

A REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA ANÁLISE DAS TECNOLOGIAS UTILIZADAS E SEUS RESULTADOS PRÁTICOS.

Sergio Luiz Segantino Pacheco (Faculdades Metropolitanas Unidas, FMU)

Ms. Antonio Estrella (Faculdades Metropolitanas Unidas, FMU)

Dra. Paula Meyer Soares Passanezi (Faculdades Metropolitanas Unidas, FMU e Universidade de Mogi das Cruzes (UMC))

RESUMO: O setor da construção civil é um dos setores que mais empregam no país. A discussão acerca da tendência de crescimento econômico requer uma análise da trajetória deste. O crescimento populacional exige a construção de novas moradias e que de outros empreendimentos, tais como saneamento básico, estradas, escolas, hospitais, etc.. Essa expansão da construção civil é inevitável. A reutilização de material descartado no canteiro de obras é uma tendência e necessidade para o aumento da eficiência econômica. O país possui legislação própria que trata do assunto, Resoluções do CONAMA, no 307 e 448, muito embora o desperdício ainda seja elevado comparado com outros países. A adoção de uma política de incentivo para o reaproveitamento dos minerais descartados pelas obras civis reduzirá a quantidade de minerais extraídos das jazidas e, conseqüentemente, haverá uma redução no impacto ambiental pelo reuso e reciclagem do entulho, onde podemos utiliza-los como sub-base para a pavimentação de vias públicas, a construção de blocos de concreto, utilizá-lo após triturado, como massa de regularização de piso e até como massa de revestimento. O referido estudo realiza uma análise da tecnologia – moinho ANVI500- e seu custo-benefício em empreendimentos de construção civil. A metodologia baseou-se em referencial teórico que trata sobre o assunto e estudo realizado por especialistas em tecnologias “limpas”. O reuso de entulho e outros materiais de construção reduzem gastos com transporte e compra de material. Além de gerar impacto positivo ao meio-ambiente. A destinação inadequada destes RCDs podem poluir os lençóis freáticos e causar outros danos maiores a natureza e ao homem.

Palavras-chave: Construção civil, Resíduos de construção civil, ANVI500, RSU.

INTRODUÇÃO

O advento da Revolução Industrial ocorrido no século XIX e a descoberta de novas tecnologias impulsionaram o consumo e a produção na sociedade mercantilista. A divisão do trabalho foi um marco que lançou as bases para o novo modo de vida e de produção que iria se perpetuar e dominar as relações nos anos vindouros.

O enfraquecimento da realeza e a emancipação do servo foram cruciais para a formação das cidades na era medieval. Como mostra Hubermann (2001, p.32) ***“Uma das modificações mais importantes foi a nova posição do camponês. Enquanto a sociedade feudal permanecia estática, com relação entre senhor e servo fixada pela tradição, foi praticamente impossível ao camponês melhorar sua condição. Estava preso a uma camisa-de-força econômica. Mas o crescimento do comércio, a introdução de uma economia monetária, o crescimento das cidades proporcionaram-lhe os direitos ele romper os laços que o prendiam tão fortemente. Quando surgem cidades nas quais os habitantes se ocupam total ou principalmente do comércio e da indústria, passam a ter necessidade de obter do campo o suprimento de alimentos. Surge, portanto, uma divisão do trabalho entre cidade e campo. Uma se concentra na produção industrial e no comércio, o outro na produção agrícola para abastecer o crescente mercado representado pelos que deixaram de produzir o alimento que consomem”***

O enfraquecimento do poderio feudal facilitou o ingresso dos servos rumo as cidades. A aglomeração de pessoas em um único local tornou a questão da moradia crucial e decisiva para manutenção destas neste espaço. Podemos dizer que a expansão e a formação das cidades naquela época está vinculada a capacidade do homem em solucionar a questão da moradia.

O Brasil possui atualmente um déficit habitacional de aproximadamente 5.546 milhões de domicílios, sendo que 4 629 milhões estão localizados somente na região Sudeste.(OLIVEIRA, 2011).

De acordo com os dados do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo, Sinduscon-SP, a expectativa de crescimento do setor para 2013 é de 3,5% e 4%.Em 2012, esse crescimento atingiu a cifra de 4,8%.(Valor Econômico, 2013).

O ritmo de crescimento econômico impõe uma utilização significativa de insumos de produção e conseqüentemente a produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Dentre os resíduos que compõem os RSU uma parte provem da construção civil. De acordo com Marinho (1991), os resíduos de construção civil são gerados quer por demolições, por obras em processo de reformas, por edificações novas, em razão do desperdício de materiais resultante da característica artesanal da construção.No Brasil, 98 % das obras utilizam métodos tradicionais. (MARINHO. 1991)

Segundo Dias (2004) apud Filho et alli (2012), estima-se que 50% dos recursos materiais extraídos da natureza provem da construção civil.

