



REUTILIZAÇÃO DA AREIA PRETA DE FUNDIÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Autores

André Luís Bonin — Pesquisador discente do Centro Superior de Educação Tecnológica CESET/UNICAMP, Especialista em Meio Ambiente. Endereço — Rua Argentina, 520 - BL 05 - Ap 13, Limeira SP, CEP 13484-900

Adilson J. Rossini — Tecnólogo Sanitarista pela CETESB, Especialista em Meio Ambiente, Professor Associado Departamento de Tecnologia Sanitária do CESET/UNICAMP. Endereço — Rua José Christovan Cardoso, 681, Limeira SP, CEP 13484-000

Antônio F. P. Zabin — Engenheiro Sanitarista e de Segurança, Especialista em Meio Ambiente pela Freios Varga S/A. Endereço — Rua Paulista, 262, Limeira SP, CEP 13484-000

Resumo

O processo desenvolvido a partir de estudos realizados, visa verificar a possibilidade técnica/econômica de reutilização do resíduo Areia Preta de Fundição como agregado na fabricação de artefatos de cimento. O método adotado para o trabalho levou em consideração os aspectos relacionados às características de material de construção e também aos aspectos de poluição ambiental adotando-se as seguintes etapas: conhecimento detalhado do processo gerador, caracterização completa do resíduo, estudos de composição do resíduo em artefatos de cimento, estudos e monitoramento ambiental dos produtos fabricados com o reuso e seleção das melhores alternativas de aplicação.

Com posse dos resultados obtidos nas etapas citadas ficou concluído que é possível o uso da areia preta de fundição em artefatos de cimento em proporções parciais ou totais conforme a necessidade de aplicação, substituição da areia normal de construção, obtenção de diversos tipos de artefatos de cimento como blocos, bloquetes, pisos, contra-piso, mourões, tijolos e outros.

Quanto ao aspecto de poluição ambiental, as análises comprovam que o produto gerado com o uso do resíduo apresenta parâmetros de aceitação quanto à não agressão ao meio ambiente.

Palavras-chave — Reutilização de Areia Preta, Reuso de Resíduo, Resíduo Sólido, Areia Preta de Fundição, Artefatos de Cimento, Meio Ambiente, Análises Ambientais, Possibilidade de Uso.

1 - INTRODUÇÃO

O crescimento das atividades humanas tem gerado sérios problemas de poluição ambiental, degradando aceleradamente os recursos naturais e consequentemente prejudicando a qualidade de vida e o próprio desenvolvimento do ser humano.

A preocupação com a preservação do meio ambiente e a necessidade de se tomar um caminho mais viável de desenvolvimento, de forma a não comprometer os recursos naturais (eco-desenvolvimento ou desenvolvimento sustentado), não está restrita apenas aos países de Primeiro Mundo, mais propaga-se para todas as economias do mundo.

Nesse contexto, especialmente a indústria metalúrgica a nível mundial também vem experimentando mudanças tecnológicas, visando melhorar sua compatibilidade com o meio ambiente.

No Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, os processos de fusão dos metais ferrosos vem provocando vários tipos de poluição ambiental, entre elas destaca-se a geração significativa de resíduos sólidos industriais, os quais necessitam ter uma destinação final adequada.

Entre os resíduos gerados nos processos de fundição, destaca-se a Areia Preta de Fundição, que pode ter suas características quantitativas e qualitativas diferenciadas, em função dos tipos de tecnologias de processos utilizados, porém sempre representado potencial de poluição devido as suas fases de manejo, ou seja, acondicionamento, armazenagem, carregamento transporte e descarte final.

Face aos grandes volumes de resíduos gerados e aos custos necessários para o tratamento e ou disposição final adequada, verifica-se que a solução desses resíduos também tem um componente econômico que pode encarecer o processo produtivo.

