

ESTUDO COMPARATIVO DO DESGASTE DE NAVALHAS DE AÇO S1 E SAE 4340 DURANTE O CORTE DE SUCATA¹

Adriano de Oliveira²
Afonso Reguly³

Resumo

Objetivando identificar o material para fabricação de navalhas para corte de sucata que melhor atenda às solicitações de desgaste dentro de um custo competitivo foram realizados testes comparativos de desempenho entre navalhas de aço S1 e SAE 4340, sendo este último o material base utilizado atualmente para a fabricação de navalhas para corte de sucata na Gerdau Aços Especiais Piratini. O estudo foi realizado durante o processamento de sucata em uma prensa-tesoura Harris BSH 1123, sendo que para a determinação do desgaste foi utilizado um dispositivo desenvolvido na própria empresa.

Os resultados mostram que o aço ferramenta, apesar de seu elevado custo e necessidade de maiores restrições durante o tratamento térmico, é superior em todos os aspectos, apresentando menos da metade do desgaste do aço ligado quando utilizado nas mesmas condições e trazendo benefícios operacionais como a redução do tempo de troca das navalhas, sendo o material mais indicado para este fim.

Palavras-chave: Beneficiamento de sucata; Desgaste; Navalha; Sucata.

COMPARATIVE STUDY ON THE WEAR OF BLADES MANUFACTURED FROM AISI S1 AND SAE 4340 DURING SCRAP PROCESSING

Abstract

Performance trials were carried out to identify the most suitable material for the manufacturing of blades for scrap processing taking into account wear specifications as well as cost. The materials tested were AISI S1 and SAE 4340, being the latter the material currently used for this application at Gerdau Aços Especiais Piratini. The study was conducted during scrap processing in a Harris BSH 1123 shearing press. In order to measure wear, an instrument developed on-site was employed. The results show that the tool steel, despite its higher cost and some difficulties as far as heat treatment is concerned, is superior in all aspects analyzed, presenting less than half of the wear of that shown by the engineering alloyed steel when processing scrap under the same conditions. Therefore the tool steel AISI S1 brings the additional operational benefit of a decreased set up time, being the material of choice for this task.

Key words: Scrap processing; Hardness, Cutting edge; Scrap.

¹ Trabalho apresentado no XXXVII Seminário de Aciaria - Internacional, 21 a 24 de maio de 2006, Porto Alegre, RS

² Facilitador do Pátio de Sucata da Gerdau Aços Especiais Piratini, mestrando do PPGEM/UFRGS, adriano.oliveira1@gerdau.com.br

³ Prof. Dr. Curso de Engenharia Metalúrgica e PPGEM – Laboratório de Metalurgia Física – UFRGS, reguly@ufrgs.br

1 INTRODUÇÃO

O papel dos pátios de sucata no desempenho das aciarias elétricas tem se mostrado cada vez mais importante, principalmente no que se refere ao controle de custos do produto.

Sendo a sucata a matéria-prima empregada em maior quantidade e com grande valor agregado, é de grande interesse enviá-la à aciaria atendendo a pré-requisitos de limpeza e dimensão de forma a se manter um bom rendimento das corridas através de um baixo índice de impurezas e não gerarem interrupções durante o processo em virtude de sucatas com comprimento acima do especificado. Como na maioria dos casos o beneficiamento da sucata é realizado através de corte mecânico em equipamentos denominados prensa-tesoura, é de vital importância um eficaz controle de variáveis como percentual de impurezas, densidade e garantia do comprimento de corte da sucata, sendo esta última o foco deste trabalho, objetivando a manutenção do fio do gume de corte das navalhas deste equipamento.

2 RECEBIMENTO E LOGÍSTICA DE SUCATA NA GERDAU AÇOS ESPECIAIS PIRATINI

Ao ser recebida, toda a sucata é classificada e armazenada seguindo critérios padronizados de origem, composição química, dimensão e densidade de forma a garantir uma correta classificação, evitar diferenças de estoque e tornar fácil e ágil a logística interna.

Uma classificação correta e justa, inclusive das impurezas, tem uma grande importância, pois inspira confiança nos fornecedores de sucata, garantindo um fornecimento constante e evitando problemas comerciais com o conseqüente desgaste entre ambas as partes.

