

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AÇOS INOXIDÁVEIS APLICADOS NA INDÚSTRIA
CUTELEIRA

por

Tiago Giacomelli Poletto

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, Novembro de 2009



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES AÇOS INOXIDÁVEIS APLICADOS NA INDÚSTRIA
CUTELEIRA**

por

Tiago Giacomelli Poletto

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO(A) MECÂNICO(A)
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Paulo Otto Bayer
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Projeto e Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco

Comissão de Avaliação:

Prof^a. Dr^a. Cintia C. Petry Mazzaferro

Prof. M. Martin Geier

Prof. Dr. Ney Francisco Ferreira

Porto Alegre, 27, Novembro de 2009.

AGRADECIMENTOS

De modo especial ao meu Pai, pelo exemplo de caráter e obstinação, e a minha mãe pelo apoio incondicional nos momentos difíceis.

A minha namorada, Giovanna, por me aturar e me incentivar em ocasiões que ninguém mais poderia fazê-lo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Joyson Luiz Pacheco, pelo apoio e esclarecimentos em momentos de dúvidas.

A empresa Tramontina, em especial aos Engenheiros Oswaldo Stefani, André Galant e Marco Valdebenito, pelo conhecimento dividido e oportunidade de estágio.

A todo o pessoal do Laboratório de Metalurgia Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em especial ao Prof. Dr. Telmo Roberto Strohaecker, pela oportunidade de aprendizado e aos Engenheiros Genaro Zanon, Ralf Wellis de Souza, Leandro da Costa e Nilson Fabiano Felix pela amizade e conhecimento transferido.

Ao meu irmão Marcos e aos meus primos Eduardo, Raquel, Juliana, e em especial ao Lucas, pela companhia agradável durante esses seis anos que convivemos

A família Secco, e a família Fernandez por ter me acolhido e dado suporte enquanto estava longe de minha cidade natal.

Aos comparsas das terças feiras da pizza.

Aos meus colegas de graduação, e a todos os meus amigos por terem feito os anos passarem voando.

POLETO, T.G. **Avaliação de diferentes aços inoxidáveis aplicados na indústria cuteleira.** 2009. 25f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

RESUMO

Este trabalho trata da análise de três diferentes tipos de aços inoxidáveis martensíticos, sendo eles o AISI 420, AISI 420 com nitrogênio e o AISI 440C, quanto à sua aplicação na fabricação de facas de cozinha. Foi avaliada a capacidade de corte, a resistência a corrosão, a presença de carbeto e a dureza das amostras chegando a conclusão que o aço que apresentou as melhores características foi o aço AISI 420 com nitrogênio, tendo dureza e capacidade de corte similar aos demais mas uma melhor resistência a corrosão associada com uma microestrutura uniforme.

PALAVRAS-CHAVE: Facas, Aço Inoxidável Martensítico, cutelaria.

POLETTI, T.G. **Evaluation of different stainless steels used in cutlery industry**. 2008. 25f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ABSTRACT

This paper deals with the analysis of three different types of martensitic stainless steels, AISI 420, AISI 420 with nitrogen and AISI 440C, in the application for manufacture of kitchen knives. It was evaluated the ability to cut, corrosion resistance, the presence of carbides and the hardness of the samples coming to the conclusion that the steel that presented the best features was the steel AISI 420 (with nitrogen), having hardness and cutting ability similar to others but a better corrosion resistance associated with a uniform microstructure.

KEYWORDS: Knives, Martensitic stainless steel, Cutlery.

- ÍNDICE

	Pág.
1	Introdução..... 1
2	Revisão Bibliográfica.....2
	2.1. Classificação das ligas metálicas.....2
	2.2. Microestruturas..... 2
	2.3. Aços Inoxidáveis..... 4
	2.4. Tratamentos térmicos..... 5
	2.5. Corrosão.....6
	2.6. Ensaio de Dureza..... 6
	2.7. Ensaios em utensílios de cozinha..... 7
3	Metodologia..... 8
4	Resultados e Discussão.....10
	4.1. Dureza..... 10
	4.2. Metalografias..... 10
	4.3. Ensaio de Desgaste..... 12
	4.4. Ensaio de Corrosão..... 14
	4.5. Resultados Obtidos..... 16
5	Conclusões..... 17
6	Referências Bibliográficas.....18
	Anexo 1..... 19

1. INTRODUÇÃO

Na fabricação de facas de cozinha existem diversos tipos de materiais que podem ser utilizados, porém algumas classes de aços são reconhecidas por cuteleiros especializados, como as melhores, são elas, os aços com altos níveis de carbono e os inoxidáveis martensíticos. A julgar pela aplicação que se deseja da faca deve-se optar por algum deles.

Sabe-se que os aços com alto nível de carbono são os melhores em relação à manutenção do fio e resistência ao impacto devido a sua alta dureza, mas parte-se da idéia que as facas deste trabalho serão exportadas, isto é, sujeitas a transporte marítimo e por conseqüência a ambientes corrosivos, e que estas devem manter suas características de acabamento por longos períodos, tornando o aço mais indicado o inoxidável martensítico, por apresentarem melhor resistência a corrosão.

Será realizado neste trabalho o levantamento de dados, referentes à capacidade de corte, resistência à corrosão e análise de dureza de três tipos de aços inoxidáveis martensíticos, produzidos por uma empresa especializada em aços de cutelaria, e suas características serão comparadas entre si, para verificar qual será a escolha mais adequada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Classificação das ligas metálicas

Callister 2004 fornece um esquema de classificação com diversos grupos. A figura 2.1 mostra este esquema, reduzido apenas para os aços utilizados na produção de facas.