Por outro lado, os resíduos sólidos possuem valor econômico agregado. É possível ter uma visão diferente quando se falam em entulhos, sobras e em lixo em geral, uma vez que tais subprodutos geram valor econômico. Em geral, são conhecidos

como “resíduos sólidos” e não mais como “lixo” sem qualquer valor econômico sendo apenas e tão somente descartado este último. (DEMAJORAVIC,1995,)

O artigo tem o objetivo de apresentar como ocorre a reutilização dos RSU por meio do uso de tecnologias no segmento da construção civil. Tais tecnologias permitem o alcance da eficiência de uso dos materiais desperdiçados no canteiro de obras e consequentemente uma diminuição dos custos de construção.

A realização do estudo baseou-se no equipamento moinho ANVI500. São destacados os custos e benefícios obtidos com a utilização de tecnologias dessa natureza que permitem a reutilização do entulho gerado na construção civil. A criação de tecnologias como essa minimizam os impactos ao meio-ambiente e a vida nas cidades como também permite o uso eficiente dos RCD.

O referido artigo divide-se em seis seções. As três primeiras seções se ocupam em classificar o RCD dentro da categoria de resíduos sólidos urbanos (RSU) em conformidade com a legislação CONAMA no 307 e 448. Serão tratados nessas seções a destinação e reutilização dos RCD nos municípios brasileiros. A quarta seção fornece especificações acerca do moinho ANVI500 com seus custos e benefícios. A quinta seção aborda os resultados alcançados pelo uso desta tecnologia. Finalmente teceremos as considerações finais.

1. Geração de Resíduos da Construção Civil e Demolição (RCD).

O termo “Lixo” é o designativo daquilo que tecnicamente é denominado resíduo sólido, sendo o mesmo resultante da atividade das aglomerações urbanas. Os resíduos sólidos podem ser objetos que não mais possuem valor ou utilidade, porções de materiais sem significado econômico, sobras de processamento industrial ou sobras domésticas a serem descartadas, ou seja, qualquer coisa que se deseja jogar fora (AISSE, 1995).

O termo “resíduo sólido” diferencia-se do termo “lixo”, pois o ultimo não possui qualquer tipo de valor, já que é aquilo que deve ser apenas descartado, enquanto o primeiro possui valor econômico por possibilitar o reaproveitamento no processo produtivo (DEMAJOROVIC,1982)

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) compreendem os resíduos domésticos, comerciais e industriais são considerados como rejeito os resíduos que não tenham aproveitamento econômico por nenhum processo tecnológico disponível e acessível.

A massa de resíduos de construção e demolição (RCD) gerada nas grandes cidades é igual ou maior que a massa de resíduo domiciliar estimou que em cidades brasileiras de médio e grande porte a massa de resíduos gerados varia entre 41% a 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos. (PINTO,1999)

Figura 1 – Resíduos Sólidos de Construção e Demolição



Fonte: Extraído www.ferreirasantos.com.br

De acordo com estimativas internacionais, a produção de resíduos sólidos de construção e demolição (RCD) varia entre 130 e 3.000 kg/hab.ano. No Brasil, as estimativas variam entre 230 kg/hab.ano até 760kg/ano. A cidade de São Paulo, a produção de resíduos alcança a cifra de aproximadamente 280 kg/hab.ano. (PINTO,1999 apud JOHN & AGOPYAN,2000)

A geração de RCD nos países desenvolvidos varia bastante. O Reino Unido produz 880 a 1.120 kg/ano, a Suécia 136 a 680kg/ano e os Estados Unidos a cifra alcança 463 a 584kg/ano. (JOHN, 2000 apud FILHO,2013).

2. Classificação dos Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (RCD)

De acordo com a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA) de 05 de julho de 2002, que estabelece as diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil de forma a minimizar os impactos ambientais.

De acordo com o Art 2º da Resolução nº 307 e inciso I:

“I - Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;”

A geração dos resíduos de construção e demolição é influenciada por muitos fatores; dentre eles, podem-se citar as práticas de construção e demolição adotadas, os fatores de mercado e econômicos, a estrutura reguladora que fornece incentivos para minimizar a geração de resíduos nos canteiros de obra e os desestímulos para

dispor os resíduos nos aterros, entre outros fatores (BAKOSS e RAVINDRARAJAH, 1999).

De acordo com Oliveira (2011) et alli, a composição do RCD varia em função da região geográfica, da época do ano, do tipo de obra, dentre outros fatores. Estima-se que, em média, 65% do material descartado seja de origem mineral, 13% oriundos da madeira, 8% plásticos e 14% compostos por outros materiais. As construtoras são responsáveis pela geração de 20 a 25% desse entulho, sendo que o restante provém de reformas e de obras de autoconstrução.

De acordo com o Art 3º da Resolução no 307 do CONAMA, os resíduos da construção civil são classificados em 4 categorias:

-Resíduos (Classe A): correspondem aos resíduos reutilizáveis ou recicláveis. Temos nesse grupo: agregados provenientes de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem, tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto e ainda oriundos de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.