Tratando-se de uma usina de aços especiais, é de extremo interesse que quando da montagem do cestão na aciaria sejam utilizadas as sucatas que otimizem o consumo de ligas no forno e forno-panela e atendam a requisitos de densidade e consumo de energia, demandando o uso de diversos tipos de sucata. Para atender a estas necessidades e ao mesmo tempo não gerar diferenças de estoque e até mesmo o sucateamento de corridas, toda a sucata recebida é separada e armazenada em pilhas bem definidas conforme sua classificação. Ainda assim, de nada adianta tê-la corretamente classificada e empilhada se a sua movimentação ou o transporte para a aciaria for dificultado ou até mesmo impedido de ser realizado em tempo hábil, tornando necessária uma freqüente revisão do posicionamento e dimensionamento das pilhas de sucata.

Com exceção de alguns tipos de sucata, em sua grande maioria elas necessitam de beneficiamento prévio ao seu consumo na aciaria, sendo o corte mecânico em prensa-tesoura ou shredder e o oxicorte processos largamente utilizados para este fim.

3 BENEFICIAMENTO DA SUCATA

A prensa HARRIS BSH 1123 – Figura 1 – é um equipamento capaz de processar mais de 20t de sucata por hora. Seu sistema é composto por robustas estruturas de aço acionadas por um potente sistema hidráulico capaz de beneficiar a sucata em ciclos, os quais são compostos por uma repetição dos seguintes passos: abastecimento de sucata, formatação do pacote, corte e retirada de impurezas.

O corte da sucata é realizado através da utilização de 4 navalhas, 2 fixas num bloco inferior (a) e 2 móveis num bloco superior (b), cada uma com 91kg. Após isto, o

pacote é transportado até o interior de um tambor rotativo (c), que promove a separação de impurezas como terra e outros materiais indesejados e, por final, o pacote de sucata já beneficiado é depositado em uma pilha (d) para posterior consumo.

As variáveis que definem o comprimento de corte destes pacotes são a pressão e o tempo de acionamento do cilindro empurrador (e), porém se não se garantir a efetividade de cada corte no momento exato, haverá a formação de um pacote com dimensões acima do limite o que certamente se traduzirá em interrupções no decorrer do ciclo da prensa ou durante o consumo na aciaria. Com o intuito de garantir a efetividade do corte durante todo o período de operação é que se realizaram os testes comparativos entre os dois materiais.

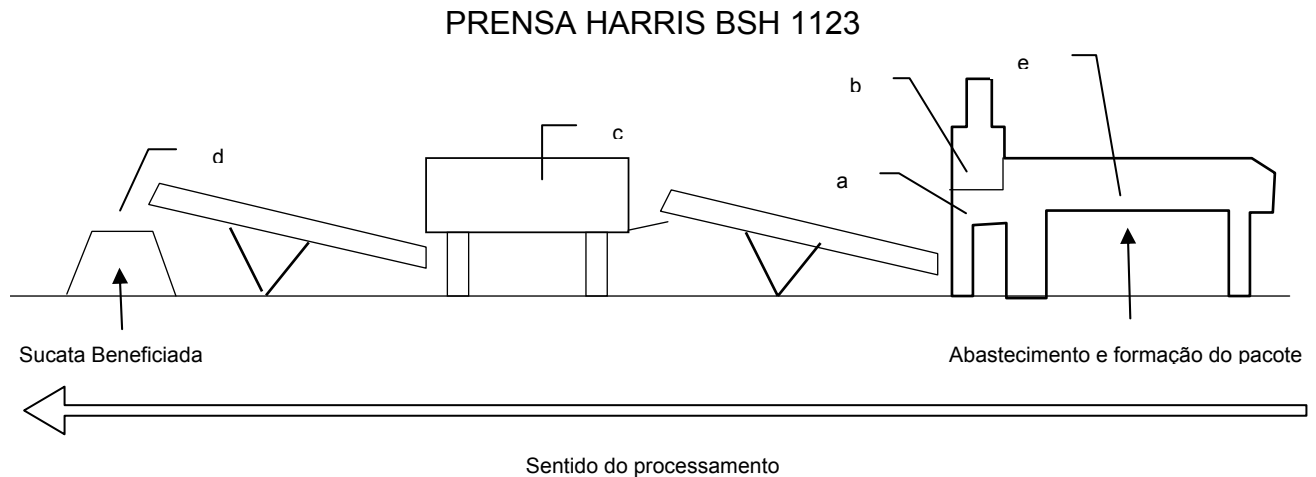


Figura 1. Desenho esquemático da Prensa Harris

4 CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS

4.1. Tratamento Térmico

Os seguintes ciclos de tratamento térmico foram adotados para ambos os aços:

- S1

ETAPA	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (h)
Pré-aquecimento	500	2,0
Aquecimento	930	1,5
Martêmpera	180	0,5
1° Revenido	de 300 à 450, conforme a dureza estabelecida	2,0
2° Revenido		2,0
3° Revenido		2,0

- SAE 4340

ETAPA	TEMPERATURA (°C)	TEMPO (h)
Pré-aquecimento	400	1,0
Aquecimento	850	1,5
Revenido	300°C para 46 HRC	2,0

4.2 Amostragem e Restrições no Processamento de Sucata

Como visto anteriormente, o sistema de corte de sucata é composto por 2 pares de navalhas – Figura 2, sendo que, para os testes, restringiram-se as medições a um único

par, o das navalhas inferiores. Também se estabeleceu a identificação das navalhas de acordo com sua posição no bloco em Sul e Norte.

