

Universidade de Taubaté

Leonardo Pereira Mendes

Ronaldo Eiras Junior

**COMPARAÇÃO ENTRE UMA FACA FORJADA
ARTESANALMENTE E UMA USINADA**

TAUBATÉ – SP

2017

Universidade de Taubaté

Leonardo Pereira Mendes

Ronaldo Eiras Junior

**COMPARAÇÃO ENTRE UMA FACA FORJADA
ARTESANALMENTE E UMA USINADA**

Trabalho de graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Processos de fabricação mecânica, forjamento.

Orientador: Prof. Dr. Aluísio Pinto da Silva

TAUBATÉ – SP

2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

E359c Eiras Junior, Ronaldo
Comparação entre uma faca forjada artesanalmente e
uma usinada. / Ronaldo Eiras Junior, Leonardo Pereira
Mendes. - 2017.
48f. : il; 30 cm.
Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) –
Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia
Mecânica e Elétrica, 2017
Orientador: Prof. Dr. Aluisio Pinto da Silva,
Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.
1. Cutelaria artesanal. 2. Fabricação mecânica. 3.
Forjamento. I. Título.

LEONARDO PEREIRA MENDES

RONALDO EIRAS JUNIOR

Comparação entre uma faca forjada artesanalmente e uma usinada

Trabalho de graduação apresentado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Processos de fabricação mecânica, forjamento.

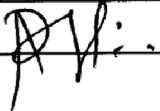
Orientador: Prof. Dr. Alúcio Pinto da Silva

Data: 24/11/2017

Resultado: Aprovado

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alúcio Pinto da Silva UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura 

Prof. Dr. José Carlos Savio de Souza UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura 

**Os caminhos que conduzem o homem
ao saber são tão maravilhosos
quanto o próprio saber.**

Kepler

À família, por sua capacidade de acreditar e investir em nós. Mães, seus cuidados e dedicação foi que deram, em alguns momentos, a esperança para seguir. Pais, sua presença significou segurança e certeza de que não estou sozinho nessa caminhada.

Agradeço a todos os professores que me acompanharam durante a graduação, em especial ao Prof. Dr. Alúcio Pinto da Silva, responsável pela orientação deste trabalho.

Assim como à professora Regina Hidalgo Lindgren e o professor Ivair Alves dos Santos, por seus ensinamentos, paciência e confiança ao longo das supervisões das minhas atividades no curso de Engenharia Mecânica.

RESUMO

Este trabalho tem como principal intuito apresentar duas maneiras de fabricação de facas para a cutelaria artesanal e seus principais aspectos de vantagens e desvantagens. Dentre os processos de fabricação mecânica os quais serão apresentados nesta monografia teremos foco em fazer a comparação entre uma faca forjada artesanalmente a quente, que posteriormente será tratada termicamente, e uma faca somente desbastada e tratada termicamente após a usinagem. Por meio de ensaios mecânicos, de dureza foram coletados os dados para embasar a comparação feita, entre as diferentes características do aço obtidas com os processos de fabricação mecânica. Os processos utilizados para a obtenção das facas foi o processo de forjamento a quente e o processo de desbaste do material. Com este estudo foram levantadas e apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização deste processo de fabricação, levando em conta as características mecânicas recomendadas, bem como as principais utilidades para o mercado cuteleiro artesanal.

Palavras Chave: Cutelaria Artesanal, Fabricação Mecânica, Forjamento.

ABSTRACT

This work is primarily aimed at presenting two ways of making knives for handmade cutlery and its main aspects of advantages and disadvantages. Among the mechanical manufacturing processes which will be presented in this monograph we will focus on comparing a handmade hot-forged knife, which will subsequently be thermally treated, and a knife only chopped and thermally treated after the Machining. Through mechanical hardness testing, the data was collected to base the comparison made, between the different characteristics of the steel obtained with the mechanical manufacturing processes. The processes used to obtain the knives was the process of hot forging and the process of material machining. With this study were raised and presented the advantages and disadvantages of the use of this manufacturing process, taking into account the recommended mechanical characteristics, as well as the main utilities for the market Knifemaker craft.

Key words: Handmade cutlery, Mechanical fabrication, Forging.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Ensaio de dureza.....	46
--------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Deformação acima e abaixo da zona crítica.....	18
Figura 2 Faixas de temperatura e suas cores no aço	19
Figura 3 Representação esquemática do recozimento, têmpera e revenido ...	20
Figura 4 Temperaturas mais adequadas à normalização, recozimento e têmpera em função do teor de carbono do aço.....	21
Figura 5 Gráfico tensão x deformação	23
Figura 6 Rolete de trator	24
Figura 7 Encruamento por martelamento a frio de um aço meio duro	25
Figura 8 Aço doce laminado e recozido apresentando uma textura alinhada ..	25
Figura 9 Matéria prima	27
Figura 10 Forno artesanal alimentado por carvão vegetal e um sistema de sopro de ar	27
Figura 11 Insuflador de ar	28
Figura 12 Bancada de martelamento	28
Figura 13 Martelo oitavado de 0,5 Kg	29
Figura 14 Tenaz	29
Figura 15 Lixadeira angular.....	30
Figura 16 Moto esmeril.....	30
Figura 17 Furadeira de Bancada.....	31
Figura 18 Equipamentos de proteção individual.....	32
Figura 19 Grampo tipo C	32
Figura 20 Lixas de acabamento	33
Figura 21 Imã	33
Figura 22 Óleo mineral.....	34
Figura 23 Aquecimento e resfriamento lento para o processo de recozimento	35
Figura 24 Aço queimado	36
Figura 25 Usinagem utilizando moto esmeril.....	37
Figura 26 Confecção do gume	38
Figura 27 Dobra a quente	39
Figura 28 Forjamento	39
Figura 29 Desbaste faca forjada	40
Figura 30 Resfriamento em óleo	41

Figura 31 Processo de revenimento.....	42
Figura 32 Durômetro	42
Figura 33 Ensaio de dureza	43

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRAFICO	14
2.1	PROCESSOS DE FABRICAÇÃO MECÂNICA	14
2.2	AÇO	15
2.3	FORJAMENTO	16
2.2.1	TRATAMENTO TÉRMICO	18
2.5	ENSAIOS MECÂNICOS	22
2.6	ENSAIOS METALOGRAFICOS	23
3.	METODOLOGIA	26
3.1	CONJUNTO DE FERRAMENTAS E MAQUINAS	26
3.1.1	Matéria prima	27
3.1.2	Forno artesanal à carvão vegetal	27
3.1.3	Insuflador de ar	27
3.1.4	Bancada de martelamento	28
3.1.5	Martelo	28
3.1.6	Tenaz	29
3.1.7	Lixadeira elétrica	29
3.1.8	Moto Esmeril	30
3.1.9	Furadeira de bancada	30
3.1.10	Equipamentos de proteção individual	31
3.1.11	Grampo	32
3.1.12	Lixa	32
3.1.13	Imã	33
3.1.14	Óleo	33
3.2	FASE DE EXPERIMENTOS	35
3.2.1	Primeiro material	35
3.2.2	Segundo material	36
3.2.2.1	Faca usinada	37
3.2.2.2	Faca forjada	38
3.2.2.3	Tratamento Térmico	40
3.2.2.4	Ensaio	42
4.	RESULTADOS E DISCUÇÕES	45
5.	CONCLUSÃO	47
6.	BIBLIOGRAFIA	48

1. INTRODUÇÃO

A proposta deste estudo baseia-se em fazer uma comparação entre as características mecânicas e microestruturais de uma faca forjada artesanalmente e uma faca usinada a partir de uma barra de aço voltada para área da cutelaria.

