

CARACTERIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO VIA TRATAMENTO DE REGENERAÇÃO TERMO-MECÂNICO¹

Rodrigo Crippa Gaspar²
Daiane Calheiro³
Kátia Ross de Oliveira⁴
Feliciane Andrade Brehm⁵
Carlos Alberto Mendes Moraes⁶

Resumo

A necessidade de regeneração da areia quimicamente ligada, usada pela indústria de fundição, ocorre principalmente em função do crescente custo da disposição desse resíduo em aterros industriais, da aquisição de areia nova no processo, e também pela diminuição dos recursos naturais não-renováveis. A regeneração é o tratamento dado à areia usada para remover a capa de resina aderente na superfície do grão, reconduzindo-a ao mais próximo possível da condição de areia nova. Para as análises de regeneração foi testada uma areia quimicamente ligada à base de resina fenólica alcalina. A seqüência experimental foi o destorroamento da areia usada, a regeneração mecânica e térmica. A seguir os produtos foram caracterizados em termos de granulometria, perda ao fogo, morfologia e limpeza dos grãos via microscopia eletrônica de varredura. A combinação regeneração mecânica e térmica, nesta seqüência, mostrou ser a mais adequada para se conseguir uma completa limpeza dos grãos de areia. Este processo pode ser considerado como reciclagem interna, obedecendo as premissas de um programa de produção mais limpa.

Palavras-chave: Areia usada de fundição; Resinas fenólicas; Regeneração; Produção mais limpa.

CHARACTERIZATION OF FOUNDRY SAND VIA THERMO-MECHANICAL REGENERATION TREATMENT

Abstract

The need of used chemical bonded sand regeneration from foundry industry occurs, specially, because of the increasing cost of this waste deposition in industrial land field, the use of new sand to the molding processes, and the decrease of non renewable natural resources. The regeneration is a treatment to remove from the used sand the resin layer adhered on the sand grain surface. In such way, it is possible to obtain cleaned sand closed to the new one. In this work, a alkaline phenolic resin based sand was treated. The experimental sequence was brittlemtent of used sand, mechanical and thermal regeneration. The products were characterized via fire loss, morphology and grain cleanness using electron scanning microscope. The combination of mechanical and thermal regeneration showed to be the most adequate to obtain a complete cleanness of the sand grains. This process may be considered as internal recycling, obeying the premises of cleaner production program.

Key words: Foundry used sand; Phenolic resins; Regeneration; Cleaner production.

¹ Artigo apresentado no 62º Congresso Anual da ABM realizado em Vitória, ES, de 24 a 28 de julho de 2007.

² Aluno de Graduação - Engenharia Mecânica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos/Unisinos. Av. Unisinos, 950 - São Leopoldo/RS, Brasil, CEP 93022-000. e Técnico Mecânico de Precisão Metalúrgica Lorscheitter Ltda. e-mail: rccgaspar@terra.com.br

³ Aluno de Graduação - Gestão Ambiental, Universidade do Vale do Rio dos Sinos/Unisinos. e-mail: dcalheiro@gmail.com

⁴ Técnico Elétrico-Mecânico, Escola Técnica Frederico Guilherme Schmidt. Rua Bento Gonçalves, 1171 - São Leopoldo/RS, Brasil, CEP 93010-220. e-mail: kaka@gmail.com

⁵ Profa. Dra. - Engenharia Mecânica - Núcleo de Caracterização de Materiais - Universidade do Vale do Rio dos Sinos/Unisinos. e-mail: felicianeb@unisinos.br

⁶ Membro da ABM, Prof. Dr. - Engenharia Mecânica - Núcleo de Caracterização de Materiais - UnisinoS. e-mail: cmoraes@unisinos.br

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o impacto ambiental dos resíduos sólidos gerados nas unidades fabris brasileiras tem aumentado consideravelmente. Diversas indústrias brasileiras estão adotando sistemas de gestão ambiental visando a certificação ISO 14000. A legislação no âmbito federal está em tramitação, enquanto as estaduais e municipais, em alguns casos já vigentes, constituem um dos fatores responsáveis pela conscientização ecológica no ambiente fabril. Entretanto, o principal agente estimulador é o fator econômico – redução de despesas com a compra de matéria-prima e insumos, gastos com o descarte, o tratamento de resíduos e transporte.

As exigências da legislação ambiental têm levado muitas fundições a aumentarem os seus gastos com o descarte de areias de moldagem em aterros especializados. Nas fundições, de uma maneira geral, são consumidas grandes quantidades de areia para a produção de moldes e machos. Sua utilização é feita por intermédio de diferentes processos: moldagem em areia a verde, shell, cura a frio, caixa quente, caixa fria e outros. Cada um deles possui suas peculiaridades e vantagens frente às necessidades do produto. Os tipos de resíduos gerados e os processos de recuperação, regeneração ou descarte também apresentam particularidades. A areia utilizada em grandes quantidades na confecção dos moldes, destaca-se sendo o mais gerado numa fundição de moldagem em areia, chegando a um percentual na ordem de 90% em massa de todo resíduo gerado.

