

DESENVOLVIMENTO DA QUALIDADE DO PRODUTO BARRA DE GRELHA
E SEU REFLEXO NAS PELOTIZAÇÕES BRASILEIRAS

Evandro Caetano de Lima

Francisco Manoel Perez do Nascimento

Hans Heep

Jociel José Milanez

Norberto Magno Toríbio

Este trabalho apresenta os resultados de uma série de experiências realizadas pela FERTECO, SAMARCO e ACESITA visando desenvolver a qualidade do produto barra de grelha. Baseando-se nos resultados destas experiências, estão sendo introduzidas modificações no critério de comercialização das barras e no tipo de aço empregado na fabricação das mesmas. As barras produzidas com o novo tipo de aço desenvolvido pela Fundação da ACESITA apresentam uma vida útil cerca de 80% a 150% superior à das peças produzidas com o aço convencional.

Estas modificações estão proporcionando economias substanciais nos gastos das pelotizações no que se refere à reposição de barras de grelha.

Evandro Caetano de Lima- Membro da ABM. Engº Metalurgista, Civil e de Minas; Gerente da Fundação da ACESITA; Timóteo, M.G.

Francisco Manoel Perez do Nascimento- Membro da ABM. Engº Metalurgista, M.Sc.; Pesquisador Júnior da Divisão de Metalurgia da ACESITA; Timóteo, M.G.

Hans Heep- Engº de Minas; Gerente de Beneficiamento da FERTECO; Congonhas, M.G.

Jociel José Milanez- Membro da ABM. Engº Metalurgista; Chefe da Divisão de Processo e Controle de Qualidade da SAMARCO; Anchieta, E.S.

Norberto Magno Toríbio- Engº Metalurgista; Engº de Processo Senior da SAMARCO; Anchieta, E.S.

1. INTRODUÇÃO

Em 1978 a Fundação da ACESITA iniciou um programa de desenvolvimento da qualidade do produto barra de grelha, visando melhorar o desempenho das mesmas nos fornos de pelotização. Após uma série de experiências internas em seu forno de sinterização, partiu-se para a realização de experiências nos fornos de pelotização da FERTECO e SAMARCO. Este trabalho conjunto levou a uma série de melhorias, com reflexo direto no consumo específico de barra de grelha, conforme será mostrado a seguir.

2. ESPECIFICAÇÃO DAS BARRAS DE GRELHA

A barra de grelha é uma peça de aço refratário que sustenta a carga no forno de pelotização, durante o processo de queima das pelotas. O aço especificado para a fabricação desta peça é o ASTM A 297 Cl HH, cujas características são apresentadas na Tabela I.

A Figura 1 mostra o desenho da barra de grelha da pelotização da FERTECO.

3. PROCESSO DE FABRICAÇÃO EMPREGADO PELA ACESITA

Devido às dimensões da peça e ao volume de produção, as barras de grelha são moldadas pelo processo de moldagem em casca, que apresenta elevada produtividade. O metal empregado na fabricação das peças é elaborado em fornos de indução.

4. CONDIÇÕES DE TRABALHO DAS BARRAS DE GRELHA

Assim que são colocadas em operação as barras de grelha são submetidas a sucessivos ciclos térmicos inerentes ao processo de pelotização (Figura 2). A temperatura máxima de trabalho da peça é função do projeto do forno e de uma série de variáveis do processo de pelotização, como: altura do leito de pelotas, velocidade da esteira de carros, tipo de pelota que está sendo produzida, etc..

O enxofre contido no óleo combustível eleva significativamente a agressividade da atmosfera do forno às barras de grelha. Outro fator importante é o efeito abrasivo dos finos em suspensão nos gases de combustão.

A severidade das condições de trabalho das barras varia de acordo com a sua posição no carro de grelha, sendo que a região central é a mais crítica.

5. DESEMPENHO E CAUSAS DE SUCATAMENTO DAS BARRAS DE GRELHA

O desempenho das barras de grelha é função da qualidade das peças e das condições de trabalho das mesmas.

A principal causa de sucata das barras é o desgaste por corrosão/erosão, ocorrendo também sucata esporádica devido a empenos e quebras.

