



CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**METALOGRAFIA E ENSAIO DE TRAÇÃO NOS AÇOS 1020 E  
1045**

Luis Guilherme Seidel

Lajeado, março de 2016

Luis Guilherme Seidel

## **METALOGRAFIA E ENSAIO DE TRAÇÃO NOS AÇOS 1020 E 1045**

Trabalho prático realizado na disciplina de Tratamentos Térmicos e de Proteção Superficial, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário UNIVATES, como parte integrante da primeira nota da disciplina.

Professor: Diego Pereira Tarragó

Lajeado, março de 2016

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO \_\_\_\_\_

2. EXPERIMENTAL

2.1 - EXPERIMENTO DE METALOGRAFIA

2.2 - ENSAIO DE TRAÇÃO

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO \_\_\_\_\_

4. CONCLUSÃO

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# 1. INTRODUÇÃO

Por volta de 2000 a.C a fabricação de ferro teve início, na Anatólia e, posteriormente, a Idade do Ferro foi plenamente estabelecida, em meados de 1000 a.C., espalhando a tecnologia da fabricação do ferro pelo mundo. Os minérios de ferro eram encontrados em abundância na natureza, assim como o carvão. Atualmente a maior quantidade de matéria prima para produção de aço é a sucata proveniente dos resíduos de fabricação industrial.

A produção acontecia em pequenos fornos na forma de torrões (tarugos) que, em seguida, eram forjados a quente na forma de barras de ferro trabalhado, possuindo maleabilidade, mas contendo pedaços de escória e carvão. O teor de carbono dos primeiros aços fabricados variava de 0,07% até 0,8% sendo este último considerado um aço de verdade.

Mal sabiam eles que aqueles materiais teriam tamanha influência no mundo moderno. Ferramentas, equipamentos industriais, estruturas na construção civil, indústria bélica, automóveis, navios, trens, máquinas agrícolas, além de diversos utensílios são em grande parte compostos por aço. E, mesmo os produtos que não utilizam diretamente esta matéria-prima, de alguma forma, são dependentes dela. Existe também a importância no mercado financeiro, uma vez que a cadeia produtiva do aço movimentava bilhões de dólares diariamente.

Ainda, podemos citar que o aço é a mais versátil e a mais importante das ligas metálicas, já que é produzido em uma grande variedade de tipos e formas, cada qual atendendo eficientemente a uma ou mais aplicações. Esta variedade decorre da necessidade de adequação do produto às exigências de aplicações específicas que vão surgindo no mercado. Existem mais de 3500 tipos diferentes de aços e cerca de 75% deles foram desenvolvidos nos últimos 20 anos. Isso mostra a grande evolução que o setor tem experimentado.

## 2. EXPERIMENTAL

### 2.1 - EXPERIMENTO DE METALOGRAFIA

Foram entregues duas peças de baquelite com uma amostra em corte transversal de um corpo embutida nela, retiradas de um aço 1020 e de um aço 1045. Tanto o corte, quanto o embutimento foram feitos previamente.

Para que a análise metalográfica seja feita da melhor maneira possível, devemos primeiramente selecionar uma parte da peça que seja representativa do todo, para isso, ela deve estar em boas condições. O corte da peça foi feito com um disco giratório e resfriamento a base de água sendo direcionada à ela no momento do corte. Apesar de existir o resfriamento, o calor que é desenvolvido pelo disco de corte acaba afetando a camada mais externa da peça, criando deformações, logo, essa zona afetada precisa ser removida para não falsear os resultados das análises posteriores. O tamanho da peça foi dimensionado pensando no tamanho da embutidora.

O corpo cortado foi embutido a quente, na embutidora da figura 1, em um molde com pellets de baquelite, a temperatura aproximada de 150°C e pressão em 120 bar, por 10 minutos, para que os grãos fossem unidos e compactados, embutindo, assim o corpo cortado. A peça feita de baquelite tem sua serventia quanto ao manuseio na hora de lixar ou fazer o ataque químico, assim como garante que a superfície exposta ficará mais plana possível.

O lixamento das peças de baquelite pode ser feita nas Lixas de Mesa ou nas Politrizes Lixadeiras. Nesse caso foi utilizado as Lixas de Mesa, conforme a figura 2, visto que há quatro tipos de lixas de diferentes granulometrias (220, 320, 400, 600). Antes de começar o lixamento, marcamos na baquelite uma linha vertical para orientarmos a direção do movimento. Então demos início ao processo, lixando em um movimento vertical, primeiramente, na lixa mais grosseira até linhas de desgaste estarem orientadas numa direção preferencial e ficarem visíveis no material, conforme apresentado pela figura 3.



