



Formador: Ivo Grilo

Nome: Rui Pedro Santos Nunes

Data: 25 /11/2019

Módulo: *Ensaaios destrutivos*

RELATÓRIO

Ensaaios Destrutivos:





Índice

1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Conceitos teóricos	3
2. PARTE EXPERIMENTAL.....	5
2.1. Materiais e aparelhos utilizados	5
2.1.1. Ensaio de dureza.....	5
2.1.2. Ensaio de tração	6
2.2. Soluções e reagentes utilizados.....	6
2.3. Procedimento Experimental	6
2.3.1. Ensaio de dureza.....	6
2.3.2. Ensaio de tração	7
3. RESULTADOS OBTIDOS	7
3.1. Ensaio de Dureza.....	7
3.2. Ensaio de tração.....	9
4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	12
4.1. Ensaio de dureza	12
4.2. Ensaio de tração.....	12
ANEXO I.....	14
ANEXO II.....	15
ANEXO III.....	16
ANEXO IV	17

1. INTRODUÇÃO



1.1. Objetivos

Este trabalho tem como objetivos:

- Determinar o valor da dureza de três corpos de prova, sendo cada um deles constituído por um material diferente, neste caso um de latão, outro de alumínio e o terceiro de aço;
- Observar o comportamento de três corpos de prova, um de aço, o segundo de alumínio e outro de zinco, quando submetidos ao ensaio de tração.

1.2. Conceitos teóricos

Hoje em dia conhecer como os materiais se comportam sobre determinadas condições específicas é de uma importância vital quando se pretende usar um dado material numa determinada função. É nesse sentido que os testes destrutivos constituem uma muito valiosa ferramenta, já que permitem a observação do comportamento do material segundo condições pré-estabelecidas. Com esta observação, é possível caracterizar, mediante o teste em causa, certas e determinadas propriedades mecânicas do material.

Da vasta gama de ensaios destrutivos (designados desta forma em virtude da inutilização ou marca que acontece no material utilizado no ensaio) que existem, foram efetuados somente dois tipos, o de dureza e o de tração, ambos realizados várias vezes com diferentes materiais. Em seguida apresentar-se-á uma breve descrição destes dois tipos de ensaios destrutivos.

Ensaio de dureza

Neste ensaio o propósito é determinar a dureza de um determinado material. Esta última, é uma propriedade mecânica dos materiais sólidos que se pode definir como a resistência do material à deformação plástica e está diretamente relacionada com a ligação entre os átomos que constituem o material.

Dos diferentes métodos que existem para medir a dureza, neste trabalho utilizou-se o princípio de dureza de Leeb que se baseia no método shore ou de ressalto, ou seja, um corpo de grande dureza é lançado contra a superfície do material que se quer determinar a dureza, adquirindo este uma determinada energia cinética. Quando se dá o impacto do corpo na superfície ocorre uma deformação nesta última, o que implica uma perda de energia cinética. Esta variação de energia cinética, está diretamente relacionada com a dureza do material, o que vai permitir o cálculo da mesma. Quanto maior a diferença de energia cinética, maior a deformação e menor a dureza.



Dois outros fatores que também tem influência na medição da dureza é a rugosidade e a espessura do material. Por um lado, na rugosidade, o desejável é ter níveis baixos para mitigar as interferências das saliências e reentrâncias, que existem sempre a nível microscópico, no momento do impacto da esfera com a superfície do material. O ideal seria mesmo, que a esfera do durómetro atinge-se uma superfície completamente plana. No entanto, isso não é possível. Por outro lado, a espessura, tem que ser suficiente para poder absorver a energia do impacto e impedir a transferência da mesma para outros objetos. No fundo, que toda a dissipação de energia se mantenha no sistema esfera-material a ser testado.

Ensaio de tração

O ensaio de tração consiste na aplicação de duas forças que são aplicadas em extremidades opostas do corpo de prova e que se encontram na mesma linha de ação, mas em sentidos opostos. A intensidade das forças vai aumentando ao longo do ensaio, o que vai provocar um alongamento do material até a sua rutura, que é quando se dá por terminado o ensaio. No final do ensaio e tendo em conta a variação da intensidade da força, assim como a extensão do material é possível obter um gráfico em que relaciona estas duas grandezas, sendo este designado por tensão nominal-extensão (ver exemplo na figura 1).