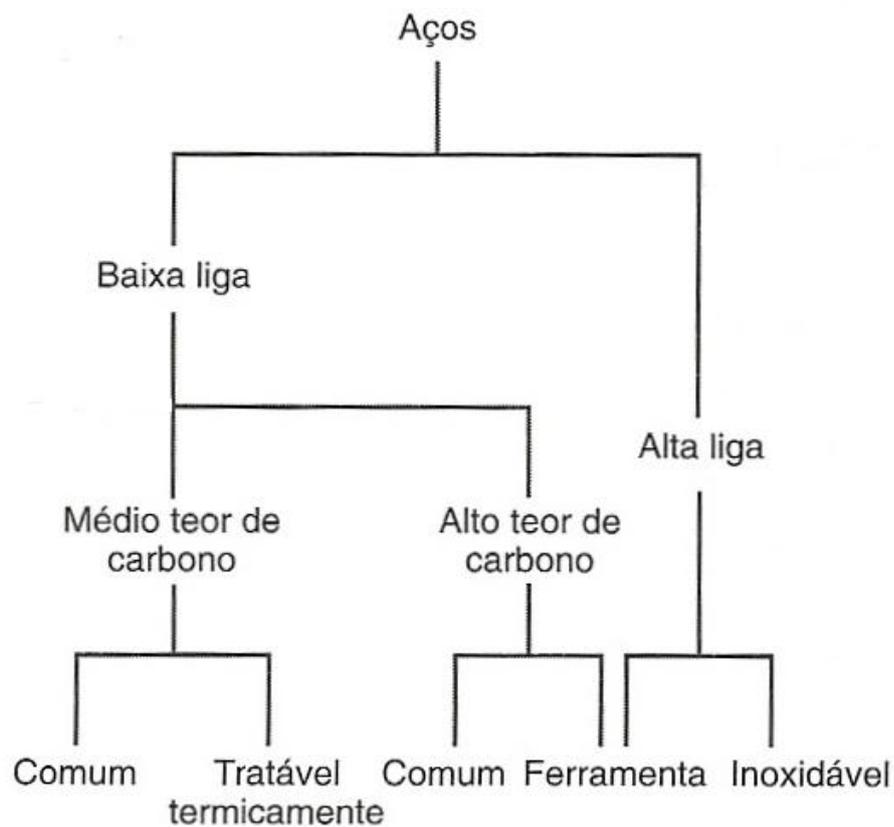


Figura 2.1 – Classificação de ligas metálicas (Fonte: Callister, 2004)

2.2. Microestruturas

As fases e microestruturas mais importantes que podemos encontrar em aços são as seguintes:

Ferrita alfa: Forma estável na temperatura ambiente, também chamada de ferro alfa, estrutura Cúbica de corpo centrado, que apresenta um fator de empacotamento de 0,68. É uma fase considerada dúctil e de baixa dureza.

Austenita: Quando a ferrita é aquecida a temperaturas elevadas ela sofre uma transformação polimórfica que dá origem a uma estrutura cúbica de face centrada. Esta fase também apresenta baixa dureza e um fator de empacotamento de 0,74. Na figura 2.2, mostrada abaixo, podemos observar as duas microestruturas, ferrita alfa (a) e austenita (b).

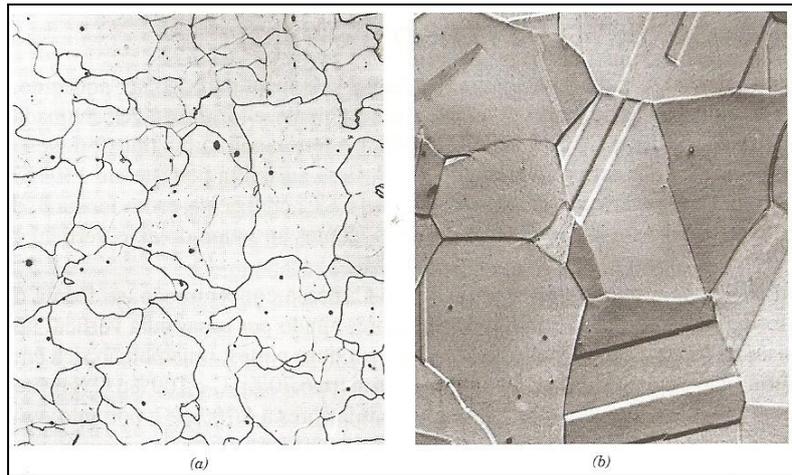


Figura 2.2 – Ferrita alfa (a), e Austenita (b). (Fonte: Callister, 2004).

Cementita: Carbetos de ferro, isto é, Fe_3C . Altamente frágil, e sua dureza alcança aproximadamente 65 HRC. Têm estrutura ortorrômbica.

Perlita: Ocorre quando um aço com microestrutura Austenítica é resfriado lentamente. Camadas alternadas de ferrita alfa (parte clara da figura 2.3, mostrada abaixo) e cementita (parte escura).

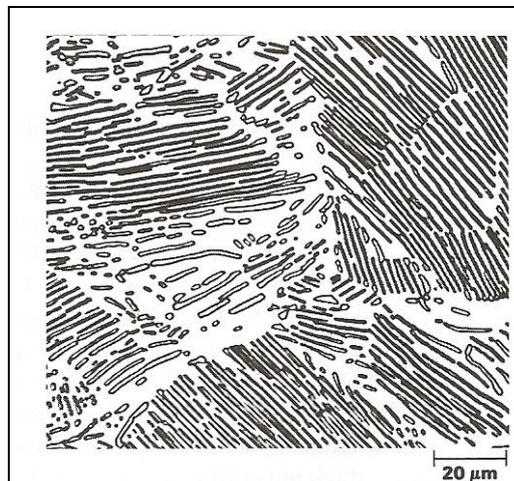


Figura 2.3 – Estrutura perlítica. (Fonte: Callister, 2004)

Martensita: Talvez uma das mais importantes fases seja a Martensita. Ela é formada quando ligas de ferro-carbono austenitizadas são resfriadas rapidamente até uma temperatura ambiente, não dando tempo para que os carbonos formem cementitas. É uma estrutura monofásica de alta dureza, essencial na fabricação de facas, que se encontra em equilíbrio metaestável. Quando o resfriamento não é feito de forma tão efetiva pode-se ter uma estrutura martensítica com níveis de austenita retida, o que pode gerar pontos moles indesejáveis em facas.