Segundo PECKER e BERNSTEIN⁽¹⁾, durante o trabalho a altas temperaturas em atmosfera contendo SO₂, peças de aço refratário absorvem enxofre, formando produtos complexos através das reações entre o metal e o dióxido de enxofre:



onde M representa Fe, Ni, Mn, Cr, etc..

Estas reações provocam uma aceleração da taxa de corrosão das peças em serviço, uma vez que o baixo ponto de fusão dos sulfetos, aliado à menor densidade dos mesmos em relação aos óxidos, levam a uma degradação da película de óxido protetora que envolve as peças de aço refratário.

6. CONTAMINAÇÃO DA SUCATA DE BARRA DE GRELHA

Devido às reações citadas, ao serem sucata, as barras de grelha apresentam um teor de enxofre maior que o teor original. Desta forma, ao se refundir as barras de grelha usadas, obtêm-se teores de enxofre cada vez mais elevados, superiores a 0,04%, que é o limite superior da faixa especificada pela Norma ASTM A 297 CIHH.

7. PROBLEMAS EXISTENTES

7.1. CUSTO DAS BARRAS DE GRELHA

As barras de grelha são produzidas com aço refratário alta liga de cromo e níquel, que são elementos nobres, de elevado custo, onerando assim o custo de fabricação do produto (Tabela I).

Quanto maior for a vida útil das barras de grelha, menor será o desembolso das pelotizações com a reposição das mesmas, contribuindo também para facilitar o controle operacional dos fornos e aumentar suas produtividades, uma vez que as paradas para substituição de peças serão reduzidas.

7.2. CRITÉRIOS DE COMERCIALIZAÇÃO

Em peças que apresentam elevado consumo é comum os consumidores de fundidos solicitarem a fabricação de peças novas partindo da refusão de sucata da própria peça. No caso das barras de grelha, este critério de comercialização é inadequado, pois as peças produzidas a partir de refusão de sucata apresentam elevado teor de enxofre ($\sim 0,065\%$), o que além de ultrapassar o limite máximo de enxofre especificado para o aço ($0,04\%$), ainda provoca um acentuado decréscimo na qualidade e vida útil das peças.

Por outro lado, a dessulfuração do metal das barras de grelha em fornos de indução não atinge os níveis adequados às exigências de qualidade do produto.

8. EXPERIÊNCIAS REALIZADAS

Em 1980 a ACESITA iniciou uma série de experiências com o produto barra de grelha, colocando 20 lotes de peças em teste na FERTECO⁽²⁾.

Em 1982, face aos bons resultados apresentados neste trabalho conjunto, a ACESITA partiu para testes também na SAMARCO^(3,4).

Este trabalho conjunto foi desenvolvido com o objetivo de elevar a vida útil das peças e reduzir a relação custo/benefício característica do produto.

Nestes lotes de barra de grelha experimentais, foram analisadas as

influências das diversas variáveis citadas a seguir:

- análise química;
- projeto de fundição;
- desenho.

Os lotes com variação da análise química foram propostos e balanceados pela ACESITA, baseando-se em resultados preliminares de experiências realizadas em sua própria sinterização.

Os diversos lotes variando desenho e projeto de fundição, foram produzidos conforme as sugestões da SAMARCO, FERTECO e ACESITA, visando elevar a vida útil das barras (5,6,7).

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados obtidos na primeira etapa das experiências (variação de análise química), onde o desempenho do novo aço foi significativamente superior ao do aço convencional (ASTM A 297 C1 HH)^(8,9).

Os resultados da segunda e terceira etapas das experiências (projeto de fundição e desenho), serão apresentados no futuro, após a conclusão dos testes.

8.1. CARACTERÍSTICAS DOS LOTES

A Tabela II apresenta a análise química e a microestrutura das barras de grelha dos lotes experimentais.

O lote 1 foi produzido com o aço convencional (ASTM A 297 C1 HH), para servir de referência.

O lote 2 foi produzido visando adequar o aço da barra às condições de trabalho da mesma (atmosfera contendo SO_2). Desta forma elevou-se o teor de manganês do aço a fim de estabilizar a precipitação preferencial de sulfetos de manganês, em substituição a outros sulfetos de ponto de fusão mais baixo.

