

CADERNO TÉCNICO



SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE AREIAS ALCALINAS DE FUNDIÇÃO

ELIONE JOSÉ LOPES
DIRETOR ADMINISTRATIVO
FUNDIÇÃO SIDERAL LTDA.

FLÁVIO FLAMÍNIO FERREIRA
CONSULTOR
WHITE MARTINS GASES INDUSTRIAIS LTDA.

MÁRCIO LUIZ C. DEZENA
DIRETOR COMERCIAL
GUIFA EQUIP. P/ FUNDIÇÃO LTDA.

RECUPERAÇÃO DE AREIA, PROCESSO CO₂ -SILICATO DE SÓDIO, AREIAS ALCALINAS
TRABALHO APRESENTADO NO CONAF 2003 - XI CONGRESSO DE FUNDIÇÃO 24 A 26 DE SETEMBRO DE 2003
SÃO PAULO - S.P.

1) INTRODUÇÃO

Os custos da utilização de areia nova nas indústrias de fundição, afetados principalmente pelo frete e pelas altas taxas cobradas para utilização de aterros, somados aos anseios dos órgãos ambientais para redução da deposição de resíduos de fundição em aterros sanitários e geração de descartes não nocivos ao meio ambiente, têm levado às fundições e os fornecedores de matéria-prima, tecnologia e equipamentos a estudar novos processos de reciclagem de areia.

A Tecnologia WM-Guifa de recuperação de areias provenientes do processo CO₂ silicato de sódio e outros processos alcalinos, foi desenvolvida em parceria com a Fundição Sideral, empresa certificada pela norma ISO 9002, com o propósito de obter uma drástica redução no consumo de areias novas e nos descartes realizados.

Considerando que os processos de recuperação de areia via mecânica, usados em algumas fundições :

- Diminui a quantidade de rejeitos mas normalmente gera inclusive uma concentração de alguns componentes nocivos ao meio ambiente,

- Que a recuperação térmica tem necessidade de alto investimento além de um custo operacional elevado,

A Tecnologia WM-Guifa tem como objetivo efetuar uma completa lavagem da areia retornando às áreas de moldagem e macharia uma areia similar à nova.

Da mesma forma que a areia, toda água usada no processo é reciclada, ocorrendo apenas um make-up da ordem de 10-15% em peso em relação à areia devido às perdas por evaporação durante a operação de secagem.

A Tecnologia WM-Guifa, ao contrário de outros sistemas, trabalha com uma baixa relação água:areia, da ordem de 1,0-1.5:1. Devido à alta eficiência do equipamento de lavagem obtem-se reduções de até 85% no teor de sódio

residual da areia, que é mantido na faixa de 0,05 a 0,15% de modo a não interferir nas propriedades dos machos e moldes fabricados.

Visando ter uma alta taxa de eliminação do sódio contido na areia, a tecnologia WM-Guifa contempla um sistema de hidrociclone + peneira que, em circuito fechado, além de possibilitar, em caso de necessidade, que se trabalhe com maior relação água:areia, elimina qualquer perda de material sólido (finos da areia) através da água de lavagem.

2) DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA

Após a realização de ensaios em escala de bancada no Centro de Tecnologia da White Martins, localizado em D.Caxias - RJ, ratificados através de testes piloto na Guifa Equipamentos de Fundição, foi projetado e fabricado na Fundição Sideral um protótipo para 3 toneladas de areia por hora, com opção para transformação em 5 t de areia por hora, para que a tecnologia fosse testada e otimizada em escala industrial, visando atender as expectativas do mercado de fundição.

Para completa avaliação da tecnologia e eficiência do sistema, foram realizadas determinações dos seguintes parâmetros:

1. Relação água de lavagem : areia;
2. Temperatura da água de lavagem;
3. Granulometria da areia à recuperar e recuperada;
4. Morfologia do grão da areia a recuperar e recuperada;
5. Geração de finos no processo de destorroamento;
6. Quantificação dos rejeitos gerados e rendimento do processo;
7. Caracterização dos rejeitos gerados;
8. Monitoramento do teor de sódio durante a recuperação;

9. Determinação das propriedades da areia recuperada ao longo de 4 ciclos;
10. Acompanhamento das operações de moldagem e desmoldagem durante 4 ciclos;
11. Determinação das condições ideais de mistura para a areia recuperada;
12. Determinação dos níveis de sólidos e turbidez da água de lavagem após a reciclagem;
13. Definição do tratamento ideal para decantação de impurezas na água de lavagem;
14. Determinação dos índices de desempenho em todas as etapas do processo de recuperação da areia.