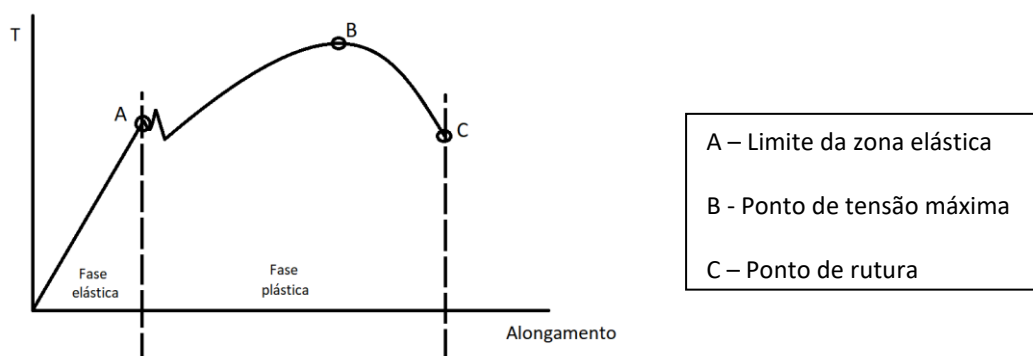


Figura 1 - Gráfico exemplo tensão-extensão.

Na figura acima é possível observar que existem duas fases distintas, uma primeira onde existe uma proporcionalidade entre a intensidade das forças aplicadas e a extensão sofrida pelo material, que é designada por fase elástica, e uma outra, onde o material sofre uma deformação permanente, designada por fase plástica. Na primeira fase, apesar do alongamento sofrido o material consegue recuperar a sua forma original. Em termos atómicos o que se passa é que os átomos se afastam da sua posição original sem, no entanto, ocuparem novas posições, conseguindo regressar às originais quando a força é retirada. Todo este comportamento é descrito através da lei de Hooke:



$$\sigma = E\varepsilon$$

σ – Tensão

E – Elasticidade

ε - Alongamento

Na segunda fase o material fica deformado permanente, ou seja, os átomos aqui são deslocados das suas posições originais, ocupando novas posições. É nesta fase que ocorrem alguns dos pontos com maior interesse do ensaio, tal como, o ponto de tensão máximo e o ponto de rutura do material (ponto B e C na Figura 2 Figura 1, respetivamente).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Materiais e aparelhos utilizados

No decorrer dos dois ensaios utilizou-se o seguinte equipamento de proteção individual (EPI's):

- Óculos de proteção;
- Máscara de proteção contra poeiras;
- Bata;
- Calçado de proteção;
- Luvas.

2.1.1. Ensaio de dureza

Abaixo lista-se o material utilizado no ensaio de dureza:

- Lixas de diferentes grãos (400, 800, 1000 e 1500);
- Três corpos de prova (com espessura adequada):
 - 1 de latão;
 - 1 de alumínio;
 - 1 de aço;
- Lixadeira elétrica;
- Rugosímetro;
- Durómetro portátil do tipo Leeb;
- Lupas de ampliação (8x e 10x);
- Paquímetro;



- Termohigrómetro;

NOTA: No anexo I encontram-se os corpos de prova utilizados neste ensaio. De igual modo, no anexo II poderá ser encontrado o material utilizado.

2.1.2. Ensaio de tração

Material utilizado no ensaio de tração:

- Três corpos de prova:
 - 1 de alumínio;
 - 1 de zinco;
 - 1 de aço;
- Equipamento de teste do ensaio de tração;
- Guilhotina para metal;
- Paquímetro;
- Termohigrómetro;
- Durómetro.

NOTA: Os corpos de prova utilizados neste ensaio encontram-se no anexo III. Já o material usado, pode ser visualizado no anexo IV.

2.2. Soluções e reagentes utilizados

Nos dois ensaios foram utilizadas as seguintes soluções:

- Álcool etílico;
- MEK.