Diversos métodos de tratamento de areias usadas de fundição têm sido implementados e estudados, como os processos de recuperação (destorroamento, separação magnética, resfriamento e classificação granulométrica – típico em todas fundições), regeneração mecânica a úmido e a seco, térmica e termo-mecânica.⁽¹⁻⁷⁾ Com o crescimento dos custos associados à disposição final, atualmente exigido pelos órgãos ambientais que sejam em aterros industriais, alternativas ambientalmente mais adequadas de gerenciamento dos excedentes de areia usada – a destinação a usos alternativos e, principalmente, a regeneração – passam a ser economicamente viáveis.

Regeneração é definida como um tratamento físico, químico, ou térmico de um agregado refratário. Até permitir seu reuso sem perda significativa de suas propriedades originais, como requerido pela aplicação. Para atingir este objetivo, deve ser avaliada o tipo de areia que entra no sistema de regeneração, o tipo de resina utilizado, e a área para seu reuso.⁽⁸⁾

Diehl⁽¹⁾ complementa a afirmação acima colocando que a reciclagem da areia usada via tratamento de regeneração, objetiva a produção econômica de uma areia (ou regenerado) isenta de contaminantes, ou seja, o tratamento deve remover da superfície dos grãos de areia usada, a maior quantidade possível de partículas estranhas e prejudiciais a confecção de peças de areia aglomerada com resinas sintéticas. O regenerado deve substituir o tanto quanto possível a areia nova. Contudo o processo de regeneração forma resíduos descartáveis, em quantidade que dependem fundamentalmente da qualidade exigida do regenerado. Estas perdas devem ser compensadas com areia nova.⁽¹⁾

A regenerabilidade de uma areia usada é afetada pela estrutura dos grãos, tipo de bentonita, teor de finos, resinas e sua quantidade adicionada, aditivos de moldagem, entre outros.

Este trabalho tem por objetivo estudar a caracterização estrutural e a avaliação do grau de limpeza dos grãos de areia fenólica, utilizada em fundições nos processos de moldagem e macharia, após uma regeneração termo-mecânica. Os ensaios foram realizados com amostras de areias procedentes do processo de moldagem da Indústria Metalúrgica Lorscheitter Ltda, localizada no município de São Sebastião do Cai - RS. A reutilização das areias fenólicas das fundições através da regeneração termo-mecânica se justifica em função das exigências da legislação ambiental que estabelece como destino final das areias de moldagem os aterros de resíduos industriais, causando um crescente custo para sua disposição. Também se justifica, pela redução de custo com a aquisição de areia nova para os processos de moldagem e macharia; além da preservação dos recursos naturais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A areia usada testada através de regeneração mecânica e térmica foi uma areia do processo de moldagem em areia com resina fenólica alcalina proveniente da Indústria Metalúrgica Lorscheitter Ltda, localizada no município de São Sebastião do Cai - RS.

A metodologia utilizada no desenvolvimento experimental é mostrada na Figura 1.

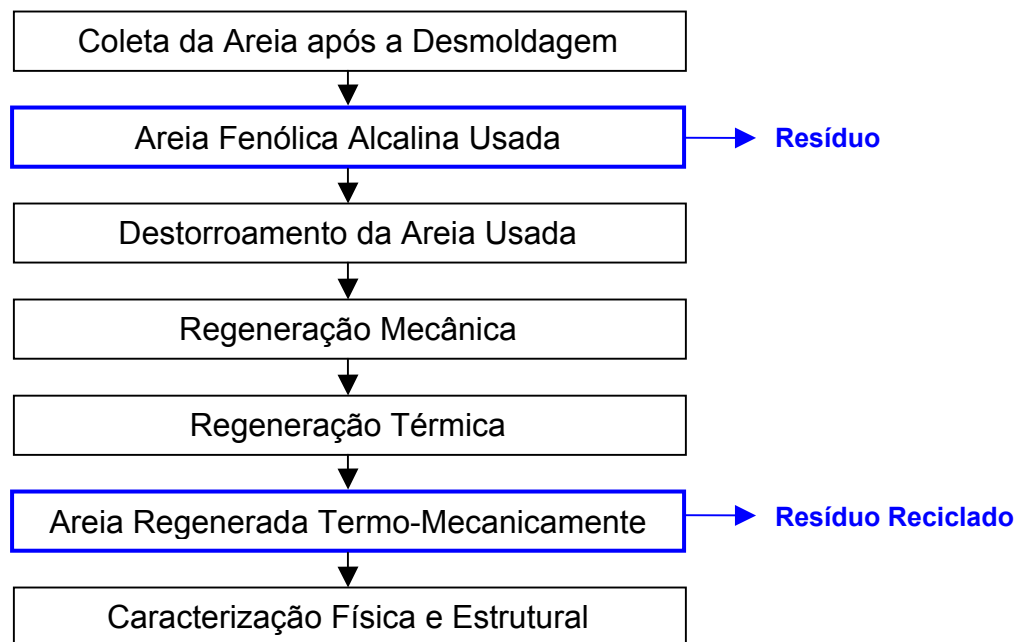


Figura 1: Fluxograma da metodologia experimental.