Em 1994, no território nacional foram produzidos cerca de 1.615.000 toneladas de peças acabadas, com geração estimada em 718.000 toneladas de Areia Preta de Fundição. Essa grande quantidade de resíduo necessita de disposição em aterros industriais adequadamente implantados e monitorados, essa disposição custa aproximadamente US\$ 29 milhões por ano, ainda sem levar em conta a ocupação de grandes volumes de aterros industriais, resultando assim na diminuição de suas vidas úteis.

Na verdade uma determinada sobra de processo produtivo é considerada um "resíduo", quando não representa mais nenhum tipo de valor para seu gerador e necessita ser "jogado fora", "descartado", "abandonado", etc.

A possibilidade de reutilização do resíduo Areia Preta de Fundição devolve -lhe algum tipo de valor para seu próprio gerador ou para outro interessado que possa reutiliza-lo de forma adequada.

Diante desses aspectos torna-se importante que as indústrias de fundição invistam em estudos que visem a melhoria das características qualitativas finais dos seus resíduos, tais melhorias compreendem alterações de processos, substituição de matéria prima, treinamento ao fator humano, etc., para garantir a geração de resíduos menos poluentes, e também a diminuição das quantidades geradas através de processos de reaproveitamento internos e externos dos resíduos.

Os principais fatores que fundamentaram a realização da pesquisa foram os seguintes:

- A preocupação com a utilização intensiva de reservas naturais de matérias primas (areia).
- Os problemas ambientais provocados com a disposição inadequada do resíduo no meio ambiente.
- Os custos elevados do tratamento, armazenamento, acondicionamento, transporte e disposição final adequada do resíduo.

2 - OBJETIVOS

Os principais objetivos da pesquisa são:

- Verificar a possibilidade técnica da utilização da Areia Preta de Fundição como agregado na fabricação de artefatos de cimento, quanto aos aspectos relacionados às características de material de construção civil e também aos aspectos relacionados a poluição ambiental;
- Melhorar as características qualitativas e minimizando sua geração da Areia Preta de Fundição através da otimização antes e durante o processo de fundição;
- Comprovar tecnicamente a segurança ambiental da utilização dos produtos fabricados com a Areia Preta.
- Definir um processo básico de reutilização da Areia Preta de Fundição como agregado na fabricação de artefatos de cimento.

3 - METODOLOGIA APLICADA

Etapa 1. Conhecimento dos Processos Industriais de Geração da Areia Preta de Fundição

Nesta etapa foram pesquisadas detalhadamente as características do processo industrial, possibilitando levantar os prováveis pontos de contaminação do resíduo nas diversas fases do processo.

Etapa 2. Caracterização da Areia Preta de Fundição

Nesta etapa foram investigadas as principais características do resíduo quanto aos aspectos relacionados ao seu comportamento industrial, ambiental e como material de construção civil.

Todos ensaios, testes e análises foram realizados com base nas normas técnicas existentes.

Etapa 3. Estudos de Composição do Resíduo em Amostras de Artefatos de Cimento

Foram estudados os principais comportamentos físicos e químicos dos artefatos de cimento elaborados com diversas composições de resíduo (traços).

Todos os testes foram executados conforme normas específicas existentes, ABNT.

Etapa 4. Estudos e Monitoramento Ambiental dos Produtos Fabricados com o Resíduo

Estudou-se o comportamento ambiental dos produtos fabricados com resíduo, através de ensaios de lixiviação, solubilização e massa bruta a partir de amostras do produto especialmente preparados e seguindo rigorosamente as normas técnicas existentes. Paralelamente também foram feitos os mesmos ensaios para produtos similares normalmente encontrados no mercado da construção civil, afim de se estabelecer uma referência para avaliar o grau de comprometimento ambiental possível com o uso do resíduo nesse processo.

Etapa 5. Seleção das Melhores Alternativas

Com base nos conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores da pesquisa, foram definidas algumas alternativas de utilização da Areia Preta de Fundição como agregado, levando-se em conta critérios tecnológicos, ambientais, econômicos e sociais.

4 - CONHECIMENTO DO PROCESSO DE GERAÇÃO DE RESÍDUO

O processo de geração do resíduo é o ramo da indústria metalúrgica que trata da fundição dos metais.