De modo a excluir a influência do tipo e quantidade de sucata processada nos resultados de desgaste, já que as densidades das mesmas podem variar de 0,2 a 0,8 t/m³, se definiu que os testes seriam conduzidos com sucatas com densidade entre 0,2 e 0,3 t/m³ e os resultados normalizados pela quantidade de sucata processada no período, resultando em valores com a unidade mm /t x 10⁻⁴.

Ao ser instalado, cada par de navalhas operou na mesma posição por um período de 3 a 4 dias, sendo que sua configuração permite que as mesmas sejam viradas 3 vezes aproveitando-se os 4 gumes de corte de cada uma – Figura 3.

Foram testados 6 jogos de navalhas do aço S1 e 2 jogos de navalha do aço SAE 4340, totalizando 36 gumes de corte de navalhas de aço ferramenta e 12 gumes de corte do aço ligado. Em virtude de problemas operacionais, como, por exemplo, quebras de navalhas, alguns gumes de corte não tiveram o seu desgaste medido.

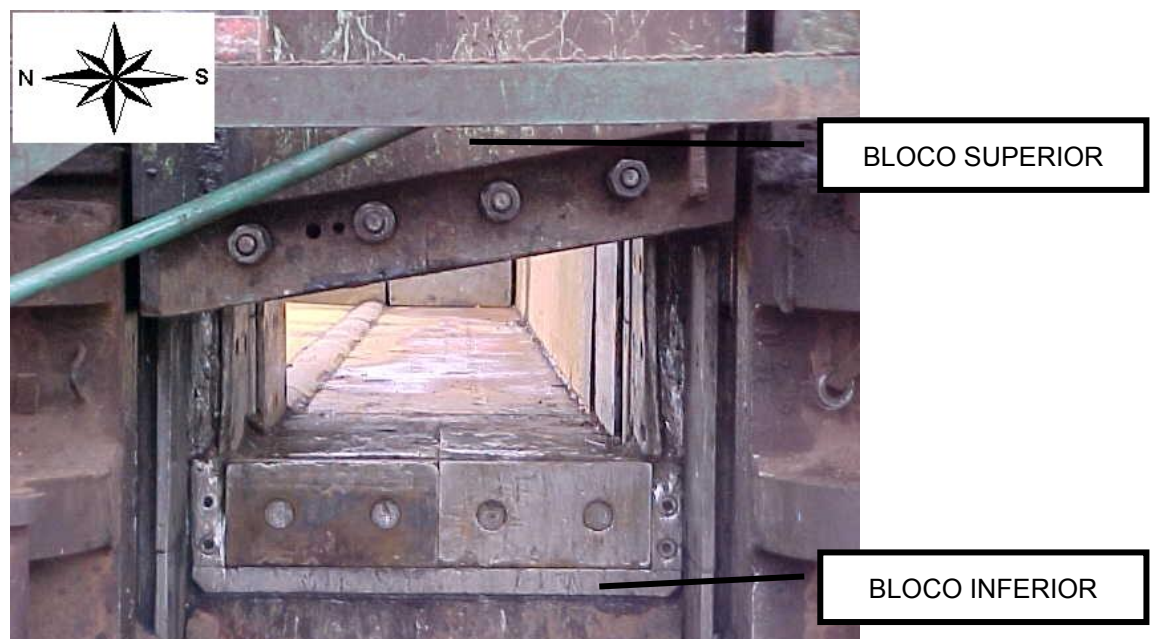


Figura 2. Vista frontal da prensa identificando as navalhas Norte e Sul .