Bainita: É um produto da transformação da austenita. Trata-se de um agregado de ferrita e cementita com formas tipo ripa, que se formam em condições intermediárias as da perlita e da martensita. Suas propriedades mecânicas também são intermediárias.

Carbetos: São partículas, usualmente duras, que tem grande resistência ao desgaste e podem se dividir em duas: Carbetos primários, que tem cerca de 40 micrometros de diâmetro e podem migrar e mudar de forma dependendo do tratamento térmico aplicado, afetando assim as propriedades mecânicas. E existem também os secundários, que tem cerca de 0,5 micrometros de diâmetro que são formados na laminação. De certa forma, os carbeto secundários, em quantidade moderada, são bem vindos na fabricação de facas, pois geram certa resistência a abrasão, mantendo uma usinabilidade aceitável.

Para uma melhor identificação das fases, consta no anexo 1, um diagrama de fase Fe-C.

2.3. Aços Inoxidáveis

Um aço inoxidável é aquele que possua pelo menos 11% de cromo em sua composição química (dissolvido na matriz metálica), e sua principal característica é ter elevados índices de resistência a corrosão.

Existem três grandes classes de aço inoxidável, que são divididos com base na fase constituinte predominante na sua microestrutura, sendo eles o ferrítico, austenítico e martensítico. Porém existem outras classes, tais como o aço Duplex (mistura entre ferríticos e austeníticos), e os endurecidos por precipitação.

A tabela 2.1, mostrada abaixo, foi retirada de Callister 2004, e dá exemplos de dois tipos de aço inoxidável martensítico tipicamente utilizado em cutelaria.

Tabela 2.1 – Exemplos de aços Inoxidáveis, (Fonte: Callister 2004.)

Número AISI	Número UNS	Composição (%p) ^a	Condição ^b	Propriedades Mecânicas		
				Limite de Resistência à Tração [MPa (ksi)]	Limite de Escoamento [MPa (ksi)]	Ductilidade [%AL em 50 mm (2 in)]
410	S41000	0,15 C, 12,5 Cr, 1,0 Mn	Recozido T & R	<i>Martensíticos</i>		
				485 (70)	275 (40)	20
				825 (120)	620 (90)	12
440A	S44002	0,70 C, 17 Cr, 0,75 Mo, 1,0 Mn	Recozido T & R	725 (105)	415 (60)	20
				1790 (260)	1650 (240)	5

2.4. Tratamentos térmicos

Todos os tratamentos térmicos citados abaixo têm como referência, Metals Handbook, vol 4, 1991.

Têmpera: É descrito como um processo onde determinado material é submetido a um aumento de temperatura até que se atinjam os níveis de austenitização, para depois submetê-lo a um resfriamento rápido para obtenção de uma estrutura martensítica. Com esta modificação o material tratado ganha dureza e sacrifica sua tenacidade. Em aços inoxidáveis este tipo de tratamento também é realizado para controlar e diminuir a quantidade de carbeto nos contornos de grãos.

Existem diversos tipos de têmpera e eles são divididos de acordo com o meio de resfriamento que é empregado, são eles:

- Têmpera em óleo
- Têmpera em água
- Têmpera em solução aquosa de polímeros
- Têmpera em gases (comumente gases inertes incluindo Hélio, argônio, nitrogênio)

A escolha de um destes meios interfere diretamente na taxa de resfriamento, o que é um fator essencial na formação da microestrutura desejada.

Austêmpera: É uma transformação isotérmica que visa à produção de uma estrutura bainítica. O material é aquecido acima da temperatura de austenitização e depois resfriado até a formação da microestrutura desejada.

Martêmpera: Consiste em aquecer o aço até a temperatura de austenitização e resfriá-lo rapidamente, chegando a uma temperatura acima da formação martensítica, e após, resfriar em temperatura ambiente.

Normalização: Consiste na austenitização completa do aço, seguida de resfriamento moderado. Tem por objetivo refinar e homogeneizar a estrutura do aço, conferindo-lhe melhores propriedades mecânicas.

Solubilização: Este tratamento envolve o aquecimento a temperatura adequada, durante um tempo suficiente para a dissolução de um ou mais constituintes, seguido de resfriamento bastante rápido para mantê-los em solução.

Revenimento: É quando um aço que foi endurecido ou normalizado é aquecido abaixo da temperatura crítica, e é resfriado a uma determinada taxa, para obter ductilidade, tenacidade e para aumentar o tamanho de grão. Pode fazer a dureza de uma peça temperada cair consideravelmente.

As variáveis que devem ser consideradas no processo de revenimento são as seguintes:

- Temperatura do revenimento
- Tempo em que o material fica exposto a esta temperatura
- Taxa de resfriamento
- Composição do aço (Quantidade de carbono, elementos de liga, elementos residuais).

É bom ressaltar que existe a possibilidade de se fazer mais que um processo de revenimento. O motivo do revenimento duplo ou triplo é reduzir a dureza ao nível de trabalho desejado e assegurar que qualquer nova martensita formada como resultado da transformação da austenita retida seja efetivamente revenida.

Sub-zero: É um tratamento complementar em que o material que foi temperado é submetido a um banho em temperaturas que estão comumente em torno de -80°C até -196°C (usa-se nitrogênio líquido para atingir estas temperaturas). O objetivo é criar uma taxa de resfriamento que diminua a quantidade de austenita retida e transforme-a inteiramente em martensita aumentando assim a dureza do material e reduzindo a chance de se criar pontos moles, o que é prejudicial para manutenção do fio de facas.

