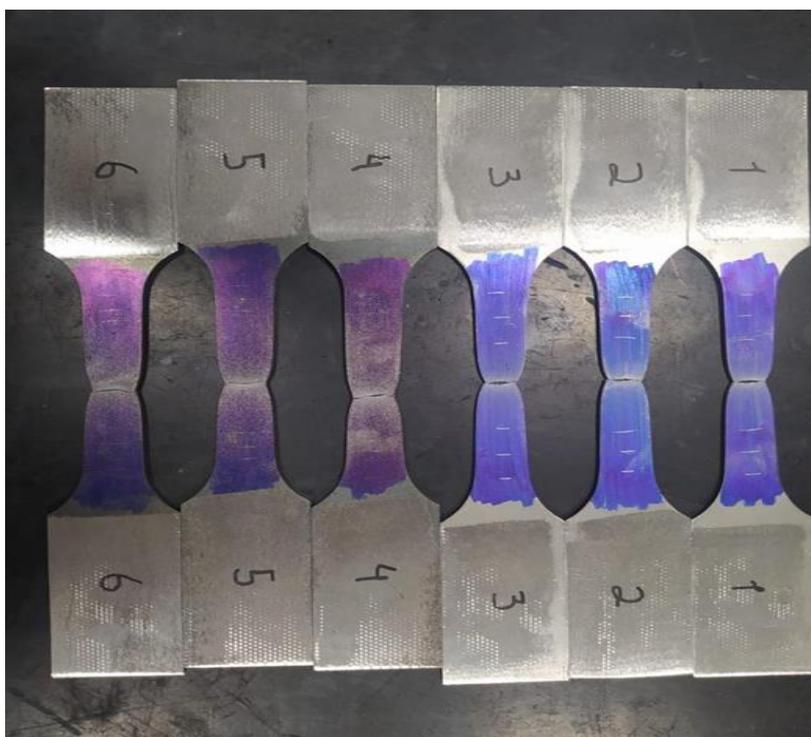
Gráfico 1 – Relação Tensão x deformação



Fonte: Metalab (2023)

Pode-se observar o resultado dos corpos no final do ensaio, ilustrado na figura 9, notando uma maior deformação nos com menos espessura.

Figura 9 – Corpos de prova após ensaio de tração



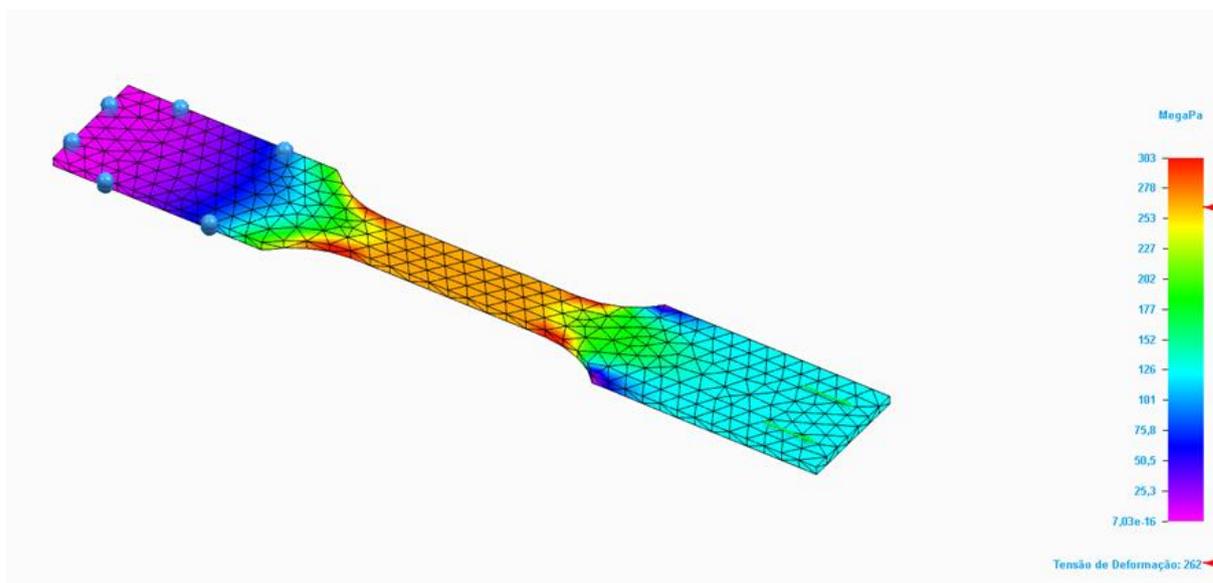
Fonte: Autores (2023)