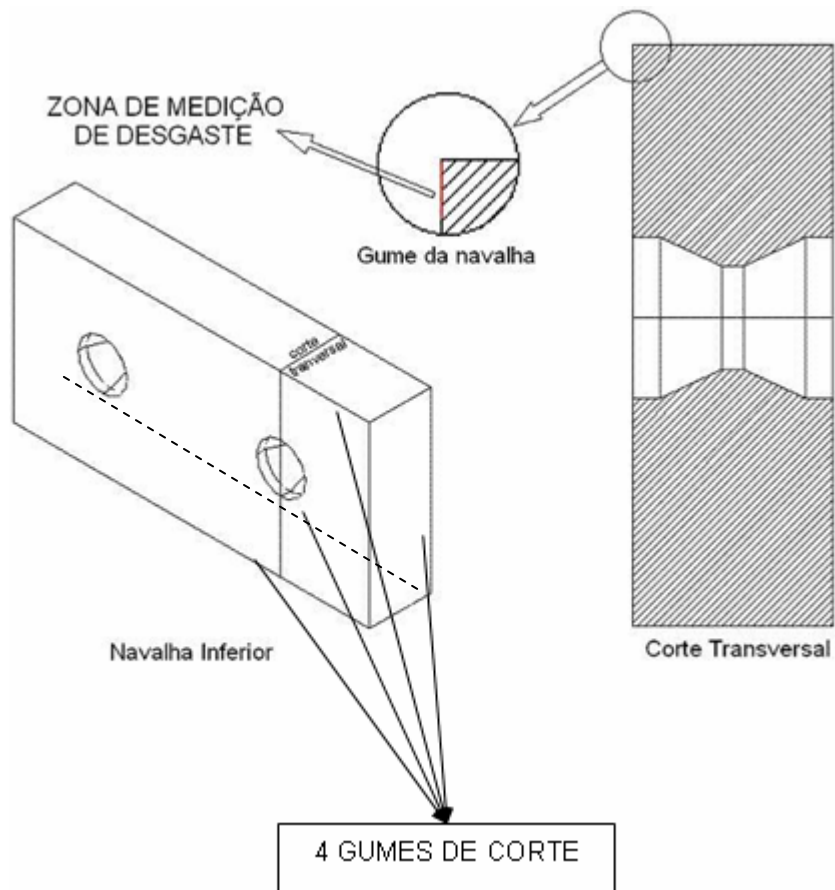


Figura 3. Detalhe da área de medição do desgaste e os 4 gumes de corte de cada navalha.

4.3. Medição do Desgaste

Devido às grandes dimensões do equipamento e à necessidade de medição do desgaste no próprio local de operação, desenvolveu-se um equipamento para este fim na própria empresa – Figura 4. O mesmo é composto por um eixo de deslocamento horizontal, no qual é acoplado um relógio comparador que percorre todo o gume de corte da navalha medindo as variações do relevo do mesmo em milímetros. Este mesmo eixo tem sua fixação em uma estrutura com sapatas metálicas que garantem o perfeito alinhamento e um ângulo de 45° entre o relógio comparador e a face da navalha.

A leitura do relógio comparador foi realizada a cada centímetro numa faixa pré-definida de 42 cm em cada navalha de forma a permitir posteriores comparações – Figura 5. Este comprimento de medição foi assim definido em virtude da limitação de curso do relógio.

Adotou-se também a prática de “zerar” o relógio comparador em uma navalha nova previamente às medições de desgaste, iniciando cada leitura a partir do zero, facilitando assim as medições.

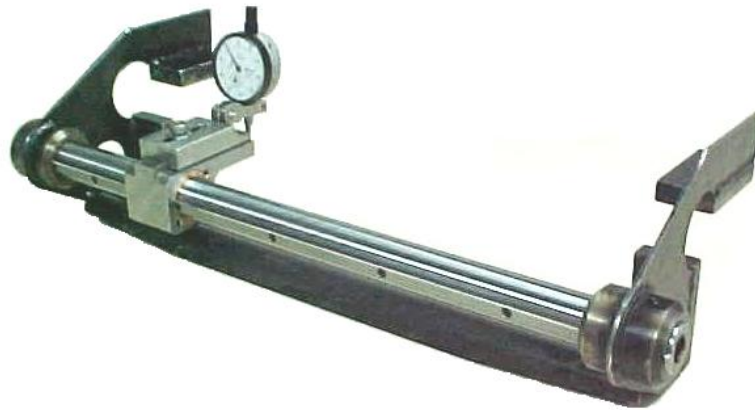


Figura 4. Instrumento para medição de desgaste das navalhas e seu posicionamento durante a utilização.