Serão fabricadas duas facas, uma destas será modelada através de forjamento, e tratada termicamente posterior ao processo de fabricação, a outra será usinada a partir do mesmo material, e tratada termicamente seguindo o mesmo processo utilizado na faca forjada.

Para obter um processo de forjamento artesanal, será fabricado um forno de concreto para que seja possível alcançar a temperatura crítica necessária para os processos de fabricação e de tratamento térmico. Antes que os materiais sofram o processo de fabricação estes serão recozidos, para facilitar o forjamento e usinagem posteriores.

Para o forjamento o aço será aquecido no forno até sua zona crítica em torno de 768°C e através de esforços mecânicos o material irá compactar até a forma desejada, para a fabricação da segunda faca será utilizado cisalhamentos a fim de obter forma e acabamento na ferramenta. Ambos os materiais, forjado e usinado, serão tratados termicamente após o processo de fabricação.

O processo de tempera será utilizado para conseguir uma dureza elevada no fio de corte do material, para que possa ser empregada em diversas utilidades. Para aliviar as tensões internas será feito um processo de revenimento após a tempera do material. Utilizando os conceitos da cutelaria artesanal.

Durante o processo serão separadas amostras para que seja possível fazer as análises das características mecânicas e microestruturais de ambos os produtos fabricados.

Após as análises dos materiais irão ser apresentadas as vantagens e desvantagens da utilização das duas variações de fabricação desenvolvidas.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICO

2.1 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO MECÂNICA

Segundo Secco, Filho e Oliveira (2000), os processos de fabricação mecânica surgiram a cerca de 4000 anos A.C., onde os homens primitivos utilizavam, davam forma e afiavam através do aquecimento e aplicação de forças externas, a materiais metálicos como meteoritos ricos em ferro, ouro e cobre, entre outros, para fabricação de ferramentas que o auxiliassem na sobrevivência.

Desde então o processo de fabricação mecânica vem evoluindo constantemente de acordo com as necessidades do homem, dentre estes processos temos duas vertentes. Os que utilizam a remoção de material e os que remodelam sem a remoção de matéria prima para a modificação das características geométricas.

Entre os processos que utilizam a remoção de cavaco como princípio da fabricação mecânica estão inclusos: torneamento, fresamento, retificação, jato d'água, laser, eletroerosão e etc. Já os que não necessitam da remoção de material, são conhecidos como processos de conformação mecânica, entre estes se tem: fundição, soldagem, metalurgia do pó, laminação, forjamento, estampagem entre outros.

O conceito de conformação mecânica consiste na deformação plástica de um material alterando as características mecânicas e geométricas do material em questão para diversas finalidades, através da elevação de temperatura e aplicação de uma força externa que é inferior ao limite de ruptura. Nos processos de usinagem a tensão externa aplicada é maior que a tensão limite de ruptura e tem como finalidade remover material para obter uma geometria diferente.

Cada processo de fabricação tem uma área de aplicação de acordo com a finalidade do produto a ser fabricado, nos processos de usinagem não há alteração nas propriedades mecânicas do material base, já nos processos onde ocorre deformação plástica, ocorre alteração na microestrutura cristalina por meio da deformação ou mudança de temperatura, com isso alteram-se as propriedades mecânicas do material. (SAVIO, 2016, NOTAS DE AULA).

2.2 AÇO

O aço já foi muito utilizado durante séculos e ainda hoje é de suma importância. Nos tempos medievais o aço foi utilizado tanto como moeda, jóias, como armas, armaduras e na atualidade foi difundido em diversas áreas como, automóveis, eletrodomésticos, pontes e talheres. Uma das primeiras maneiras de se trabalhar materiais metálico foi através do processo de redução de minério de ferro, que chama a atenção, pois este era feito dentro de um buraco no solo, que continha o minério de ferro e um combustível, onde através do acionamento de foles controlavam-se as chamas. Após estes métodos de fundição, certamente ocorreram outros avanços, mesmo com a falta de registros, acredita-se que o início da utilização em maior escala do aço ocorreu por volta do século XIII.

Os processos de obtenção do ferro foram desenvolvidos ao longo do tempo e utilizados nas mais diversas localidades, a partir do século XV, começa-se a produzir ferro através do refinamento do ferro-gusa (MENEZES, 2011).

De acordo com Cabete (2010), antes mesmo do século dezoito havia o conhecimento que o carbono era um elemento importante na composição do aço, e que a quantidade do mesmo intervém nas propriedades mecânicas do aço, alterando sua dureza, ductilidade, resistência ao corte e ao desgaste.

O método utilizado na época de dissolução do carbono no aço era o de inserir o ferro líquido em um cadinho de grafite, que permanecia sob alta temperatura ao longo de vários dias, ansiando que o ferro absorva o carbono do recipiente, contudo essa técnica não era eficiente por não trazer homogeneidade do carbono ao longo da composição do aço, com isso exigia-se que o material fosse trabalhado após a concepção.

Foi na cidade de Sheffield na Inglaterra, no fim do século dezoito, que um relojoeiro, conhecido como Benjamin Huntsman que insatisfeito com a qualidade dos aços que adquiria dos seus fornecedores, decidiu fazer experiências com aços e obteve uma liga de aço carbono homogênea, proporcionando resistência e flexibilidade ao material, porém este para a relojoaria não era tão apreciado, mas para a cutelaria era o ideal, Huntsman então começou a fabricação de facas,

espadas e utilitários de cutelaria em geral, também iniciou a exportação deste aço obtido para outros países com a mesma finalidade cuteleira (QUAKERS IN THE WORLD, 2017).

Hoje em dia são utilizados 3 principais “Famílias” de aço para a cutelaria, onde o que definirá como melhor será, a finalidade da ferramenta e o gosto do cliente final.

A primeira das famílias é o aço carbono, onde o próprio nome já indica que uma de suas características é a presença de carbono que varia entre 0,6% a 1% do material. Existem vários tipos de aço, com diferentes percentagens de carbono e outros elementos, e a tabela SAE (Society of Automotive Engineers) é a mais utilizada para classificá-los.

O aço inoxidável é uma das famílias utilizadas no meio da cutelaria, este se destaca pela quantidade elevada de Níquel e Cromo em sua liga, que forma uma “película” mais resistente à oxidação em sua superfície. Têm uma boa aceitação quando utilizados para fins cotidianos, onde não serão muito exigidas mecanicamente.

Também temos a família do aço damasco, o preferido pela grande maioria de cuteleiros e colecionadores, por tratar-se de um aço nobre e de grande valor agregado. Este é a união de dois ou mais aços de características diferentes obtidos através do método de caldeamento, formando inúmeras camadas o que melhora a estética do aço a sua flexibilidade pois, normalmente é feito a partir da mescla de um aço com alto teor de carbono e um aço com baixo teor de carbono.

2.3 FORJAMENTO

Conforme Sávio (2016, notas de aula), a técnica de forjamento vem evoluindo ao longo do tempo, e se tornando muito popular no meio industrial, por todos seus benefícios nas propriedades mecânicas dos materiais.

O forjamento por matriz aberta, a frio ou a quente, é aquele que se utilizam golpes de um martelo, mecânico ou hidráulico, uma bigorna, para o escoramento, e o aquecimento da peça (quando a quente), para reorganização

dos grãos e alteração na geometria do aço, com a finalidade de preparação de tarugos ou fabricação final.