As medições foram feitas durante os processos de recuperação, mistura, moldagem, fusão, desmoldagem e acabamento, realizados na Fundição Sideral, com a garantia de que não houvesse contaminação da areia recuperada com a areia nova. Escolheu-se trabalhar com 100% de areia recuperada como garantia de performance da areia, apesar de, na prática, o índice a ser usado seja de mistura 90 / 10 (areia recuperada/areia nova) para compensar as perdas que ocorrerão na recuperação e nas etapas subsequentes.

Inicialmente o equipamento foi regulado para trabalhar apenas com água nova, que, após cada ciclo era descartada; esta água foi submetida a diversos tipos de tratamento visando avaliar aquele que melhor atendia às necessidades para reciclagem total da água. Baseado nos testes piloto, a relação água:areia usada foi de 1:1. Nas etapas subsequentes usou-se água reciclada sem que se notasse qualquer alteração na eficiência de eliminação do sódio residual.

A areia usada na Fundição Sideral apresentou a seguinte especificação:

- Módulo: 38,5 AFS
- Concentração: 90,48
- Finos: 0,13%
- SiO_2 : 99,8%
- Argila: 0,17%
- Umidade: 0,10%
- PH: 6,7

O silicato de sódio tinha a seguinte especificação:

- SiO_2 : 33,36%
- Na_2O : 14,74%
- H_2O : 51,90%

O processo CO_2 Silicato de sódio na Fundição Sideral apresenta as seguintes condições de mistura:

- Misturador Contínuo e Misturador Batelada tipo mós
- % silicato na moldagem: 3,5 – 4,5%
- % silicato na macharia: 3,0 – 3,5%

3) O RECUPERADOR DE AREIA WHITE MARTINS / GUIFA

A tecnologia escolhida para a recuperação de areia do processo CO_2 silicato foi a que contemplava a via úmida, visto que o contaminante das areias usadas com silicato de sódio é o sódio, que não pode ser eliminado através de queima por ser inorgânico, nem pelo processo mecânico.

Os processos antigos via úmida para recuperação de areia consistiam em equipamentos com bombas de grande porte, altas vazões de água, vácuo, etc., o que tornava o processo de grande investimento e com alto custo de operação

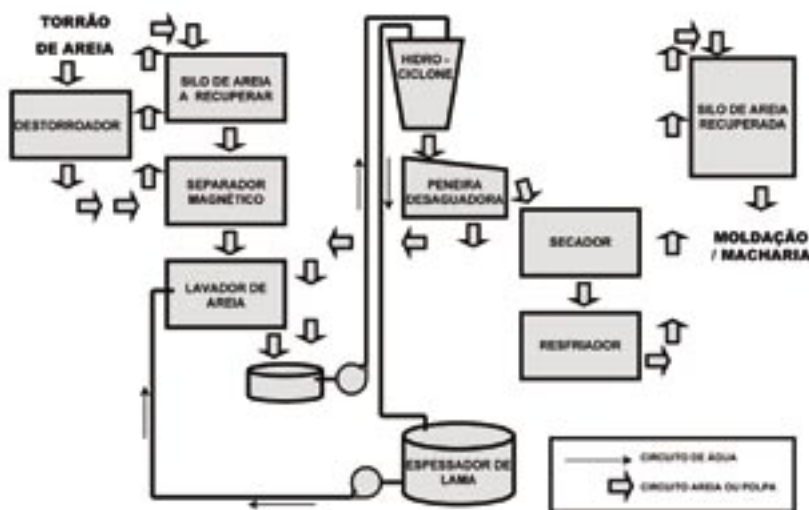


FIGURA 1 – FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE BENEFICIAMENTO DE AREIA WM-GUIFA

Após as peças serem desmoldadas na mesa desmoldadora, os torrões de areia são levados ao destorroador onde através de vibração os grãos se esfregam de modo a colocá-los na granulometria original. No destorroador existe um sistema de exaustão que envia os finos gerados a um filtro de mangas de onde eles são descartados. A areia, já na granulometria desejada, é transportada por um sistema de transporte pneumático fase densa até o silo de areia a ser recuperada. Após o silo, a areia passa por um separador magnético e depois é lavada em um lavador cilíndrico especial de alta velocidade onde o sódio remanescente do silicato de sódio é solubilizado e separado da areia.