Tanto na regeneração mecânica, como na regeneração térmica houve a necessidade de se destorroar a areia antes de colocá-la no regenerador. O destorroamento é uma atrição primária onde os torrões passam por uma operação de peneiramento.

Em seguida a amostra passou para a regeneração mecânica, uma atrição secundária entre os grãos de areia. O protótipo do regenerador, mostrado esquematicamente na Figura 2, foi desenvolvido e está instalado no laboratório de fundição da UNISINOS, onde foram realizados ensaios com diferentes tempos de permanência e com uma rotação baixa de 400 rpm, para não ocasionar a geração excessiva de finos e quebra de grãos. No presente trabalho o tempo de atrição foi de 2 horas.

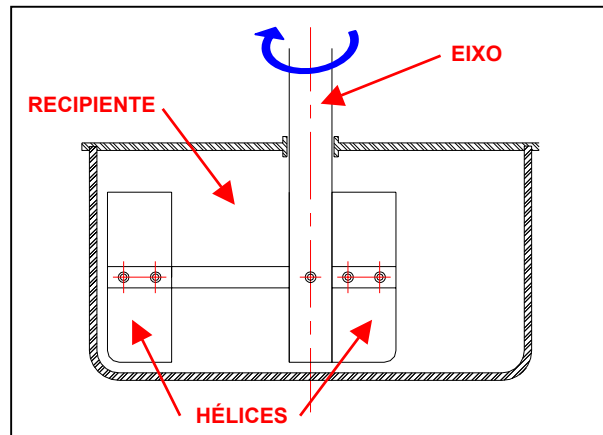


Figura 2: Desenho esquemático do regenerador mecânico.

Visando otimizar as condições da regeneração térmica, foram realizadas análises termogravimétrica e térmica diferencial (Figura 3), com o intuito de definir a temperatura do processo de calcinação. Através destas análises observou-se que a temperatura de decomposição da matéria orgânica ocorre no ponto de 568°C. Após esta prévia, com a temperatura já definida pelas análises térmicas, as amostras foram para a regeneração térmica em um forno tipo mufla. Foram ensaiados diversos tempos de permanência no regenerador, e através da perda de massa foram definidos os parâmetros do tratamento para esta etapa da regeneração. Para o presente trabalho utilizou-se a temperatura de 568°C e a amostra de areia (já regenerada mecanicamente) permaneceu a esta temperatura durante 1 hora, consideradas como as condições mais adequadas para completa limpeza dos grãos de areia.

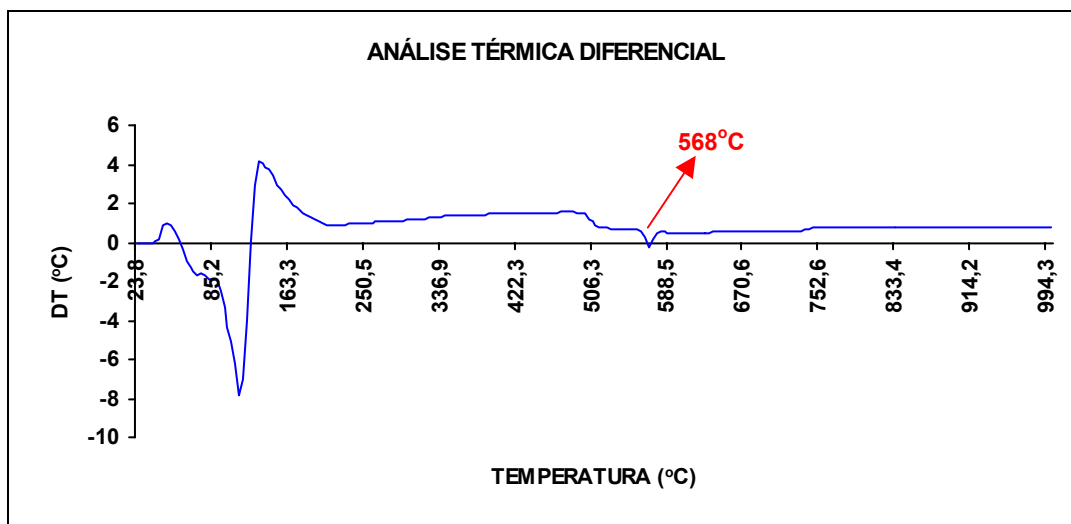


Figura 3: Análise térmica diferencial no resíduo (areia fenólica alcalina usada).