Dentre seus mais diversos campos de aplicação um em específico e de maior popularidade é no ramo da cutelaria, onde desde os primórdios sabe-se da utilização do forjamento para fabricação de espadas e armamentos utilizados na antiguidade.

A fabricação de espadas, facas, e outras ferramentas, através do forjamento, têm o como produto final, materiais com maior resistência, melhor microestrutura, um acabamento superficial superior ao da fundição, melhor distribuição das fibras, entre outras características químicas e mecânicas.

O forjamento de matriz fechada tem como meta uma peça melhor acabada tendo algumas variações quanto ao tipo das matrizes a serem utilizadas, as matrizes de recalque tem a finalidade da redução de altura inicial sem grande expansão lateral, as matrizes fechadas de expansão proporcionam um grande escoamento do material transversalmente à direção dos golpes da matriz superior e o método de expansão com extrusão tem a finalidade de escoamento do tarugo completo ou parcial no formato das matrizes, com ou sem rebarba. As rebarbas oriundas do forjamento em matriz fechada tem a função de garantir que a matriz seja completamente preenchida quando necessário.

Conforme Helman e Cetlin (1993), as ferramentas utilizadas para ambos os processos de forjamento tem algumas diferenças, sendo os martelos, utilizados no forjamento em matriz aberta, de queda livre acionados por correia ou tábua, mecânicos (manual) e pneumáticos, por terem de gerar uma alta taxa de deformação. No processo em matriz fechada as prensas são de origem mecânica ou hidráulica, gerando uma deformação controladas pela necessidade da matriz.

No processo onde utilizamos a matriz aberta, temos as variantes de temperatura que irão gerar diferentes reações nas características mecânicas do material. Quando aquecido e forjado o material além de adquirir resistência e um melhor acabamento da superfície, ocorre também a recristalização dos grãos, uma vez que são deformados entre 200 a 300 graus acima da temperatura de

zona crítica do aço. Já quando forjado à frio este material sofre um encruamento, sendo necessário um tratamento térmico de recozimento após o forjamento.

Outro processo voltado ao mercado de colecionadores é o da cutelaria artesanal, onde em sua maioria é feito a quente e em pequenas quantidades. Como o próprio nome diz, por ser artesanal este processo consegue desenvolver ferramentas para uma grande amplitude de aplicações. Para a execução deste processo, aquece-se o aço pouco acima de sua zona crítica normalmente não se tem um controle preciso pela falta de instrumentação e caso isso ocorra do aço não ultrapassar a zona crítica será necessário o recozimento do material como mostra a Figura 1, então começam os golpes do martelo, que pode ser hidráulico ou manual, que irão modelar o material e suas propriedades mecânicas, sendo necessária a realização de tratamentos térmicos após o forjamento.

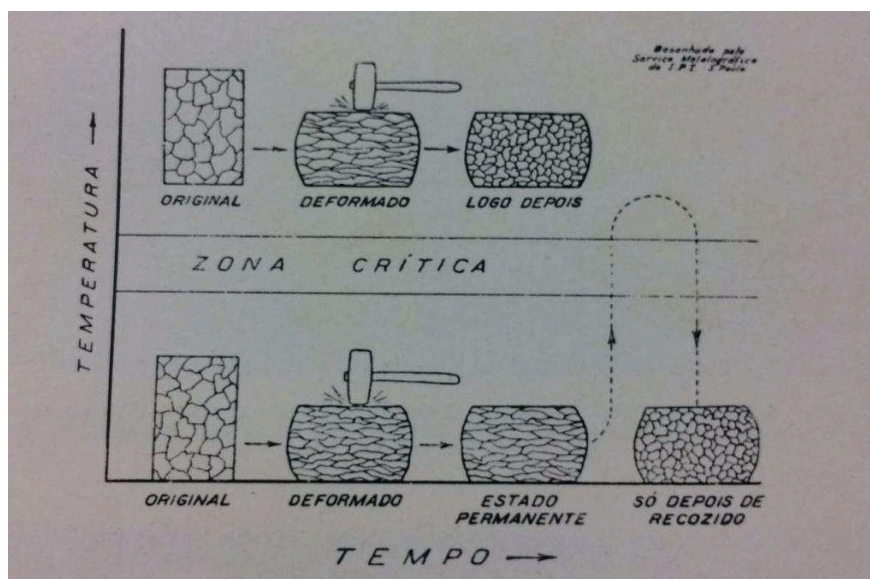


Figura 1 - Deformação acima e abaixo da zona crítica

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

2.2.1 TRATAMENTO TÉRMICO

A preocupação do homem em se obter metais com melhor qualidade e resistência é deveras antiga, em Roma no ano de 55 a.C., já existia o conhecimento que o ferro ganhava resistência se aquecido e resfriado em salmoura. Esta metodologia se deu com base nas campanhas romanas em trechos litorâneos, onde havia água do mar que naturalmente é salobra. Essa

estratégia pode ser apontada como a primeira forma de tratamento térmico que permitiu a fabricação de metais mais resistentes.

Segundo Colpaert (1974, pág. 199), essencialmente, os tratamentos térmicos fundamentam-se em aquecer o material a uma determinada temperatura, a cada faixa de temperatura o aço muda de cor, conforme Figura 2 e por essa razão é possível identificar a olho nu a média de temperatura em que o aço se encontra, logo após aquecê-lo a temperatura desejada esfriá-lo sob determinadas condições, com o objetivo de alterar as características iniciais do material, dentre eles estão a têmpera, o recozimento, o revenimento, a normalização, a solubilização e etc.

°F	hardening colours	°C
2182	White	1200
2012	Light Yellow	1100
1822	Yellow	1050
1786	Light Orange	980
1706	Orange	930
1598	Light Red	870
1490	Light Cherry	810
1400	Cherry	760
1282	Dark Cherry	700
1202	Blood Red	650
1112	Brown Red	600
°F		°C

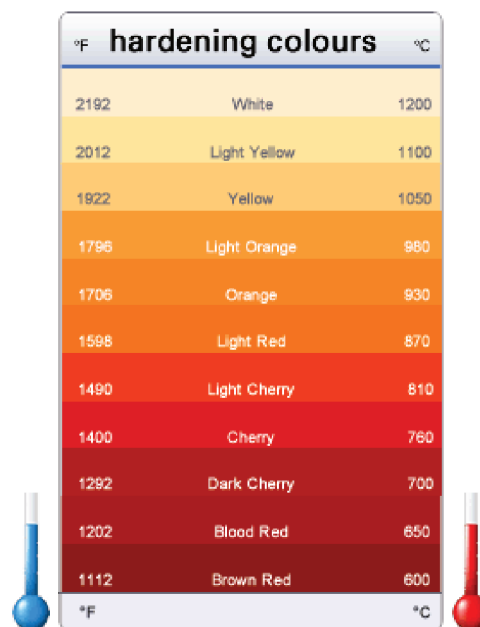


Figura 2 - Faixas de temperatura e suas cores no aço

Fonte: Desconhecida

Na maior parte dos casos a têmpera consiste no aquecimento do material até a temperatura ultrapassar a zona crítica, região onde há grandes transformações microestruturais, seguido de um esfriamento brusco em água, óleo, entre outros. A finalidade deste processo é, em geral, aumentar a dureza do aço, e tornar mais elevado seu limite de escoamento, assim como a resistência a tração, à compressão e ao desgaste. Também gera um aumento a

resistência à elétrica. Todavia diminui a resistência ao choque, a estricção, a ductilidade, o alongamento e etc.