Os lotes 3 e 4 foram produzidos a fim de se quantificar o decréscimo da vida útil das barras de grelha produzidas pelo processo de refusão de sucata, verificando assim a viabilidade técnica-econômica deste tipo de comercialização.

O lote 5 foi produzido pelo critério de troca de sucata, a fim de comparar o seu desempenho com os dos lote 3 e 4.

8.2. ESQUEMA DE MONTAGEM DOS LOTES

As taxas de desgaste das barras de grelha variam de um carro de grelha para outro, e até de uma região para outra de um mesmo carro. Visando obter dados mais representativos sobre o desempenho dos diferentes lotes de barras de grelha, procurou-se sempre montar mais de um carro com os lotes experimentais, de forma a evitar que eventuais anormalidades operacionais surpressem, simultaneamente, os dois carros de grelha na região crítica do forno (Figura 3).

Todos os lotes de barras de grelha foram montados na região central dos carros, onde o nível de solicitações é mais elevado.

Em cada carro experimental foi montado um lote formado por barras de grelha convencionais (lote 1), a fim de se verificar o desempenho dos lotes experimentais em relação ao mesmo.

8.3. CRITÉRIO DE ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO DOS LOTES

O desempenho das barras de grelha dos diversos lotes experimentais foi verificado através:

- do levantamento do desgaste (controle dimensional e perda de peso);
- da inspeção visual (ocorrência de trincas, empenos, quebra, forma de desgaste).

Inicialmente o acompanhamento do desempenho dos lotes era realizado através do controle dimensional das peças, levantando-se o desgaste das barras tanto na espessura, quanto na altura. Paralelamente media-se o aumento do intervalo entre duas peças justapostas, a 10mm da superfície de apoio das pelotas. Este método, proposto pela ACESITA, apresentou algumas distorções na fase final de acompanhamento dos primeiros lotes testados em 1980 na FERTECO, devido às irregularidades superficiais apresentadas pelas barras do lote 2.

Posteriormente partiu-se para o acompanhamento do desempenho através do controle de peso das peças, levantando-se a perda de peso das mesmas em função do tempo de serviço. Este critério foi desenvolvido pela SAMARCO e apresentou grande fidedignidade em todas as fases das experiências: início, meio e fim.

8.4. DESEMPENHO DOS LOTES

Conforme citado anteriormente, barras de grelha de um mesmo lote apresentam desempenhos desiguais quando montadas em carros diferentes de um mesmo forno.

A situação complica mais ainda quando se comparam fornos de pelletizações diferentes, onde se acumulam diferenças de: projeto dos fornos, desenho das barras de grelha, tipo de pelota que se produz, etc..

Apesar destas discrepâncias, verificou-se um comportamento relativo homogêneo dos lotes entre si, ou seja:

- os lotes que apresentaram desempenho inferior ao lote convencional (lote 1) tiveram sua inferioridade confirmada tanto na FERTECO como na SAMARCO;
- enquanto os lotes que apresentaram desempenho superior ao lote convencional (lote 1) tiveram sua superioridade confirmada tanto na FERTECO como na SAMARCO.

Desta forma, o acompanhamento do desempenho dos lotes nos fornos da FERTECO e SAMARCO, revelou que:

- as barras do lote 2 apresentaram uma vida útil cerca de 80 a 150% superior às barras do lote convencional;
- as barras do lote 3 apresentaram uma vida útil cerca de 17 a 34% inferior às barras do lote convencional;
- as barras do lote 4 apresentaram uma vida útil cerca de 7 a 22% inferior às barras do lote convencional;
- as barras do lote 5 (critério de troca de sucata) , apresentaram vida útil igual à do lote convencional, pois são similares.

A Tabela III apresenta o custo relativo, a vida útil relativa e a relação custo/benefício relativa das barras de grelha dos lotes experimentais.

A Figura 4 apresenta o custo relativo das barras dos lotes experimentais.

A Figura 5 apresenta a vida útil relativa das barras de grelha

dos lotes experimentais testados na FERTECO e SAMARCO.

A Figura 6 apresenta a relação custo/benefício relativa das barras de grelha dos lotes experimentais.