Após a obtenção da areia regenerada via o tratamento termo-mecânico, os produtos foram caracterizados em termos de granulometria (distribuição granulométrica, módulo de finura e percentual de finos) e perda ao fogo, nos laboratórios de construção civil e de Fundição da Unisinos, respectivamente. Estas análises foram realizadas de acordo com a Comissão de Estudos de Matérias-Primas - CEMP. A verificação superficial, tanto morfológica e grau de limpeza dos grãos, foram realizados via microscópio eletrônico de varredura (MEV) no laboratório de microscopia do Senai - Cetemp.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Granulométrica

Os resultados granulométricos (Figura 4) mostram uma grande semelhança entre a areia regenerada termo-mecanicamente com a areia base nova do processo. Na distribuição granulométrica (a) pode-se observar que a linha se manteve praticamente na mesma posição, porém houve uma leve diminuição do tamanho dos grãos de areia regenerada entre as peneiras 50 a 70, e como conseqüência o aumento da quantidade de grãos na peneira 100.

No módulo de finura (b), a areia regenerada termo-mecânica obteve um valor menor em relação ao da areia base nova, isto é, o tamanho médio virtual dos grãos da areia regenerada é maior, isto podendo ser decorrente do aquecimento do grão no tratamento térmico. O percentual de finos (c) comportou-se praticamente de acordo com o da areia nova, mas também apresentou uma pequena redução, isto sendo uma característica boa, tendo em vista de que o excesso de finos pode causar um gasto excessivo de resina bem como defeitos nas peças fundidas.