A pratica do revenimento tem por finalidade corrigir alguns efeitos da têmpera, que podem ter se revelado excessivos, dentre eles estão à dureza ou fragilidade, emprega-se também quando se receia tensões internas perigosas. Para se obter um revenido é necessário aquecer o material abaixo da zona crítica e resfriá-lo lentamente, como demonstra a Figura 3 a diferença entre os tratamentos térmicos na temperatura e velocidade de resfriamento. Com esse tratamento o material diminui gradativamente a dureza, o limite de resistência, o limite de escoamento, porém aumenta o alongamento, a estricção e a resistência ao choque.

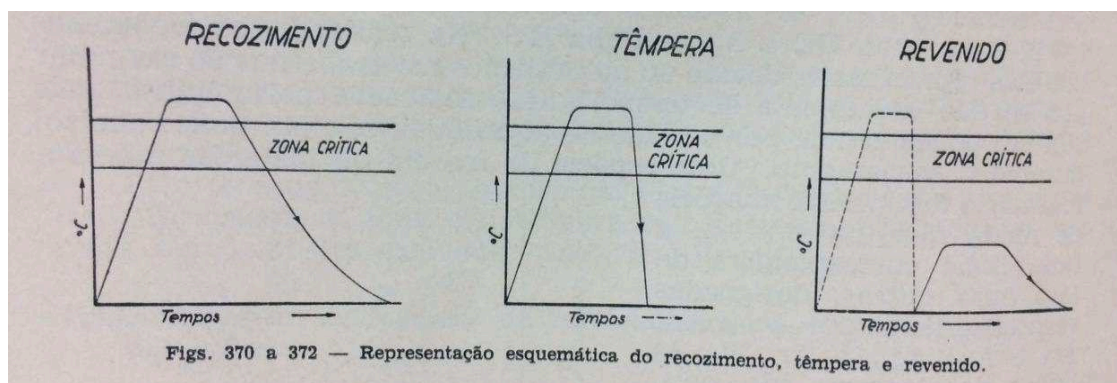


Figura 3 - Representação esquemática do recozimento, têmpera e revenido

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

O recozimento constitui-se, da mesma forma que a tempera, no aquecimento uniforme do material até a cima da zona crítica, porém é seguido de um resfriamento lento, também uniforme, que pode ser, dentro do forno, com a peça imersa em cal em pó, areia seca, ar ambiente ou outro meio que assegure um resfriamento lento a partir do momento em que a peça saia do forno. Esse processo restabelece ao material suas propriedades mecânicas modificadas em um processo mecânico, ou tratamento térmico anterior ou ainda refinar texturas brutas de fusão. O processo de esfriamento ao ar denomina-se normalização e obtém-se normalmente uma granulação mais fina. A mudança da faixa de temperatura e forma de resfriamento altera as características finais a ser atingidas, e a quantidade de carbono no aço altera a

faixa de temperatura que se deseja atingir para determinado tratamento térmico, conforme mostra a Figura 4.

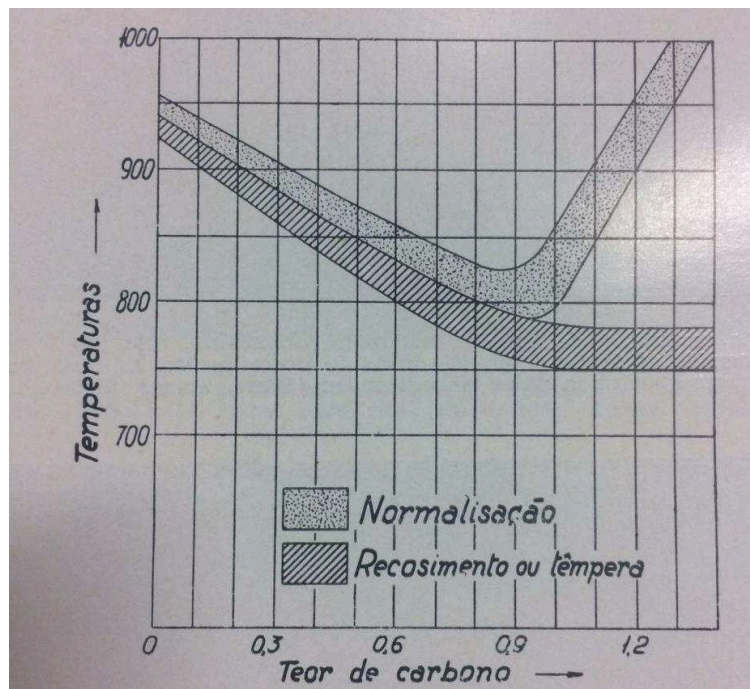


Figura 4 - Temperaturas mais adequadas à normalização, recozimento e têmpera em função do teor de carbono do aço

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

Quando o aço apresentar uma granulação grosseira devido a um tratamento térmico, a altas temperaturas ou demasiado demorado, chama-se de superaquecido. O alongamento, a resistência ao choque e a estrição, são em regra, altamente diminuídos, pois a granulação grosseira o torna menos dúctil, no entanto dificilmente são afetados os limites de resistência e escoamento. Esse material pode voltar à granulação normal, com os tratamentos térmicos apropriados. Na ocasião em que o superaquecimento se dá próximo da linha “solidus”, a peça se torna ainda menos dúctil, quebradiça, e pode apresentar oxidação no contorno dos grãos, quando isso ocorre, se diz que o aço foi queimado, não havendo possibilidades de voltar à granulação normal. O esboroamento do aço queimado é comum nos processos de laminação e forjamento a quente (MENEZES, 2011).

O resfriamento depende do tipo de aço e das características que se pretende obter com o tratamento térmico. A martêmpera é realizada tendo em vista a necessidade de minimizar a variação das dimensões do material ocasionadas pelo resfriamento brusco. Neste processo é realizado dois resfriamentos, no primeiro a peça é aquecida até que atinja a completa austenitização e resfriada até o início da transformação martensítica, em seguida a temperatura é controlada para que equalize a temperatura interna do material com a externa, seguido de um resfriamento ao ar. A austêmpera é um tratamento isotérmico objetivado a conseguir uma estrutura bainítica, com o mesmo procedimento de resfriamento da martêmpera, se distinguindo que o primeiro resfriamento se dá até a transformação isotérmica da austenita em bainita.

2.5 ENSAIOS MECANICOS

De acordo com Sérgio de Souza (1982, pág. 7) para determinar as propriedades mecânicas do material é necessária a realização de ensaios mecânicos, por vezes esses ensaios são destrutivos em geral inutilizando o material, mas existem ainda os ensaios não-destrutivos, que são utilizados para a definição de algumas propriedades físicas do metal e falhas internas. A torção, flexão, fadiga, impacto, dureza, entre outros são denominados ensaios destrutivos, pois promovem deformações na peça. Já na categoria de ensaios não-destrutivos estão os ensaios de raios X, ultrassom, elétrico e outros.

Os ensaios mecânicos utilizam tensões das mais variadas aplicações para definir a quantitativamente a característica analisada de acordo com as normas e finalidade desejada para aquele material. A quantidade de amostras e as dimensões destas é de suma importância na execução do ensaio.