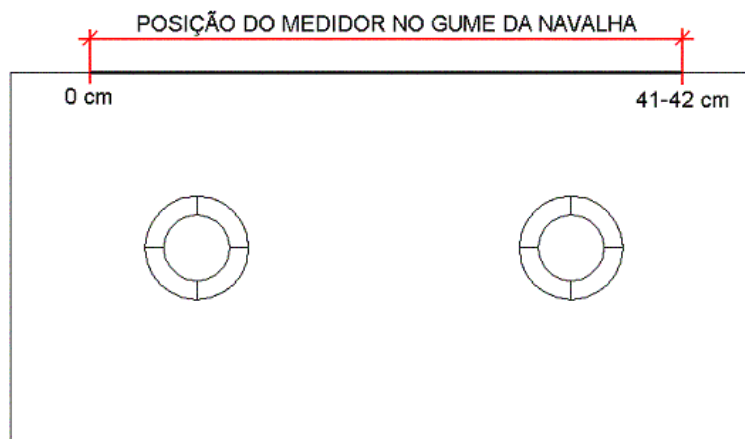


Figura 5. Detalhe da abrangência da medição em cada navalha.

4.4 Ensaios Destrutivos e Não-destrutivos

Para auxílio à interpretação dos resultados, foram realizadas análises químicas, metalográficas e de dureza em corpos de prova retirados das navalhas após o uso.

As análises químicas foram realizadas em um espectrômetro Thermo Electro Corporation, modelo ARL4460, as medições de dureza em um durômetro Wolpert, modelo Testor HT2a e as metalografias em um microscópio óptico Olympus, modelo BX60M. O software para a aquisição das imagens foi o Quantimet Q600, versão V.01.06A.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma sensível diferença no desgaste das navalhas de aço S1 em relação ao aço SAE 4340 foi observada após operação sob as mesmas condições. A Figura 6 mostra o desgaste médio de uma navalha de aço ferramenta frente a uma navalha de SAE 4340. Enquanto o desgaste médio deste último foi de 5,5 mm, o do aço ferramenta foi de 2 mm. A diferença é confirmada pelo aspecto visual de ambas as navalhas nas Figuras 7 e 8.