2.3. Procedimento Experimental

2.3.1. Ensaio de dureza

Para se realizar o ensaio de dureza, seguiu-se o seguinte protocolo:

1. Efetuar a preparação dos três corpos de prova:
 - a. Lixar cada um dos corpos de prova com as lixas de diferentes grãos, sempre da lixa com menor número para a de maior número;



- b. Limpar a peça com álcool ou MEK;
 - c. Medir a rugosidade nas superfícies dos três corpos de prova com o rugosímetro (Rugosidade pretendida: $R_a < 1 \mu\text{m}$; $R_z < 2 \mu\text{m}$);
 - d. Repetir passos a) a c), caso a rugosidade obtida não tenha sido a pretendida;
2. Efetuar três medições com o durómetro para cada um dos corpos de prova (no durómetro deve ser selecionado o tipo de material para o qual se está a efetuar a medida);
3. Registrar os valores obtidos;
4. Observar as marcas com a lupa e registar as observações;

2.3.2. Ensaio de tração

Relativamente ao ensaio de tração, executou-se o seguinte protocolo:

1. Preparar os corpos de prova:
 - a. Cortar na guilhotina os corpos de prova com as dimensões pretendidas (dimensões: 100x20x2 mm);
2. Determinar o valor de dureza para cada corpo de prova;
3. Efetuar o ensaio de tração para cada um dos corpos de prova (no equipamento deve-se selecionar o teste padrão);
4. Registrar e analisar o gráfico de tensão-extensão;
5. Medir e registar as dimensões dos corpos de prova após o teste de tração;

3. RESULTADOS OBTIDOS

3.1. Ensaio de Dureza

O ensaio foi realizado nas seguintes condições:

Temperatura ambiente: 21.4 °C

Humidade relativa: 58.5%



Dimensões dos corpos de prova:

Material	Dimensões		
	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Latão	*	*	35.89
Alumínio	*	*	25.13
Aço	100.74	49.55	19.61

Tabela 1 - Dimensões dos três corpos de prova utilizados no ensaio de dureza

* Os corpos de prova de latão e alumínio apresentavam uma forma circular e por isso a ausência das medidas relativas ao comprimento e largura (ver anexo I).

Valores da rugosidade obtidos, em cada um dos corpos de prova após a preparação:

Material	Ra (μm)	Rz (μm)
Latão	0.19	1.49
Alumínio	0.27	1.94
Aço	0.18	1.32

Tabela 2 - Valores de rugosidade obtidos para os três corpos de prova.

Valores da dureza:

Material	Ensaio de dureza 1 (HL)	Ensaio de dureza 2 (HL)	Ensaio de dureza 3 (HL)	Dureza média (HL)
Latão	367	369	366	367
Alumínio	415	417	428	420
Aço	516	560	508	528

Tabela 3 - Valores de dureza dos três corpos de prova obtidos nos diferentes ensaios.



Marcas de impacto nos diferentes corpos de prova, após os testes de dureza:

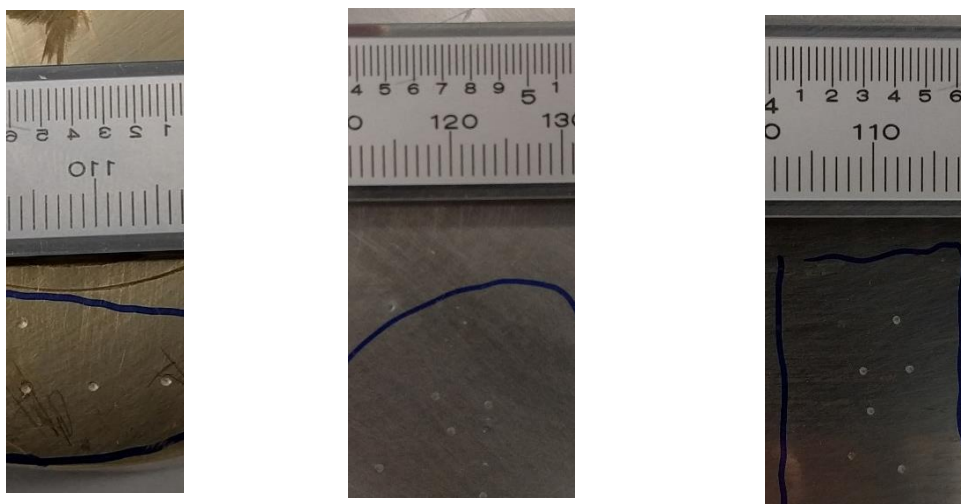


Figura 2 – Marcas de impacto dos ensaios de dureza nos três corpos de prova. Da esquerda para a direita: latão, alumínio e aço.