Os ensaios de dureza são de natureza destrutiva e tem como intuito, mensurar a capacidade de resistência de um material à penetração outro. Normalmente empregados para ter conhecimento da capacidade de resistência ao desgaste, controle de qualidade dos tratamentos térmicos e conformação plástica de determinada ferramenta, entre outros.

No ramo de metalurgia e mecânica os ensaios de dureza por penetração são amplamente utilizados, dentre estes tipos de ensaios mecânicos tem-se

algumas variáveis de classificação unitária, temos como os principais, dureza Rockwell, Brinell e Vickers.

O ensaio mecânico de tração, também é de natureza destrutiva, e sua principal finalidade é determinar o limite de resistência de um material que é tensionado axialmente, este material testado sofre uma deformação uniforme até o momento em que atingimos o limite de escoamento do material e este se deforma diminuindo a seção do corpo de prova até a ruptura, seguindo a lei de Hooke. A ruptura neste tipo de ensaio sempre se dará na região estrita do material, a menos que exista um defeito interno no material do corpo de prova, esta deformação nos corpos metálicos será expressa através de um gráfico de tensão x deformação, a Figura 5 é um exemplo deste gráfico.

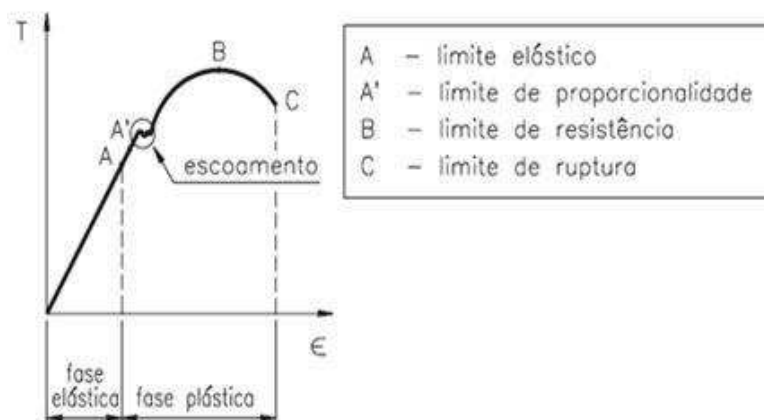


Figura 5 - Gráfico tensão x deformação

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

2.6 ENSAIOS METALOGRAFICOS

Estes tipos de ensaio são aplicados para ter-se uma visão macrográfica e uma visão micrográfica do produto final obtido através dos processos aplicados, nesta visão serão mostradas algumas características do material, de como ele foi feito e de sua homogeneidade.

Quando tratar-se de um ensaio macroográfico, deve-se utilizar uma peça ou amostra plana, acabada e polida, comumente atacada por um reativo apropriado, ao modo que o reativo revele a existência de defeitos inerentes ao próprio metal, a causa de rupturas ou fracasso da peça e verificar quais

processos de fabricação foram utilizados, visíveis a olho nu ou com o auxílio de uma lupa.

Para se fazer uma análise micrográfica, primeiramente, deve-se utilizar um microscópio para a análise e definição do material microconstituente. Com isso é possível analisar a textura da disposição dos grãos e a partir destes as propriedades mecânicas da peça, inclusões, trincas e pequenas falhas de fundição, este ensaio também necessita de uma peça plana, polida e em geral, atacada quimicamente para obtenção de sucesso. A Figura 6 nos mostra a seção longitudinal axial do rolete de um trator que com o ataque de iodo 2x, a micrografia nos revela a existência de fibras finas, sinal que o material foi laminado e o recurvamento dessas fibras diz que o material foi forjado.

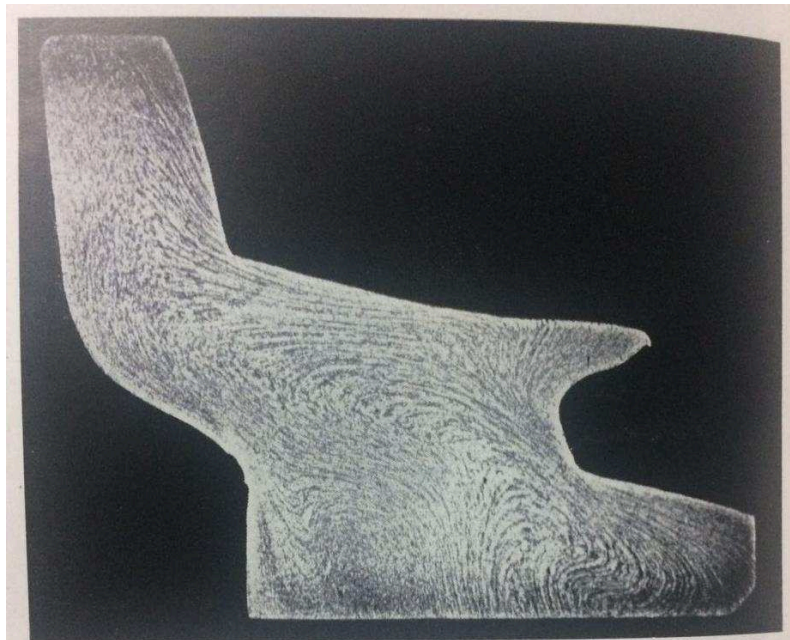


Figura 6 - Rolete de trator

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

Dentre as existentes texturas, algumas delas têm características que irão influenciar diretamente na aplicação do material. Quando um material é forjado a frio, será obtida uma textura “encruada” esta resulta em um material com maior tenacidade, dureza e resistência à tração, mas diminui a ductilidade. A Figura 7 é um exemplo de encruamento a frio, após o ataque nítrico 200 a micrografia revela os grãos de ferrita e perlita fortemente deformados.

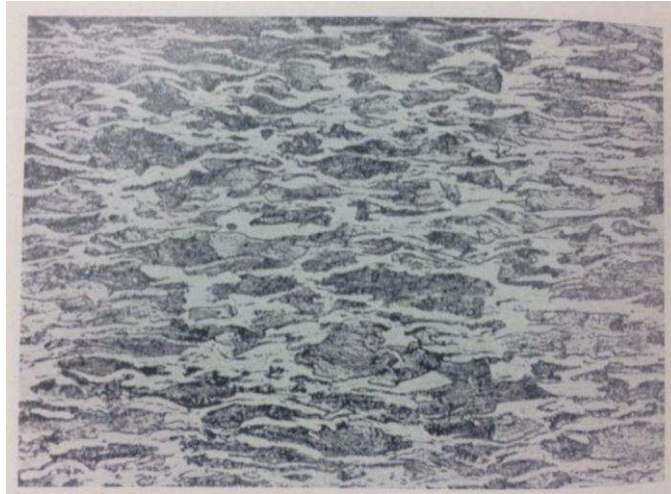


Figura 7 - Encruamento por martelamento a frio de um aço meio duro

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

E se um material for forjado a quente acima da zona crítica do aço, ocorre à recristalização de seus grãos e um tipo de textura alinhada, proporcionando melhores características mecânicas comparadas à textura encruada. Essa textura alinhada pode ser observada na Figura 8 que após o ataque nítrico 150x, revela a perlita e a ferrita que se dispõem em estrias continuas (HUBERTUS COLPAERT, 1974. Pág. 37).