-Resíduos (Classe B): correspondem aos resíduos recicláveis, tais como, plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

-Resíduos (Classe C): englobam os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

-Resíduos (Classe D): abrangem os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Embora ainda não existam estatísticas de todo o país, o entulho gerado nos canteiros de obras no Brasil tem aproximadamente a seguinte composição: 64% de argamassa, 30% de produtos de vedação (tijolos), 6% de outros materiais (concreto, pedra, areia, etc..). é possível triturar 90% do entulho gerado na construção civil para a produção de componentes de argamassa e de construção civil. (CAMARGO, 1995)

Na Malásia, os resíduos da construção civil correspondem, juntamente aos resíduos industriais, a 28% do total dos RSU, enquanto que o resíduo doméstico totaliza 37% do total (BEGUN et alli, 2006 apud OLIVEIRA et alli (2011).

Na Austrália, os resíduos da construção civil correspondem a aproximadamente 37% do total de resíduos sólidos produzidos no país (TERRY, 2004). Em Hong Kong, no Kuwait e no Reino Unido, esse tipo resíduo corresponde a 38, 58 e 60%, respectivamente (TAM e TAM, 2006; RAHAL, 2007; DHIR et alli 2004 apud OLIVEIRA et alli (2011).

Nos Estados Unidos, estima-se que os resíduos de construção e demolição (RCD) correspondam a cerca de 10 a 30% do total de resíduos gerados no país (BROVIK, 2005 apud OLIVEIRA et alli (2011)

No Brasil, tem-se também sentido um crescimento na participação dos RCD no total dos RSU das cidades brasileiras. Diversas pesquisas apontam que os RCD já representam, em média, 50% dos RSU produzidos nas cidades brasileiras, com uma taxa média de geração em torno de 0,52 tonelada/hab.(CABRAL, 2007 apud OLIVEIRA et alli (2011).

A adoção de programas de reciclagem gera benefícios para toda a sociedade e para o meio-ambiente. Além de gerar uma redução do número de áreas de deposição clandestina, os gastos públicos serão diminuídos com gerenciamento de entulho. Por outro lado, aumenta-se a vida útil de aterros e jazidas de matéria-prima pela disposição organizada dos resíduos e pela substituição por materiais reciclados. A produção de materiais de construção reciclados gera uma economia para o setor da construção civil sem comprometer a qualidade das edificações (PINTO, 1994)

Segundo OLIVEIRA et alli (2011), cerca de 78% dos municípios brasileiros destinam menos de 5% dos recursos do seu orçamento para a gestão dos RSU (OLIVEIRA et alli (2011) apud BRASIL, 2002). O custo para se recolher 1 m³ de RCD na cidade de São José do Rio Preto (SP) era de R\$4,90 em 1999 (OLIVEIRA et alli (2011) apud PINTO, 1999), passando para até R\$27,00 em 2009 (OLIVEIRA et alli (2011) apud MARQUES NETO, 2009), ou seja, um aumento de 450% em dez anos.

Por outro lado, a deposição dos resíduos de construção na malha urbana, de forma descontrolada, acarreta impactos ambientais e prejuízos para a saúde pública incalculáveis. O amontoamento de entulho agrega lixo tornando-se abrigo de vetores transmissores de doenças (ratos, baratas, moscas, mosquitos) e de animais peçonhentos (cobras, escorpiões). Por outro lado, o amontoamento de entulho nas vias públicas além de comprometer a paisagem urbana gera a obstrução de córregos e rios. Além de gerar uma redução da vida útil dos locais adequados para a deposição dos resíduos não renováveis.(URBAN, 1996)

Além dos custos ambientais, há os custos referentes ao gerenciamento da deposição clandestina, e ao não aproveitamento desses dejetos que poderiam ser reciclados e utilizados em obras públicas. Dá-se início a um processo de transferência de custos, a irracionalidade da construção se transforma em custo

social. A reciclagem de entulho tem, como principal objetivo, transformar esses custos sociais em custos públicos ou privados, onde todos os agentes que intervêm no processo de geração dos resíduos de construção deverão ser atingidos. Assim, pode se começar a inverter o processo, extraindo do próprio problema, soluções para outras demandas, pela geração de materiais de baixo custo e boas características.

2.1. Destinação dos RCD e Principais Conceitos

A destinação dos RCD está determinada no Art 10 da Resolução no 448 de 21 de janeiro de 2012, que diz:

"Art. 10. Os resíduos da construção civil, após triagem, deverão ser destinados das seguintes formas:

I - Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de preservação de material para usos futuros;

II - Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

III - Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

IV - Classe D: deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Vale ressaltar que em conformidade com a Resolução supracitada, os conceitos de reutilização, reciclagem e beneficiamento são distintos entre si. A reutilização consiste em um processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo. A reciclagem por sua vez, consiste em um processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação. O beneficiamento por outro lado, submete o resíduo à operações e/ou processos que permitam a utilização destes como matéria-prima ou produto.