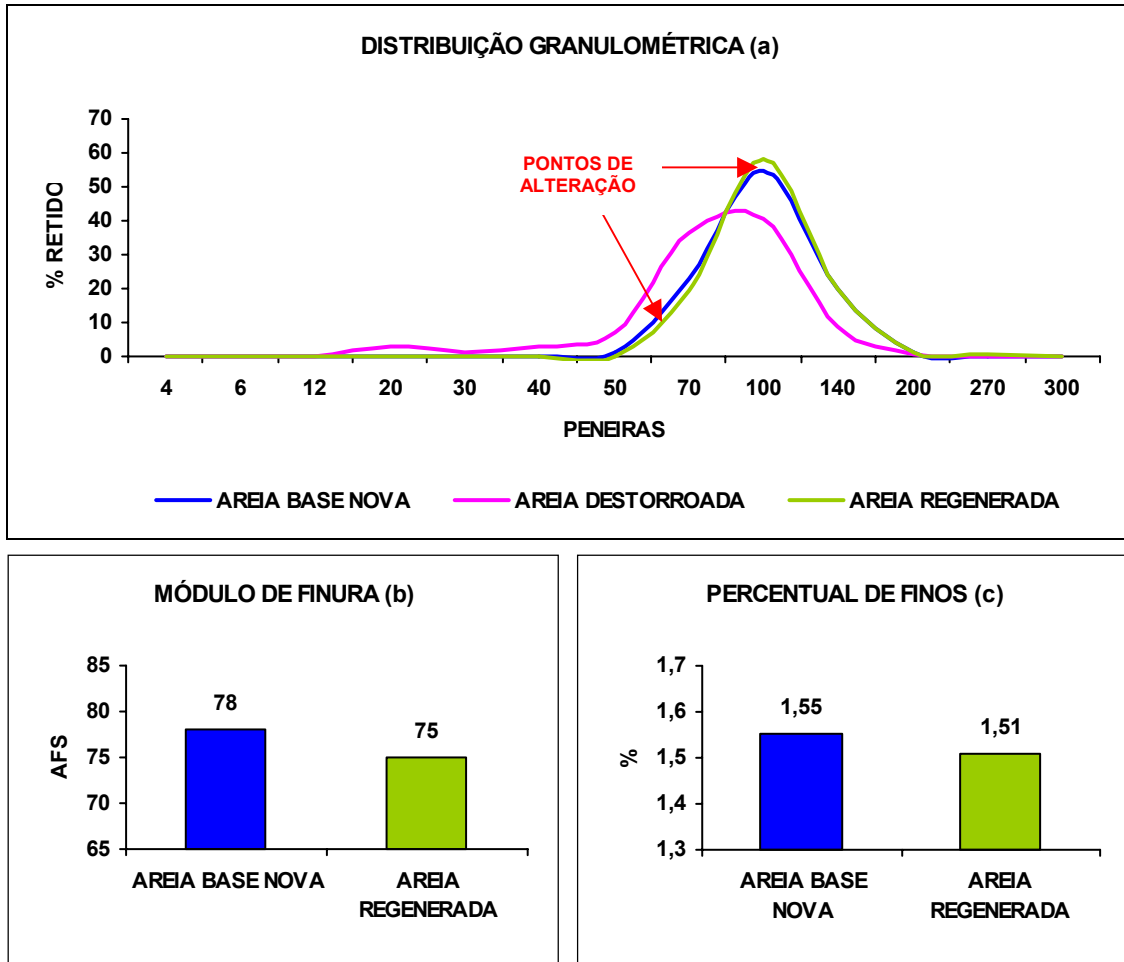


Figura 4: Caracterização granulométrica.

3.2 Perda ao Fogo

Notou-se que a partir de um determinado tempo durante a regeneração mecânica, aproximadamente 1 hora de permanência no regenerador, o grau de limpeza não sofreu alteração. Porém, passou a ocorrer um aumento de partículas finas, definindo-se assim os parâmetros mais adequados para a regeneração mecânica. Após o término desta etapa de regeneração, as partículas finas foram removidas dos grãos de areia, onde foram analisadas via perda ao fogo (Figura 5), com a intenção de observar a eficácia do tratamento mecânico.

Observou-se que após a regeneração mecânica, os finos gerados perderam uma massa em média de 3,09%, que indica ser o somatório de matéria orgânica presente na areia nova, e resina fenólica removida.

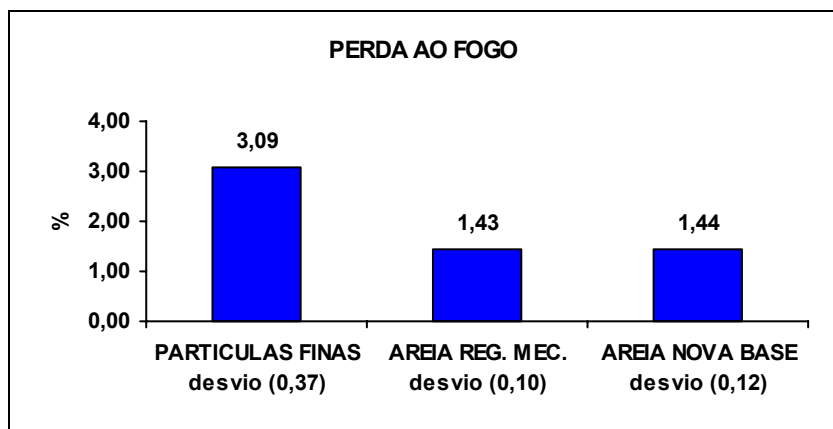


Figura 5: Análises de perda ao fogo após regeneração mecânica.

Nesta análise foram ensaiadas amostras de todas as etapas do processo da regeneração termo-mecânica, bem como, a areia base nova utilizada no processo de moldagem.

No quadro da Figura 6, pode-se observar que o resíduo sem tratamento (areia fenólica alcalina usada), apresenta pouca diferença em relação a areia destorroada, onde se comprova que apenas esta etapa de atrição primária, utilizada em algumas fundições como uma das etapas de recuperação não é eficaz, evidenciando uma grande presença de resina e material orgânico.

O resultado de perda ao fogo da regeneração termo-mecânica, indica um percentual muito baixo de 0,05% de remoção, comprovando que a temperatura utilizada no processo de calcinação obteve uma eficácia, e que além da resina, outras impurezas orgânicas da areia nova também foram removidas, Tornando os grãos de areia regenerados praticamente limpos baseado nestes resultados, e possivelmente mais limpos que a própria areia nova; o que será comprovado com a análise microscópica dos mesmos.

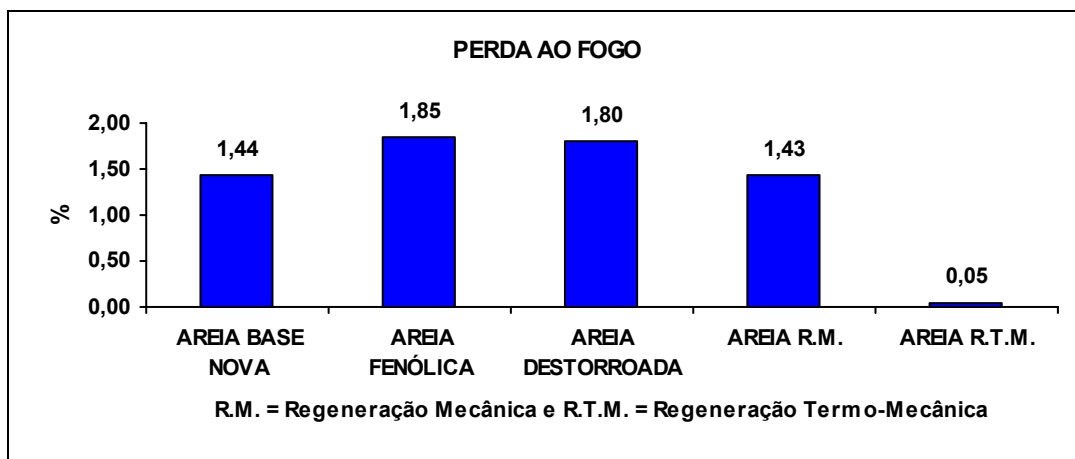


Figura 6: Perda ao fogo das areias analisadas.