8.5. ANÁLISE METALOGRAFICA

O exame micrográfico, de amostras retiradas em barras novas dos lotes 1 e 2, revelou que os dois aços são austeníticos e apresentam carbonetos precipitados nos espaços interdendríticos (Figura 7). O exame micrográfico, de amostras retiradas em barras usadas dos lotes 1 e 2, mostram que houve precipitação de carbonetos esferoidizados na periferia das barras, sendo que na amostra do lote 2 a precipitação foi mais intensa que no lote 1 (Figura 8).

As Figuras 7 e 8 mostram as durezas dos aços e as microdurezas das matrizes e dos carbonetos, onde constata-se que houve elevação de dureza das barras durante o trabalho, sendo que o novo aço (lote 2) apresentou um incremento de dureza maior que o do aço convencional (lote 1). A análise de dispersão de energia (EDS), realizada em microscópio eletrônico de varredura, revelou que nas amostras de peças novas dos lotes 1 e 2 e peças usadas no lote 1 os carbonetos precipitados são predominantemente de cromo, enquanto as amostras de peças usadas do lote 2 apresentaram carbonetos complexos predominantemente de cromo e manganês (Figura 9).

A impressão de Baumann das amostras das peças dos lotes 1 e 2, antes e após o uso, revelou que as barras absorvem enxofre durante o trabalho.

A análise realizada no microscópio eletrônico de varredura revelou que as películas de óxidos protetoras das amostras dos lotes 1 (aço convencional) e 2 (novo aço) contêm enxofre (Figura 10). Nesta Figura observa-se que a película de óxidos protetora do aço convencional contém ainda Cr, Si, Fe e Ni, enquanto que a película do novo aço (lote 2) apresentou uma menor intensidade de enxofre e níquel que a do aço convencional, acusando ainda a presença de Mn, não detectada na película protetora do lote 1.

Estas análises revelam que a elevação do teor de manganês do aço contribuiu, paralelamente, para:

- elevar a resistência do novo aço (lote 2) à erosão, devido à precipitação de carbonetos complexos predominantemente de cromo e manganês (carbonetos de dureza mais elevada);
- elevar a estabilidade da película de óxidos protetora das peças em serviço, devido à estabilização de sulfetos de manganês (de ponto de fusão mais elevado).

8.6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise da relação custo/benefício do novo aço (lote 2) mostra que o mesmo é mais viável que o lote convencional (lote 1), conduzindo a uma redução da ordem de 39% no desembolso com reposição de barra de grelha (Tabela III e Figura 6).

A comparação da vida útil e da relação custo/benefício dos lotes experimentais 3, 4 e 5, demonstra que o critério de refusão de barras de grelha para produção de novas barras é antieconômico (Tabela III e Figura 6). Baseando-se nestes resultados a Fundação da ACESITA desenvolveu um novo processo de comercialização, denominado troca de sucata (lote 5). Neste novo processo a sucata de barra de grelha usada é desviada para a Aciaria da ACESITA, que é equipada com um forno AOD, onde a dessulfuração é facilmente realizada, conduzindo a teores ultra baixos de enxofre, da ordem de 0,006%. Por outro lado, a Fundação da ACESITA produz barras de grelha utilizando ferros-ligas e sucatas nobres de laminados (contendo teores de enxofre da ordem de 0,006%). Estas barras (lote 5) são iguais às do lote 1 em termos de qualidade e desempenho, e apresentam uma vida útil bem superior às apresentadas pelas barras refundidas (lotes 3 e 4), o que compensa plenamente a pequena elevação do custo advinda da utilização de ferros-ligas na sua fabricação. Este processo conduz a uma relação custo/benefício cerca de 10% menor que a do processo refusão, conduzindo a uma significativa redução de gastos com reposição de barras de grelha (Tabela III e Figura 6).

9. SITUAÇÃO ATUAL

Todas as experiências citadas foram realizadas com lotes de 20 barras, sendo que posteriormente, partiu-se para a confirmação dos resultados em lotes de ~1.000 e ~3.000 barras de grelha.

9.1. IMPLANTAÇÃO DO NOVO CRITÉRIO DE COMERCIALIZAÇÃO

Baseadas na relação custo/benefício dos lotes 3, 4 e 5, a FERTECO e SAMARCO optaram pelo processo de comercialização de troca de sucata a partir de janeiro e abril de 1983, respectivamente.