A etapa seguinte consiste na separação da areia da água de lavagem sem que ocorram perdas dos finos de areia; o sistema usado contempla um hidrociclone onde a umidade da areia é reduzida para faixa de 20 a 22%, sendo a areia posteriormente submetida a uma peneira desaguadora onde a umidade atinge um máximo de 8%.

A seguir a areia é seca em secador rotativo, usando maçarico ar+GLP, e resfriada, para ser estocada em silo, para posterior reutilização na moldação ou macharia.

4) QUALIDADE DA AREIA RECUPERADA

A avaliação da qualidade da areia recuperada foi monitorada preliminarmente, ao longo de 4 ciclos, cuidadosamente de modo a evitar contaminação com areia nova e outras areias. Este monitoramento compreendeu operações de desmoldagem, recuperação, mistura e reutilização. Foram confeccionados moldes de até 1,5 toneladas de areia para vazamento de peças com peso variando entre 0,8 e 1,0 toneladas.

Os resultados obtidos confirmaram as conclusões do teste piloto, não havendo geração nem alteração significativa na morfologia do grão, conforme pode ser verificado na tabela da figura 2, onde temos uma comparação da areia recuperada com a areia em torrão e a areia nova

	AREIA NOVA	AREIA EM TORRÃO	AREIA RECUPERADA
Argila AFS	0.17	1.55	0.70
Perda ao Fogo	0.04	0.51	0.70
Módulo de Finura	38.5	37.4	35.5
Teor de Finos	0.13	0.24	0.07
Arredondados	25	30	30
Sub-angulares	65	60	60
Angulares	10	10	10
Compactos	90	90	90
Fissurados	10	10	10
Agrupados	0	0	0

FIGURA 2 : GRANULOMETRIA E MORFOLOGIA DOS GRÃOS DE AREIA RECUPERADA

5) EFICIÊNCIA DE ELIMINAÇÃO DO SÓDIO RESIDUAL

O processo de lavagem mostrou-se eficiente na eliminação do sódio residual da areia proveniente do processo CO_2 silicato de sódio. A velocidade da areia na operação de lavagem foi de 1,8-2,0 m/s. A figura 3 apresenta os resultados

obtidos na lavagem da areia, durante os quatro (4) ciclos em que foram monitorados. Conforme pode-se verificar os teores de sódio residual na areia permaneceram dentro dos valores que atendem ao processo CO_2 silicato de sódio. Como previsto, a taxa de redução do sódio na areia ficou na faixa de 60 a 85%.