2.5. Corrosão

Segundo Handbook of Corrosion Engineering, 1999, a corrosão é um ataque destrutivo em determinado material que tem como principal agente o ambiente em que está inserido.

São listados abaixo alguns tipos de corrosão que são comumente encontrados:

Corrosão por pite: quando o desgaste se dá de forma muito localizada e de alta intensidade (pontos).

Corrosão intergranular: quando o ataque se manifesta no contorno dos grãos, como no caso dos aços inoxidáveis, expostos a meios corrosivos.

Corrosão transgranular: quando o fenômeno se manifesta sob a forma de trincas que se propagam pelo interior dos grãos do material.

2.6. Ensaio de dureza

Segundo Souza 1982, um ensaio de dureza consiste na resistência a penetração de um material duro em outro. Existem diversas escalas de dureza, mas as mais amplamente utilizadas são as medidas Rockwell C, e Rockwell B, onde um indentador esférico, ou cônico, é

pressionado com uma determinada carga em um material, por alguns segundos e o resultado é mostrado diretamente no mostrador.

2.7. Ensaio em utensílios de cozinha

Os ensaios realizados foram baseados na norma ISO 8442 que regula ensaios para todos os utensílios de cozinha. Os testes de capacidade de corte e corrosão são descritos detalhadamente nesta norma. A ISO 8442 é dividida em 8 partes mas as que serão mais utilizadas neste trabalho são a parte um, que trata dos parâmetros para utensílios de preparação de alimentos, e a parte cinco que trata e afiação e manutenção de fio.

Existem basicamente dois tipos de mecanismos de desgaste em uma faca, são eles: abrasão e dobramento. Mas não existe ensaio específico para dobramento do fio, portanto só irá ser analisado o desgaste por abrasão.

O ensaio de desgaste proposto nessa norma tem por objetivo, submeter à faca a ciclos de corte em papel contendo abrasivos, para verificar a sua penetração no mesmo. Sugere-se na norma que sejam realizados sessenta ciclos (Um ciclo é a ida e a volta do papel no fio da faca).

A figura 2.4, mostrada abaixo, ilustra ciclo de corte em uma determinada faca.



Figura 2.4 – Máquina de ensaio de Desgaste

Pretende-se com este teste verificar a capacidade de corte total, que é a soma das penetrações geradas por cada ciclo, a capacidade de corte inicial, que corresponde à penetração do fio no primeiro ciclo, e a capacidade final de corte que é a penetração do último ciclo. Todas medidas em milímetros.

O ensaio de corrosão é feito em água salobra a 60°C (com concentração de 1% de NaCl), e no vapor desta mesma água. São seis horas alternando entre água e vapor. Este teste pretende simular condições que facas comercializadas fora do país sofrem ao serem transportadas em navios.

A figura 2.5, mostra a máquina utilizada para este tipo de teste.



Figura 2.5 – Máquina de ensaios de corrosão

3. METODOLOGIA

Para avaliar as características dos aços, foram fornecidas pequenas amostras dos aços, juntamente com o catálogo que fornece suas composições químicas, mostradas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Composição química dos aços utilizados, fornecida pelo fabricante.

Nome Normalizado com composição mais próxima	Nome comercial	C %	Cr %	S %	Si %	Mn %	P %	N %
AISI 420	13C26	0,68	13	0,010	0,4	0,7	0,025	-
AISI 420 (com N)	14C28N	0,68	14	0,010	0,4	0,7	0,025	0,08
AISI 440C	19C27	0,95	13,5	0,010	0,4	0,7	0,025	-

O nome normalizado foi escolhido de acordo com os que mais se aproximavam das amostras, não traduzindo com precisão a composição das chapas, já que as mesmas são aços bastante incomuns, portanto não normalizados.

O Nitrogênio na amostra de AISI 420 tem a função de estabilizar a austenita e expandir seu campo.

A figura 3.1 mostra o perfil da lâmina da faca escolhida para ser recortada, através de laser, dos três aços avaliados (sempre no sentido de laminação). Algumas medidas estão indicadas abaixo.



Figura 3.1 – Imagem da lâmina escolhida para os ensaios, Aço AISI 420 após a têmpera.

Os tratamentos térmicos foram realizados após o corte das peças, e as temperaturas e os tempos utilizados, mostrados na tabela 3.2, foram escolhidos de acordo com o que é sugerido no Metals Handbook, 1991, para composições semelhantes.

Tabela 3.2 – Temperaturas e tempos usados no tratamento térmico

Nome	Têmpera em gás (Nitrogênio e hidrogênio)	Revenimento	Sub-Zero
AISI 420	1090°C com 20 minutos em temperatura	250°C durante 2 horas	-70°C Durante 5 minutos
AISI 420 com nitrogênio	1085°C com 20 minutos em temperatura	250°C durante 2 horas	-70°C Durante 5 minutos
AISI 440C	1070°C com 20 minutos em temperatura	250°C durante 2 horas	-70°C Durante 5 minutos

Após realizado o tratamento térmico as lâminas foram submetidas ao desbaste através de rebolos abrasivos, com velocidade controlada e refrigerado com água, para evitar fragilização. Após foram polidas e afiadas com um ângulo de afiação de 32°, ficando com a lamina conforme mostra a figura 3.2.



Figura 3.2 – Perfil da faca após desbaste e afiação

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão realizados nas amostras, testes de dureza, resistência ao corte, corrosão e metalografias. E espera-se encontrar diferenças significativas que possam caracterizar os aços significativamente.

4.1. Dureza:

A tabela 4.1 mostra os valores das durezas superficiais dos aços obtidos, através de três medições, feitas no meio da superfície da faca.