Figura 1 - Embutidora



Figura 2 - Lixadeira manual com várias granulometrias



Figura 3 - Amostra depois da lixa grosseira

Passamos, então, para uma lixa mais fina, girando a baquelite em 90° e continuamos o processo até as linhas estarem orientadas na nova direção. Depois passamos para outra lixa, ainda mais fina que a anterior, também girando a baquelite em 90°, até termos linhas mais sutis e a amostra ficou conforme demonstrado pela figura 4.

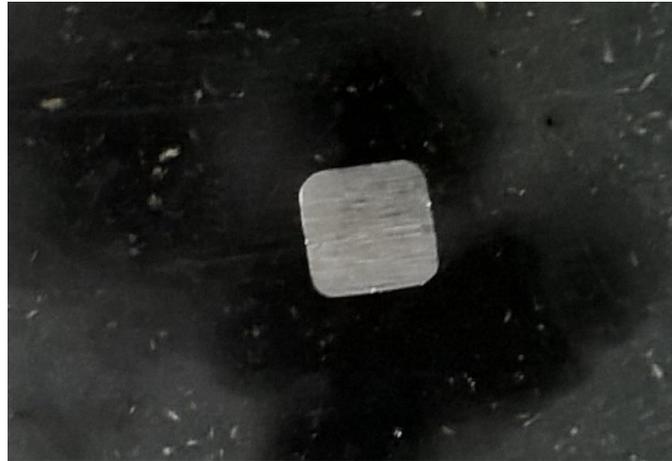


Figura 4 – Amostra após as lixas intermediária

Mais uma vez, giramos a baquelite e passamos para uma lixa com maior granulometria, dessa vez, a lixa dava um aspecto de polimento ao material.

Em seguida, fomos para a politriz de polimento (figura 5) que contém um pano onde despejamos uma pequena quantidade alumina de 0,3  $\mu\text{m}$  diluída em água (figura 6), e começamos o processo até a amostra estar com aspecto brilhoso e reflexivo, conforme figura 7. Após limpamos a peça com água e secamos cuidadosamente com papel toalha para não riscar a peça.



Figura 5 - Politriz lixadeira com alumina



Figura 6 - Alumina 0,3 μm

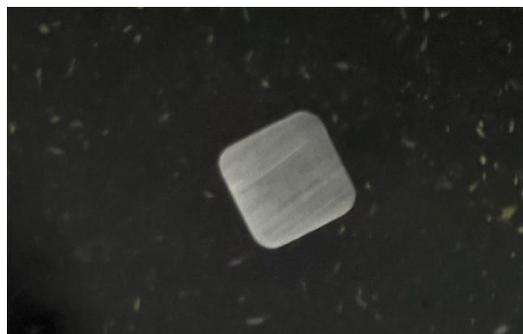


Figura 7 – Amostra após polimento

Após o polimento da peça, levamos a mesma para o microscópio óptico para analisar as inclusões e ranhuras restantes nos materiais, pois apesar de todo o processo de lixamento, ainda restaram alguns arranhões a serem removidos que não podiam ser vistos a olho nu, mas sim no microscópio. Essas inclusões, caso não fossem levadas em consideração, podem acabar comprometendo a análise da microestrutura feita posteriormente. Então, caso fossem muito grandes, o processo de lixamento deverá ser refeito.

Logo, levamos a peça para realizar um ataque químico com ácido Nital 3% (figura 8). com o objetivo de revelar a microestrutura da peça, removendo a camada de inclusões, para isso, deixamos a peça durante três segundos no ácido e lavamos com água e depois secamos com papel toalha. Foi percebido que a peça perdeu seu aspecto brilhoso, conforme figura 9. O tipo de ácido usado influencia no contraste entre ferrita e cementita, sendo o mais indicado para aços carbono, ferramenta, e ligados. Ele também é capaz de revelar o contorno de grão ferrítico.