3.3 Morfologia e Grau de Limpeza Via MEV

O aspecto visual foi analisado via microscopia eletrônica de varredura. As amostras foram analisadas sob baixo vácuo e não foram metalizadas, ajudando numa melhor visualização.

Pode-se verificar que após o destorroamento (Figura 7) as capas de resina ainda permanecem de grande tamanho (a) e com alguns grãos ainda ligados pela mesma (b).

Após a regeneração mecânica (Figura 8) os grãos já apresentam um certo grau de limpeza, com uma capa de resina mais fina (c) do que aquela existente após o destorroamento, onde se observou uma capa mais grosseira (a).

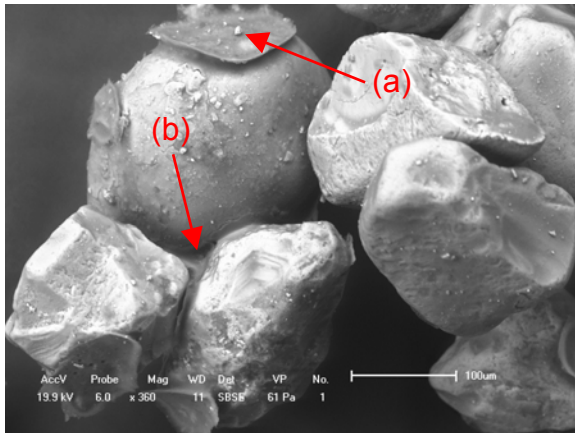


Figura 7: Após destorroamento (360x).

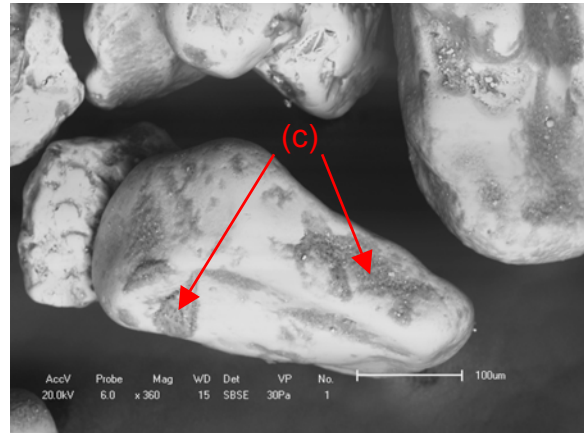


Figura 8: Após regeneração mecânica (360x).

Na imagem pós-regeneração térmica (Figura 9), constata-se a eficiência da regeneração termo-mecânica, onde nenhum grão analisado apresenta visualmente a presença de capas de resina e sim uma grande semelhança com a areia base nova (Figura 10) utilizada no início do processo de moldagem. Sua morfologia sofreu uma leve alteração quase imperceptível com um pequeno arredondamento nos grãos, devido ao cuidado tomado durante a regeneração mecânica, em termos de velocidade de atrição e tempo de permanência no regenerador.



Figura 9: Após regeneração térmica (360x).

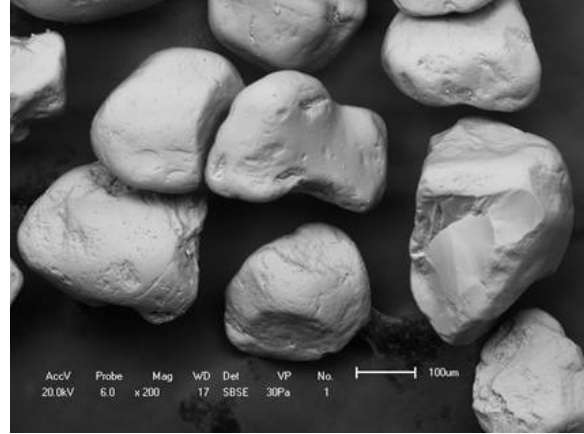


Figura 10: Areia base nova (200x).

Finalmente foram comparadas duas imagens, com magnificação pouco menor de 100x, entre a areia regenerada termo-mecânica (Figura 11), e areia base nova (Figura 12), onde verificou-se a semelhança morfológica e grau de limpeza.