2.2. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) : tratamento dado aos RCD

De acordo com a Resolução nº 448, de 18 de janeiro de 2012, Municípios e o Distrito Federal tem um prazo de até 12 (doze) meses a partir da publicação desta resolução elaborar seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil.

Em conformidade com a Resolução supracitada:

“Parágrafo único. Os Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil poderão ser elaborados de forma conjunta com outros municípios, em consonância com o art. 14 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.” Resolução no 307, o tratamento dado aos RSU.

A princípio, Prefeitura Municipal da cidade de São Paulo, recolhe até 50kg/dia em domicílio de RCD desde que este esteja devidamente acondicionado em embalagens que possibilite o transporte. Uma outra opção do morador da cidade de São Paulo, consiste no encaminhamento de até 1m³ de RCD aos Ecopontos-unidades de descarte gratuito diário. Os volumes gerados acima de 1m³ devem ser removidos pelo agente responsável. Deve-se contratar empresas que removam esse RCD. Tais empresas operam com caçambas e devem estar cadastradas junto à Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP). Os agregados produzidos são empregados em obras de pavimentação e, embora sem desenvolvimento técnico adequado, na produção de pequenos componentes de concreto, como por exemplo, blocos de pavimentação.

Atualmente estão em operação as centrais de reciclagem em Belo Horizonte (com duas centrais com capacidade total de 300 ton./dia, em processo de ampliação), Ribeirão Pretas e Piracicaba. Em São José dos Campos, São Paulo e Londrina as centrais foram atualmente desativadas.

A utilização de um sistema de coleta de RCD é interessante do ponto de vista financeiro para as prefeituras uma vez que permite a redução global dos custos, além dos ganhos ambientais associados. Os custos com a implantação e operação do sistema de gestão do RCD são compensados pela redução da necessidade de coleta e deposição do resíduo depositado ilegalmente e pela substituição de agregados naturais adquiridos de terceiros utilizados em obras da municipalidade pelo agregado reciclado. O sistema será cada vez mais atrativo quanto maior o custo do agregado natural e do sistema de coleta da deposição ilegal. (PINTO, 1999)

Uma das principais deficiências das políticas de reciclagem RCD baseadas no modelo de centrais de reciclagem operadas pelas prefeituras é o risco de interrupção do funcionamento, dada à descontinuidade que caracterizam as ações das administrações públicas e com isso não existe garantia de continuidade destas políticas. (PINTO, 1999)

Outros municípios como São José do Rio Preto, Tocantins e Santo André estão analisando o problema. Este último município operou durante alguns meses uma pequena central de reciclagem experimental. (PINTO, 1999)

Em São José dos Campos, por exemplo, recentemente, experimentou a interrupção total da operação de sua central. A baixa atividade que caracterizou a operação da central de São Paulo culminou em seu recente fechamento. Esses são alguns exemplos do problema enfrentado pela adoção do modelo de centrais de reciclagem. A principal vantagem deste modelo é que há garantia do mercado para

o produto reciclado, já que a única aplicação cuja tecnologia encontra-se razoavelmente consolidada é o uso do agregado em pavimentação, os principais clientes nas cidades são as próprias prefeituras.(PINTO, 1999)

3. METODOLOGIA

A realização do estudo baseou-se no moinho de modelo ANVI500 cuja tecnologia permite a reutilização do RCD por meio da moagem destes. Verificaremos nos itens a seguir as especificações em relação a este maquinário e o custo-benefício que se obtém ao reaproveitar o entulho gerado na construção civil.

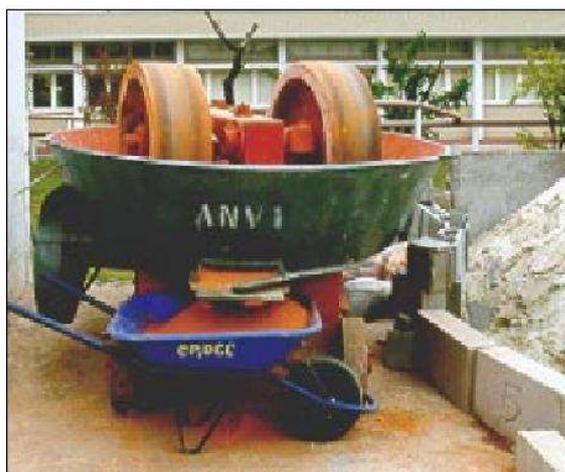
3.1. MOINHO PARA RECICLAGEM (ANVI 500)

O **ANVI500** é um moinho e misturador de argamassas, que são utilizadas na execução de alvenaria, revestimentos e enchimento de pisos. A economia proporcionada pelo uso do ANVI500 é de cerca de 30% da mão de obra, 50% do cimento, 40% da areia, 80% do cal e 97% das despesas do "bota fora" de entulho.