Tabela 4.1 – Durezas das amostras

Amostra	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média
AISI 420	58 HRC	58 HRC	57,5 HRC	57,8 HRC
AISI 420 com nitrogênio	59 HRC	59 HRC	59 HRC	59 HRC
AISI 440C	61,5 HRC	61 HRC	61 HRC	61,1 HRC

É importante observar que apesar de se tratarem de durezas similares, na fabricação de facas de cozinha, apenas um ponto de dureza a mais pode significar que a faca terá uma resistência ao dobramento maior, mantendo-se afiada mais tempo.

4.2. Metalografias:

Após ter feito o tratamento térmico, o desbaste e a afiação, foi realizado metalografias das amostras, o ataque químico utilizado foi o Picral, gerando a figura 4.1.

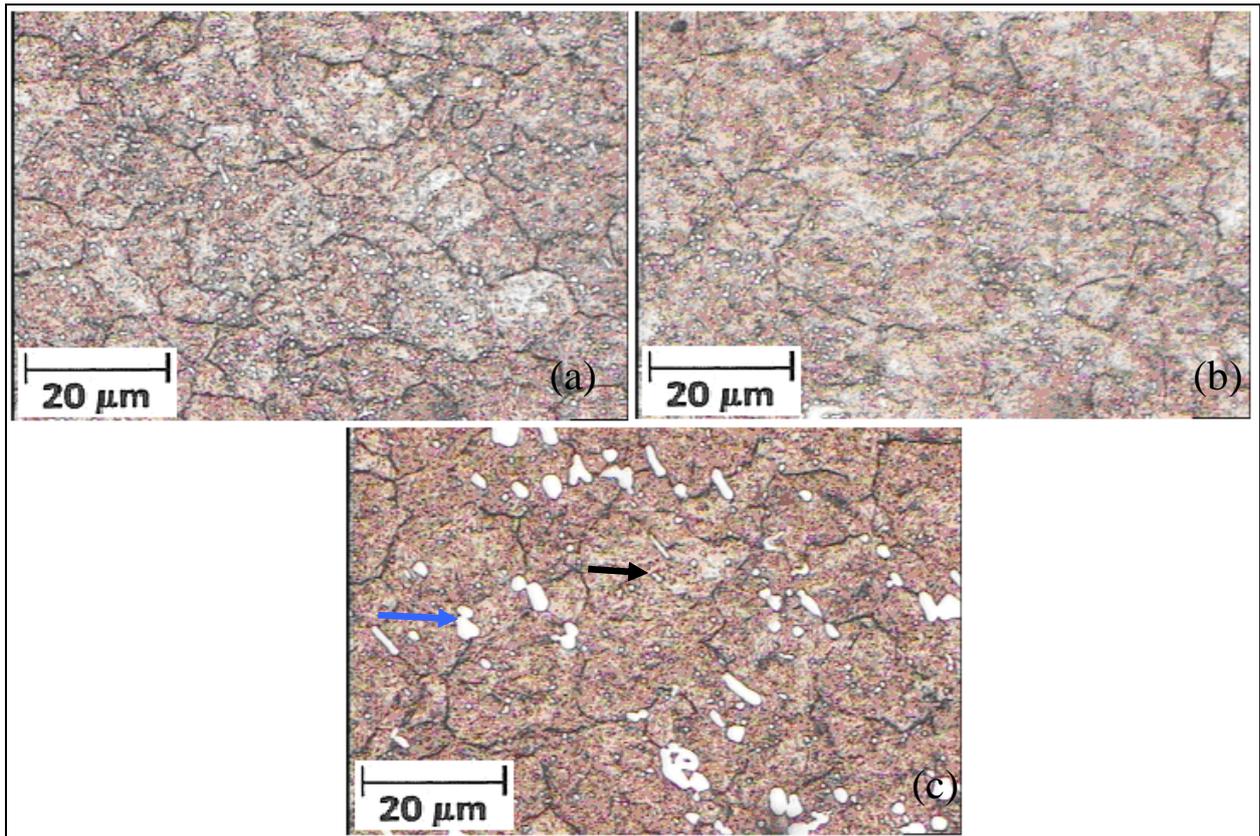


Figura 4.1 – Metalografias das amostras com aumento de 1000 vezes. (a) Amostra AISI 420. (b) Amostra AISI 420 com nitrogênio (c) Amostra AISI 440 C, a seta em azul mostra um carbeto primário e a seta preta mostra um carbeto secundário.

Todas as amostras apresentam microestrutura martensítica e tem carbetos secundários, sendo que a amostra do AISI 420 com nitrogênio foi a que visivelmente apresentou menor quantidade. Apenas o aço AISI 440C, apresenta carbeto primários espalhados por toda a superfície, fato que condiz com o elevado valor de carbono em sua composição química e com sua dureza mais elevada.

4.3. Ensaio de Desgaste:

Foram realizados apenas 15 ciclos de corte para duas amostras de cada aço, por conta do alto preço do papel abrasivo, mas pretende-se definir tendências e visualizar o comportamento do fio das lâminas. A tabela 4.2 mostra os resultados encontrados. Os valores de deslocamento de cada ciclo estão em milímetros.

Tabela 4.2 – Teste de desgaste

Ciclos / Aço	AISI 420	AISI 420	AISI 420 (N)	AISI 420 (N)	AISI 440C	AISI 440C
1	39,9	38,5	41,3	42,2	39,5	37,9
2	32,4	33,4	33,5	35,7	35,6	32,9
3	31,2	30,1	31,9	29,7	33,3	31,8
4	27,5	29	29,7	29	29,8	30,9
5	26,1	28,3	28	26,5	28,1	29,4
6	25,4	27,1	26	26,4	27,9	27,6
7	23,9	25	23,6	24,4	24,7	26
8	21,7	23,3	22	22,4	23	24,2
9	20,4	22,6	19,9	21,1	21,7	22,8
10	19	20,6	18,6	19,3	21,3	21,4
11	17,3	19,1	16,3	18	19,3	20,3
12	16,2	17,1	14,7	16,6	18	19,1
13	15	16	13,9	15,1	17	16,8
14	14	15,2	12,3	13,8	15,4	15,2
15	12,8	12,7	11,1	12,7	13,9	14,1

A amostra do aço AISI 420 com nitrogênio foi a que apresentou capacidade de corte mais elevada no primeiro ciclo, mas a amostra que chegou ao último ciclo cortando mais foi a do aço AISI 440C.