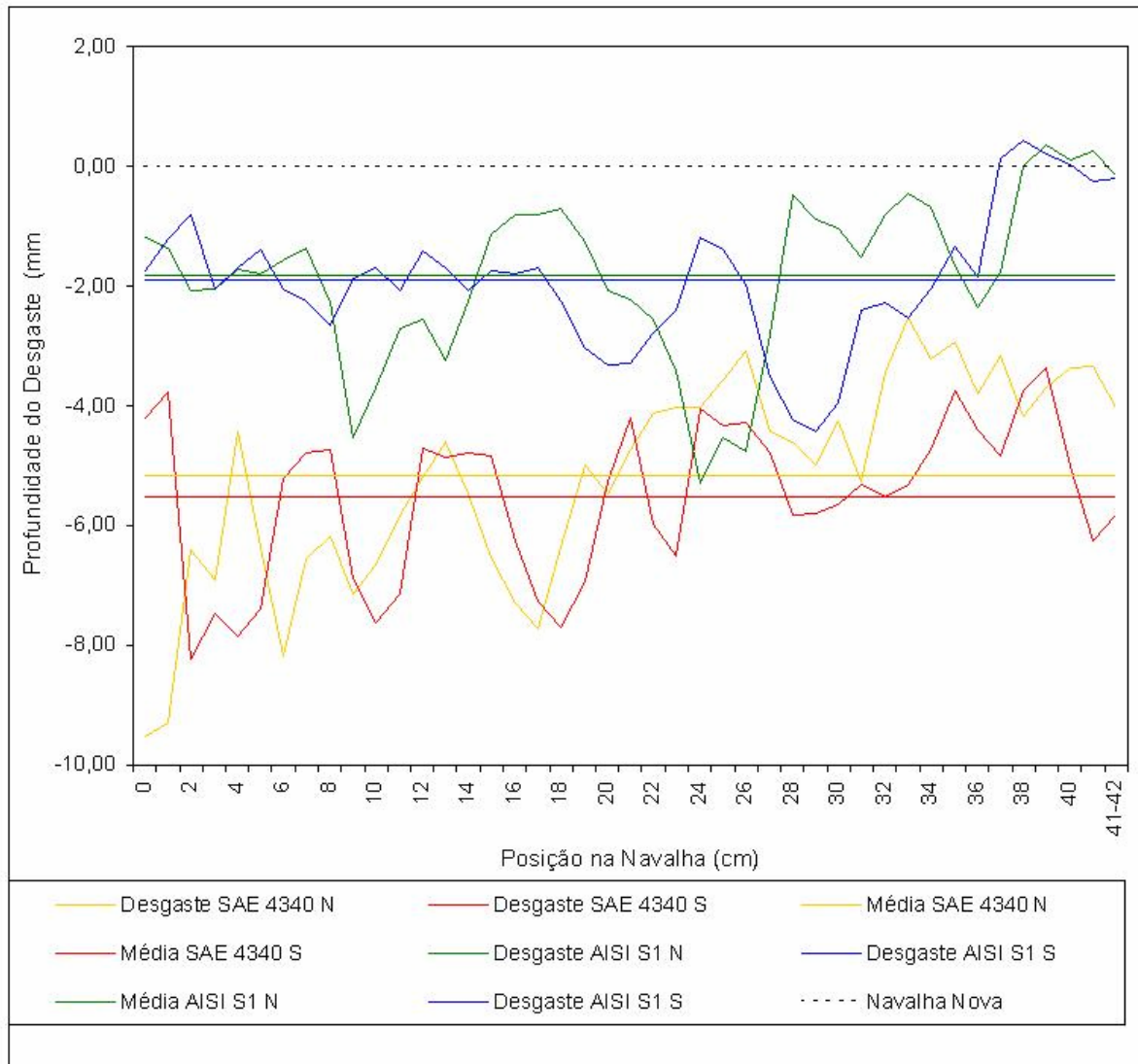


Figura 6. Desgaste comparativo entre 2 navalhas de ambos os aços. S=Sul e N=Norte



Figura 7. Aço S1 com pequenas quebras no gume de corte.

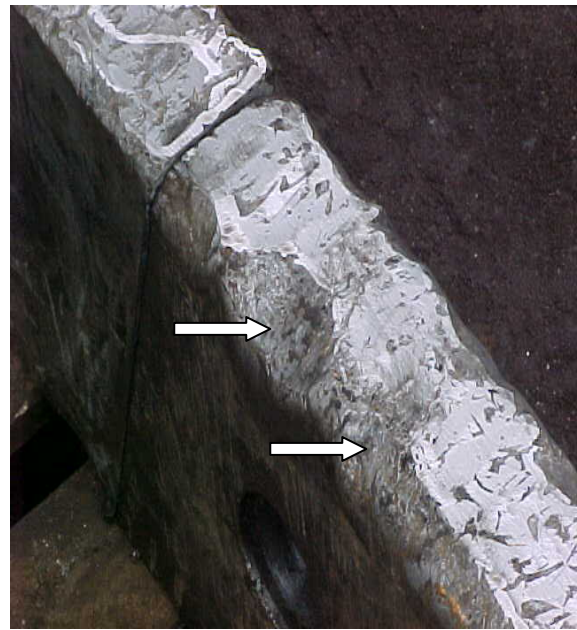


Figura 8. Aço SAE 4340 com grandes depressões no gume de corte.

Um comparativo entre todos os pares testados de ambos os aços também mostra a superioridade do aço ferramenta conforme apresentado na Figura 9. Enquanto o SAE 4340 apresentou um desgaste médio em torno de $25 \text{ mm/t} \times 10^{-4}$ o aço ferramenta desgastou $10 \text{ mm/t} \times 10^{-4}$ nas mesmas condições. A Figura 10 apresenta os resultados de análise química juntamente com os valores de dureza de cada par.