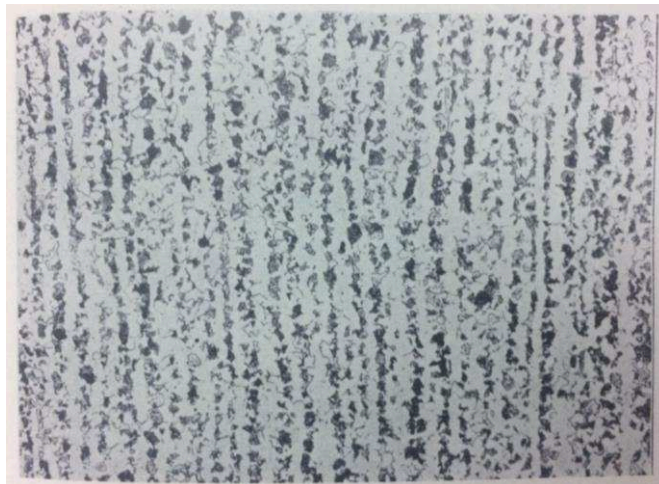


Figura 8 - Aço doce laminado e recozido apresentando uma textura alinhada

Fonte: Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns - Hubertus Colpaert

3. METODOLOGIA

No progresso de uma metodologia experimental, as variáveis relacionadas com o tema a ser estudado são dependentes e independentes, as quais podem ser manipuladas proporcionando um estudo da relação de causa e efeito de determinado processo, de maneira geral o experimento mostra o conteúdo legítimo de uma pesquisa científica (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, 2007).

Para o desenvolvimento deste trabalho foram levantados dados em um período aproximado de um ano. Após a definição do tema, iniciou-se uma pesquisa baseada em artigos, livros, vídeos, experimentos realizados no desenvolvimento do trabalho, experiências compartilhadas por profissionais da área e conteúdos que puderam adicionar informações ao trabalho, buscando maior conhecimento sobre o assunto.

Para a realização deste estudo, foi vital a conclusão das seguintes etapas:

- Coleta de dados referentes ao assunto;
- Avaliação dos dados e criação de um plano de execução;
- Obtenção de ferramentas e utensílios necessários;
- Aplicação dos conceitos sobre a cutelaria artesanal;
- Análise dos resultados obtidos através da comparação dos processos de fabricação, por meio de ensaios experimentais.

Durante a coleta de dados para um aprofundamento sobre a cutelaria artesanal, um *brainstorming* sobre o assunto foi essencial para a posterior definição de um plano de execução.

Para o início prático do trabalho foi escolhido um aço a ser utilizado para a fabricação das facas, escolha que foi baseada em artigos informativos, vídeos explicativos sobre o forjamento na área da cutelaria artesanal e experiência prática, após a escolha da matéria prima, o ferramental para execução do serviço foi de suma importância, para a delimitação de caminhos e métodos a serem utilizados. Utilizando as informações que já haviam sido obtidas em pesquisas, definiu-se um passo a passo, para a execução dos processos de fabricação.

3.1 CONJUNTO DE FERRAMENTAS E MAQUINAS

3.1.1 Matéria prima

A cutelaria artesanal faz uso de aços que inicialmente tiveram outra finalidade, como os aços utilizados para fabricar rolamentos, serras circulares, molas automotivas, como demonstra a Figura 9. Esses aços têm alta dureza, resistência e tem a característica de apresentar excelente afiação posterior.



Figura 9 - Matéria prima

3.1.2 Forno artesanal à carvão vegetal

Para o início de uma forja artesanal o instrumento básico para o aquecimento da ferramenta é um forno artesanal de alvenaria, e sua construção baseou-se em vídeos explicativos e experiências de profissionais da área, que direcionaram uma melhor concepção do forno para a finalidade de aquecimento desejada, como mostra a Figura 10. O forno é alimentado continuamente com carvão vegetal e constantemente com um sopro de ar.



Figura 10 - Forno artesanal alimentado por carvão vegetal e um sistema de sopro de ar

3.1.3 Insuflador de ar

Somente um forno artesanal não atinge a temperatura desejada caso não obtenha um alimentador de combustível constante, dessa maneira se fez necessário a criação de um insuflador de ar artesanal como os visualizados nos vídeos explicativos e textos voltados a cutelaria. Para a concepção deste soprador, foi utilizado um secador de cabelo comum e um prolongador metálico que foi inserido na abertura inferior do forno, como mostra a Figura 11.



Figura 11 - Insuflador de ar

3.1.4 Bancada de martelamento

Outro instrumento indispensável para o processo de fabricação forjamento é uma base metálica onde o aço aquecido possa ser golpeado a fim de reduzir sua espessura. Essa bancada de martelamento foi feita a partir de uma seção de viga I, como ilustra a Figura 12, que obtém uma dimensão apropriada para as batidas em toda a extensão da faca e resiste ao impacto causado pela marreta.



Figura 12 - Bancada de martelamento

3.1.5 Martelo

Em conjunto de uma base resistente para o martelamento, o próprio martelo é uma ferramenta indispensável para o processo. Existe uma gama de martelos no mercado, que variam em peso, formatos e materiais fabricados e essas variações auxiliam no trabalho de golpear o objeto. O escolhido tem peso de 0,5 Kg, cabeça oitavada e cabo de madeira como mostra a Figura 13.



Figura 13 - Martelo oitavado de 0,5 Kg

3.1.6 Tenaz

Possuindo cabos compridos e uma ponta de pegada que pode ser curva ou retilínea, a tenaz é uma ferramenta utilizada para pegar objetos metálicos quentes e a distância com o propósito de manipulá-los com segurança e praticidade. A tenaz utilizada foi de cabeça curva conforme a Figura 14.



Figura 14 - Tenaz

3.1.7 Lixadeira elétrica

Está é uma máquina elétrica rotativa com uma variedade de consumíveis que auxiliam no trabalho de corte, desbaste, polimento, etc. Assim como há uma diversidade de configurações, como a lixadeira orbital, lixadeira de cinta, lixadeira oscilante, lixadeira angular, lixadeira vertical, lixadeira de bancada. Para a fabricação das facas no presente trabalho, foi utilizada uma lixadeira angular como ilustra a Figura 15.



Figura 15 - Lixadeira angular

3.1.8 Moto Esmeril

O moto esmeril é uma ferramenta manual de pequeno porte usada em uma ampla gama de trabalhos onde é exigido o esmerilhamento, aparo de rebarbas e corte de metais. Como apresentado na Figura 16 o moto esmeril é composto por um motor elétrico e um disco de material abrasivo, geralmente de esmeril.



Figura 16 - Moto esmeril

3.1.9 Furadeira de bancada

A furadeira de bancada é uma máquina operatriz que põe em rotação uma ferramenta denominada broca, esta é uma ferramenta de corte que em funcionamento produz furos em outros materiais. Há diversos tipos de furadeiras, entre elas estão furadeiras horizontais, as furadeiras industriais, as furadeiras verticais, as furadeiras radiais, as furadeiras manuais e as furadeiras eletropneumáticas automáticas. Para confeccionar os furos do cabo das facas, foi utilizada uma furadeira de bancada e uma broca de diâmetro de seis milímetros conforme a Figura 17.



Figura 17 - Furadeira de Bancada

3.1.10 Equipamentos de proteção individual

É imprescindível a utilização de equipamentos de proteção para realizar os processos de fabricação tratados nesta monografia. Já que os processos de fabricação artesanal de facas transmitem um risco à segurança e a saúde, faz-se necessário o uso de proteção auditiva, proteção visual, proteção para as mãos e proteção para os pés. Os equipamentos empregados são óculos de proteção,

luva de raspa, protetores auriculares, calçados de segurança, como exemplifica a Figura 18.



