

## VI-061 - CARACTERIZAÇÃO E PROPOSTA PARA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONCRETO GERADOS EM LABORATÓRIOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

**Roberto Bernardo da Silva<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil e Ambiental pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estácio. Doutorando em Transportes na Universidade de Brasília (UnB).

**Paulo Sérgio Pereira da Silva<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estácio e em Saneamento Ambiental pela AVM. Mestrando em Geotecnia na Universidade de Brasília (UnB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** QNL 02, Bloco “D”, Apt° 321 - Taguatinga - Brasília - DF - CEP: 72155-214 - Brasil - Tel: (61) 8130-8586 - e-mail: roberto.bernardo@catolica.edu.br

### RESUMO

A construção civil é uma das atividades mais antigas de que se tem conhecimento. O uso de material reciclado na construção civil se tem registro desde a segunda Guerra Mundial. Com o despertar de líderes e governantes para a reutilização de resíduos de construção e demolição é que começou então o despertar das construtoras a voltarem sua atenção a esta fonte alternativa de matéria prima, a ser reutilizada no setor. Diante deste cenário, apresento esse trabalho com o propósito de provar que, como já realizado tantos outros testes com materiais dessa natureza, o resíduo analisado apresentou para os traços propostos resistência satisfatórias. O agregado analisado tratou de resíduos de concretos rompidos em laboratório e com o objetivo de apresentar um destino ambientalmente correto. Os resultados de caracterização mostraram que a parte analisada no caso a fração considerada agregado miúdo, estão dentro dos valores já encontrados para esse tipo de agregado. O que chamou a atenção foram os valores da resistência dos corpos de provas quando analisado separadamente. Quando realizado uma análise estatística verifica-se que por conta da heterogeneidade do resíduo e por se tratar de agregado que já passou por esses mesmos testes de rompimento. É de se considerar que o material não apresente mais a mesma resistência à compressão, por isso, a diferença nos resultados apresentados. Através dos resultados apresentados pelos traços definidos, permitiu a conclusão de que o resíduo pode ser utilizado como agregado miúdo para a confecção de concreto não estrutural destinado a infraestrutura urbana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reaproveitamento, Resíduos, Concreto, Materiais de Construção.

### INTRODUÇÃO

Segundo Sinduscon-DF (2014) construção civil é uma das indústrias que mais utiliza recursos naturais e é, também, a maior geradora de resíduos, sendo que a tecnologia construtiva adotada no Brasil favorece o desperdício de materiais.

Um grande problema relacionado à construção civil é a geração de resíduos. Os resíduos de construção e demolição (RCD) ocupam grande volume para disposição final. Considerando que 13% das cidades brasileiras pesquisadas no censo de saneamento possuem aterros sanitários, 7% possuem aterros especiais e que, apenas, 5% possuem usinas de reciclagem, deve-se propor e implementar métodos de tratamento de resíduos (IBGE, 2014).

Em função da realização dos maiores e mais importantes eventos esportivos no Brasil, principalmente a Copa do Mundo de 2014 e as Olimpíadas do Rio em 2016, assim como as obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) I e II do Governo Federal, a indústria da construção civil brasileira apresenta atualmente um ritmo de crescimento muito superior ao de décadas anteriores.

O forte crescimento do setor está associado, portanto aos incentivos do governo e a uma demanda cada vez maior. Esses incentivos governamentais para a área da construção civil foram estruturados no longo prazo, como o caso do programa habitacional, aceleração de algumas obras de infraestrutura e até a perspectiva de início de algumas obras. Por isso esse setor tem se mantido num crescimento muito forte.

No Distrito Federal o ritmo de crescimento e dinamismo da indústria da construção civil não é diferente. A vocação de Brasília para grandes obras é indiscutível. Desde a construção da cidade, em tempo recorde, a capital demonstra dinamismo acima da média no setor. O crescimento populacional, a migração, a alta renda e o padrão de qualidade de vida estimulam o mercado brasileiro.

Segundo Sinduscon-DF, (2014), o mercado brasileiro da construção civil é o segundo maior do país. Ficando atrás somente para São Paulo. O que não é para menos: o mercado de Brasília cresce, historicamente, a uma velocidade maior do que a dos demais centros urbanos brasileiros. Apenas nos últimos três anos, o setor da construção civil cresceu em torno de 25% no DF. A estimativa do setor é que o volume de negócios já chegue a cifra de R\$ 3,5 bilhões anuais (Dieese, 2012). O que representa cerca de 13% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Somente para o mercado imobiliário, calcula-se que esse número possa chegar a R\$ 4,5 bilhões (Sinduscon-DF, 2014).

O impacto da indústria da construção civil na renda e na vida de Brasília é enorme. O setor gera de forma direta cerca de 70 mil empregos. Sem falar na geração de empregos indiretos (PED-DF). Essas características fazem da construção civil uma verdadeira vocação produtiva de Brasília.

Não obstante, com a crescente degradação ambiental dos recursos naturais causada pela atividade humana no planeta, vem sendo cada vez mais significativa a perda de recursos naturais, com sérias consequências.