As matérias primas utilizadas para a produção da argamassa são: cimento, entulho (blocos cerâmicos e de concreto quebrados, tijolos e restos de argamassa), areia e água. A argamassa obtida é da melhor qualidade, estando pronta para ser utilizada nas edificações e construção de pisos.

Na fabricação de blocos de concreto, o material quebrado e desagregado pela ANVI500, utiliza-se um dispositivo especial. Recupera-se a areia e o pedrisco originais, faltando somente agregar cimento e água para moldar novos blocos. A economia de cimento é no mínimo 10% conforme testes práticos realizados.

Figura 1 – Moinho Misturador ANVI500



Fonte: Extraído de www.anvi.com.br

3.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO

Dentro de uma caçamba de piso horizontal, dois rolos moedores / misturadores, giram em torno de um eixo central vertical, puxados por manivelas de eixo duplo que lhes permitem elevar-se por cima do entulho, moendo-o. Obtém-se assim um material excelente, transformando em argamassa. Duas pás raspadeira de altura regulável empurram os materiais para baixo dos rolos moedores. A descarga da argamassa pronta para usar dá-se por uma comporta no piso da caçamba, com o moinho em funcionamento. O equipamento é fornecido com o motor elétrico instalado com polias, correias e protetores das mesmas qualidades (LEVY, 1997).

A trituração do entulho é realizada pela ação violenta dos rolos de 600 kg cada um. A argamassa obtida tem muita plasticidade, maciez e liga. Estas excelentes características estão dadas por:

- Produção de finos durante a moagem, os quais geram a liga entre os grãos de areia, e preenchendo os vazios, aumentam a impermeabilidade.
- Mistura perfeitamente homogênea. O cimento reveste cada grão de areia por igual.

Ao moer o entulho, obtêm-se:

- Areia, pó de cimento e pó de cal, que ainda têm parte da atividade aglomerante.
- Argila calcinada (blocos e tijolos cerâmicos com características 100% pozolânicas) ou; areia e cimento (blocos de concreto). Por isso, trocando 30% da areia por entulho, a argamassa obtida é 30% mais resistente à compressão, conforme ensaios realizados por diversos laboratórios.

A utilização do moinho, permite a produção de uma ótima massa fina, utilizando cal e areia sem peneirar, pois as pedrinhas desta são esmagadas pelos rolos moedores. Também, sem se utilizar entulho, com um traço de 1 de cimento, 2 de cal e 10m de areia, obtêm-se ótimas argamassas para assentamento e revestimento. Com apenas 3 homens, a ANVI500, tem a mesma produção de 3 betoneiras. A economia é de 6 homens.

3.2.1. CIMENTO

O cimento utilizado na pesquisa foi o CP II E – 32, por tratar-se de um material de fácil disponibilidade no mercado e, principalmente, por ser o cimento geralmente utilizado na produção dos elementos construtivos não estruturais de infraestrutura urbana.

Além do entulho utilizado no concreto objeto de análise desta pesquisa, usou-se também areia grossa tradicional e brita nº 1, para a confecção dos concretos de referencia, destinados à comparação dos resultados. O entulho utilizado foi separado de acordo com a dimensão de suas partículas em material miúdo e material graúdo.

3.2.2. RESÍDUO MIÚDO

Numa primeira fase da pesquisa utilizaram-se duas faixas granulométricas distintas de entulho para se avaliar o comportamento da resistência à compressão do concreto, diante da grande quantidade de material fino (passante pela peneira 0,3mm) presente no resíduo, aparentemente composto de grande quantidade de terra. As faixas utilizadas foram:

- Material passante pela peneira 38mm e retido pela peneira 0,15 mm
- Material passante pela peneira 38mm e retido pela peneira 0,3 mm

Já, na segunda fase do trabalho, adotou-se como agregado miúdo, toda a porção de entulho passante pela peneira 4,8 mm (Foto dois) por duas razões:

- Os resultados da resistência à compressão obtida na primeira fase de testes preliminares, não apresentaram diferenças significativas quando se utilizou a fração agregado menor que 0,3 mm.
- Separar a fração de agregado menor que 0,15 mm seriam comercialmente invisíveis.

3.2.3. RESÍDUO GRAÚDO

Como o objetivo era utilizar a maior quantidade possível do material produzido pela usina, foi utilizada a peneira 38 mm como o limite superior para a dimensão do agregado graúdo, já que esta peneira excluía apenas cerca de 1,5% a 3% do entulho. Usar esse material comprometeria a dimensão dos corpos de prova e, comercialmente, tal dimensão de agregado tem utilidade restrita.

4. TRAÇOS UTILIZADOS

Utilizaram-se os traços, em massa de 1:3; 1:5 e 1:7, por se tratarem de traços abrangentes em termos de dosagens comerciais.