4.2 Resultados Teóricos

Na próxima etapa, utilizou-se o software de modelamento Solid Edge na confecção da peça e, com o auxílio da função “simulation”, gerou-se um resultado ideal, o qual não conta com influência de fatores externos e tendo o material perfeito, conforme ilustrado na figura 10.

Após o cálculo, tanto dos corpos de espessura de 3mm quanto os de 4mm foram obtidos os seguintes resultados:

Figura 10 – Tensão von Mises na peça de 3mm



Fonte: Autores (2023)

Além de demarcar a área onde a tensão será mais evidente, o software gera um valor indicando a tensão máxima suportada pelo corpo de prova, conforme a seguinte tabela 3.

Tabela 3 – Tensão máxima na peça de 3mm

Extensão	Valor (MPa)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
Mínimo	0,884	-125	0	20
Máximo	361	32,968	0	9,67

Fonte: Autores (2023)

4.3 COMPARAÇÕES

Com os resultados do ensaio de tração oferecidos pela empresa e os valores obtidos pelo Solid Edge, gerou-se a seguinte tabela entre a tensão máxima teórica em comparação com a prática, conforme ilustrado na tabela 4.

Tabela 4 – Relação Tensão Máxima Solid Edge x Metalab

Corpo de Prova	Tensão Máx (Mpa) Solid Edge	Tensão Máx (Mpa) Metalab	Diferença (%)
CP1	361	311	16,07%
CP2	367	316	16,14%
CP3	368	317	16,08%
CP4	552	438	26,02%
CP5	542	430	26,04%
CP6	548	431	27,14%

Fonte: Autores (2023)

Conforme apresentado ao longo do experimento, há vários fatores que influenciam no resultado de deformação. Os principais fatores que possibilitam uma variação de resultados no teste prático, são a temperatura na hora de realizar o teste e imperfeições no material.

Já na parte do software, fatores mecânicos influenciam bastante na hora de realizar a simulação: escolher onde a peça será fixada, a intensidade e o sentido da força devem condizer com a que será aplicada no teste, além disso a malha, o material e a espessura da peça também são fatores que devem seguir as especificações do material estudado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho era utilizar a tecnologia de softwares com o intuito de reduzir de custos e falhas em produtos que utilizam o material a ser analisado, já que com a utilização de máquinas para realização de testes existem vários fatores que podem ocasionar erros, tanto em equipamento como falha humana, nesse caso foi pesquisado sobre o SAE 1020, uma liga de aço carbono.

Após a realização dos estudos feitos através da simulação e prática através de equipamentos dos corpos de prova pode-se verificar que houve resultados

semelhantes entre os dois tipos de testes mas com uma diferença de 16% na espessura de 3mm e 26% na de 4mm.

Essa variação ocorre, pois, existem fatores como por exemplo na prática onde a temperatura do ambiente pode variar, existem imperfeições no material, a liga do material tem uma tolerância na sua composição e na própria operação do teste. Já no software é trabalhado em um ambiente perfeito sem variação de temperatura, material em perfeito estado tanto em medidas como na própria liga.