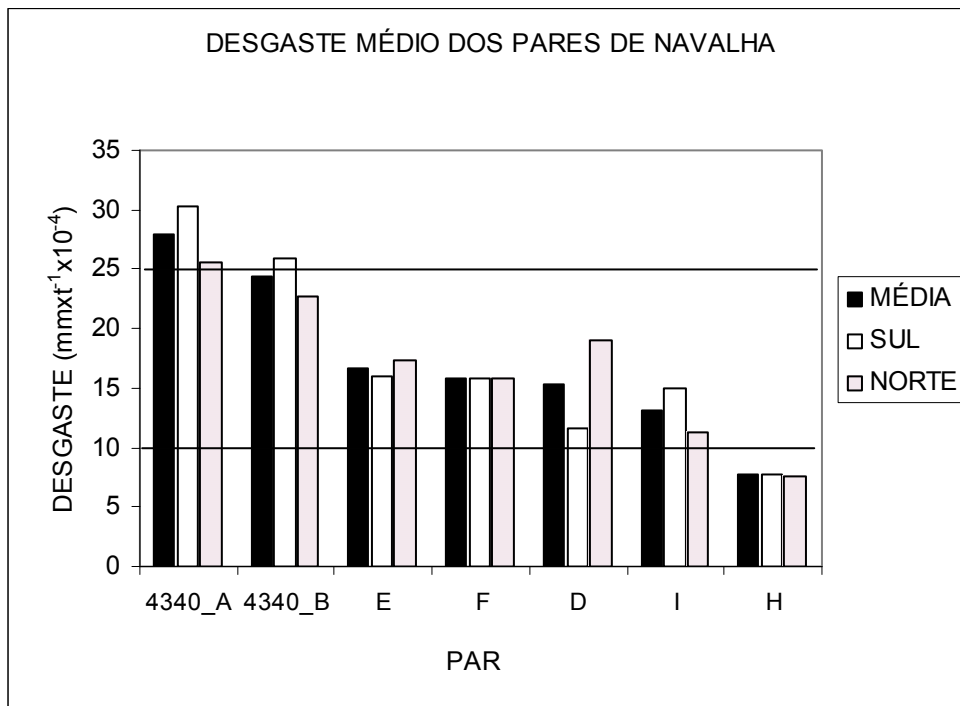


Figura 9. Comparação entre o desgaste médio dos pares de navalhas

MATERIAL	PAR	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Al	W	Dureza (HRC)
SAE 4340	A e B	0,41	0,21	0,67	0,014	0,014	0,76	1,79	0,23	0,006	0,15	0,022	----	46
S1	B	0,48	0,82	0,23	0,016	0,006	1,38	0,18	0,27	0,19	0,15	0,001	2,10	51
	C	0,51	0,96	0,28	0,013	0,007	1,37	0,18	0,26	0,18	0,17	0,005	2,21	56
	D	0,49	0,95	0,27	0,008	0,007	1,37	0,10	0,27	0,18	0,12	0,003	2,43	51
	E	0,51	0,86	0,25	0,006	0,012	1,37	0,11	0,26	0,20	0,14	0,003	2,20	50
	F	0,50	0,96	0,27	0,008	0,007	1,37	0,10	0,27	0,18	0,11	0,003	2,47	50
	G	0,51	0,86	0,25	0,006	0,012	1,37	0,11	0,26	0,20	0,14	0,003	2,20	56
	H	0,50	0,96	0,27	0,008	0,007	1,37	0,10	0,27	0,18	0,11	0,003	2,47	53
	I	0,51	0,96	0,42	0,025	0,009	1,13	0,07	0,18	0,16	0,09	0,004	1,82	52

Figura 10. Composição química e dureza de cada par de navalhas

Os pares A, C e G, todos com 56 HRC, apresentaram excessiva fragilidade e quebraram durante as primeiras horas de operação, antes da primeira medição como pode ser observado na Figura 11. Não foi feita análise química do par A do aço S1.

A partir dos resultados, observou-se uma forte tendência à redução do desgaste com o aumento da dureza do material como era de se esperar. Verificou-se também uma restrição de dureza máxima menor do que 56 HRC de forma a garantir a integridade das navalhas durante o corte de sucata, não tendo sido detectados problemas como trincas ou microestruturas indesejadas nestas amostras – Figura 12.



Figura 11. Navalha de aço S1 com 56 HRC após 4h de operação.

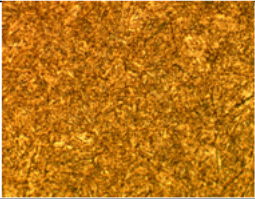
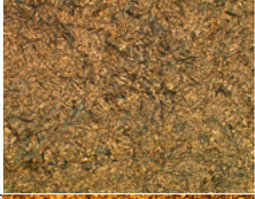
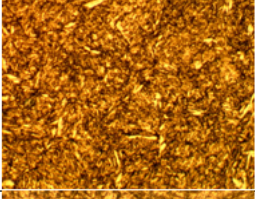
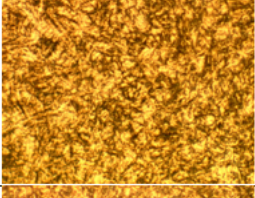
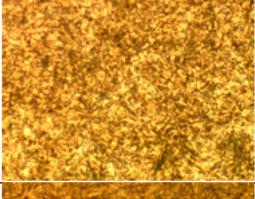
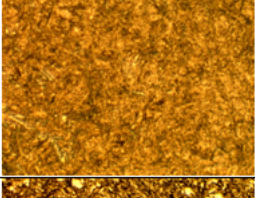
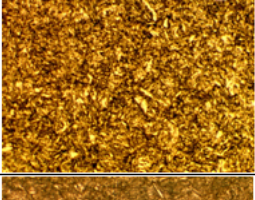
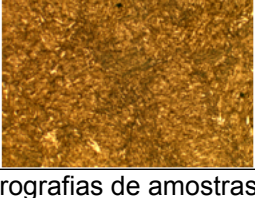
MATERIAL	PAR	MICROGRAFIA (500x)	MICROESTRUTURA	DUREZA (HRC)
SAE 4340	A e B		Martensita revenida	46
	C		Martensita revenida	56
S1	D		Martensita revenida + 5% austenita retida (agulhas mais curtas e grossas em relação à amostra 1)	51
	E		Martensita revenida + carbonetos não dissolvidos	50
	F		Martensita revenida + carbonetos não dissolvidos	50
	G		Martensita revenida	56
	H		Martensita revenida	53
	I		Martensita revenida	52