Ao observar com as lupas de ampliação verifica-se que as marcas no latão apresentam um maior diâmetro e uma maior profundidade relativamente aos outros dois corpos de prova. Já comparando as marcas de impacto no alumínio com as de aço não é possível observar diferenças, apresentando diâmetro e profundidade muito semelhante.

3.2. Ensaio de tração

Condições na realização do teste:

Temperatura ambiente: 21,3 °C

Humidade relativa: 65.8%

Apesar de o protocolo fazer referência a medidas padrão para os provetes, devido a constrangimentos de material, não foi possível realizar os testes com os mesmos. Em substituição utilizaram-se corpos de prova com as seguintes dimensões:

Material	Dimensões		
	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
Zinco	100.30	20.72	1.54
Alumínio	99.12	20.68	1.04
Aço	100.20	12.46	3.02

Tabela 4 - Dimensão dos corpos de prova utilizados nos ensaios de tração.



Dureza medida para cada corpo de prova:

Material	Dureza(HL)	
	Ensaio efetuado na mesa de trabalho	Ensaio efetuado sobre um corpo de metal
Zinco	236	467
Alumínio	517	280
Aço	113	226

Tabela 5 - Valores dos ensaios de dureza efetuados nos três corpos de prova.

Gráficos tensão-extensão obtidos através do equipamento do teste de tração:

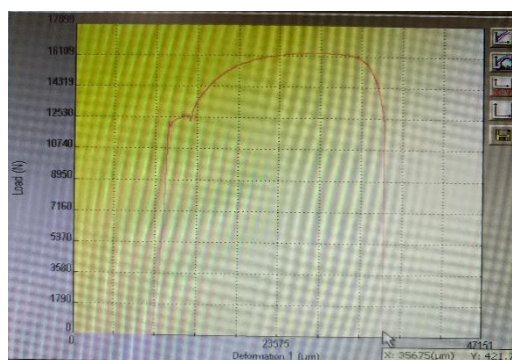
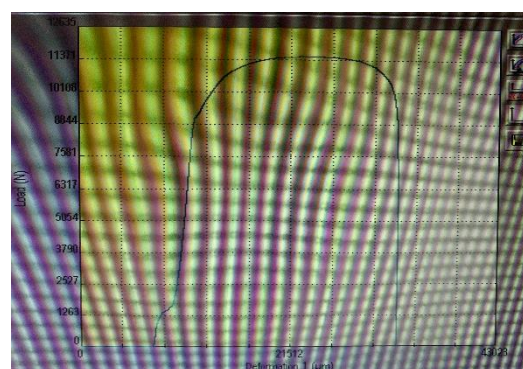
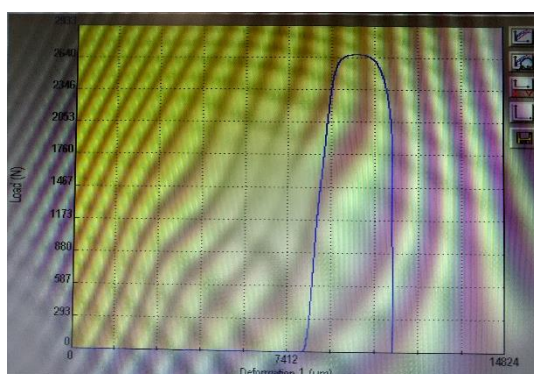


Figura 3 - Gráficos de tensão-extensão do alumínio, zinco e aço, respectivamente.