A fundição é o método mais curto para se obter peças acabadas. Consiste principalmente em verter metal ou ferro líquido em moldes ou caixas de moldagem, onde caracterizará a peça após a solidificação do metal.

O molde ou caixa de moldagem é formada pela areia, que transfere à peça todas as características do modelo.

A areia após perder sua condição de trabalhabilidade no processo é descartada, gerando assim grande quantidade de resíduo.

5 - CARACTERIZAÇÃO DA AREIA PRETA DE FUNDIÇÃO

A Areia Preta de Fundição é o componente fundamental no processo metalúrgico de fundição. Para entender melhor suas características analisaremos três aspectos:

Caracterização quanto aos aspectos no processo de fundição.

A Areia Preta de Fundição ou Areia de Moldagem é uma mistura de vários elementos que se combinam dando características de perfeita trabalhabilidade do bolo que compõem a caixa de moldagem.

Maleabilidade, compatibilidade, refratariedade, coesão, resistência a esforços mecânicos como compressão e tração, expansividade volumétrica, permeabilidade e perfeita desmoldagem são algumas características que a areia adquire devido sua mistura.

Todas essas características são possíveis devido ao processo de aglomeração executado pelos misturadores.

O processo de moldagem é do tipo regenerativo, isto é, o material que chega no final do ciclo de trabalho retorna através de correias transportadoras ao início do processo, assim reutilizando a mesma areia. Pelos vários motivos de perda do volume e da descaracterização dos componentes da mistura, torna-se necessário a frequente reposição de elementos e o controle de qualidade.

Essa reposição aumenta o volume de areia no sistema, havendo assim a necessidade de se retirar o volume excessivo, daí se dá a origem do resíduo.

A escolha de uma areia de modelação é uma escolha específica a cada tipo de metal ou ferro a ser fundido, devendo então ser fixada em função das características do uso a areia e todos os componentes da mistura.

Os componentes primários da mistura, em modo geral, são adicionados durante o processo para que todas as características da areia sejam mantidas. São basicamente seis tipos de componentes:

Todos os valores descritos são referentes a unidade industrial estudada.

- Areia do sistema regenerada 96,25% ~ 93,23%
- Areia base ou lavada 3,00% ~ 4,80%
- Pó de carvão 0,18% ~ 0,50%
- Bentonita 0,50% ~ 1,40%
- Amido de milho 0,07% ~ 0,10%
- Água conforme a necessidade

Os valores expressos são relacionados à massa da mistura, referente a um tipo de ferro fundido nessa unidade. A bentonita, o pó de carvão, o amido de milho e a areia base são os componentes acrescentados a cada mistura produzida.

O excesso de água na mistura causa danos a moldagem da caixa assim como a falta da mesma, portanto cabe determinar a umidade da mistura pelo controle de qualidade e trabalhabilidade.

Esses valores descritos podem variar conforme a necessidade da produção.

Caracterização quanto aos aspectos de poluição ambiental

Todo resíduo é classificado quanto as suas características físicas, químicas e infecto-contagiosas, conforme ABNT, através da NBR 10.004, que define três grupos de potencialidade de agressão ao meio ambiente e à saúde pública — Resíduo Classe I (perigosos), Classe II (não inertes) e Classe III (inertes).

A partir do conhecimento detalhado do processo de geração do resíduo pode-se definir com base nos resultados obtidos, quais os tipos de análises a serem executadas e que tipos de elementos serão determinados qualitativamente e quantitativamente.

Para a caracterização do resíduo foram adotadas as seguintes metodologias e suas respectivas normas:

- Amostragem de resíduos NBR 10.007
- Lixiviação de resíduos NBR 10.005
- Solubilização do resíduo NBR 10.006
- Massa Bruta do resíduo Método CETESB
- Característica física do resíduo Conforme ABNT e Outras

Os resultados das determinações e análises referente a classificação do resíduo encontra-se na tabela em figura 1.