A escassez de matéria prima para a construção civil é a principal delas. Já que a indústria da construção civil é uma das maiores consumidoras de recursos naturais.

Laboratório de Materiais de Construção é considerado um espaço de maior importância para a formação, seja a nível técnico como na formação de engenheiro civil.

O Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Católica de Brasília gera significada quantidade de resíduos no decorrer de cada semestre. O espaço é de uso comum para os cursos de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da própria instituição. Onde são realizados diversos tipos de ensaios laboratoriais.

Para a criação de um Sistema de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos gerado no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Católica de Brasília, faz se a importância de realizar este trabalho.

Tenho habilidades ao assunto abordado, pois trabalho no laboratório mencionado, tendo conhecimento na área de engenharia ambiental e engenharia civil, onde facilitará melhor o desenvolvimento desta pesquisa.

Dias (2004) afirma que o modelo de desenvolvimento econômico adotado atualmente é baseado no lucro e no consumismo. Neste modelo, os recursos naturais são usados como matéria-prima, e procura-se lucrar intensivamente com escala de produção cada vez maior. Dessa forma, degradamos o meio ambiente, perdemos qualidade de vida.

A ISO 14001 traz especificações do Sistema de Gestão Ambiental (SGA). O objetivo do SGA é gerenciar os principais impactos ambientais gerados pela empresa. Para isto, desenvolve uma política ambiental, identificar-se os quesitos legais e avaliam-se os impactos ambientais. Em sequencia determinar-se os objetivos e metas para a elaboração do Programa de Gestão Ambiental (PGA) e procede-se a implantação do sistema.

A Resolução CONAMA N° 307, define, classifica e estabelece os possíveis destinos finais dos resíduos da construção e demolição, além de atribuir responsabilidades para o poder público municipal e também para os geradores de resíduos no que se refere á sua destinação.

E a mesma Resolução citada acima especifica em seu capítulo VI que, a reutilização é o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo.

O poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos das diretrizes e das demais determinações estabelecidas nesta lei e em seu regulamento (BRASIL, 2012).

Em anos recentes, o esgotamento das jazidas de agregado natural de boa qualidade perto dos grandes centros consumidores, o aumento dos custos de transporte, o acirramento da competição comercial entre os produtores de concreto e a conscientização da sociedade, que demanda leis de proteção ao meio ambiente, vieram a contribuir para um melhor entendimento desta questão (NETO, 2011).

Segundo Mehta & Monteiro (1994, p. 251.), entulho de construção de concreto demolida fornece fragmentos nos quais o agregado está contaminado por pasta endurecida de cimento, gipsita e outras substâncias em menor quantidade. A fração que corresponde a agregado miúdo contém, principalmente, pasta endurecida de cimento e gipsita e é inadequada para a produção de concreto. Entretanto, a fração que corresponde a agregado graúdo, embora coberta de pasta de cimento, tem sido usada com sucesso em vários estudos de laboratório e de campo.

Uma revisão de vários estudos indica que, comparado ao concreto com agregado natural, o concreto do agregado reciclado teria no mínimo dois terços da resistência à compressão e do módulo de elasticidade, bem como trabalhabilidade e durabilidade satisfatória.

Este trabalho tem por objetivo geral pesquisar e adotar medidas de gestão ambiental em conformidades com os novos padrões ecológicos, priorizando da melhor forma possível a redução da quantidade de materiais utilizados, o reaproveitamento dos possíveis resíduos gerados e, enfim, a possibilidade de reutilização e reciclagem dos mesmos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Materiais reciclados na construção civil

A construção civil é uma das atividades mais antigas de que tem conhecimento e, desde os primórdios da humanidade, foi executada de forma artesanal, gerando como subproduto grande quantidade de entulho mineral. Tal fato despertou atenção dos construtores já na época da edificação das cidades do Império Romano, e dessa época datam os primeiros registros de reutilização de resíduos minerais da construção civil na construção de novas obras (ISAIA, 2010).

De acordo com Wendler e Hummel, (1946 *apud* Isaia, 2010), a primeira aplicação significativa de entulho reciclado só foi registrada após o final da Segunda Guerra Mundial, na reconstrução das cidades europeias. Elas tiveram seus edifícios totalmente demolidos, e o escombros ou entulho resultante foi britado para produção de agregados visando atender à demanda na época.

A criação de programas nacionais, em todo planeta, direcionados à adoção de estratégias de desenvolvimento sustentável compatíveis às necessidades de redução dos processos de extração e uso dos recursos naturais sinaliza para a necessidade de se implementar, no Brasil um programa de manejo, aproveitamento e agregação de valor aos resíduos de construção civil (ISAIA, 2010).