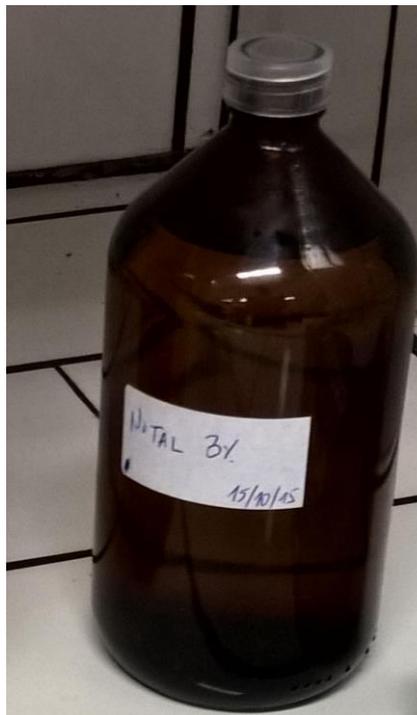


Figura 8 - Ácido Nital 3%



Figura 9 – Amostra após ataque químico

Em seguida, levamos a amostra para o microscópio afim de vermos sua microestrutura.

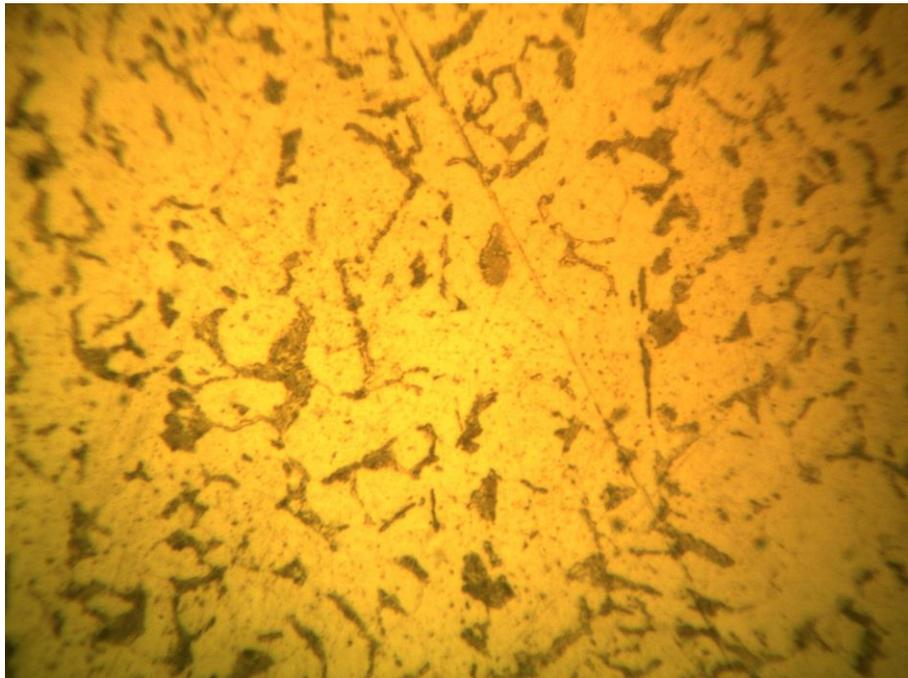


Figura 10 – Microestrutura do aço 1020

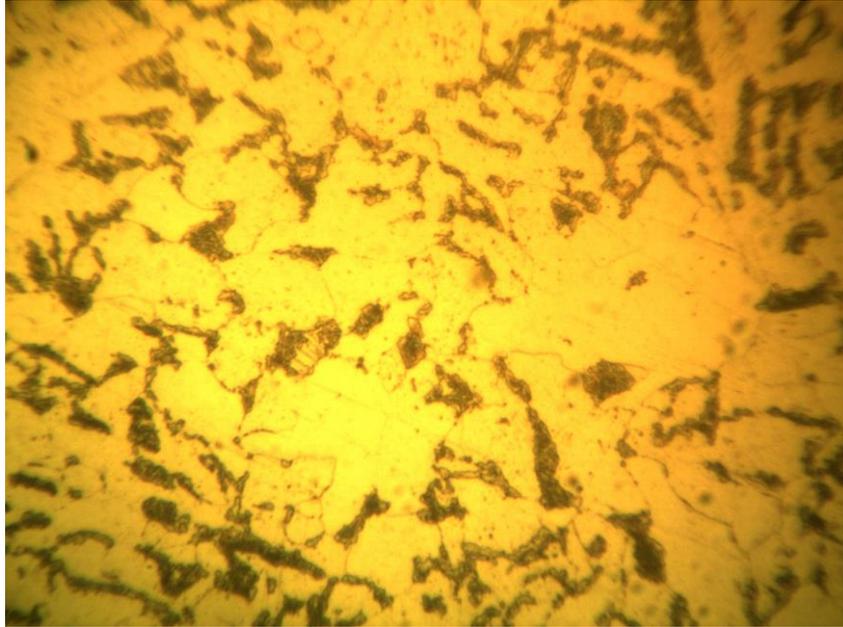


Figura 11 - Microestrutura do aço 1020

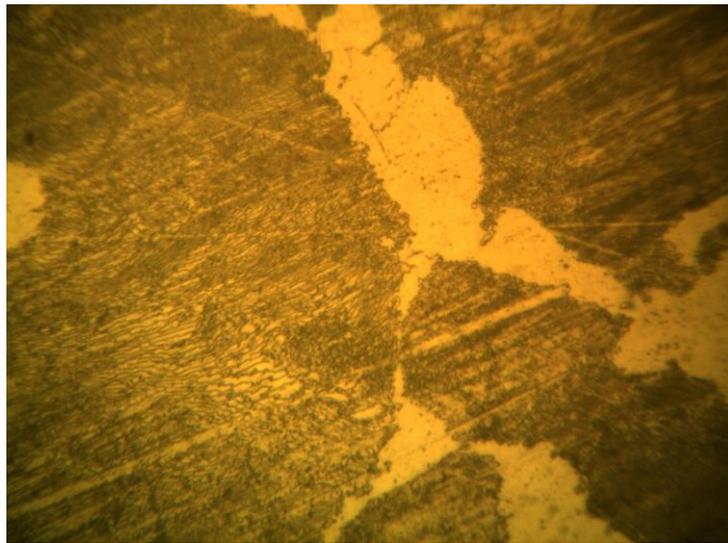


Figura 12 - Microestrutura do aço 1045

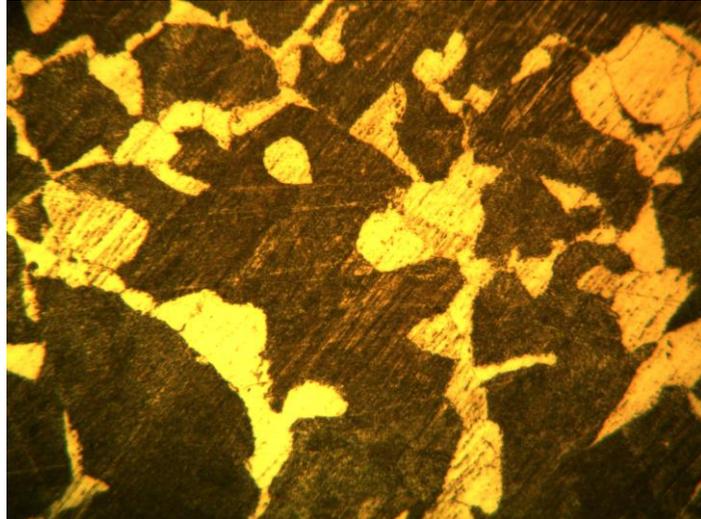


Figura 13 - Microestrutura do aço 1045

Em seguida, levamos a peça para que fosse medida a dureza. No teste de dureza Rockwell, giramos uma manivela que elevava o corpo até o indentador e, continuamos aplicando uma pressão até, o mostrador, de dureza, na escala Rockwell B, girar duas vezes e meia e o ponteiro estar na posição 12h do relógio, essa pré-carga perfura o corpo superficialmente. Depois, liberamos uma segunda carga que perfura ainda mais a superfície do corpo e, com as diferenças de profundidades a dureza é estabelecida.

Primeiramente, foi utilizado um indentador de diamante e uma carga de 150kgf e isso marcou 73 Rockwell C, estando fora da escala, então foi utilizada a escala Rockwell B, com o indentador sendo uma esfera de aço muito duro. Isso aconteceu, visto que o aço 1020 era muito macio para aquela escala, conforme figura 14 e 15.

Então, foi alterada a carga para 100kgf e, medimos para o aço 1020, na primeira indentação mostrou 64 Rockwell B e, na segunda, 69 Rockwell B e, na terceira, 67 Rockwell B. Para o aço 1045, 79 Rockwell B e, na segunda, 86 Rockwell B e, na terceira, 83 Rockwell B.