Conforme resultados obtidos nesta etapa do projeto o resíduo apresentou a seguinte classificação:

Lixiviação — Conforme parâmetros estipulados pela ABNT - NBR 10.004, os elementos Chumbo (Pb) e Cromo (Cr) analisados que constam da listagem 7, não apresentam percolação no processo de lixiviação ficando abaixo dos valores limites; os demais elementos Mg, Fe, Al, Cu e Zn e os compostos Fenólicos não constam da listagem.

O resíduo, quando submetido ao processo de lixiviação, não libera nenhuma substância ou elemento que possam acusar degradação ambiental ou periculosidade, caracterizando-se como inerte.

Solubilização — Os resultados obtidos nas análises de solubilização mostram que o Ferro (Fe) e o Alumínio (Al) estão acima dos limites do Anexo H, Listagem 8 (NBR - 10.004).

Ferro (Fe) - Proveniente do metal fundido com a sílica existente na areia. Em alta temperatura há uma reação intensa pois o óxido de Fe escorifica a sílica, formando silicato de ferro de baixo ponto de fusão.

Alumínio (Al) - Proveniente do silicato de alumínio formador do argilo-mineral (Bentonita) empregado no processo.

Não é proveniente do metal fundido, pois o mesmo não apresenta o Al em sua composição metalográfica, tornando impossível a sílica reagir com o Al oxidando-o.

Os demais, elementos, Mn, Pb, Cu, Zn e Cr e os compostos Fenol e Sulfato estão abaixo dos limites estipulados na NBR - 10.004, Anexo H, listagem 8.

Conforme resultados obtidos no processo de análise de Solubilização, o resíduo Areia Preta de Fundição é considerado Classe II, nos padrões de solubilização devido aos metais encontrados no extrato solubilizado (Fe e Al). Os demais metais e compostos como o Fenol não ultrapassa os valores máximos estipulados na NBR - 10.004, Anexo H, Listagem 8 (Classificação de resíduos).

Apesar do resíduo Areia Preta de Fundição estar classificado como Classe II, pode-se considerar que o mesmo tem características de um Resíduo Inerte, em função dos baixos valores de Fe e Al encontrados no extrato de solubilização.

Massa Bruta — Conforme metodologia CETESB — Os resultados obtidos no método de análise, demonstram que o resíduo Areia Preta de Fundição classifica-se como inerte pois todos valores obtidos estão abaixo dos limites máximos exigidos no Anexo I, listagem 9 ABNT - NBR 10.004 (Classificação de resíduos).

Quanto aos aspectos de poluição ambiental, todos os valores analisados, demonstram que o resíduo, não causa grande risco ao meio ambiente, mas devido as grandes quantidades geradas e codispostas em aterros sanitários, disposição inadequada, esgotamento de aterros e a grande necessidade de se criar novas áreas de disposição, causa prejuízos e transtornos à indústria, estado e sociedade em geral.

Caracterização quanto aos aspectos de material de construção

Define-se agregado como sendo, material sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para produção de argamassa e concreto, conforme ABNT - NBR 9935/1987.

Agregado artificial é aquele resultante do processo industrial, incluindo a britagem de rocha ou pedregulho.

Conforme essa definição e as propriedades anteriormente analisadas, verifica-se a possibilidade de uso da Areia Preta de Fundição como agregado, parte inerte de argamassa e concreto. Para este uso foram analisados alguns aspectos tecnológicos na Areia Preta de Fundição, obtendo-se assim valores análogos a areia normal de uso na construção civil.

Análise tecnológicas no resíduo

Todos os testes de caracterização quanto aos aspectos de material de construção civil realizados com o resíduo Areia Preta de Fundição, levam em consideração os efeitos de sua composição na estrutura dos artefatos de concreto,

deste modo fornecendo-nos parâmetros de qualidade de aplicação da Areia Preta de Fundição como material alternativo

Direcionamento do uso do resíduo como substituto de agregados no concreto

Os resultados obtidos nas análises tecnológicas executadas na Areia Preta de Fundição determina a possibilidade de uso como substituto do agregado comum, tanto parcial como integralmente dependendo do concreto desejado.