Notadamente que toda atividade desenvolvida no setor da construção civil é considerada geradora de entulho. Portanto, no processo construtivo, o alto índice de perdas do setor é a principal causa do entulho gerado. Em todo o mundo, a quantidade de entulho gerado corresponde, em média, a 50% do material desperdiçado. No Brasil produz-se 850.000 t/mês de entulho, no Reino Unido 53.000 t/mês e no Japão 6.000 t/mês (FERNANDES, 2006). A mesma autora afirma ainda que, em alguns países europeus, Japão e nos EUA, o reaproveitamento de entulho já é uma prática fazer a reciclagem do entulho, atestando totalmente a sua viabilidade tanto técnica como econômica. Alguns governos locais dispõem de leis exigindo o uso de materiais reciclados na construção e em serviços públicos.

### **Agregados de concreto reciclado**

Segundo Mehta (1994), concreto reciclado ou concreto de entulho britado pode ser uma fonte economicamente viável de agregados, em locais onde agregados de boa qualidade são escassos e quando o custo de disposição do entulho é incluído na análise econômica.

### **Situação dos resíduos de construção civil no Brasil**

Ao longo do desenvolvimento das cidades, a ação do homem sobre o meio ambiente urbano modificou totalmente as características naturais dos espaços físicos, o que resultou na degradação dos recursos naturais e na poluição do ar, da água e do solo, comprometendo a qualidade de vida presente e futura das cidades (MALHEIROS & ASSUNÇÃO, 2000).

Segundo esses autores, o desenvolvimento urbano sem critérios ambientais, a pressão do crescimento populacional e a dificuldade das cidades em suprirem a demanda por infraestrutura refletem uma situação caótica. A complexidade desses problemas requer ações dos gestores para buscar soluções permanentes e sustentáveis.

Segundo Neto (2005) em países em desenvolvimento como o Brasil, o setor da construção civil tem importante papel no processo de crescimento e redução do desemprego, dada sua capacidade de rapidamente gerar vagas diretas e indiretas no mercado de trabalho e absorver significativo percentual da mão de obra nacional. Assim pode se dividir o papel estratégico desse setor em déficit habitacional e desemprego. Porém, a construção civil é uma atividade econômica com efeitos nocivos ao meio ambiente, por contribuir para o esgotamento de recursos naturais, consumir energia, poluir o ar, o solo e a água e produzir resíduos. A indústria da construção civil constitui-se, portanto, em uma das principais fontes de degradação ambiental, com enorme geração e má deposição de resíduos das diferentes etapas do processo produtivo.

De acordo o mesmo autor, os resíduos de construção e demolição (RCD) são parte integrante dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e representam, atualmente, um dos maiores problemas para o saneamento municipal. Esses resíduos são provenientes dos serviços de infraestrutura e da execução de novas construções urbanas, demolições e reformas de construções existentes. Estima-se que, para cada tonelada de lixo recolhido, são coletadas duas toneladas de entulho originado do setor de construção civil. Esse dado alarmante revela a necessidade de políticas de controle, coleta, transporte, e disposição final e que viabilizem o emprego desses resíduos de construção e demolição reciclados como matéria-prima na confecção de novos materiais.

Entretanto, no Brasil, segundo Teixeira (2001), o reaproveitamento do entulho é restrito, praticamente, à sua utilização como material para aterro e, em muito menor escala, à conservação de estradas de terra. A prefeitura de São Paulo, em 1991, implantou uma usina de reciclagem com capacidade para 100 t/hora, produzindo material utilizado como sub-base para pavimentação de vias secundárias, numa experiência pioneira no Hemisfério Sul. E boa iniciativa teve Belo Horizonte – MG. Onde a prefeitura está implantando um programa para correção ambiental de áreas degradadas pela deposição clandestina de entulho, com a criação de uma rede de áreas para sua captação. O programa é completado pela instalação de usinas de reciclagem que produzirão materiais para uso em obras e serviços públicos.

### **A indústria da construção civil no Distrito Federal**

De acordo com Sousa (1983 e Ribeiro, 1991 apud PAVIANI, 2012), a urbanização do Distrito Federal iniciou-se com os primeiros canteiros de obras, como os da Vila Planalto, Cidade Livre, Candangolândia, Metropolitana e “acampamentos” e outros locais, sendo que nos dois últimos, havia pavilhões para abrigar os operários, somando 17.013 pessoas no censo de 1959. Nesses, a precariedade e o imprevisto foram dignos de nota, registrando-se revolta dos trabalhadores.

Em 1957, havia poucos núcleos urbanos como Planaltina, Brazlândia, Núcleo Bandeirante e o Plano Piloto, já as demais localidades eram acampamentos de construtoras ou favelas. Um ano antes da inauguração, havia 64.314 habitantes e em 21 de abril de 1960, ao ser inaugurado o Plano Piloto, o Distrito Federal contava com 141.742 habitantes. Pode-se afirmar que, o decréscimo populacional por correntes migratórias importantes ocorreu em razão da demanda por operários na construção civil, da transferência da Capital e da paulatina mudança do Congresso Nacional, dos Tribunais e Ministérios Sousa (2012, apud PAVIANI, 2012).

Hoje, o distrito Federal, de acordo o censo do IBGE de 2010, registra 2.469.489 habitantes, distribuídos em 31 regiões administrativas.