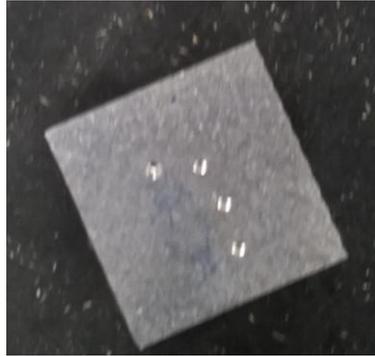


Figura 14 – Aço 1020 após teste de dureza



Figura 15 - Aço 1045 após teste de dureza

## 2.2 - ENSAIO DE TRAÇÃO

Para a realização do ensaio de tração, foi utilizado um corpo de prova normatizado, conforme a imagem abaixo, dos aços 1020 e 1045.

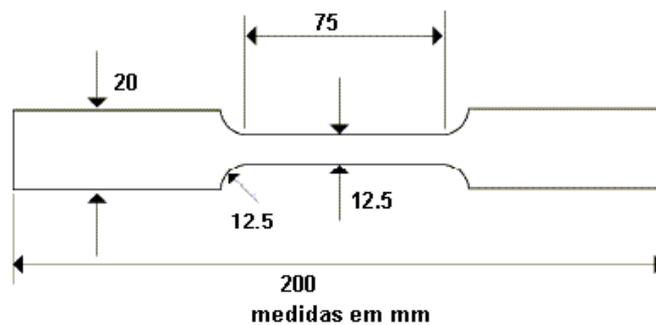


Figura 16 - Corpo de prova normatizado

Com o corpo de prova do aço normatizado, levamos o mesmo para uma máquina que faz os ensaios de tração. Depois realizamos o ensaio de tração para os mesmos, fixando bem, o corpo de prova na máquina de maneira vertical, sentido do movimento de tração. O modelo do equipamento era VERSAT-1000K, cuja célula de carga imprimia 100Kgf, com velocidade de 2mm/min.

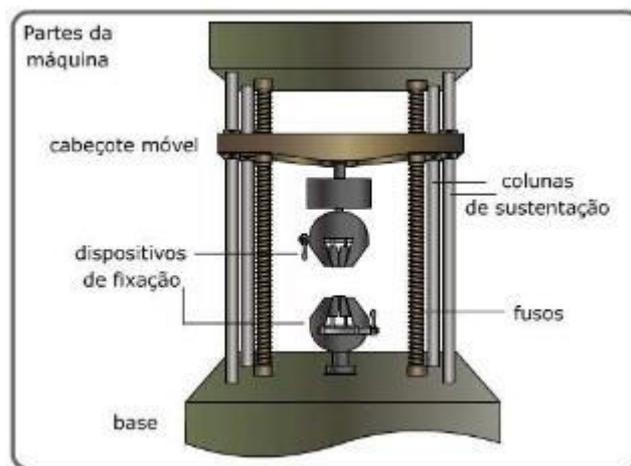
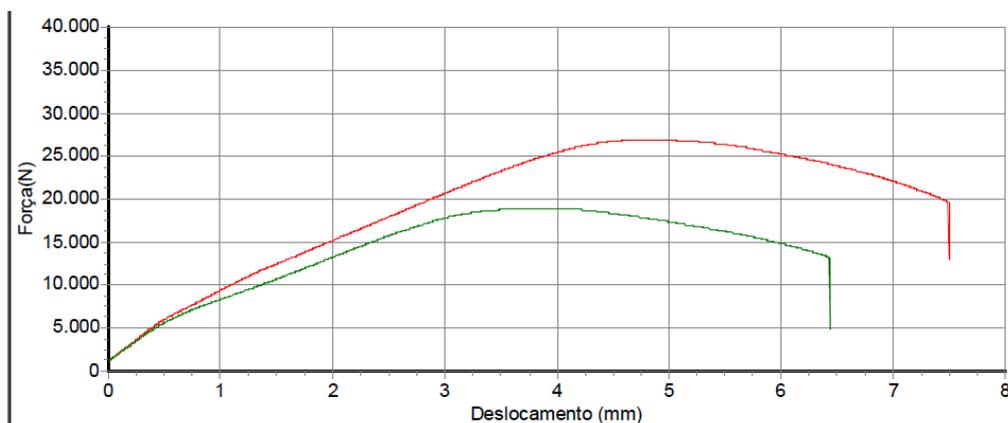


Figura 17 - Esquema de Máquina para Ensaio de Tração

O ensaio de tração aplica uma força vertical, crescente na direção axial, sendo, então, medidas as deformações até a ruptura do corpo. Dessas medidas de forças e deformações, extraímos um gráfico de tensão deformação, conforme o mostrado no Gráfico 1, realizado para o ensaio com os corpos de prova. Em verde, podemos ver o gráfico gerado para o CP do aço 1020 e, em vermelho o gráfico para o CP do aço 1045.