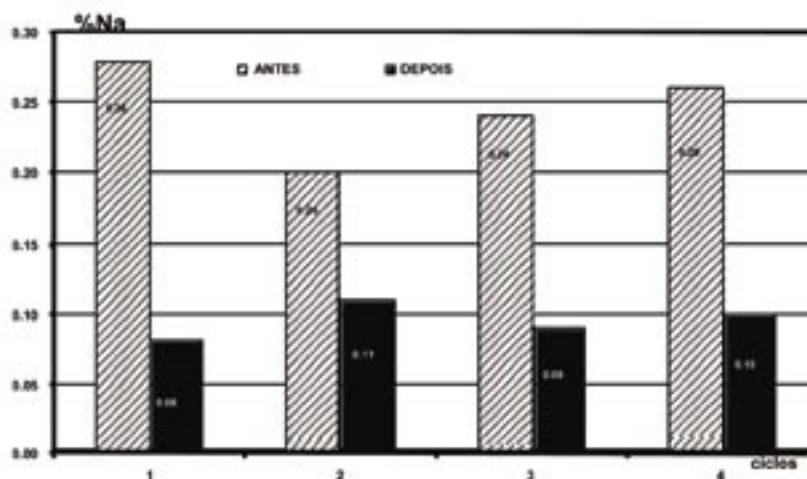


FIGURA 3 – REDUÇÃO DO TEOR DE SÓDIO RESIDUAL NA AREIA RECUPERADA

Após o lavador, a mistura areia / água é enviada a um tanque de onde é bombeada para um sistema de hidrociclone que faz a separação da água, reduzindo seu conteúdo para faixa de 20-22%. Com o uso de hidrociclone pode-se trabalhar com relações água : areia maiores, visando maior eficiência na eliminação do sódio, sem que ocorram aumentos na umidade da areia ou no make-up do processo. O overflow do hidrociclone é enviado para o espessador onde ocorre a reciclagem da água, enquanto que o underflow alimenta a peneira desaguadora.

Na peneira é realizado o deságüe da areia, com a redução do teor de água para 8% e posterior envio ao secador. A peneira trabalha em circuito fechado sendo o filtrado (água+finos de areia) novamente ciclonado. Deste modo não ocorre perda de finos na operação de separação, sendo a água enviada ao espessador praticamente isenta de sólidos.

A areia com teor de umidade entre 8 e 12%, é enviada para um secador a gás, GLP/ar, onde é aquecida até 180-190°C para eliminação da umidade. Posteriormente é resfriada até 25-30°C, e fica em condições de ser reutilizada na fabricação de moldes e machos. Na operação de secagem

o consumo de GLP situou-se na faixa de 4,0 a 5,0 kg por tonelada de areia recuperada, valor que torna o processo viável técnica e economicamente.

6) RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO EM C.P.S. COM AREIA RECUPERADA

A monitoração da areia proveniente do processo CO_2 silicato de sódio, ao longo de quatro (4) ciclos incluiu a realização de ensaios de resistência à compressão de corpos de prova, tomando-se como base o teor de 3% de silicato, com a adição de 0,5% de H_2O na mistura e uma gasagem por 24 segundos, para uma relação CO_2 / silicato de 0,46.

A tabela da figura 4 mostra os resultados obtidos nos testes de compressão, comparando-se areias provenientes do quatro (4) ciclos com a areia nova. Pelos resultados pode-se concluir que durante os quatro (4) ciclos a areia apresentou similaridade com os resultados obtidos pela areia nova. Estes resultados comprovam o desempenho na área industrial, onde as peças fundidas mostraram-se similares àquelas moldadas apenas com areia nova. O gráfico mostra os resultados obtidos nos testes de compressão após 0 h e 48 horas

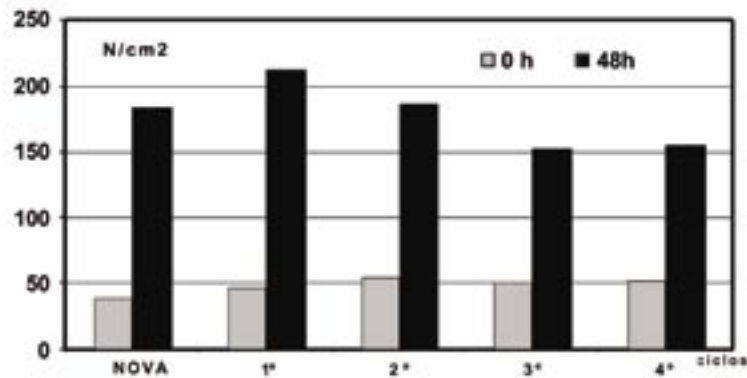


FIGURA 4 – ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO COM AREIA RECUPERADA

A tabela da figura 5 apresenta os valores para diversos tempos de estocagem obtidos nos ensaios de compressão a que foram submetidas as amostras de areia dos quatro ciclos monitorados, comparando-se com a areia nova. Durante os ciclos observados não houve nenhuma adição de

areia nova a título de make-up e em todas as misturas ocorreu a adição de 0,5% de água na areia antes da adição do silicato de sódio. Podemos afirmar pela observação realizada nos corpos de prova durante a estocagem, que não ocorreu o aparecimento de friabilidade em qualquer dos ensaios