Segundo Silva (2011) a expansão da construção civil no Distrito Federal, com projeção de crescimento na ordem de 20% ao ano, conforme informação do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal (SINDUSCON-DF) preocupa o Instituto de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Distrito Federal (IBRAM). O crescimento da população que é atraída pela possibilidade de emprego público no Distrito Federal produziu um *déficit* habitacional na ordem de 180 mil moradias nos últimos anos e sendo este fator, aliado à ocupação irregular do solo, sem política clara ou eficiente de controle das invasões de terras, traz enormes dificuldades a busca de um crescimento sustentável do Distrito Federal.

Ainda segundo o mesmo autor, um dos fatores que impulsionam o crescimento do mercado imobiliário é o Programa “minha casa minha vida”, do governo Federal, que visa ampliar o financiamento de moradias para a população de baixa renda.

Por ser uma das cidades sede da Copa do Mundo em 2014, houve já grandes obras de infraestrutura como é o caso da construção do novo Estádio Nacional de Brasília (Mané Garrincha), que foi completamente demolido e que todo o resíduo foi reaproveitado em sua reconstrução.

### Desenvolvimento sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável estende às gerações futuras a sobrevivência do planeta em que vivemos. Torna-se imprescindível o uso racional dos recursos naturais, da energia e da implantação de mais lógica na gestão de resíduos (John 2001, *apud* NETO, 2005).

A partir dessa conceituação, verifica-se que o desenvolvimento sustentável deve ser composto por ações variadas em diversas dimensões, abrangendo desde a escala individual, na qual a ação parte do interesse de cada indivíduo, até a escala mundial, na qual a ação é realizada mediante encontros que estabelecem debates e acordos entre organizações governamentais e não governamentais de diversos países, com a finalidade de viabilizar a sustentabilidade mundial.

O desenvolvimento sustentável considera como meta o crescimento econômico aliado à preservação da natureza e à justiça social, modificando as relações culturais das nações em decorrência das mudanças nos padrões de consumo (ONU, 1992).

Com a formulação da Agenda 21 na Conferência do Rio 1992, os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável passaram a ser discutidos e estudados. Os princípios contidos na Agenda 21 têm sido sucessivamente interpretados em diversas agendas locais e setoriais.

### Construção sustentável

Segundo a Agenda 21, definição de construção sustentável é como produção e gestão responsável por um ambiente saudável, construído com base em princípios ecológicos e com eficiência de recursos.

A construção sustentável, segundo VÁZQUES (2001, *apud* NETO, 2005), baseia-se na redução dos resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, na utilização de materiais recicláveis, reutilizáveis ou secundários e na coleta e deposição de inertes. As medidas devem ser tomadas com o objetivo de transformar resíduos em recursos reutilizáveis. No caso dos resíduos de construção e demolição, se forem selecionados, classificados e adequadamente limpos, transformam-se em agregados secundários prontos para serem usados em aterros ou concretos de baixa resistência.

### Impacto ambiental

A Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986, dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental. Em seu artigo primeiro, defini impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a



segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

Neto (2005) afirma que todas as etapas do processo construtivo causam impactos ambientais, como: extração de matéria-prima, produção de materiais, construção, utilização e demolição. Um dos aspectos relevantes é a redução do desperdício na fabricação de materiais e componentes, nas fases de execução dos empreendimentos e após seu término. A reutilização de materiais, tanto nos canteiros de obras como depois das demolições, deve ser implementada como procedimento de minimização do desperdício. Os processos de reciclagem devem ser desenvolvidos a fim de produzir novos materiais passíveis de uso pelo setor da construção civil.

Segundo Kilbert (1994, *apud* NETO, 2005), reduzir o impacto ambiental causado pela construção civil é tarefa complexa, sendo necessário agir em várias frentes de maneira combinada e simultânea, tais como: minimizando o consumo de recursos; maximizar a reutilização de recursos; utilizar recursos renováveis ou recicláveis; criar ambiente saudável e não tóxico e buscar a qualidade na criação do ambiente construído.

No Brasil, segundo John (2001, *apud* NETO, 2005), os grandes impactos ambientais decorrem de vários fatores, dentre os quais se encontra o enorme peso do setor da construção civil na economia. O *construbusiness*, neologismo muito utilizado para denominar a cadeia produtiva da construção civil, corresponde a 14% da economia. Toda atividade humana requer um ambiente construído saudável e adequado às suas operações, e os produtos da construção civil têm sempre grandes dimensões.

A geração elevada desses resíduos, combinada com a atuação desregrada de parte dos agentes, implica a imposição à população de um número significativo de áreas degradadas, na forma de bota-foras clandestinos ou de deposição irregulares (PINTO, 2005).

#### Consumo de recursos naturais

A indústria da construção civil atualmente é a maior consumidora de matérias-primas naturais do planeta, seguida pela indústria de alimentos (TEIXEIRA, 2001).

Oliveira (2001) informa que a construção de edifícios, tão importante para a demanda social por habitações no Brasil, envolve o consumo de grandes quantidades de recursos físicos do nosso planeta, haja vista que um metro quadrado de construção utiliza cerca de uma tonelada de materiais.