Outro fator utilizado para avaliar o desempenho dos aços é a capacidade de corte total, mostrada na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Capacidade de corte total

Aço	Capacidade de corte (mm)
AISI 420	342,7
AISI 420	358,0
AISI 420 (Nitrogênio)	342,6
AISI 420 (Nitrogênio)	352,7
AISI 440C	368,3
AISI 440C	370,5

A figura 4.2 mostra o gráfico, gerados pelas amostras que obtiveram melhor resultado de corte total de cada tipo de aço.

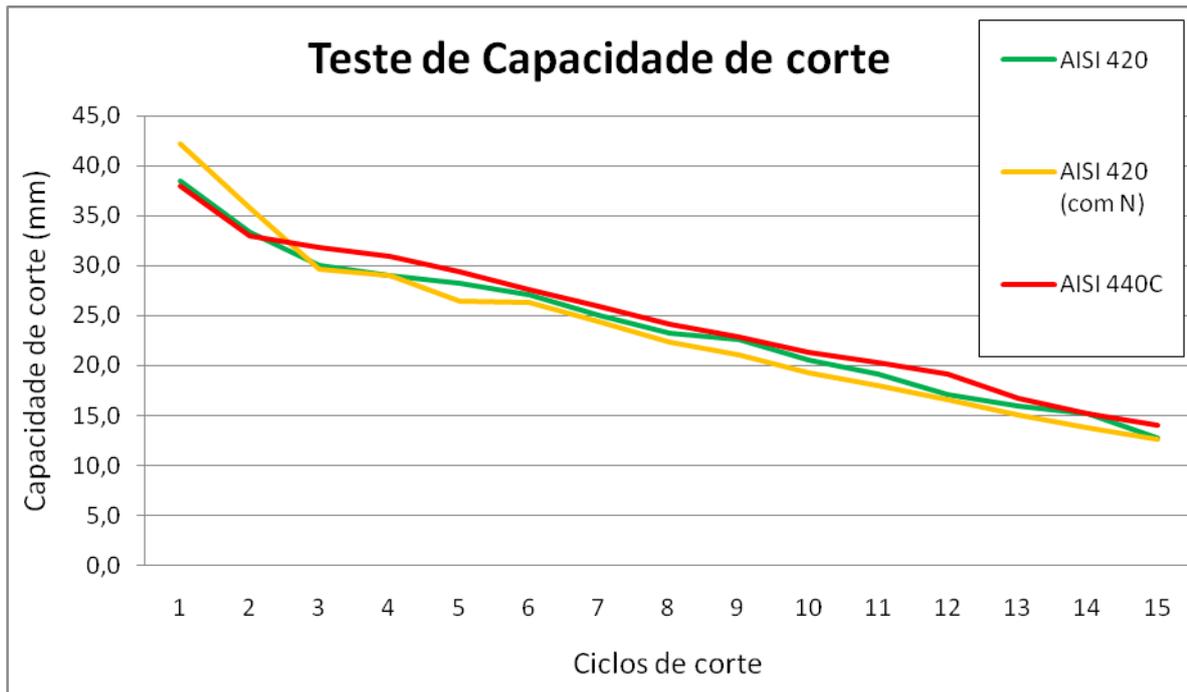


Figura 4.2 – Gráfico da capacidade de corte

Pode-se verificar que apesar de um começo pior do que o do aço AISI 420 Com nitrogênio, o aço AISI 440C mantém-se acima dos demais durante a maioria dos ciclos, porém todos os aços mostram uma capacidade de corte muito similar.

Para obter uma melhor compreensão dos ensaios de desgaste, a superfície da parte superior do fio de corte das lâminas foi analisada através de fotografias laterais do fio, conforme mostra o esquema da figura 4.3. A figura 4.4 mostra estas fotos.