	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (N/cm2)				
	0 h	1 h	3 h	24 h	48 h
AREIA NOVA	39.50	57.87	93.10	192.83	184.70
1º CICLO	47.50	67.60	116.83	242.20	211.53
2º CICLO	55.80	78.03	103.23	176.33	185.10
3º CICLO	50.97	83.43	106.03	156.23	152.53
4º CICLO	52.46	79.35	109.47	152.17	155.41

FIGURA 5 – VARIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DURANTE A ESTOCAGEM

7) RECICLAGEM DA ÁGUA DE LAVAGEM

A água utilizada na operação de lavagem é regenerada ocorrendo apenas perda daquela que vai para o secador agregada à areia, e, por conseqüência é evaporada. Com base nos testes realizados podemos afirmar que a necessidade de água de make-up é de 10% da vazão mássica de areia recuperada.

Após a separação da areia o pH da água de lavagem é reduzido para 7,5 – 8,0 através da injeção de CO₂ e,

posteriormente, recebe a adição de um coagulante levemente catiônico. A seguir, na alimentação do espessador, é misturado com um polímero, um floculante aniônico de alta carga.

Os melhores resultados foram obtidos trabalhando-se com um pH de 8,0 com a adição de 1ml de coagulante concentrado a 10% e 1 ml de polímero concentrado a 0,05% para cada litro de água de lavagem. Os resultados obtidos estão mostrados na tabela da figura n.º 6

	TDS mg/l	TURBIDEZ NTU	CONDUTIVIDADE ms	SST mg/l
ANTES	1820	27	3.58	22
DEPOIS	1620	1.48	3.22	3

FIGURA 6 – CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA RECICLADA

8) CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS

Durante o processamento ocorre a geração de rejeitos em alguns pontos do equipamento; no destorroador temos a separação de metálicos e outros materiais que não passaram na grelha, no filtro de mangas onde separamos os finos obtidos principalmente devido ao filme de silicato de sódio dos grãos e alguns finos de areia gerados no destorroamento, no separador magnético onde retiramos partículas metálicas e na lama do espessador da água de lavagem onde separamos os sólidos retirados da água. Os percentuais gerados em cada ponto são:

· Destorroador :	0,28%	
· Filtro de Mangas:		0,20%
· Separador Magnético:	0,08%	
· Lama do Espessador:	1,23%	
· Total de Rejeitos:		1,79%

Baseado nos rejeitos gerados temos um rendimento de recuperação no equipamento maior que 98%. As características dos rejeitos gerados estão apresentadas na tabela da figura 7.

REJEITOS	MÓDULO AFS	CONCENTRAÇÃO %	%SÓDIO		pH
			SOLÚVEL	TOTAL	
DESTORROADOR	73.0	90.1	0.68	0.00	10.6
FILTRO DE MANGAS	142.0	87.4	5.47	2.10	10.5
SEPARADOR MAGNÉTICO	40.6	90.7	0.25	0.00	10.4
LAMA ESPESSADOR	76.3	83.2	0.07	0.07	8.5

FIGURA 7 – CARACTERÍSTICAS DOS REJEITOS GERADOS

Na tabela da figura 8 temos as análises químicas dos rejeitos do filtro de mangas e da lama do espessador. Ambos são rejeitos sem qualquer problema em relação ao meio ambiente.

AMOSTRA	FILTRO MANGAS %	LAMA ESPESSADOR %
SiO ₂	66.30	96.50
Na ₂ O	21.50	0.20
MgO	0.65	
Al ₂ O ₃	5.20	1.10
SO ₃	1.01	
K ₂ O	0.45	0.16
CaO	0.57	0.06
Fe ₂ O ₃		0.40
SrO		
ZrO		0.03
TiO ₂	0.26	0.07
Mn	traços	traços
Ni		traços
Cu		traços
Zn		traços
Cl	traços	

9) DESEMPENHO DA TECNOLOGIA COM RESINAS FENÓLICAS ALCALINAS

Considerando que em uma fundição dificilmente existe um processo único, ou seja, os processos coexistem, a possibilidade da Tecnologia WM-Guifa atender outros processos foi avaliada. Considerando que o processo CO₂ silicato de sódio é alcalino, foi verificada a eficiência da tecnologia em outros processos alcalinos, cuja recuperação ainda não atende às fundições e aos órgãos ambientais.