A composição granulométrica de Areia Preta de Fundição deve ser modificada conforme o tipo de concreto a se obter, para tanto não se descarta o uso da areia normal (Areia Grossa) para essa composição, tal composição é necessária para se obter: trabalhabilidade da massa, resistência, redução do uso de cimento.

6 - ESTUDOS DA COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO EM AMOSTRA DE ARTEFATOS DE CONCRETO

Preparação da amostra

O resíduo Areia Preta de Fundição quando destinado a aterros sanitários apresenta no volume rejeitado características impróprias para confecção de artefatos de concreto.

Partículas metálicas são encontradas, formação de torrões endurecidos ou grumos, crostas compactadas e outras impurezas sólidas como: plásticos, pedaços de estopas e outros.

O processo de preparação consiste na limpeza da areia a ser utilizada para a perfeita aceitação na massa do concreto.

Os métodos utilizados para obtenção dos artefatos experimentais foram:

- Eliminação das partículas metálicas através da separação magnética.
- Eliminação de impurezas sólidas através de peneiramento.
- Moagem através de moinho de martelo ou de bola dos grumos e crostas encontradas.

Estudos de traços e comportamento tecnológico

Através de métodos descritos pela ABNT foram executados em laboratórios ensaios pertinentes a materiais para concreto, os resultados satisfatórios dos experimentos proporcionaram a possibilidade do uso do resíduo em substituição ao agregado comum em proporções definidas. Ver Gráfico em figura 2.

Artefatos como blocos, bloquetes, morões, contra-piso e outros foram confeccionados e testados com bom resultados.

7 - ESTUDOS E MONITORAMENTO DO COMPORTAMENTO AMBIENTAL DO PRODUTO FABRICADO COM A AREIA PRETA DE FUNDIÇÃO

O principal objetivo do projeto é verificar a possibilidade de reutilização do resíduo sem causar qualquer tipo de contaminação ambiental, para tanto depois de obtido o artefato de concreto, foram aplicadas análises pertinentes a quantidade e qualidade dos poluentes emitidos no produto acabado, os valores obtidos são as

médias de três análises conforme ABNT - NBR 10.004 (Classificação dos Resíduos Sólidos).

Considerando que um artefato de concreto qualquer, após ser utilizado é considerado um resíduo inerte (entulho de construção), analogamente podemos também considerar o artefato confeccionado com resíduo como o mesmo.

Todas as análises pertinentes ao monitoramento ambiental foram aplicadas também em produtos similares normalmente comercializados.

Os resultados obtidos nas análises de lixiviação e solubilização, demonstram que o resíduo quando transformado em artefatos de concreto, sofrem estabilização satisfatória dos possíveis elementos solúveis, portanto os elementos inicialmente encontrados na Areia Preta de Fundação quando resíduo incorporam-se satisfatoriamente.

Para tanto a Figura 3 - tabela de análises comparativas demonstra que os elementos encontrados nos artefatos de concreto similares são semelhantes à aqueles encontrados nas análises de artefatos compostos de Areia Preta de Fundação.

Pode-se observar muitos dos produtos similares encontrados normalmente no mercado demonstram, que quando submetidos as análises pertinentes a emissão de contaminantes (lixiviação, solubilização e massa bruta), apresentam concentrações maiores que as encontradas nos artefatos de concreto compostos de Areia Preta de Fundação.

Este tipo de comparação é importante, pois os aspectos ambientais devem ser considerados e forma prioritária, uma vez que os artefatos de concreto utilizando Areia Preta de Fundação não devem causar nenhum dano ao meio ambiente.

Contudo verifica-se que os produtos similares à disposição no mercado, comportam-se de maneira similar ou até mais agressiva quando comparados tendo como base o fator ambiental, demonstrando que, dentro dos critérios técnicos adequados a Areia Preta de Fundação pode seguramente substituir os agregados tradicionais.