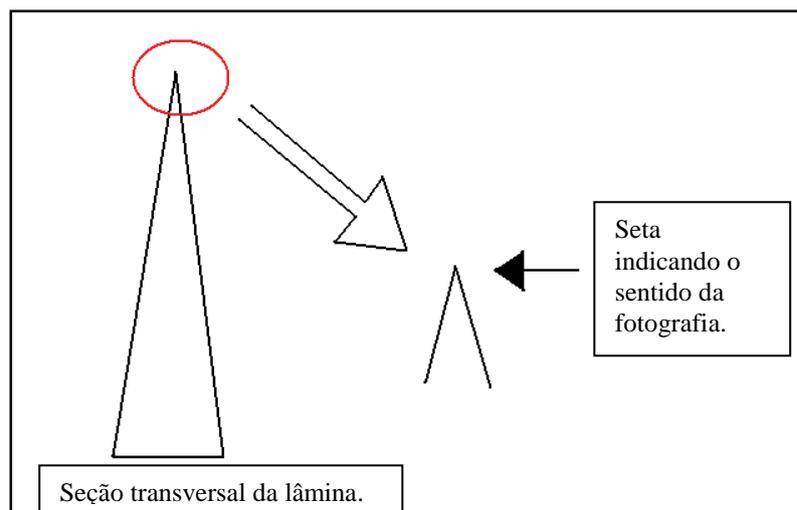


Figura 4.3 – Esquema detalhando o local das fotografias

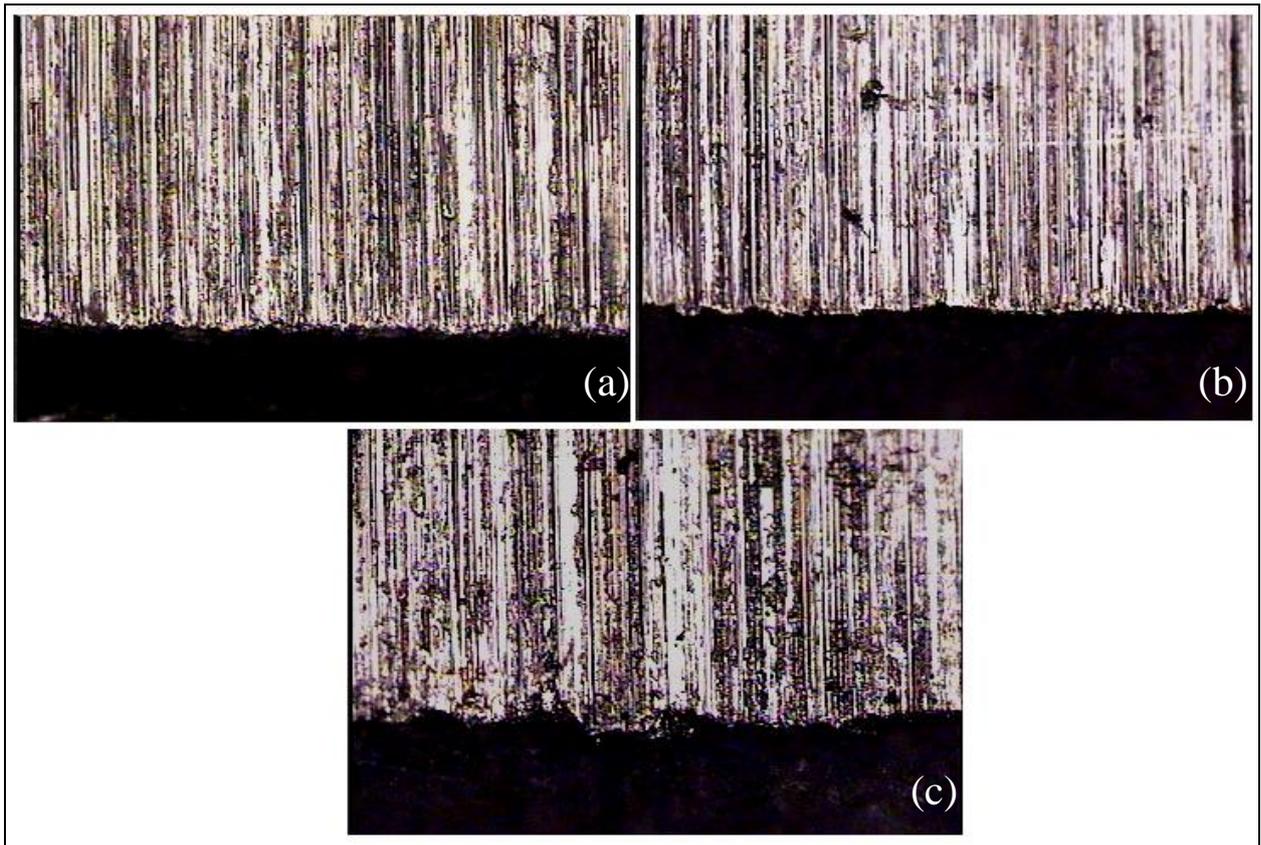


Figura 4.4 – Superfícies das laminas das amostras com aumento de 200 vezes. (a) Amostra AISI 420. (b) Amostra AISI 420 (Com Nitrogênio) (c) Amostra AISI 440 C

Pode-se observar claramente que o aço AISI 440C tem pequenos dentes que podem ter ajudado os seus resultados no ensaio de desgaste do fio.

4.4. Ensaio de Corrosão:

Depois de realizados os testes de desgaste foram realizados o ensaio de corrosão com as mesmas lamina, e foram obtidos os resultados mostrados nas figuras 4.5 e 4.6.