Figura 18 - Equipamentos de proteção individual

3.1.11 Grampo

Existe uma pluralidade de grampos que são utilizados para firmar ou proteger objetos de modo rígido, impedindo movimento ou separação dos mesmos. Para obter uma fixação rápida na bancada de trabalho fez-se o emprego de grampos tipo C que auxiliam durante os processos de fabricação como mostra a Figura 19.



Figura 19 - Grampo tipo C

3.1.12 Lixa

Para realizar um acabamento superficial nas facas foi dado uso de lixas com granulações diferentes como mostra a Figura 20, para que assim as deixasse conforme são comercializadas. Também foi utilizado no desbaste do gume da faca, ao modo de afiar as mesmas até o desejado.



Figura 20 - Lixas de acabamento

3.1.13 Imã

O imã é um objeto que provoca um campo magnético a sua volta e esse campo atrai materiais ferrosos. O imã mostrado Figura 21 foi utilizado para se ter uma maior precisão da faixa de temperatura em que o aço se encontra, pois, a determinada temperatura o aço perde a desmagnetização e podem ser aplicadas tensões externas.



Figura 21 - Imã

3.1.14 Óleo

Os óleos lubrificantes são comumente utilizados para reduzir o ruído, calor e desgaste das peças moveis das maquinas. Esses óleos podem ser de origem, animal ou vegetal, derivados do petróleo ou produzidos em laboratório, nomeados como óleos graxas, óleo mineral e óleo sintético respectivamente. Para o resfriamento no processo de têmpera foi utilizado um óleo mineral do setor automotivo mostrado na Figura 22.



Figura 22 - Óleo mineral

3.2 FASE DE EXPERIMENTOS

3.2.1 Primeiro material

Iniciaram-se os processos de fabricação mecânica das facas a partir de uma peça de aço retirada de um feixe de molas de caminhão e o forno artesanal criado.

O primeiro passo para o início dos processos de fabricação, foi o recozimento, tipo de tratamento térmico utilizado para adquirir melhores propriedades mecânicas voltadas a facilitação dos trabalhos de usinagem e forjamento compensando a ausência de ferramentas industriais. Para o recozimento o aço foi aquecido até acima de sua zona crítica e foi deixado resfriando dentro do próprio forno até o calor se extinguir como ilustra a Figura 23.



Figura 23 - Aquecimento e resfriamento lento para o processo de recozimento

Um dos princípios básicos do forjamento é a aplicação de tensões críticas pontuais ao material para o modelamento deste, para o início das “marteladas” foi necessário a utilização de uma base metálica fixa e uma marreta de 0,5 Kg. Na execução do forjamento, foi aquecido o aço no forno até que o material atingisse a coloração de “vermelho cereja” e ocorresse a desmagnetização.

Ao atingir as especificações citadas acima, iniciou-se o martelamento do aço, a fim de forjá-lo, todavia devido a uma espessura muito elevada do material e do ferramental disponível o sucesso não foi alcançado, contudo uma experiência adicional foi adquirida, pois durante a fase de aquecimento do aço, devido à falta de controle de temperatura no forno, o aço atingiu uma temperatura muito acima de sua zona magnética resultando na queima do aço, como explicado no tópico TRATAMENTO TÉRMICO obtendo assim uma amostragem de aço queimado conforme Figura 24. Com isso foi necessária a escolha de um aço de menor espessura utilizável em cutelaria para um melhor controle das variáveis.

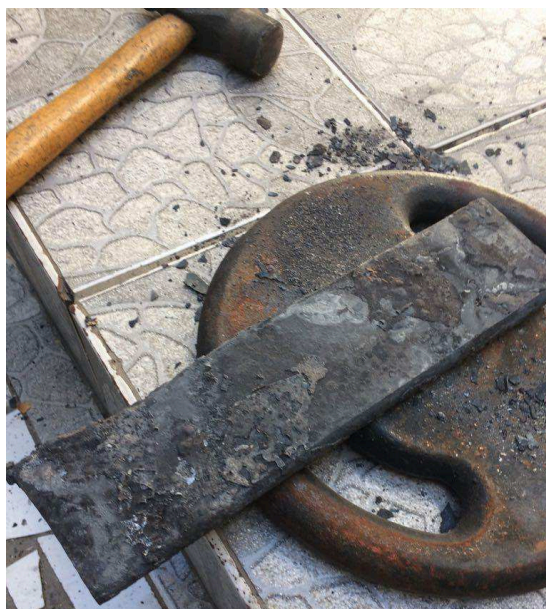


Figura 24 - Aço queimado

3.2.2 Segundo material

Dado a inutilização do material de mola de caminhão, com o superaquecimento do mesmo, foi utilizado os dados coletados sobre a cutelaria artesanal para selecionar um novo material apropriado e assim a escolha se deu em um disco de corte, de serra circular, como material base para a confecção das facas.

O passo inicial a ser realizado foi à escolha do design das facas a serem fabricadas e assim transpô-las ao aço para modo de recortá-lo separando o material necessário para a confecção das duas facas.

3.2.2.1 Faca usinada

Com o material alcançado, foi feito o corte no disco de serra para obter o molde inicial da faca, logo após efetuou-se o início da usinagem no material. Para essa operação foi utilizado uma esmerilhadeira de bancada, com um rebolo reto, com a finalidade de retirar material excedente como mostra a Figura 25.



Figura 25 - Usinagem utilizando moto esmeril

Com o emprego de uma lixadeira, com um disco de desbaste/acabamento flap, deu continuidade a usinagem no material efetuando a angulação do gume desejado como é expresso na Figura 26. Após a finalização desta etapa de operação foi realizado o acabamento superficial da faca.



Figura 26 - Confeção do gume

3.2.2.2 Faca forjada

Para o forjamento da faca foi utilizado o forno artesanal anteriormente fabricado e uma base metálica para o emprego de marteladas para que o processo de esmagamento dos grãos do aço fosse completado. Uma vez que o disco de corte tem uma espessura ideal para a faca usinada, para confeccionar a faca forjada foi necessário realizar uma dobra a quente para posterior fusão das partes durante o forjamento de acordo com a Figura 27.



Figura 27 - Dobra a quente

Em virtude da dobra realizada no material deu-se continuidade no trabalho de forjamento, martelando o aço continuamente para fundir as duas laminas, como mostra a Figura 28. O aço foi aquecido até a atingir a coloração de “vermelho cereja”, em seguida esmagado pela marreta de 0,5 Kg, ao longo de sua extensão conforme é proposto na cutelaria artesanal. Após sucessivos processos de aquecimento e martelamento a lamina foi conformada e assim obteve-se uma faca forjada crua.



Figura 28 - Forjamento

Com o material forjado conquistado o início da usinagem fez-se necessário para o modelamento da faca final. Com uma lixadeira com disco de desbaste a retirada de material excessivo e a criação do gume foi realizada, conforme a Figura 29. Logo após o acabamento superficial foi efetivado.



Figura 29 - Desbaste faca forjada

3.2.2.3 Tratamento Térmico

Têmpera

Depois de atingidas as dimensões finais retomaram-se os processos de tratamento térmico. O primeiro realizado após os processos de usinagem foi o tratamento de têmpera, para a execução deste tratamento foi necessário a utilização do forno artesanal para o aquecimento do aço acima de sua zona crítica, identificada quando o aço atinge a coloração de “vermelho cereja”, após atingir esta temperatura deu-se início ao próximo passo no processo de tempera. O resfriamento do material foi feito baseado no processo citado (anteriormente), o fluido utilizado para arrefecer o aço foi um tipo de óleo mineral de uso automotivo, que seria descartado por ter chegado ao fim de sua vida útil, logo enquanto ainda quente as facas foram imersas neste líquido conforme a Figura 30, gerando um choque térmico responsável pela obtenção das propriedades

mecânicas no processo de temperamento, e mantidas ali por um período até que alcançassem a temperatura ambiente.