#### Legislação e normas vigentes no país para gerenciamento de resíduos

##### Normas brasileiras para gerenciamento manuseio e produção de agregados

O Brasil é um dos poucos países a ter aprovado normas específicas para utilização de agregados reciclados. Mesmo com estas leis em vigor não se tem ainda o conhecimento e a aplicabilidade das mesmas como deveriam ser.

As NBR's já aprovadas são:

1. NBR 15112/04 Resíduos de construção civil e resíduos volumosos. Que trata sobre áreas de transbordo e triagem; Diretrizes para projeto, implantação e operação.
2. NBR 15113/04 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Aborda a questão dos aterros; diretrizes para projeto, implantação e operação.
3. NBR 15114/04 Resíduos sólidos da construção civil. Já esta NBR, trata sobre as áreas de reciclagem; como aterros; diretrizes para projeto, implantação e operação.
4. NBR 15115/04 Agregados reciclados e resíduos sólidos da construção civil. Fala sobre a execução de camadas de pavimentação; e os procedimentos.
5. NBR 15116/04 Agregados reciclados e resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e prepara de concreto sem função estrutural; e Requisitos.

## Resolução 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)

O Poder público tem demonstrado preocupação com a utilização de resíduos sólidos de construção civil e, para isso, em 2002, apresentou as diretrizes do projeto dos resíduos da construção civil estabelecido pela Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2002). Esta resolução também estabelece diretrizes para a resolução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos da construção civil, tendo como objetivo principal a não geração de resíduos e, posteriormente, a reutilização, reciclagem e destinação final. É de suma importância lembrar que a disposição de resíduos da construção civil em locais não apropriados favorece a degradação ambiental.

### Classificação e destinação dos resíduos, segundo a Resolução nº 307 (CONAMA, 2002)

O quadro abaixo exemplifica que para melhor gerir um projeto quanto à identificação e quantificação dos resíduos, bem como triagem feita pelo gerador no próprio canteiro ou realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, que sejam respeitadas as classes de resíduos estabelecidas logo a seguir. Onde será apresentada somente uma classe, a que diz respeito ao tema proposto pela pesquisa em discussão.

**Quadro 1: Classificação e destinação de resíduos de construção. Adaptado de CONAMA 2002.**

Classificação	Destinação
<p>Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, provenientes:</p> <p>a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;</p> <p>b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimentos etc.), argamassa e concreto;</p> <p>c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.</p>	<p>Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.</p>

### Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010

Um dos objetivos fundamentais estabelecidos pela Lei nº 12.305 é a destinação final ambientalmente adequada dos resíduos, inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

A logística reversa que é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Logística reversa surge para o fortalecimento de quebra de paradigma, apresentando bons resultados após gerenciamento e gestão integrada de resíduos sólidos.

A mesma lei apresenta definições para reciclagem, rejeito resíduos sólidos e reutilização de maneira clara o que a Política objetiva para a questão sustentabilidade:

XIV - reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

XVIII - reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

**Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 – Institui a Política Nacional do Meio Ambiente**

Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

**Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999 - Institui a Política Nacional de Educação Ambiental**

Entende-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade (BRASIL, 1999).

**ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental**

Segundo a ISO 14001 (2004) organizações de todos os tipos estão cada vez mais preocupadas com o atingimento e demonstração de um desempenho ambiental correto, por meio do controle dos impactos de suas atividades, produtos e serviços sobre o meio ambiente, coerente com sua política e seus objetivos ambientais. Agem assim dentro de um contexto de legislação cada vez mais exigente, do desenvolvimento de políticas econômicas e outras medidas visando adotar a proteção ao meio ambiente e de uma crescente preocupação expressa pelas partes interessadas em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável. As normas de gestão ambiental têm por objetivo prover as organizações de elementos de um sistema da gestão ambiental (SGA) eficaz que possam ser integrados a outros requisitos da gestão, e auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais e econômicos.

**Caracterização dos agregados, moldagem, cura e rompimento de corpos-de-prova**

**Caracterização dos agregados**

**Umidade do agregado**

A umidade dos agregados será determinada de acordo a metodologia especificada pela NBR 6457/86

**Granulometria dos agregados**

A determinação da composição granulométrica dos agregados se dará pela especificação da NBR – 7217/87

**Materiais pulverulentos**

Quanto ao teor de materiais pulverulentos, as análises serão realizadas de acordo a NBR – 7219/87

**Massa específica real do agregado miúdo**

Será realizada seguindo as especificações da NBR – 9776/87

**Massa específica real do agregado graúdo**

Seguirá as especificações da NBR – 9776/87



Moldagem e cura de corpos de provas

A moldagem e cura dos corpos de provas do concreto serão de acordo a NBR –5738/03

Abatimento do concreto

O ensaio do abatimento do concreto (Slump Test) será realizado de acordo o Manual do Concreto Dosado em Central sugerido pela Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem no Brasil – ABESC.

Rompimento de corpos-de-prova

A compressão dos corpos de provas será realizada conforme a NBR – 5739/94.