4.1. RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO

A relação água/cimento utilizada em cada traço e para cada amostra, foi definida por tentativas, de forma a se obter consistência preestabelecida. Para o concreto confeccionado com entulho, esta consistência foi definida o estudo de dosagem (fase inicial da pesquisa) e estipulada, em abatimento, de 3+/- 1 cm. Este valor foi determinado visualmente, considerando-se como valores de contorno a melhor trabalhabilidade do concreto e o menor consumo de água.

Pra o concreto feito com os agregados tradicionais, que foi utilizado como elemento de referência, a consistência adotada foi de 5+/- 1 cm obtida da mesma forma que a do concreto com entulho.

Observou-se que os valores de relação são bem maiores que os comumente empregados na confecção do concreto de referência. Tal fato decorre da grande capacidade de absorção do entulho, principalmente pela fração constituída por materiais cerâmicos.

No entanto, é importante ressaltar, que somente parte da água apresentada pela relação água/cimento será disponível para as reações de hidratação do cimento, pelo menos nas primeiras idades, pois parte dela ficará temporariamente retida nos poros do agregado.

5. DISCUSSAO DOS RESULTADOS

A utilização do moinho ANVI500 e o reuso do entulho gerado n construção civil traz benefícios e vantagens para o empreendimento que o utiliza. A reutilização do entulho permitiu a maximização do uso dos resíduos empregando-se uma quantidade mínima de energia. Com esse material, produziu-se concreto em diferentes traços e relações água/cimento, que foi ensaiado à compressão simples, à abrasão e à permeabilidade, em idades distintas. Os testes mostram que, à medida que se diminuiu o consumo do cimento, a resistência à compressão se aproximou do concreto de referência, enquanto que a resistência à abrasão mostrou-se sempre melhor quando se usou entulho como agregado.

Considerando-se a possibilidade do uso da mão de obra para produzir a argamassa reciclada ser a mesma da argamassa convencional, os custos de mão de obra permanecem inalterados. Com a redução dos custos das caçambas e da argamassa produzida, o equipamento poderia custar até R\$ 1,62/ m² de construção para igualar o mesmo custo da remoção. Sendo R\$ 15.000 o custo do equipamento, o uso da reciclagem em canteiros seria viável em edificações com mais de 9.300 m² de construção. (LEVY,1997)

Os moinhos e misturadores de argamassa são utilizados na execução de alvenaria, revestimentos e enchimentos de pisos. Proporciona uma economia de 30% da mão de obra, 50% do cimento, 40% da areia, 80% da cal e 97% das despesas do “bota fora” de entulho, ANVI500 possui uma grande vantagem com relações aos demais, LEVY (1997) afirma que a diferença de custo por m³ desta argamassa em relação a uma mistura tradicional é da ordem de R\$ 26,00, ou seja, 42% mais barato, para ao traço utilizado em sua pesquisa com o preço dos materiais vigentes na época.

A seguir com base em estudo realizado pelo Prof. Dr. Vladimir A. Paulon , do curso de Engenharia Civil da Unicamp, elucidaremos os resultados obtidos com o uso na prática deste moinho.

5.1. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

O resíduo estudado para a realização do referido estudo apresentou uma ótima distribuição granulométrica, o que favorece o seu bom desempenho como agregado no concreto, uma vez que a presença de diferentes diâmetros, permite um melhor rearranjo entre suas partículas.

Os valores da resistência à compressão aos 28 dias, analisados inicialmente entre si, apenas os concretos onde se utilizou as amostras de entulho como agregado pode-se ver que à medida que o consumo de cimento aumenta, também ficam maiores as diferenças das resistências obtidas entre as amostras.

Comparando-se os concretos com entulho e o de referência (R), nota-se o mesmo comportamento descrito acima, ou seja, quanto mais fraco o traço menor a diferença da resistência entre os concretos com entulho e o de referência, tornando-se praticamente insignificante, no traço 1:7.

5.2. RESISTÊNCIA DO CONCRETO AO DESGASTE POR ABRASÃO

As resistências dos concretos ao desgaste por abrasão, obtidas nestes ensaios demonstraram uma superioridade daqueles onde se utilizou o entulho como agregado. O parâmetro utilizado para medir esta resistência é o desgaste sofrido pelo corpo de prova aos 1000 metros de percurso. Ele ficou em média 26% menor que o medido no concreto de referência.

Considerando a NBR 9457 - "Ladrilho hidráulico", utilizada como parâmetro para avaliar este ensaio em pisos de concreto, os concretos confeccionados com as diferentes amostras de entulho, foram "aprovados" no ensaio de resistência ao desgaste por abrasão, já que segundo ela, o desgaste aos 1000 m deve ser inferior a 3 mm. Quanto a este quesito, o material já poderia, por exemplo, ser utilizado em pisos de circulação de pessoas (como piso de hipermercados).

5.3. DETERMINAÇÃO DA PERMEABILIDADE DO CONCRETO

No ensaio de permeabilidade do concreto, os valores do coeficiente KT (que mede a permeabilidade do concreto ao ar) foram fornecidos por um aparelho denominado "Permeator", onde foram obtidos resultados com valores expressivos.