9.2. OFICIALIZAÇÃO DO NOVO AÇO

Baseada na relação custo/benefício dos lotes 1 e 2, a SAMARCO optou pelo novo aço (lote 2) a partir de julho de 1986, sendo que no momento já substituiu 70% das barras de seu forno por barras do aço do lote 2, prevendo completar esta substituição em setembro de 1987. Este pioneirismo da SAMARCO certamente a conduzirá a uma significativa redução nos gastos com reposição de barra de grelha nos próximos anos.

No momento, a FERTECO está em fase final de acompanhamento do desempenho de lotes maiores do novo aço (lote 2), com previsão de brevemente optar também pela oficialização do mesmo. O tempo de resposta das experiências na FERTECO é um pouco maior, devido à elevada vida útil de suas barras de grelha convencionais, que têm alcançado índices bem acima da média mundial.

10. CONCLUSÃO

Com a oficialização do novo critério de comercialização e o desenvolvimento de novo aço, obteve-se:

- aumento significativo na vida útil das barras;
- aumento da produtividade dos fornos;
- redução dos gastos com reposição de barras de grelha.

11. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a valiosa colaboração das equipes: das Pelotizações da SAMARCO e FERTECO, da Sinterização, Laboratórios e Fundação da ACESITA, e particularmente às seguintes pessoas: Afrânio Camarão Sobrinho, Jorge Arturo Montes Cano, Ludwig Shimidt, Eder Campos de Resende, Bellini Tomagnini e Maurício Borloth Monjardim (da SAMARCO), Hans Jurgen Spies e José Carlos Martins (da FERTECO), Valerio D'Avila Trindade (in memoriam), Edir Ferreira (in memoriam) e Wilson Rezende Daniel (da ACESITA).

12. BIBLIOGRAFIA

1. PECKENER, D. & BERNSTEIN, I.M. Handbook of stainless steels. . New York, Mc Graw-Hill Books, 1977. 1v.
2. NASCIMENTO, F.M.P. & DANIEL, W.R. Montagem dos lotes de barra de grelha da 1a. etapa da experiência; GFA-226/80. Timóteo, ACESITA, mar. 1980. 5p.
3. ATA de reunião entre ACESITA/SAMARCO. Timóteo, M.G., 1981.
4. NASCIMENTO, F.M.P. & DANIEL, W.R. Plano de experiência com o produto barra de grelha; IQ-031/82. Timóteo, ACESITA, mai. 1982. 11p..
5. ATA de reunião entre SAMARCO/ACESITA. Anchieta, E.S., 1984.
6. ATA de reunião entre FERTECO/ACESITA. Congonhas, M.G., 1978.
7. TRINDADE, V.A.; NASCIMENTO, H.A.; RASLAN, K.M.; NASCIMENTO, F. M.P. Proposta de modificação do desenho das barras de grelha de pelotização; IF-41/082. Timóteo, ACESITA, mar. 1985. 20p.
8. HORTA, R.A.; DANIEL, W.R.; NASCIMENTO, F.M.P. Barra de grelha em aço-FT-AI-23 - Relatório final da experiência na FERTECO; IF-41/083. Timóteo, ACESITA, fev. 1985. 12p.
9. LIMA, E.C.; TRINDADE, V.; NASCIMENTO, F.M.P. Desenvolvimento da qualidade do produto barra de grelha; IF-42/227. Timóteo, ACESITA, dez. 1986. 24p.

Tabela I- Análise química, microestrutura e características mecânicas das barras de grelha das pelotizações brasileiras (material: ASTM A 297 CI HH).												
ANÁLISE QUÍMICA (%)									MICROESTRUTURA	CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS		
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N		LIMITE DE RESISTÊNCIA (Kg/mm ²)	LIMITE DE ESCOAMENTO (Kg/mm ²)	ALONGAMENTO (%)
0,20	-	-	-	-	24,0	11,0	-	-	COMPLETAMENTE AUSTENÍTICA	52,0	25,0	10
0,50	2,00	2,00	0,04	0,04	28,0	14,0	0,50	0,20		(mín.)	(mín.)	(mín.)