Observando o gráfico de cada um dos corpos de prova, é possível retirar os seguintes pontos:



Corpo de prova	Pontos chave do gráfico	Alongamento (mm)	Força (N)
Zinco	Tensão máxima	23.663	11 497
	Tensão de cedência	7.744	757
	Tensão rutura	32.268	7 581
Alumínio	Tensão máxima	9.635	2 669
	Tensão de cedência	8.004	29
	Tensão rutura	10.969	938
Aço	Tensão máxima	28.118	16288
	Tensão de cedência	10.844	12172
	Tensão rutura	35.362	12530

Tabela 6 - Valores dos pontos chave dos gráficos tensão-extensão.

Dimensões dos corpos de prova após o ensaio de tração:

Material	Dimensões			
	Comprimento (mm)	Diferença do comprimento (mm)	Largura na zona de rutura (mm)	Diferença da largura (mm)
Zinco	120.30	20	14.90	5.82
Alumínio	101.04	1.92	20.42	0.26
Aço	124.26	24.06	8.34	4.12

Tabela 7 - Dimensão dos três corpos de prova após o ensaio de tração.



4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

4.1. Ensaio de dureza

Após análise da tabela dos valores da dureza pode-se concluir que o corpo de prova com maior dureza é o aço, seguido do alumínio e, por último, o latão. As dimensões das marcas apresentadas na superfície dos vários corpos de prova corroboram que o latão é o metal menos duro, uma vez que quanto menor a dureza maior será a dimensão da marca. Quanto aos restantes metais, o aço e o alumínio, já não é possível concluir qual deles é o mais duro, devido à semelhança das marcas, quer no diâmetro, quer na profundidade. No entanto, vem, uma vez mais reforçar os valores obtidos através do durómetro, uma vez que os valores se encontram muito próximos.

Devido ao facto de a composição química dos corpos de prova ser desconhecida, não é possível afirmar ou não se os valores estão dentro do que era expectável.

4.2. Ensaio de tração

Quando se observa e analisa os resultados obtidos de uma forma crítica, há logo uma tabela que evidência uma discrepância de valores bastante notória em algo que deveria dar, aproximadamente, os mesmos valores. Essa tabela é a Tabela 5, que contém os valores da dureza dos dois ensaios efetuados a cada corpo de prova, um apoiado diretamente na bancada de trabalho e outro com um pedaço de metal maciço por baixo. A grande diferença de valores leva a concluir que, muito provavelmente, a espessura dos corpos de prova não é a adequada, e como foi referido na introdução teórica deste relatório, ter uma espessura adequada é um dos pressupostos para se efetuar um correto ensaio de dureza. A única opção aqui, é considerar os dados inválidos, e como tal, descartá-los e não os incluir em qualquer conclusão deste relatório.

Focando toda a atenção agora na Figura 3, e fazendo uma análise individual a cada gráfico, pode-se afirmar que a fase elástica no alumínio é praticamente inexistente, passando quase que de imediato para a fase plástica. No entanto, no zinco, já é possível ver, ainda que pequena, uma zona elástica. Já o aço, apresenta um maior equilíbrio, sendo dos três metais o que têm a maior fase elástica, o que quer dizer que é aquele que aguenta uma maior tensão e ainda assim, voltar ao seu estado inicial. Em todos eles é na fase plástica que ocorre as maiores extensões, o que já seria de esperar, uma vez que, após a passagem do ponto de cedência já só há um sentido no movimento do corpo de prova, o de se alongar cada vez mais até atingir o ponto de rutura.



Toda esta tese anterior é reforçada através dos valores apresentados na Tabela 6. Analisando tudo em conjunto, conclui-se que o aço é dos três, o metal com melhor desempenho neste teste, já que apresenta uma maior tensão/alongamento em todos os pontos de interesse. Em seguida, vem o zinco, com o desempenho intermédio, neste contexto. E em último, com pior desempenho foi o alumínio. Todo este comportamento é igualmente refletido nas medidas apresentadas na Tabela 7, sendo uma vez mais o aço o material com maior alongamento seguido do zinco e depois o alumínio. Evidentemente que o alongamento não bate certo com o que é apresentado nos gráficos, já que a fase plástica do material é somente relativa a parte central de cada corpo de prova. A restante parte do corpo de material encontra-se ainda na fase elástica e por isso houve uma contração depois da rutura do material.