8 - PROCESSO DE REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO

A metodologia desenvolvida em laboratório, Preparação do Material, gerou a possibilidade de preparar grandes quantidades de Areia Preta de Fundação para sua utilização através de artifícios mecânicos.

O processo consiste na separação física das partículas metálicas através de placas magnéticas capazes de atrair pequenas partículas, segue então para uma peneira classificatória que retirará impurezas como plásticos, estopas e outros. Essa etapa também tem a função de separar partículas finas de Areia Preta de Fundação, grumos e torrões, que seguem para um moinho, onde é quebrada sua estrutura coesiva, logo após retorna para o início do processo.

A Areia Preta de Fundação já limpa de partículas indesejáveis e com uma granulagem correta segue para o pátio de espera.

O metal separado retorna para o forno onde é refundido.

As partículas de impurezas sólidas são descartadas para o aterro. Assim fica concluída a unidade de preparação da Areia Preta de Fundação, ver figura 4.

Utilização dos resíduos nos artefatos de concreto

O resíduo Areia Preta de Fundação já preparado e acondicionado corretamente, segue para o processo de utilização na massa de concreto.

A Areia Preta de Fundição pode ser usada na mistura do concreto em unidades comparativas de massa ao volume dependendo do processo utilizado.

A tabela em figura 5 demonstra algumas aplicações e suas quantidades respectivas.

Custo/Benefício

A relação custo/ benefício gerado na reutilização da Areia Preta de Fundição é um grande fator que contribui para essa reutilização.

São vários os fatores que contribuem:

- Redução do custo do produto final.
- Redução dos custos de acondicionamento, manuseio, transporte, e disposição final do resíduo.
- Geração de um produto utilizável.
- Redução dos custos das matérias primas utilizadas na confecção de artefatos de concreto.
- Melhoria do ponto de vista da empresa quanto à sua imagem externa junto à comunidade, quando gera soluções aos problemas industriais, sociais e econômicos causados pelos resíduos.

Melhores alternativas de aplicação

O uso da Areia Preta de Fundição na construção civil tem grande campo de aplicação, uma vez que substitui a areia normal utilizada no processo.

As melhores alternativas de aplicação se dá em artefatos de concreto como:

- Blocos
- Tijolos
- Postes e morões
- Guias e sarjetas
- Bloquetes e outros artefatos de concreto

Pisos e contra-pisos também são boas aplicações para a Areia Preta de Fundição, levando em consideração o tipo de trabalho que sofrerá, para adequar a composição granulométrica.

Então os artefatos obtidos através de industrialização, blocos, bloquetes, guias e outros, com suas composições granulométricas definidas, já podem ser adequados ao trabalho e uso diário.

Utilização

O uso da Areia Preta de Fundição deve ser controlado e analisado.

Cada fundição têm uma característica de trabalho, tipo de metal fundido e material utilizado na composição da mistura da areia de moldagem, portanto, toda areia deve ser analisada antes de ser reutilizada.

Após a devida caracterização a Areia Preta de Fundição poderá ser utilizada, levando em consideração que todo artefato gerado pelo resíduo deverá ser monitorado quanto a sua capacidade de agressão ao meio ambiente.

Uso interno na industria

A indústria como fonte geradora do resíduo poderá utiliza-lo em suas instalações em concreto ou artefatos de concreto, desde que analisados quanto aos aspectos ambientais.

Diversas aplicações como piso, contra piso, bloquetes, blocos tijolos e outros.

Uso externo ou coletivo

O uso coletivo da Areia Preta de Fundição deve ser controlado por meios que possam manter a metodologia de aplicação e monitoramento controlados.

Para que isso aconteça, há a possibilidade de entidades empresariais e municipais exercerem essa função controladora.

Empresa - funcionários

A empresa poderá criar um consórcio de fornecimento de artefatos de concreto a funcionários, os artefatos seriam fornecidos a preço de custo e a empresa controlaria o monitoramento e a tecnologia.