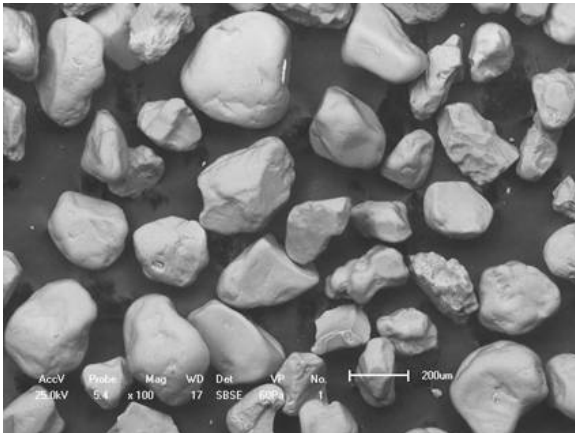


Figura 11: Areia regeneração termo-Mecânica (100x).

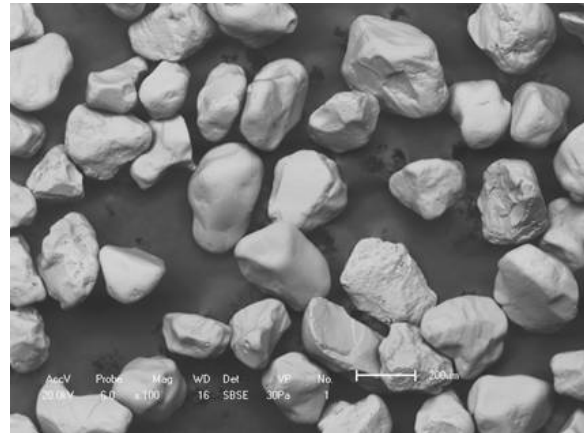


Figura 12: Areia base nova (100x).

A qualidade superficial do grão de areia base nova (Figura 13), deve ser levada em consideração, pois, as fissuras e as cavidades presentes nos grãos irregulares (a), tornam-se pontos de ancoragem para a resina, dificultando a sua limpeza na regeneração mecânica, e como consequência, necessitando de um tempo maior na regeneração térmica, onde o custo do processo de regeneração pode ser mais elevado. Já os grãos regulares (b), com ausências de fissuras e cavidades, contribuem para uma remoção mais rápida da resina Durante a regeneração mecânica e térmica.

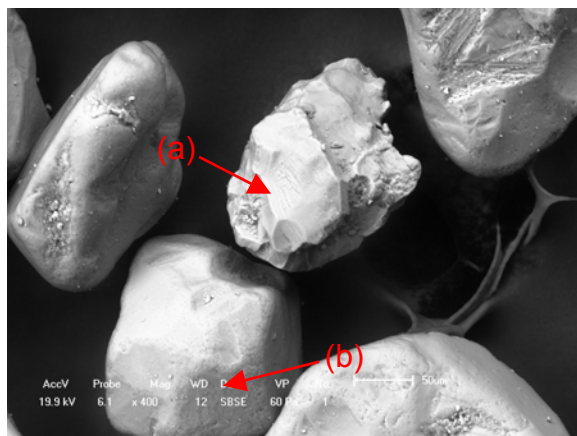


Figura 13: Areia base nova (400x).

A morfologia de partículas sedimentares, de acordo com Powers,⁽⁹⁾ vai de grãos muito angulares a grãos bem arredondados (Figura 14). A areia base nova do início do processo foi caracterizada de sub angular a arredondado conforme este quadro. Como este experimento teve apenas um ciclo de regeneração, sua forma não foi realmente alterada, e sim um leve arredondamento quase imperceptível devido à regeneração mecânica. Mas ao longo de varias regenerações, isto é, a mesma areia passando por diversas vezes no tratamento de regeneração aplicado no experimento, sua morfologia pode ter uma maior alteração.