## MATERIAIS E MÉTODOS

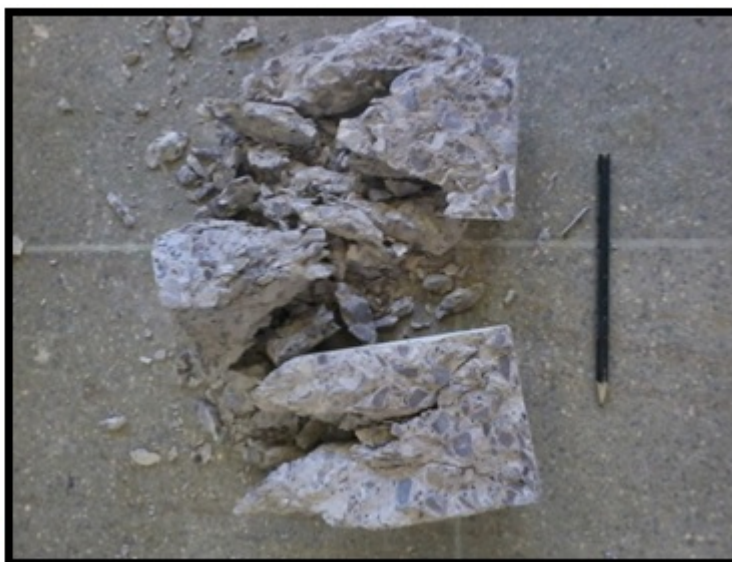
Os procedimentos experimentais executados neste trabalho estão descritos logo abaixo, indicando metodologia utilizada.

Aquisição do resíduo de concreto

A metodologia para coleta das amostras do resíduo seguiu-se as prescrições da NBR – 10007/04 – “Amostragem de Resíduos” que fixam as condições exigíveis para amostragem, preservação e estocagem de resíduos sólidos.

Local da amostragem

As amostras do resíduo utilizado na pesquisa foram coletadas no laboratório de materiais de construção da Universidade Católica de Brasília – UCB. Resíduos este, que, são provenientes dos testes de resistência à compressão de corpos de provas de concreto, Figuras 1 e 2, moldados em aulas práticas nas disciplinas de materiais de construção I e II do curso de engenharia civil, materiais de construção do curso de arquitetura e urbanismo e corpos de provas de concreto externos, provenientes de consultorias prestadas às empresas locais.



**Figuras 1 e 2: Corpo de prova sendo rompido na prensa e corpo de prova já rompido. Fonte: Os autores (2014).**

Número de coletas

A fim de obter uma amostra representativa dos resíduos gerados no laboratório, foram coletadas em dias diferentes e amostras de traços de concreto com resistências diferentes. Fazendo necessária a redução do número de coletas, sem afetar com tudo, a representatividade, uma vez que ao final da coleta, os resíduos foram homogeneizados com os que já haviam sido separados.

Desta maneira, a coleta aproximou-se muito do que vem sendo feito nas usinas em funcionamento que fazem beneficiamento de resíduos de obras, que mistura o material de vários dias, antes de triturá-lo.

#### Forma de coleta

A coleta das amostras dos resíduos de concreto se deu mediante as definições 2.1, 2.2 e 2.11 da NBR – 10007/04 – Amostragem de resíduos. Sendo coletados por um técnico as mostras em dias diferentes, através de coletas de amostragens e posteriormente homogeneizadas.

#### Quantidade coletada

Foram coletados aproximadamente vinte sacos de cinquenta litros (Figuras 3 e 4). Que após homogeneização dos resíduos, foi reduzido para aproximadamente dez sacos de cinquenta litros.



**Figuras 3 e 4: Estocagem dos resíduos dos corpos de provas depois de rompidos e triturado.**  
Fonte: Os autores (2014).

#### Armazenamento

A estocagem dos resíduos foi realizada em sacos plásticos como mostrou as figuras 3 e 4, para evitar o contato com água das chuvas e a segregação dos resíduos menores, facilitando assim o transporte dos mesmos para os containers de estocagem.

#### Trituração do resíduo

Mesmo rompidos resíduos dos corpos de prova de concreto ainda apresentavam grandes dimensões. Portanto, fez-se uso de um britador de mandíbula Figuras 5a e 5b, para diminuir a fração de modo que fosse melhor para caracterizá-lo e reutilizar como agregado.



**Figura 5a e 5b: Triturador de mandíbula.** Fonte: Os autores (2014).

## Caracterização do resíduo

### Umidade

O teor de umidade do agregado miúdo foi realizado de acordo especificações do ANEXO da NBR – 6457/86. – “Determinação do teor de umidade”.

Foram determinadas as umidades do agregado pelo método da estufa com temperatura variando entre 105° C a 110° C no período de 24 horas, de acordo a norma. Onde primeiramente separou três amostras Figura 6 do agregado miúdo pesou em cápsulas aproximadamente 100 g e colocou na estufa até constância de massa seca. Quando passado este tempo fez-se uma nova pesagem, agora com a amostra seca.