Os processos CO₂ ecolotec e resina fenólica alcalina, têm como contaminante o potássio, que por ser inorgânico é difícil de ser eliminado até mesmo por via térmica.

9.1.) Recuperação de Areia do Processo CO₂ Ecolotec

Como no processo CO₂ ecolotec o contaminante é o potássio, que possui propriedades similares ao sódio, nos testes de laboratório a eliminação deste potássio residual teve excelente rendimento, sendo reduzido de 0,20% para 0,04%.

Nos testes em escala industrial foram obtidos resultados satisfatórios numa primeira passagem tendo-se chegado a uma areia recuperada sem alteração em suas propriedades e morfologia. O gráfico da figura 9 mostra um comparativo relacionando a resistência à compressão em corpos de prova fabricados com areia nova, recuperada e somente destorroada.

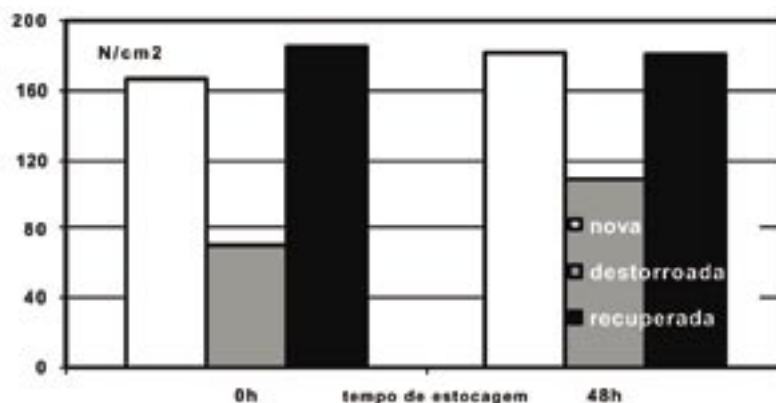


FIGURA 9 – RECUPERAÇÃO DE AREIA CO₂ ECOLOTEC

Nos testes em escala industrial foram fundidas peças de diversos tamanhos sem qualquer problema na moldagem, fusão ou desmoldagem.

9.2.) RECUPERAÇÃO DE AREIA DO PROCESSO RESINA FENÓLICA ALCALINA

No caso da resina fenólica alcalina, processo de cura a frio, o procedimento baseou-se nas mesmas premissas, já que temos o mesmo contaminante variando apenas o teor de fenol e formol.

Foram recuperadas cerca de 14 ton de areia módulo 45 AFS, as quais foram reutilizadas na fusão de peças de diversos tamanhos apresentando resultados similares aos normalmente obtidos com a areia nova.

O gráfico da figura 10 mostra os valores residuais de potássio obtidos. Com a redução obtida no teor de potássio a areia recuperada apresenta propriedades similares à da areia nova.

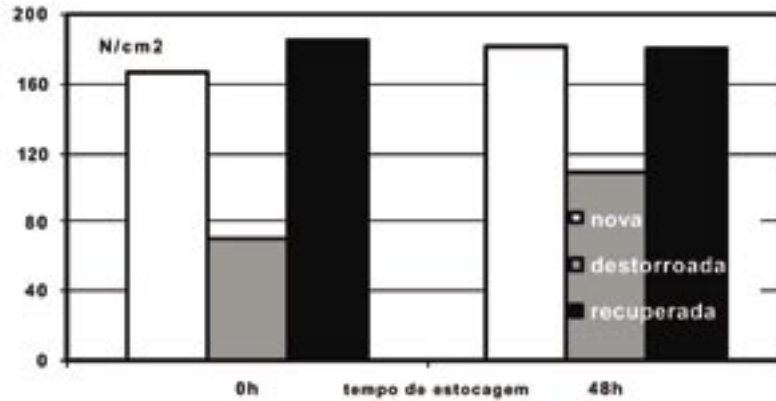


FIGURA 10 – REMOÇÃO DO TEOR DE POTÁSSIO EM AREIA FENÓLICA

NO GRÁFICO DA FIGURA 11 TEMOS OS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO OBTIDOS COM A AREIA RECUPERADA, COMPARANDO COM A AREIA NOVA E A AREIA APENAS DESTORROADA.