Tabela II- Análise química e microestrutura típica de cada lote experimental.										
Nº DO LOTE	VARIÁVEL	ANÁLISE QUÍMICA (%)								MICROESTRUTURA
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	
1	AÇO CONVENCIONAL (ASTM A 297 CI HH)	0,36	1,00	1,30	0,035	0,012	24,20	11,70	0,23	AUSTENÍTICA
2	NOVO AÇO DESENVOLVIDO P/ACESITA	0,22	11,80	0,56	0,047	0,008	24,28	12,04	0,21	AUSTENÍTICA
3	REFUSÃO DE 100% DE SUCATA BARRA USADA	0,40	1,40	1,20	0,037	0,066	24,30	11,62	0,21	AUSTENÍTICA
4	REFUSÃO PARCIAL DE SUCATA % S ≤ 0,040	0,39	0,72	1,23	0,034	0,036	24,18	11,59	0,20	AUSTENÍTICA
5	TROCA DE SUCATA	0,36	1,00	1,30	0,035	0,012	24,20	11,70	0,23	AUSTENÍTICA

Tabela III - Custo relativo, vida útil relativa e relação custo/benefício relativa das barras de grelha dos diversos lotes experimentais testados na FERTECO E SAMARCO.

NÚMERO DO LOTE	VARIÁVEL	CUSTO RELATIVO DA BARRA DE GRELHA (1)	VIDA ÚTIL RELATIVA DA BARRA DE GRELHA (2)	RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO RELATIVA DAS BARRAS DE GRELHA (3)
1	AÇO CONVENCIONAL (ASTM A 297 CL HH)	100	100	1
2	NOVO AÇO DESENVOLVIDO PELA ACESITA	140	230	0,61
3	REFUSÃO DE 100% DE SUCATA DE BARRA USADA	38	74	0,51
4	REFUSÃO PARCIAL DE SUCATA OBJETIVANDO % DE ENXOFRE $\leq 0,040$	42	84	0,50
5	TROCA DE SUCATA	46	100	0,46

(1) Base: 100 unidades monetária

(2) Base: 100 unidades de tempo

(3) Base: 1 unidade monetária/unidade de tempo

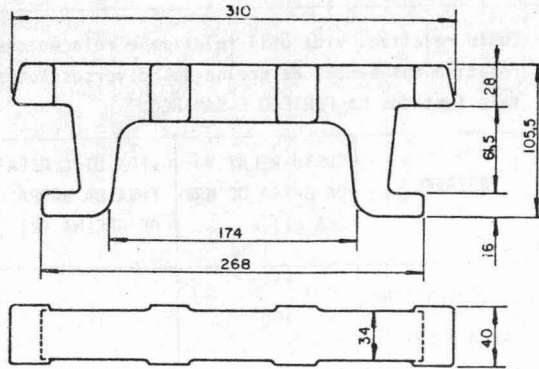


Figura 1 - Desenho da barra de grelha da FERTECO.

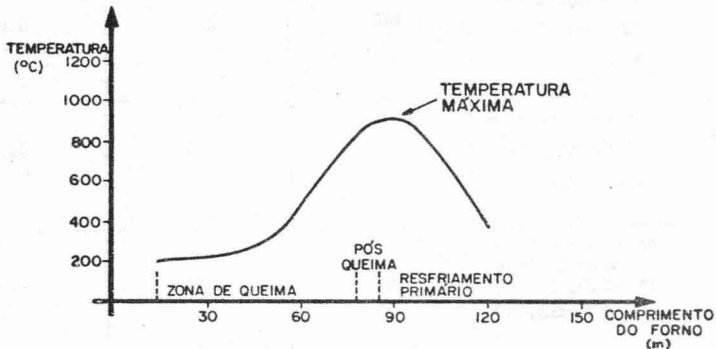


Figura 2 - Ciclo térmico típico imposto às barras de grelha de pelotização

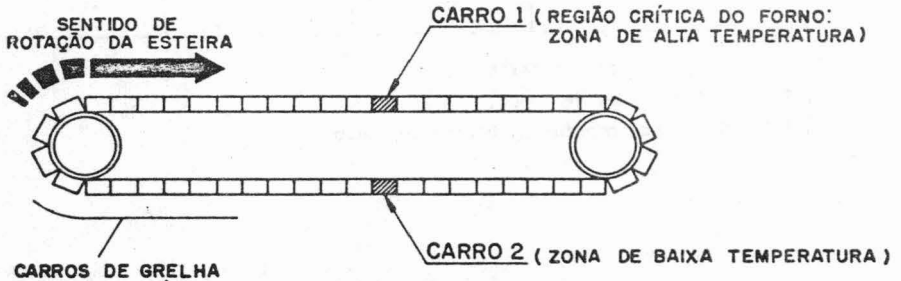


Figura 3 - Posição relativa de dois carros de grelha experimentais em um forno, a fim de evitar ocorrências de supersolicitação nos dois carros, ao mesmo tempo.