Figura 12 . Micrografias de amostras dos pares de navalha

À confirmação da relação inversa entre desgaste e dureza pode ser observada através das Figuras 13 e 14, onde foram feitas as médias entre navalha Sul e Norte de cada par e comparadas com as respectivas durezas.

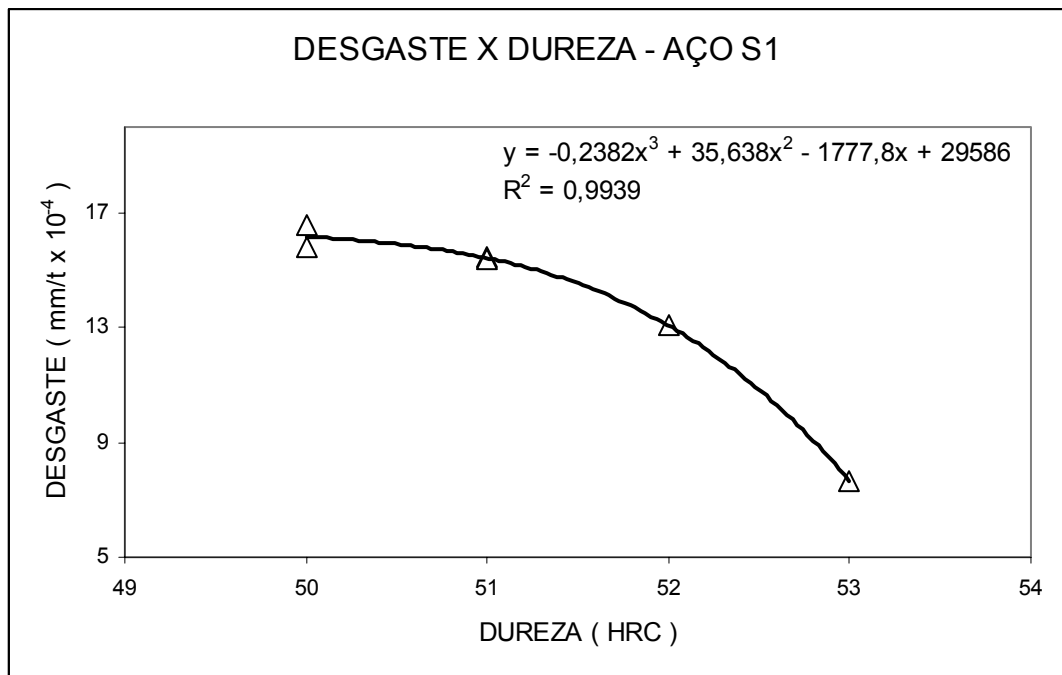


Figura 13. Desgaste médio x dureza em navalhas do aço S1

PAR	NORTE	SUL	DUREZA (HRC)	DESGASTE MÉDIO mm/t x 10 ⁻⁴
B	18,0	13,0	51	15,5
D	19,1	11,7	51	15,4
E	17,3	15,9	50	16,6
F	15,8	15,8	50	15,8
H	7,6	7,7	53	7,7
I	11,2	14,9	52	13,1

Figura 14. Tabela de desgaste médio x dureza

6 CONCLUSÕES

Dos resultados apresentados concluiu-se que a melhor alternativa de material base para a fabricação das navalhas para corte de sucata com densidade entre 0,2 e 0,3 t/m³ é o aço ferramenta S1, o qual apresenta os seguintes benefícios em relação ao SAE 4340:

- 1- Aumento da produção da prensa em 350 t em virtude da redução do número de paradas programadas da prensa de 8 para 4 durante o mês;
- 2- Redução dos tempos de troca de navalha em 40% em virtude de sua menor deformação facilitar esta operação;
- 3- Manutenção do custo com navalhas constante já que o aço ferramenta apresenta o dobro do custo, porém com a utilização da metade das navalhas que anteriormente eram necessárias.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ASM INTERNATIONAL. **Heat treating**. 19. ed. p. 92, 121-122, 565-600. (Metals handbook, v.4)
- 2 ASM INTERNATIONAL. **Heat treater's guide: practices and procedures for irons and steels**. 2 ed. Metals Park, 1995.