5.4. CURVA DE ABRAMS

A resistência de um concreto depende fundamentalmente do fator água/cimento, isto é, quanto menor for este fator, maior será a resistência do concreto. Mas, evidentemente, deve-se ter um mínimo de água necessária para reagir com todo o cimento e dar "liga" ao concreto.

A partir dos valores da resistência à compressão dos concretos confeccionados com o entulho e das respectivas relações água/cimento utilizadas em cada traço, obteve-se a curva relacionando estes dois fatores, conhecida como Curva de Abrams.

É de grande importância que a Curva de Abrams tenha apresentado o mesmo formato das curvas obtidas com o concreto de referência, pois dessa forma, ela poderá ser utilizada para o estudo de dosagens também desse tipo de concreto confeccionado do entulho.

6. APLICAÇÃO E USO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO

A quantidade de entulho gerado pela construção civil chega a representar 50% do lixo domiciliar dos municípios brasileiros. O descarte de entulho e de lixo domiciliar provocam sérios problemas ambientais, uma vez que grande parte dos resíduos é depositada de forma irregular. (PINTO, 1999).

Com base nessa premissa, técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e de diversas outras instituições de pesquisa passaram a estudar a reutilização do entulho desperdiçado. O objetivo foi desenvolver novos materiais para serem aplicados na própria indústria da construção.

Após analisar vários tipos de concretos os pesquisadores do IPT desenvolveram em laboratório uma metodologia para transformar entulho em argamassas de revestimento. Por conter basicamente cimento e areia, os resíduos de construção passaram por máquinas trituradoras para, em seguida, serem misturados a amostras de cimento novo.

6.1. OBRAS EM CONCRETO PREPARADO COM AGREGADOS RECICLADOS

Quanto à produção de concretos com agregados obtidos a partir de resíduos minerais reciclados, pode-se dizer que só a partir de 1928, começaram a ser desenvolvidas pesquisas de forma sistemática, para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados, oriundo de alvenaria britada e de concreto.

Porem, a primeira aplicação significativa de entulho reciclado, só foi registrado após o final da 2ª Guerra Mundial, na reconstrução das cidades européias, que tiveram seus edifícios totalmente demolidos e o escombros ou entulho resultante, foi britado para produção de agregados visando atender à demanda na época.

Assim, pode-se dizer que a partir de 1946 teve início o desenvolvimento da tecnologia de reciclagem do entulho de construção civil (LEVY, 2001).

Embora as técnicas de reciclagem dos resíduos minerais da construção civil tenham evoluído não se pode afirmar com absoluta convicção, que a reciclagem tenha se tornado uma idéia amplamente difundida.

Na Europa, de acordo com dados de 1995, havia um desperdício equivalente a 200 milhões de toneladas anuais entre concreto, pedras e recursos minerais valiosos.

Tal volume de materiais seria suficiente para se construir uma rodovia com seis faixas de rolamento interligando as cidades de Roma e Londres.

Felizmente, nações tecnologicamente desenvolvidas como Estados Unidos, Holanda, Japão, Bélgica, França e Alemanha entre outras, já perceberam a necessidade de reciclar as sobras de construção civil e tem pesquisado o assunto intensamente, visando atingir um grau de padronização dos procedimentos adotados para obtenção dos agregados, atendendo desta forma aos limites que permitem atingir um padrão mínimo de resistência e de uso de tais materiais.

CONSIDERACOES FINAIS

Os resíduos da construção civil acarretam o aumento do custo final das construções somado aos custos de remoção. A reciclagem e ou reutilização destes materiais, visa não apenas reduzir os custos como também preservar os recursos naturais, diminuindo os efeitos maléficos ao meio ambiente.

Apesar de causar problemas, o entulho deve ser visto como uma fonte de materiais de grande utilidade para a construção civil, bastando apenas ser processado e servir como matéria-prima em algumas etapas de obras, com valores agregados muito altos.

A utilização do entulho como matéria-prima na produção de produtos similares aos convencionais coloca-o em uma posição de destaque de competitividade. Torna-se uma alternativa economicamente viável apesar de não haver ainda normas técnicas que especifiquem qual o percentual de entulho reciclado permitido nos materiais estruturais da construção civil.

Apesar dos esforços voltados a adoção de tecnologias limpas na produção de cimento portland, segundo dados da Associação Brasileira de Cimento Portland, a redução de 5% no próximo triênio é quase impossível. As projeções para o setor da construção civil são de crescimento forte para esse período. Portanto, a utilização de RCDs é importante para a preservação do meio-ambiente. (Valor Econômico, 2013)

Vimos que o estudo realizado pelo Prof Dr. Vladimir A Paulon de reutilização de entulho gerado na construção civil apresentou resultados significativos no que tange a resistência e argamassa gerada a partir do uso deste material (entulho).