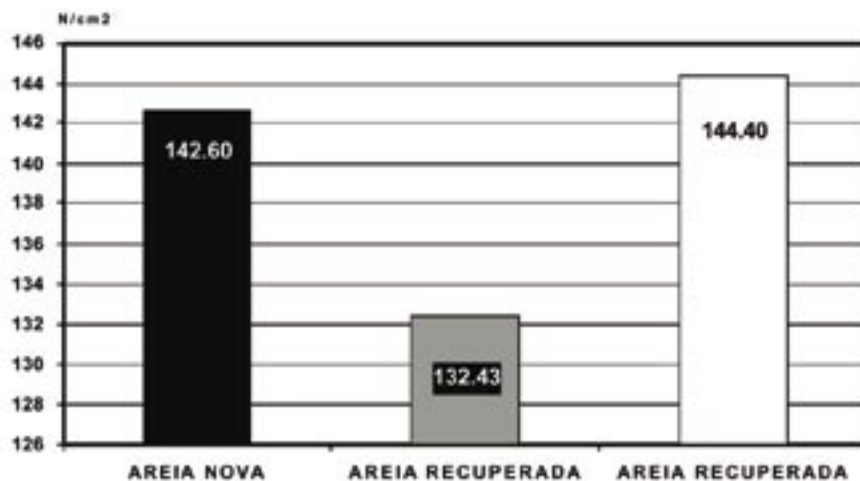


FIGURA 11 – RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE AREIA FENÓLICA RECUPERADA

10) CONCLUSÕES

Os resultados dos testes em escala de laboratório e piloto, confirmados em escala industrial na Fundição Sideral, mostraram que com a Tecnologia W.Martins-Guifa podemos recuperar areia do processo CO₂ silicato com alto rendimento (> 98%) a um custo competitivo; deste modo o processo CO₂ em fundição, que das tecnologias de moldagem e macharia é a mais amigável com o meio ambiente, torna-se ainda mais competitivo, possibilitando

às empresas de fundição, além de praticamente eliminar os descartes de areia, evitar a degradação ambiental causada pela retirada da areia das jazidas existentes.

Com a tecnologia via úmida obtem-se um grão de areia isento de impurezas, similar ao da areia nova, conforme comprovam os testes de granulometria e morfologia do grão e os ensaios de resistência à compressão nos corpos de prova.

As peças fundidas usando areia totalmente recuperada apresentaram rendimento satisfatório, tanto desde a pre-

paração do molde até a desmoldagem final, não ocorrendo problemas na operação de gasagem, na estocagem, e no acabamento da peças.

A água de lavagem é totalmente reciclada com exceção daquela que é evaporada no secador de areia.

Testes feitos com areia do processo CO₂ ecolotec mostraram que o recuperador tende a ser tão eficiente para este processo quanto o é para o silicato, com a eliminação do potássio ocorrendo da mesma forma que o sódio é

removido. As 5 toneladas de areia de ecolotec recuperadas com a tecnologia foram reutilizadas sem que se notasse qualquer problema nas peças fundidas, obtendo-se as mesmas propriedades com o mesmo percentual de resina usada em relação à areia nova.

Em relação à resina fenólica alcalina, foram regeneradas cerca de 14 toneladas, as quais foram reutilizadas na fundição de origem tendo apresentado comportamento similar ao da areia nova

11) BIBLIOGRAFIA

Nicholas, K.E.L. – *The CO₂ Silicate Process in Foundries.*

Bernardinelli et alli – *Processo CO₂ de Fundição: Uma alternativa visando a preservação ambiental.*

Romanus Arnaldo – *Algumas Características do Processo CO₂.*

Muramatsu Akira et alli – *Effect of MgO on Collapsibility in the CO₂ Process*

Acervo Técnico Interno da White Martins Gases Industriais S/A

Saileswaran N. et alli – *Kinetics of Carbon Dioxide Process*

Gettewert, G. – *Neue Ergebnisse über das Kohlensäure Erstarrungsverfahren. Giesserei*

Starr, C. - *CO₂ Process : Formation and Dissolution Mechanism in Relation to the Silicate Bond*

Bernardinelli, Salvador – *Contatos Pessoais*

Acervo Técnico Interno da Guifa Equipamentos para Fundição