Empresa - empresa

A grande quantidade de empresas do setor de fundição existentes podem tornar viável a criação de um único polo de reutilização de Areia Preta de Fundição, uma usina, onde se localizaria em um único ponto o processo de reutilização e monitoramento de artefatos de concreto.

Isso reduz custos e gera maior produtividade dos artefatos.

Empresa - municípios

A união de empresas privadas e o município pode promover a criação de uma usina para produção de artefatos de Areia Preta de Fundição, onde o município receberia da indústria o resíduo já preparado e produziria os artefatos, gerando assim condições de redução de custos para a construção de casas populares, guias, pisos, bloquetes e outros artefatos de concreto devidamente monitorados.

Venda da areia preparada a industria da construção civil

A indústria da construção civil como a principal consumidora de areia, poderá receber através da compra a preços de custos, a Areia Preta de Fundição.

O monitoramento e a transferência de tecnologia ficaria sob a responsabilidade da empresa que fornecedora da Areia Preta de Fundição preparada.

Muitas outras aplicações são possíveis, mas há a necessidade de monitoramento e que se execute os artefatos com tecnologia correta.

Para que isso aconteça as opções citadas em 8.4 são mais aconselhadas para reutilização da Areia Preta de Fundição.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.

Fica definido a possibilidade de uso da Areia Preta de Fundição em artefatos de concreto em proporções parciais ou totais conforme a necessidade de aplicação.

Seu uso quanto ao aspectos de material de construção vem demonstrando boa aceitação do resíduo em substituição a areia normal.

Através da tecnologia definida pode-se obter vários tipos de artefatos de concreto como: blocos, tijolos, bloquetes, piso, contra piso, postes, morões e outros.

Os aspectos ambientais analisados até o momento comprovam, através dos resultados obtidos, que o produto gerado pela Areia Preta de Fundição, nos dá parâmetros de aceitação quanto a não agressão ao meio ambiente.

Quanto ao fator de custo/benefício cabe salientar que, pelo simples fato de reutilizar um resíduo de um processo que seria destinado a aterros sanitários, e torná-lo em artefatos úteis com possibilidade de uso e comercialização com menores custos que os artefatos normais, demonstra a viabilidade da reutilização.

Pode-se considerar o trabalho concluído, quanto a possibilidade de uso do resíduo e os tipos de utilização proposta dando ênfase a metodologia aplicada e aos resultados obtidos nas diversas etapas da pesquisa.

Quanto aos aspectos de tecnologia e seus comportamentos, há a necessidade de que se desenvolva um controle mais rígido sobre o produto. Esses aspectos são relacionados ao monitoramento de construções e outros.

Outros tipos de Areia de Fundição devem ser testadas para adequação a tecnologia desenvolvida.

Outros tipos de resíduos poderão adotar a metodologia descrita e aplicada no projeto levando em considerações a periculosidade dos mesmos.

Recomenda-se então, para a utilização adequada dos resíduos que sejam seguidas todas as metodologias de controle ambientais e as técnicas de obtenção de artefatos de concreto, levando sempre em consideração as possíveis agressões ao meio ambiente.

A nível de pesquisa mais aprofundada deveria se monitorar os artefatos compostos por Areia Preta de Fundição, sob maiores condições de agressividade, tanto no aspecto tecnológico, quanto aos aspectos químicos e ambientais.

Os estudos para solução dos problemas gerados por resíduos devem ser encarados como prioridade. Fomentando o desenvolvimento de novos métodos e tecnologias de reutilização, propiciando o aproveitamento dos resíduos dentro de um contexto econômico e social, tornando-os novamente úteis.

11 - BIBLIOGRAFIA

- Merk, The Testing of Water, Federal Republic of Germany, 1974.
- Standard Methods, for the Examination of Water and Wastewater, Washington, DC 1989.
- USEPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical SW 846.
- Batstone, R: Smith, J E & Wilsom, D. the Safe Disposal of Hazardous Wastes, World Bank Technical Paper Number 93.
- Bernardes Jr. Classificação de Resíduos Sólidos Industriais, São Paulo, CETESB 1983.
- CETESB, Resíduos Sólidos Industriais Série Atas, SP 1985.
- CETESB, Resíduos Sólidos Industriais Corpo Técnico, SP 1992.