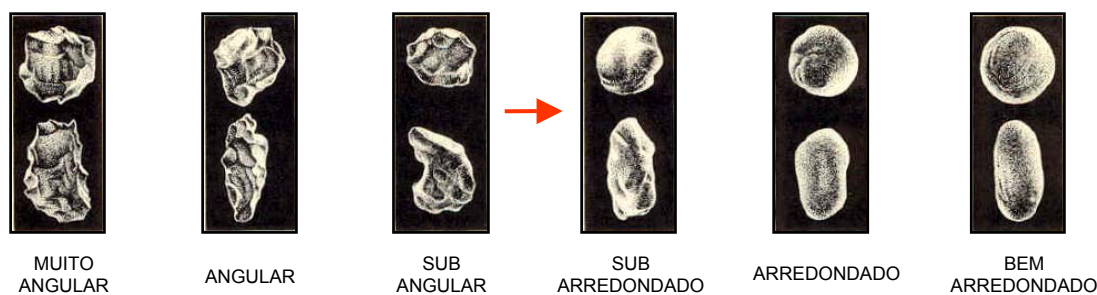


Figura 14: Morfologia de partículas sedimentares.⁽⁹⁾

A seqüência de regeneração adotada no presente trabalho, se mostrou eficiente na limpeza dos grãos de areia usada fenólica alcalina. Conforme observado na análise via MEV, constatou-se a necessidade da execução dos dois tratamentos, a regeneração mecânica e a regeneração térmica. Esta necessidade fica corroborada pela imagem da Figura 8, onde tem-se apenas o tratamento mecânico, ainda com a presença de resina, e pela imagem da Figura 15, onde o resíduo foi tratado apenas com regeneração térmica, após o destorroamento, pulando a etapa da regeneração mecânica, tendo ainda a presença de resina observada na indicação (a).

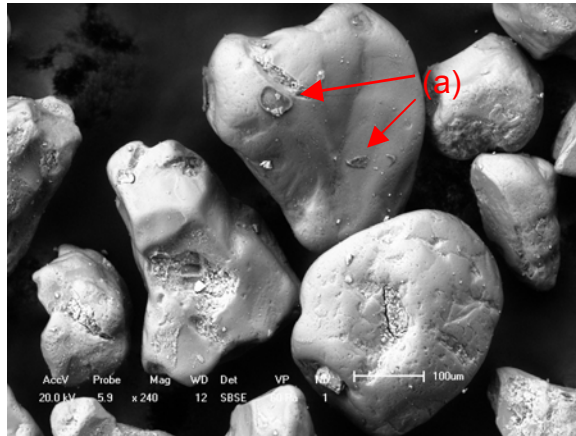


Figura 15: Areia regenerada apenas termicamente (240x).

Com isso, para se obter uma areia fenólica alcalina reciclada com características próximas da areia base nova, torna-se indispensável, além de uma regeneração mecânica, uma regeneração térmica, a uma temperatura de 568°C.

4 CONCLUSÕES

Apesar de vários processos tanto de regeneração mecânica como térmica já existirem em âmbito comercial sabe-se também que algumas dúvidas continuam, em especial quanto ao nível de eficiência da regeneração mecânica. Dentro das condições experimentais do presente trabalho mostrou-se que, somente com a regeneração mecânica ou térmica, a limpeza dos grãos de areia com camadas de resina fenólica é apenas parcial. Por outro lado, a combinação da regeneração mecânica com a térmica, nesta seqüência, apresentou resultados bastante eficazes para a completa limpeza dos grãos de areia.

Outros fatores devem ser levados em consideração, como o número de ciclos para reutilização do mesmo lote de areia regenerada, a geração de finos, a emissões geradas durante a regeneração térmica. Estes fatores fazem parte da continuação do presente trabalho.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Indústria Metalúrgica Lorscheitter Ltda, por disponibilizar seus produtos e informações para o presente estudo e ao Núcleo Tecnológico Senai CETEMP, pelo apoio nas análises via MEV.

Referências

- 1 DIEHL, M.D. Regeneração de Areias de Fundição; 51º Congresso Anual da ABM.
- 2 MALONE, M.D.; ROTH, J.; TRIKHA, S.K.; Thermal reclamation of ester-cured phenolic-bonded sands: a case history; AFS Transactions 97-109; 8 páginas.
- 3 MARIOTTO, C.L. Regeneração de Areias: Uma Tentativa de Discussão Sistemática; Fundição e Matérias Primas – Caderno Técnico – Jan/Fev 2000; pg A – T.
- 4 Reinert, M.I. Estudo da Recuperação de Areia Cura a Frio Por Via Térmica. Jornada SAM'98 – IBEROMET V, p. 109-112. 1998.
- 5 REIER, G.J.; ANDREWS, R.S.L. Planning for Thermal Sand Reclamation. AFS Transactions, p 347-354. 1984.
- 6 MURRAY, G.S. Ester – Cured Phenolic Resins With Improved Reclaimability. AFS Transactions, p. 497-501. 1994.
- 7 MORAES, C.A.M. Reciclagem de resíduos sólidos de fundição: uma análise crítica. 57º Congresso Anual da ABM, julho, 2002.
- 8 ARANZABAL, J.; URBINA, G.O.; SÁNCHEZ, J.A; GÓMEZ, M.L.; GORBEA, I.S. Used Sand Management in Foundries; REWAS'99 – Global Symposium on Recycling, Wast Treatment and Clean Technology – Volume – I; pg 85-93.
- 9 POWERS, M.C. A new roundness scale for sedimentary particles. Journal of sedimentary research. 1953; 23, p. 117-119.