Dessa forma se entende que software pode ser utilizado como uma base para análises de matérias, mas se deve prestar atenção no ambiente que vai ser utilizado pois pode haver variações decorrentes de fatores externos. Em estudos futuros pode ser feito uma análise mais profunda estudando diferentes situações, materiais e fazendo análise da composição exata do mesmo para uma simulação e comparação mais precisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a nossas famílias e a Deus por estarem conosco em todos os momentos durante esses anos de estudo nos dando força para continuarmos com nossos objetivos.

A UNISOCIESC por disponibilizar toda a estrutura nos permitindo ir mais a fundo em nossos estudos. A todos os professores e companheiros de classe por compartilhar seus conhecimentos e experiências buscando um futuro melhor.

E agradecer à Metalab por disponibilizar o laboratório e tempo dos funcionários para realização dos ensaios mecânicos e análise dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS

ANTONIACOMI e SOUZA, **A Técnica Dos Múltiplos Domínios Aplicada À Geração De Malhas No Software Ansys Cfx-Mesh**. Conem 2010, Campina Grande, Paraíba. Disponível em: <<https://www.abcm.org.br/anais/conem/2010/PDF/CON10-0130.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 6892:** 2002. Materiais metálicos – Ensaio de tração à temperatura ambiente. Rio de Janeiro, 2002.

Análise de Simulação | Análise de Elementos Finitos. Disponível em: <<https://solidedge.siemens.com/pt-br/solutions/products/simulation/solid-edge-simulation/>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

Composição Química Aço SAE 1020. Disponível em: <<https://giassiferroeco.com.br/aco-sae-1020/>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

CALLISTER JUNIOR, W. D. Ciência e Engenharia de Materiais. **Ciência e Engenharia de Materiais - Uma introdução**, 2011.

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. "**Fundamentals of Materials Science and Engineering: An Integrated Approach**", 2014.

CASSOLINO, Leiliana C.; PEREIRA, Antônio H. A. **Módulos elásticos: Visão geral e Métodos de Caracterização.** Informativo Técnico Científico – ITC-ME/ATCP. São Paulo, 2010.

DIETER, G. E. Metalurgia Mecânica. **Metalurgia Mecânica**, p. 282–321, 1982.

FRANCESCHI, A. DE; ANTONELLO, M. G.; RS, S. M.; ROBERTO, P.; CTISM, C. **Tecnologia Mecânica II**, 2017.

FREDEL, M. C.; ORTEGA, P.; BASTOS, E. Ensaio de Tração Tipos de máquinas universais 1 . 4 Realização do ensaio de tração no LPM – Laboratório de Propriedades Mecânicas 1 . 6 Medição da redução de área. , p. 1–145, 2008

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais.** 7 ed. São Paulo, 2010.

LOPES, J. T. DE B. Ensaio Mecânicos Dos Materiais. **Estrutura e Propriedades dos Materiais**, p. 167–276, 2014. Disponível em: <<https://jorgeteofilos.files.wordpress.com/2013/11/epm-apostila-cap3adtulo09-ensaios-mod.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2023.

MORAIS, V. S. Projeto e Construção de Charpy Utilizando a Modelagem Numérica da Plataforma Ansys no Estudo Comparativo Entre Ensaio Numéricos e Práticos a Partir de Diferentes Propriedades Mecânicas de Materiais Compósitos. , p. 179, 2016.

NAVES, G.F.; CUNHA, J. **Simulação numérica do comportamento estrutural e pré-dimensionamento das estruturas arco e cúpula**. Revista Horizonte Científico, Uberlândia, n. 1, v. 5, p. 1-20, 2011.

ZIENKIEWICZ, O. C.; TAYLOR, R. L.; ZHU, J. Z. **The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals**, 2005.

ZOLIN, I.; RS, S. M.; ROBERTO, P.; CTISM, C. **Ensaio Mecânicos e Análises de Falhas**. , 2011. Disponível em <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/15_ensaios_mecânicos_analises_falhas.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2023.