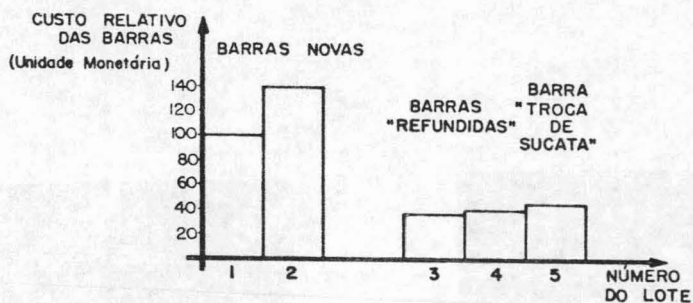


Figura 4 - Custo relativo das barras de grelha dos cinco lotes experimentais.

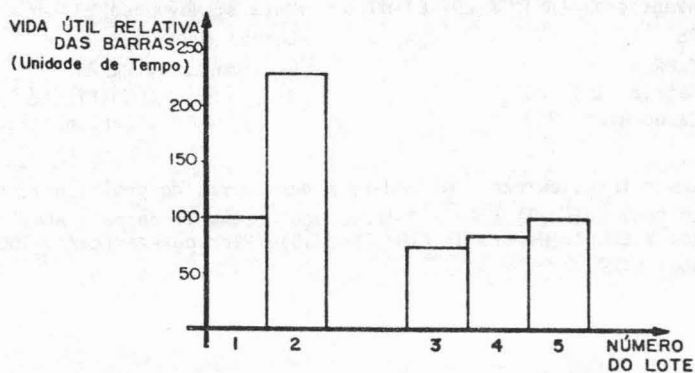


Figura 5 - Vida útil relativa das barras de grelha dos lotes experimentais testados na FERTECO e SAMARCO.

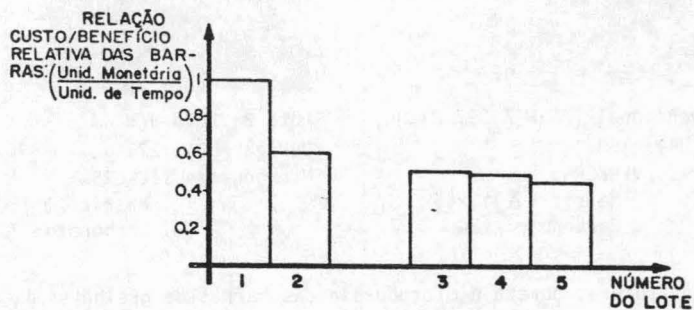
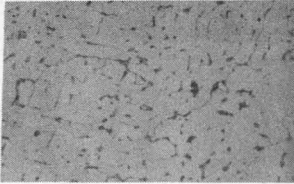
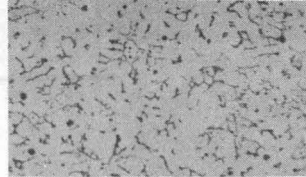


Figura 6 - Relação custo/benefício relativa dos lotes experimentais.

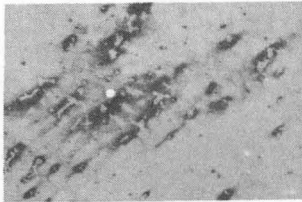


Lote 1: Aço convencional (ASTM A 297 C1 HH)
 Dureza (HB): 155
 Microdureza VICKERS:
 . Matriz (δ): 208
 . Carbonetos: 349

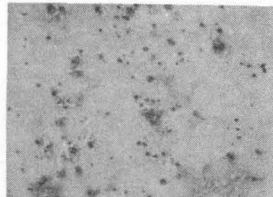


Lote 2: Novo aço
 Dureza (HB): 158
 Microdureza VICKERS:
 . Matriz (δ): 185
 . Carbonetos: 357

Figura 7- Microestrutura, dureza e microdureza das barras de grelha novas do lote 1 (aço convencional) e lote 2 (novo aço desenvolvido pela ACESITA). Ataque: VILLELA. Dureza HB (187,5Kg/2,5). Microdureza (carga 100g). Aumento: 50X.