Na prática observou-se uma absorção de água bem superior à do agregado tradicional, devido tanto à sua grande porosidade como a maior quantidade de finos existentes neste resíduo. O grau de resistência alcançado aos 28 dias obtida pelos concretos com entulho foi de 49%, 62% e 93% da resistência do concreto de referência, utilizando-se os traços 1:3, 1:5 e 1:7, respectivamente.

Observou-se também um aumento de resistência do concreto ocorrido dos 28 aos 60, foi mais significativo no traço 1:7 que nos traços mais fortes (1:3 e 1:5). Além disso, nos traços mais pobres (menor consumo de cimento), os valores de resistência obtidos pelo concreto com entulho se aproximaram mais dos apresentados pelo concreto de referência (tanto aos 28, como aos 60 dias). Isto pode ser explicado pelo fortalecimento da pasta de cimento nos traços mais fortes, o

que contribui, neste caso, para que o agregado (ou a zona de transição) seja a parte mais frágil do concreto.

No que diz respeito a resistência ao desgaste à abrasão apresentada pelo concreto objeto deste estudo, ficou em média 26,5% superior àquela obtida pelo concreto de referência, que utilizou areia e brita como agregado.

Os resultados obtidos com respeito a compressão, abrasão e permeabilidade, realizados com o concreto confeccionado com entulho, permitem concluir que este tipo de concreto atende as exigências de fabricação de peças de concreto para a construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004. Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro (RJ); 1987.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 10520. Apresentação de citações em documentos: procedimento. Rio de Janeiro, 1988.

ÂNGULO, S.C. Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. São Paulo, 2000. 155p. dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ANVI, HTTP: // WWW.anvi.com.br/prod04.php, São Paulo, (acesso em 25.09.2005).

ANVI. Reciclagem de entulho - ANVI 500- MOINHO E ARGAMASSADEIRA. Folder. 1997

AISSI, M. M., OBLADEN, N. L., Santos, A. S. Aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos. CURITIBA: CNPq/ITAH/IPPUC/LHISAMA- UCP, 1982.

BONELLI, C.M.C. Tese de mestrado: recuperação secundária de plástico proveniente de resíduos sólidos urbanos do rio de janeiro, Rio de Janeiro (RJ); julho (1993) IMA/UFRJ.

BRITO FILHO. J. A. Cidade versus entulho. In: 2º sem. Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem na Construção Civil. São Paulo, IBRACON 1999.

BROLLO, M.J; SILVA, M, M. Política e Gestão Ambiental em Resíduos Sólidos. Revisão e análise Sobre a Atual Situação no Brasil, (21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental). Foz do Iguaçu: ABES 14 a 19 set. 2001. Anais em CD-ROM.

CARVALHO, J. O. “PROJETO ÁRIDAS’ – Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o nordeste”. GT VI – Políticas de Desenvolvimento e Modelo de Gestão. VI. 5 – Avaliação dos programas de Desenvolvimento Regional, 1994.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Padrões e Normas Técnicas. São Paulo, 1995.

CONAMA, Resoluções 307 e 448. (www.conama.com.br Acesso em 15 de abril de 2013)

COELHO, P.E.; CHAVES A. P. Reciclagem de entulho – Uma opção de Negócio potencialmente lucrativa e ambientalmente simpática. Areia e Brita São Paulo, v2, n5, 1998.

DEMAJOROVIC J. A evolução dos modelos de gestão de resíduos sólidos e seus instrumentos. (Cadernos FUNDAP); 1996.

DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades. Revista de Administração de empresas. São Paulo, v.35, n3. 1995

DONAIRE, D. Gestão ambiental na empresa. São Paulo: Atlas 1995

FERREIRA, J.A. Lixo domiciliar e hospitalar: semelhanças e diferenças, Rio de Janeiro. , 1995.

GUNTER, W.M.R. Minimização de resíduos e educação ambiental. In; Seminário Nacional de Resíduos sólidos e limpeza pública. Curitiba, 2000.

HUBERMANN, L A Historia da Riqueza do Homem.Ed. LTC, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de saneamento básico. Disponível em www.ibge.gov.br

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil - contribuição metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (livre docência) São Paulo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

LEVY, S. M. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. (Tese Doutorado) São Paulo, 2001 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Maria E. Dias de, SALES, Raquel Jucá de Moraes,OLIVEIRA, Lúcia Andréa Sindeaux, CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental v.16 n.3 | jul/set 2011 | 219-224.

PINTO, A. G. Plástico. In: IPT/ CEMPRE. Lixo municipal: Manual de Gerenciamento Integrado, 1999

PINTO, T.P. Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 203 p. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção Civil) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999

SINDUSCON, <<http://www.sindusconrn.com.br>> Acesso em 02 de março de 2013.

VALOR ECONOMICO, 2013. <http://valoreconomico.br> Acesso em 10 de abril de 2013.

ZORDAN, S. E. A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto. Campinas: Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Dissertação (Mestrado),1997