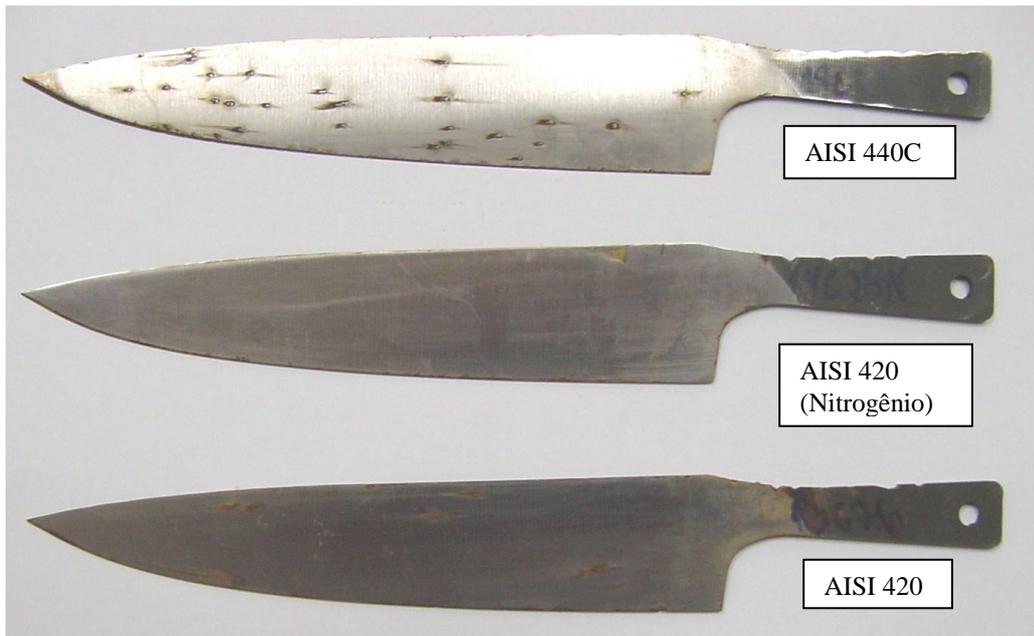


Figura 4.5 – Lateral das lâminas após o ensaio de corrosão

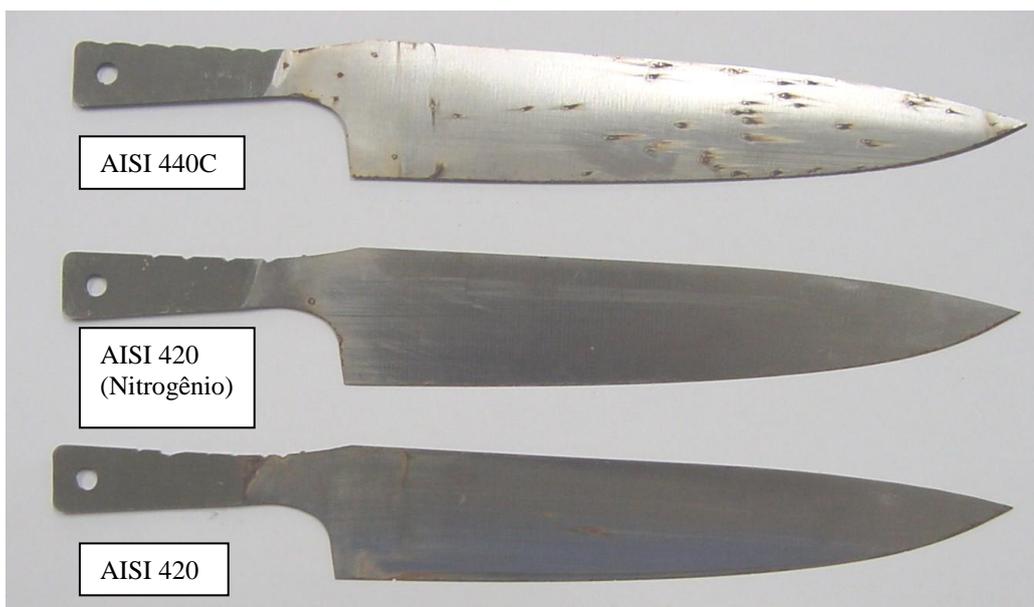


Figura 4.6 – Lateral oposta após o ensaio de corrosão

Fica claro nas figuras 4.5 e 4.6 que a amostra do AISI 420 com Nitrogênio é a que apresenta os melhores resultados, não demonstrando a presença de nenhum ponto de corrosão na lateral das lâminas. A amostra do aço AISI 440C é visivelmente a mais afetada pelo ensaio de corrosão, mostrando diversos pontos de corrosão.

4.5. Resultados Obtidos:

Uma melhor visualização dos resultados é mostrada na tabela 4.4, vista abaixo. Nota-se que os resultados condizem com as composições químicas.

Tabela 4.4 – Resultados obtidos

Aço	Microestrutura	Dureza	Ensaio de desgaste	Ensaio de corrosão
AISI 420	Uniforme sem a presença de carbeto primários	Menor dureza	Intermediário na capacidade de corte inicial, final e total.	Pouquíssima presença de pontos de corrosão
AISI 420 (N)	Mais Uniforme sem a presença de carbeto primários	Intermediária	Melhor capacidade de corte inicial.	Peça sem a presença de corrosão
AISI 440C	Bastante heterogênea contendo carbeto primários	Mais elevada	Melhor capacidade de corte final e total	Presença de diversos pites.

5. CONCLUSÃO

O foco do trabalho foi achar o melhor material para facas do tipo exportação, para isso os materiais foram testados em diversos aspectos, portanto, quando se analisa o conjunto de resultados encontrados verifica-se que o aço que apresenta o melhor conjunto é o AISI 420 (com nitrogênio), pois além de ter uma resistência a corrosão elevadíssima, característica importantíssima para a aplicação, ele tem uma capacidade de corte semelhante aos demais, com uma dureza considerada aceitável para facas e uma microestrutura sem a presença de carbonetos primários.

O aço AISI 440C tem as melhores características de corte, se mantendo durante quase todos os ciclos levemente acima das outras amostras e seria a escolha mais adequada se não fosse o péssimo desempenho no ensaio de corrosão e a presença de carbonetos primários na sua microestrutura, que pioram o acabamento superficial das facas. Resultados que se mostraram condizentes com o alto valor de carbono de sua composição química.

O aço AISI 420 teve rendimento intermediário em quase todos os testes. Sua dureza é inferior a dos demais aços e suas capacidades de corte não se destacaram, assim como sua resistência a corrosão, que ficou abaixo do AISI 420 com nitrogênio.

Para trabalhos futuros, poderia ser realizado um ensaio de impacto no fio, para verificar se a diferença de dureza é de fato significativa e poderia ser estudado de forma mais abrangente os mecanismos de desgaste das laminas, fazendo uma pesquisa em uma planta de um frigorífico. Outro fator que deve ser considerado é um aumento do número de amostras para que se possa mapear a variabilidade das amostras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASM International, Metal handbook - Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys; 10ª Ed. Estados Unidos da América, 1990

ASM International, Metals Handbook - Heat Treating 10ª Ed. Estados Unidos da América, 1991

Souza, A. S.; Ensaios mecânicos de materiais metálicos; 5ª Ed. São Paulo; Editora Edgard Blucher LTDA, 1982

Callister, W. D., Wiley J.; Uma introdução a engenharia e ciência dos materiais; 7ª Ed. São Paulo; Editora LTC, 2006

Dieter G. E.; Metalurgia Mécânica; 2ª Ed. Rio de Janeiro; Editora Guanabara Dois, 1981

ANEXO 1

Diagrama de fase do Fe-C, (Fonte: Callister, 2004)