Figura 6: Agregado para determinação da umidade. Fonte: Os autores (2014).

### Composição granulométrica dos agregados

Compreende a distribuição das partículas dos materiais granulares entre várias dimensões, e são usualmente expressas em termos de porcentagens acumuladas maiores ou menores do que cada uma das aberturas de uma série de peneiras, ou de porcentagens entre certos intervalos de abertura das peneiras.

As análises granulométricas dos resíduos foram realizadas segundo a NBR – 7217/87 – “Agregado – Determinação da composição granulométrica”, que prescreve o método para determinação da composição granulométrica de agregados miúdos e graúdos, destinados ao preparo do concreto.

### Peneiras utilizadas

A Tabela 1 apresenta as peneiras da série normal e intermediária utilizadas para determinação da composição granulométrica dos resíduos.



Tabela 1: Peneiras utilizadas na caracterização granulométrica.

Série Normal (abertura em mm)	Série Intermediária (abertura em mm)
76	--
--	64
--	50
38	--
--	32
--	25
19	--
--	12,5
9,5	--
--	6,3
4,8	--
2,4	--
1,2	--
0,6	--
0,3	--
0,15	--
0,075	--

Fonte: Adaptado de NBR – 7217/87.

#### Quantidade avaliada de material

As quantidades avaliadas nas análises granulométricas foram de acordo às quantidades estabelecidas na NBR – 7217/87. As amostras foram obtidas pelo método de quarteamento Figura 7, conforme apresenta a NBR 9941/87.



Figura 7: Quarteamento de agregados. Fonte: Os autores (2014).

#### Metodologia utilizada

Os resíduos utilizados para o agregado miúdo (fração areia) por serem resíduos de corpos de provas de concreto e que haviam sido curados submersos em água, depois de triturados foram secos em estufas à temperatura de 105° C por um período de 24 horas, Figura 8, de acordo a NBR 9939/87.



**Figura 8: Secagem dos resíduos em estufa. Fonte: Os autores (2014).**

Para o agregado graúdo usou brita 1, por apresentar valor da dimensão máxima alta, no qual apresenta menor área superficial por unidade de volume, tendo que ser coberta pela pasta de cimento, para uma dada relação água/cimento. Qualquer ação que possa economizar cimento sem reduzir a resistência e a trabalhabilidade do concreto pode resultar em um benefício econômico significativo.

Após secas e quarteadas, as amostras tanto da brita 1 quanto do resíduo, seguindo os procedimentos indicados pela NBR 7217/87, procedeu o peneiramento com auxílio de um agitador mecânico Figura 9 do agregado graúdo e do agregado miúdo. E por mais outro período de tempos iguais para as duas amostras, foi realizado um peneiramento manual Figura 10 para maior confiabilidade no resultado da textura granulométrica das amostras analisadas. Após peneiramento, foram medidas as massas das frações retidas e acumuladas em cada peneira correspondente e obtidas as porcentagens que esses valores representam. Mediante estes valores foi possível calcular a dimensão máxima característica e o módulo de finura para cada amostra.



**Figuras 9 e 10: Agitamento de peneiras mecânico e manual. Fonte: Os autores (2014).**



### Massa Específica Real dos Agregados

A massa específica real da areia (resíduo de concreto) passante pela peneira 2,4 mm foi determinada seguindo as recomendações da NBR – 9776

Do material coletado foi retirada uma amostra da fração areia e devidamente acondicionada segundo a NBR 7216, de modo a garantir a manutenção de todas as suas características.

Pesou-se 500g da areia a ser ensaiada (esta areia já devidamente seca). Colocou-se água no frasco de Chapman até a marca de 200 ml (ou 200 cm<sup>3</sup>) Figura 11, limpou com um papel filtro o gargalo para não haver aderência de material nas paredes do mesmo. Em seguida, com o auxílio do funil verteu cuidadosamente a areia seca e já pesada no frasco de Chapman, paulatinamente, intercalando movimentos giratórios buscando a total retirada de ar que pudesse existir devido ao lançamento do material no frasco (procedimento de vital importância no ensaio).

Após esta operação procedeu-se a leitura final do frasco graduado de Chapman, ou seja, quanto à massa do agregado deslocou o volume de água Figura 12.

Para a determinação da massa específica real do agregado gráúdo brita 1, procedeu de acordo a NBR – 9937/87. “Agregado – Determinação da absorção e da massa específica de agregado gráúdo”.



**Figuras 11 e 12: Determinação de massa específica do agregado miúdo pelo frasco de Chapman.**

**Fonte: Os autores (2014).**

Lavou o agregado gráúdo na peneira 4,8 mm e o colocou para secar em estufa a 105 ° C por 24 horas. Após agregado seco em estufa, pesou três amostras de 500 g, colocou sexto no gancho da balança e, logo após o emergiu na água, tarou (zerou) o sistema. Foi obtido então uma massa inicial seca e uma posterior submersa na água para as três alíquotas Figuras 13 e 14.