## Gráfico 1 - Tensão x Deformação

Dados Técnicos do Lote

Ensaio	Área do C.P.	Resistência Máxima	Deformação Específica	Deformação Permanente	Patamar de Escoamento	Módulo de Elasticidade
Numero	mm <sup>2</sup>	MPa	%	%	MPa	MPa
2 <span style="color:red">■</span>	30,680	876,6	18,761	15,471	373,4	10178
1 <span style="color:green">■</span>	31,172	606,1	16,110	13,068	299,5	8195
<b>Mínimo</b>	30,680	606,1	16,110	13,07	299,5	8195
<b>Máximo</b>	31,172	876,6	18,761	15,47	373,4	10178
<b>Média</b>	30,926	741,4	17,436	14,27	336,5	9187
<b>Mediana</b>	30,926	741,4	17,436	14,27	336,5	9187
<b>Desvio</b>	0,246	135,3	1,325	1,20	36,9	992
<b>Variância</b>	0,061	18298,3	1,756	1,44	1364,8	983332

Tabela 1 - Dados colhidos do ensaio

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as imagens obtidas pela microscopia óptica, podemos ver na figura 10 e 11, o aço 1020, e sua principal composição, a cementita (~3%) e ferrita (~97%), em proporções idênticas àquelas previstas pelo diagrama de fases (0,18 ~ 0,23% C). Praticamente todo o carbono presente no aço 1020 está na forma de cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$  - 6,67%C + 93,33%Fe), apesar da mesma só representar 3% do volume. O restante do carbono está junto da ferrita (~0,02%C). Esse tipo de liga se chama hipoeutetoide, visto que se formou com aproximadamente 0,2% de carbono, estando à esquerda do ponto eutetoide (0,77%C), no diagrama de fases.

Para a formação do aço, geralmente é utilizado um resfriamento lento, no qual observa-se a nucleação da ferrita nos contornos de grão da austenita.

Nesse caso a ferrita formar-se-á tanto na perlita, sendo chamada de ferrita eutetoide, como em uma das fases ?, sendo chamada de ferrita pró-eutetoide. Também, é observado a formação de lamelas entre a ferrita e cementita, na perlita.

Partindo para a análise do aço 1045, figuras 12 e 13, percebemos que a parte mais escura aumentou de tamanho, isso porque a concentração de carbono também aumentou (~0,43 a ~0,50%C). Conseqüentemente, a quantidade de ferrita diminuiu. Assim como no aço 1020, no 1045, praticamente todo o carbono está na forma de cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$  - 6,67%C + 93,33%Fe) e, o restante, está junto da ferrita (~0,02%C). Esse liga também é do tipo hipoeutetoide, visto que se formou com aproximadamente 0,45% de carbono, estando à esquerda do ponto eutetoide (0,77%C), no diagrama de fases. A perlita será constituída de ferrita eutetoide intercalada com lamelas de cementita e, a ferrita pro-eutetoide, vai se nuclear nos contornos de grão.

Conforme resultados do teste de dureza, para o aço 1020, na primeira identificação mostrou 64 Rockwell B e, na segunda, 69 Rockwell B e, na terceira, 67 Rockwell B. Para o aço 1045, 79 Rockwell B e, na segunda, 86 Rockwell B e, na terceira, 83 Rockwell B.

Pelo área do Gráfico 1, notamos que, como era de se esperar, o aço 1045 absorveu mais energia do que o 1020, característica essa que se chama tenacidade. Também podemos ver que a área elástica é maior no caso do aço 1045, então o mesmo pode ser "esticado" sem deformar-se permanentemente.

## CONCLUSÃO

Assim, analisando os resultados obtidos na microscopia, no ensaio de dureza, e no de tração, conseguimos perceber que a quantidade de carbono adicionada ao ferro influencia diretamente nas suas propriedades. Propriedades essas que irão determinar a melhor aplicação do aço, seja na construção civil, automobilística, ou ainda participando indiretamente. Ainda, concluímos que o processo de lixar as peças e atacar com ácido, revelou sua verdadeira microestrutura ao microscópio e, realizando uma análise visual, determinamos que as peças em questão são constituídas por aço perlítico. E, também que a quantidade de carbono no aço 1045, favoreceu-o nos ensaios de tração, no qual pode absorver mais energia antes de romper, assim como aumentou sua resistência a tração, e, também as deformações a que o material foi submetido.