Na prática foi isso mesmo que se verificou, o aço foi o que demorou mais tempo na sua rutura seguido do zinco e no final o alumínio, que foi somente uma questão de alguns segundos até o teste acabar.

No final, deve-se fazer uma ressalva, pelo facto de os corpos de prova não terem todos a mesma dimensão e a composição química ser desconhecida, o que com certeza tem efeito pratico nos valores obtidos das tensões/alongamentos. Contudo, pode-se afirmar que os ensaios são válidos e exemplificativos, relativamente ao comportamento dos três materiais.



ANEXO I

Imagens dos corpos de prova utilizados no ensaio de dureza



Figura 4 – Corpo de prova de latão



Figura 5 - Corpo de prova de alumínio.



Figura 6 - Corpo de prova de aço



ANEXO II

Imagens do material utilizado no ensaio de dureza

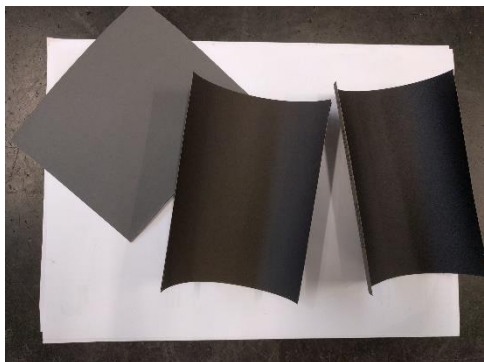


Figura 7 - Lixas de vários grãos



Figura 8 - Lixadeira elétrica



Figura 10 - Termohigrómetro

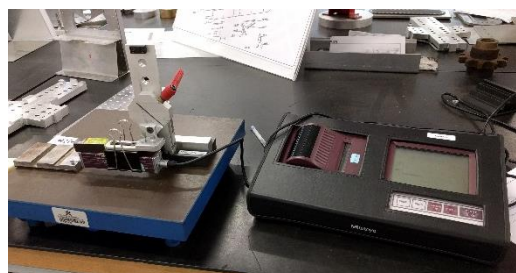


Figura 9 - Rugosímetro.



Figura 11 - Durómetro



ANEXO III

Imagens dos corpos de prova utilizados no ensaio de tração

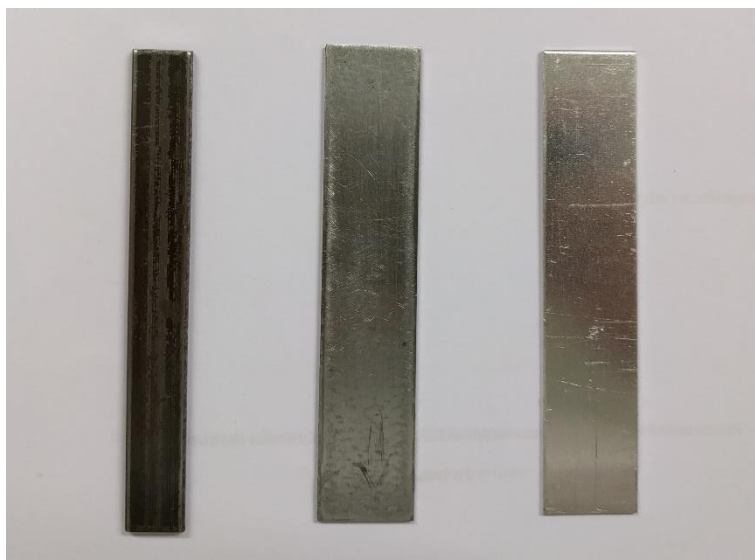


Figura 12 - Corpos de prova usados no teste de tração. Da esquerda para a direita, o primeiro é o CP de aço, segue-se o de zinco e, por último, o de alumínio.



Figura 13 - Corpos de prova após os respetivos ensaios.



ANEXO IV

Imagens do material utilizado no ensaio de tração



Figura 16 - Equipamento do teste de tração



Figura 15 - Durómetro.



Figura 14 - Termohigrómetro.