Figura 30 - Resfriamento em óleo

Revenimento

Outro processo de tratamento térmico necessário para a fabricação das facas foi o revenimento que por conta da tempera é necessário para o alívio das tensões internas geradas no material tratado. O revenimento dos materiais teve seu período de aquecimento de aproximadamente duas horas. As facas foram aquecidas até que atingissem a cor “palha” em toda sua extensão, afim de garantir que a temperatura atingisse a homogeneidade em todo a lâmina, na sequencia o mesmo foi resfriado lentamente até a temperatura ambiente dentro do forno, como salienta a Figura 31.



Figura 31 - Processo de revenimento

3.2.2.4 Ensaio

Um ensaio de dureza foi efetuado no laboratório da Universidade de Taubaté com o acompanhamento do profissional responsável pelo laboratório, afim de mensurar a propriedade mecânica de dureza alcançada no material por efeito de todos os processos de fabricação executados nas facas. Para a comparação das características obtidas no material produzido, o ensaio de dureza foi executado em três tipos de material, o primeiro deles foi a matéria prima inicial, a fim de conhecer quais eram as propriedades contidas neste, em sua sequência, a lamina que passou apenas pelo processo de desbastagem foi ensaiada assim como o material forjado.



Figura 32 - Durômetro

Como mostra a Figura 32 foi utilizado um durômetro de bancada disponibilizado pelo laboratório da universidade, e a escala de dureza empregada foi a Rockwell um dos mais comuns na indústria, este é um método de medição simples que não requer habilidades especiais do operador o que diminui a possibilidade de erros humanos. Para o início prático foi instalado na máquina um penetrador de diamante e a carga principal de 60 Kgf, então fez-se um ensaio a fim de aferir a máquina com a nova ponteira.

Com a máquina aferida deu-se início aos ensaios onde foi colocado na base da máquina a matéria prima e aproximado a mesma da ponteira de diamante em que se aplicou uma carga inicial de 10 Kgf, com isso é realizado três ensaios afim de criar uma média para obter uma melhor análise. O mesmo processo foi realizado no material usinado e no material forjado respectivamente como ilustra a Figura 33.



Figura 33 - Ensaio de dureza

Finalização

Para a finalização estética e funcional das facas, foram feitos os cabos, afiação, aplicação de verniz e polimento. Para a fabricação dos cabos, utilizou-se de uma viga de peroba e com dois rebites de aço fixou-se os cabos às lâminas. Para a afiação, lixas d'água de granulação 250 e 500 foram utilizadas para o alinhamento do fio, uma tira de couro apoiada sobre um pedaço de madeira deu a afiação final das lâminas. Com o cabo fixado e afiação feita, um

óleo foi aplicado sobre o cabo, para proteção do material aumentando sua durabilidade, na lâmina um polimento foi realizado aumentando o brilho das facas, com isso foram concluídas como mostra a Figura 34.



Figura 34 - Facas realizadas

4. RESULTADOS E DISCUÇÕES

Sobre o presente trabalho realizado, nos processos de fabricação da cutelaria artesanal, observou-se os diversos ambientes e situações em que um artesão vive, desde o início da concepção de um forno, o ambiente de trabalho, até a fabricação final de um produto.

Durante estes processos de fabricação notou-se uma grande diferença relacionada às habilidades que um profissional da área precisa ter. O forjamento necessita de aptidão com o martelo e cuidado com o a temperatura, requer-se conhecimento teórico e prático, por outro lado, o processo onde apenas a usinagem foi requerida, a experiência do profissional e o ferramental necessário é menor e mais barato.

Cada processo de fabricação requer um diferente ambiente de trabalho, com ferramental próprio para a fabricação do mesmo componente. Com isso os dois processos geraram um custo inicial diferente para a concepção da oficina utilizada onde foram fabricadas as facas, o ambiente utilizado para a execução do forjamento custou cerca de 17% a mais que o maquinário/ferramental utilizado para obter a lâmina usinada, pois para a obtenção de um forjamento é necessário a utilização de todos os processos disponibilizados para a usinagem acrescidos do processo onde utiliza-se a forja.

Outro fato foi que para o controle de temperatura do forno apenas utilizar a desmagnetização do aço é uma maneira muito vaga para se garantir temperaturas corretas no processo do forjamento, assim como a utilização da tabela de cores durante o processo de aquecimento do material, pois requer uma acuidade visual e experiência apurada para identificar corretamente.

Depois de realizados todos os processos de fabricação, o ensaio de dureza executado gerou os dados demonstrados na Tabela 1, onde nota-se uma evolução na dureza dos materiais após os processos.

Tabela 1 Ensaios de dureza

ENSAIO DE DUREZA ROCKWELL			
Material	Matéria Prima	Usinada	Forjada
Ensaio 1	72,7	77,8	77,4
Ensaio 2	73,9	78,7	77,6
Ensaio 3	73,3	79,9	78,8
MEDIA	73,3	78,8	77,9

5. CONCLUSÃO

Conforme apurado neste estudo, a comparação entre as características mecânicas de uma faca forjada artesanalmente e uma faca usinada a partir de uma barra de aço voltada para área de cutelaria, foi, no mínimo, curiosa. Isso, pois o desenvolvimento deste trabalho findou na obtenção de duas belíssimas facas e um conteúdo técnico na área da engenharia mecânica que proporcionou grande aprendizado, principalmente no ramo da cutelaria, tanto prático quanto teórico. As dificuldades encontradas para o desenvolvimento deste tipo de trabalho resultaram em um material rico em informações práticas, que esclareceram muitas dúvidas sobre este ofício, quando feito por estudantes que não possuem prévia experiência na área da forja.

Com os dados obtidos nos ensaios de dureza e experimentos práticos de tenacidade, e resistência do fio, observou-se que os processos de fabricação aplicados na matéria prima, para a confecção das facas, forneceram a elas uma mudança na característica inicial, transformando-o em um material com maior resistência ao risco e a penetração por outros materiais. Notou-se também que a faca usinada obteve valores maiores de dureza que a faca forjada, isto deve-se ao fator de inexperiência e o controle das variáveis do processo de forjamento.

Dessa maneira a vantagem principal da desbastagem do material, é que se utiliza menor quantidade de processos para a finalização da faca e os valores de dureza acarretados pela têmpera, garantiram que o material alcançasse um bom desempenho na afiação e posterior corte. Contudo esse valor deixou a lâmina com menor resistência ao choque. Já o processo em que se empregou a forja resultou em um material com características similares e com uma beleza na sua estrutura, resultantes do martelamento que o artesão aplicou. A desvantagem é que acarreta maior tempo de fabricação e uma infraestrutura adequada.

6. BIBLIOGRAFIA

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 3. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 1974. 412 p., il.

SOUZA, Sérgio A. de. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos**: fundamentos teóricos e práticos. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. 286 p.

HELMAN, Horacio. **Fundamentos da conformação mecânica dos metais**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1993. 170 p. ISBN 8570300174.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson / Prentice Hall, 2007. 162 p., il. ISBN 8576050471.