Lote 1: Aço convencional (ASTM A 297 C1 HH)
 Dureza (HB): 186
 Microdureza VICKERS:
 . Matriz (δ): 246
 . Carboneto: 484



Lote 2: Novo aço
 Dureza (HB): 271
 Microdureza VICKERS:
 . Matriz (δ): 278
 . Carboneto: 700

Figura 8 - Microestrutura, dureza e microdureza das barras de grelha usadas do lote 1 (aço convencional) e lote 2 (novo aço desenvolvimento pela ACESITA). Ataque: VILLELA. Dureza HB (187,5Kg/2,5). Microdureza (carga 100g). Aumento: 50X.

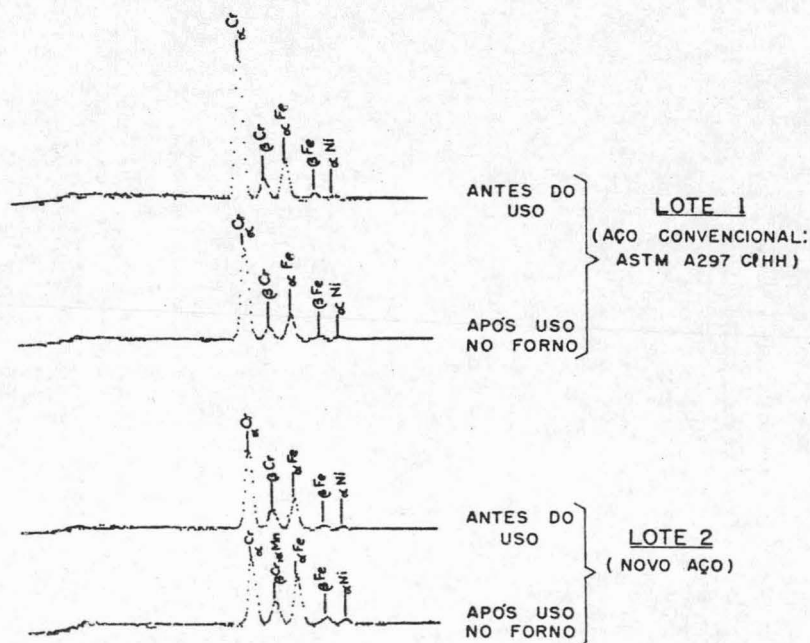


Figura 9- Análise de dispersão de energia (EDS) realizada nas amostras dos lotes 1 e 2 antes e após o serviço, visando identificar os carbonetos precipitados (microscópio eletrônico de varredura, escala linear 10K, 15KV, 40s).

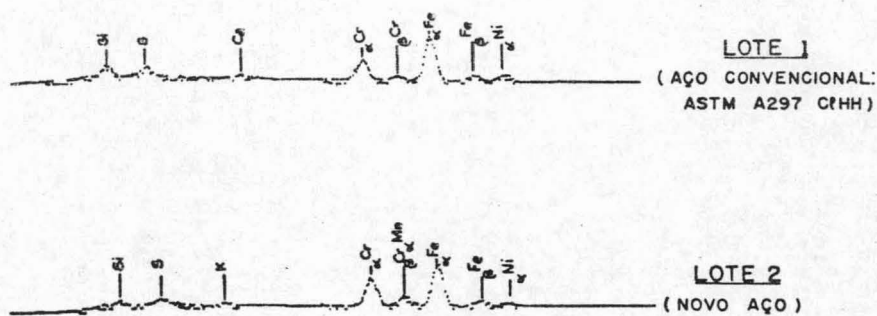


Figura 10- Análise de dispersão de energia (EDS) realizada nas películas de óxidos protetoras das amostras de barras usadas dos lotes 1 e 2 (microscópio eletrônico de varredura, escala linear 10K, 15KV, 40s).