- CETESB, Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água, SP 1988.
- CETESB, Determinação de Fenóis em Água - Método colorimetria de 4 amina antiperina. L5.125 set/90.
- CETESB, Sólidos Determinação de Metais por Espéctro-Fotometria de Absorção Atômica, Anotações práticas.
- CETESB, Solo 2, Apostila de Uso e Ocupação.
- Bugher, R. Solid Waste Research Needs. Chicago, 1963.
- Boenish, Aachen, da Coldbox-Plus-Verfahren.
- SENAI, Centro de Fundição de Itaúna. Publicação Técnica - Areias de Fundição Aglomeradas com Argila. vol: 01,02,03,04.
- IPT, Tecnologia para Edificações, testes.
- IPT, Areias de Moldagem Aglomeradas com Argila, Claudio L. Moriotto, Notas de Aulas.
- Rampazo, D., Resinas Sintéticas para Fundição.
- Miranda, F.M., Depositos de Betonita e seus Aspéctos Geológicos e Tecnológicos.
- Souza Santos, P., Contribuição para o Conhecimento das Argilas usadas como Aglomerantes de Areias de Moldagem no Estado de São Paulo, 63.
- Notações de Campo, Foundry Cursos e Orientações Ltda. (visitas técnicas).
- Departamento Técnico, Fundição Varga - Catálogos e Notações de Processo.
- ABNT, NBR 10.004 - Resíduos Sólidos Set. 1987.
- ABNT, NBR 10.005 - Lixiviação de Resíduos Sólidos - Procedimento.
- ABNT, NBR 10.006 - Solubilização de Resíduos Sólidos - Procedimento
- ABNT, NBR 10.007 - Amostragem de Resíduos - Procedimento.
- ABNT, NBR 7617 - Análise Granulométrica em Areias - Procedimento.
- ABNT, NBR 5734 - Peneiras para Ensaio - Determinação.
- ABNT, NBR 7211 - Agregados para Concreto - Especificação.
- ABNT, NBR 7214 - Areia Normal para Ensaio de Cimento.
- ABNT, NBR 7215 - Ensaio de CimentoPortland.
- ABNT, NBR 7216 - Amostragem de Agregado - Método.
- ABNT, NBR 7217 - Determinação de composição Granulométrica dos agregados.
- ABNT, NBR 7218 - Determinação do Teor de Argila em Torrões nos Agregados - Método
- ABNT, NBR 7219 - Determnação do Teor de Material Pulverulento nos Agregados - Método.
- ABNT, NBR 7220 - Avaliação de Impurezas Orgânicas das Areias para Concreto - Método.
- ABNT, NBR 7221 - Ensaio de Qualidade de Areia - Método.
- ABNT, NBR 7222 - Argamassas e Concreto - Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral de Corpos de Prova Cilindricos - Métodos.
- ABNT, NBR 7251 - Agregados em Estado Solto - Determinação da Massa unitária - Método de Ensaio.
- ASTM - C 123-69- Standard Test Method for Lightweight Pieces in Aggregate.
- ASTM - C 227 - 81 - Potencial Alkali Reactivity of Cement Aggregate Combinations.
- Basílio, F. de A., Durabilidade dos Concretos. São Paulo, ABCP, 1980.
- Ferreira, O.P. A Utilização da Areia Fina na Fabricação do Concreto e sua Influência em Algumas Propriedades deste Material. São Carlos, EESC - USP, 1985. Dissertação de Mestrado.
- Petrucci, E.G.R., Materiais de Construção. Porto Alegre, Globo, 1970.
- Prudêncio, W.J., Carbonatação e Proteção da Superfície de Concreto. São Paulo, IBRACOM, 1984.