**Figuras 13 e 14: Determinação da massa específica do agregado graúdo balança hidrostática.**  
**Fonte: Os autores (2014).**

#### Massa unitária dos agregados

Massa unitária dos agregados tanto o graúdo quanto o miúdo foram realizadas de acordo especificações da NBR – 7251/82. “Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária”.

Foi tarado um recipiente com dimensões de acordo estabelecido pela norma e então preenchido com o agregado, rasado com uma régua biselada e finalmente pesado. Repetiu o processo por mais duas vezes, para cada amostra Figuras 15 e 16.



**Figura 15 e 16: Determinando volume e enchimento do recipiente.** Fonte: Os autores (2014).

#### Material pulverulento – Agregado miúdo

Para análise da porcentagem de material pulverulento seguiu recomendações da NBR – 7219/87. “Agregados – Determinação do teor de materiais pulverulentos”.

A análise para determinar a porcentagem de material pulverulento do agregado miúdo segundo recomendações da NBR – 7219/87 procedeu da seguinte maneira: pesou inicialmente três amostras de 500 g cada; pegou duas peneiras (1,2 sobre a 0,075); Verteu o agregado em um *becker* grande, homogeneizou a amostra juntamente com água e lavou no conjunto de peneiras mencionadas; transferiu a amostra remanescente para uma cápsula e acondicionou à estufa por um período de 24 horas para secagem; repetiu este processo por mais duas vezes para o restante das amostras; Após secagem em estufa, fez-se a pesagem final, Figuras 17, 18, 19, 20 e 21.



Figuras 17, 18, 19, 20 e 21: Pesagem do agregado, peneiras utilizadas, homogeneização, Lavagem do agregado e comparativo do teor de material pulverulento. Fonte: Os autores (2014).

#### Confecção dos corpos de provas

Os corpos de provas foram confeccionados de acordo as recomendações da NBR – 5738/2003 – “Moldagem e cura de corpos de provas de concreto”, que prescreve o procedimento de moldagem, desforma, transporte, cura e preparo dos topos dos corpos de provas, destinados a avaliação das qualidades intrínsecas do concreto.

Foram também utilizadas as especificações da ABES – “Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone”, para determinação da consistência do concreto no laboratório.



### Aglomerante

No desenvolvimento de toda pesquisa foi utilizado o cimento CP II-Z-32, por se tratar de um produto em abundância no mercado daqui da região e, principalmente, por ser o cimento geralmente utilizado na produção dos elementos construtivos não estruturais, sugeridos para serem produzidos com os rejeitos de obras, como as guias, sarjetas, lajotas para pavimentação, etc.

### Agregados

Foi utilizado como agregado graúdo a brita 1, para agregado miúdo utilizou-se o próprio rejeito do concreto objeto desta pesquisa, após triturado e peneirado.

### Dimensão dos corpos de provas

A dimensão das formas para confecção dos corpos de provas propostos para análises foram de acordo os tradicionais utilizados para avaliação das características dos concretos convencionais, com formato cilíndrico, cujas dimensões propostas pela NBR – 5738/2003 – “Moldagem e cura de corpos de prova de concreto, cilíndricos ou prismáticos”. Apresentando as seguintes dimensões: 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura.

### Traços utilizados

De acordo a co-orientação do MSc. Prof. Nielsen José Dias Alves, para um traço de melhor conformidade seria então para uma resistência de 15 MPa sendo: 1;3;4 e para uma resistência de 20 MPa aos 28 dias: 1;3;3.

Onde que, com estas resistências apresentadas o concreto poderá ser aplicado em, meio fios, bocas de lobo, calçadas, sarjetas e lajotas para pavimentos, como já sugeridas em outras pesquisas com estes tipos de rejeito.

### Relação água cimento

Para dosagem dos traços a relação água/cimento, foi através de tentativas, de forma a se obter a consistência desejada, esperada. De forma a se ter um concreto apresentando uma melhor trabalhabilidade e menor consumo de água.

### Preparação dos traços

Os traços foram rodados (homogeneizados) em uma betoneira de capacidade máxima de 150 litros.

Primeiramente foi adicionado à betoneira o agregado graúdo e o miúdo, de modo que, parte do *fíler* fosse jogado para fora da betoneira, haja vista que o mesmo é responsável por maior parte de absorção da água necessária para o traço. Este período correspondeu cerca de 2 a 3 minutos para que também houvesse uma melhor homogeneização dos agregados. Passado este tempo foi adicionado à betoneira o cimento, após 2 minutos de homogeneização adicionou parte da água e na outra parte foi misturado o aditivo e que posteriormente foram adicionados ao traço para que se chegasse à consistência (abatimento) necessária para o concreto, consistência essa verificada pelo abatimento de cone também conhecido como “Slump Test”, conforme prescreve as especificações técnicas. Depois de verificado o abatimento desejado do concreto o mesmo foi moldado nas formas de 10 x 20 cm, sendo estas previamente untadas com desmoldantes apropriados. Todo o concreto foi adensado com o vibrador de imersão Figuras 22, 23 e 24.

A cura do concreto foi realizada com os corpos de provas submersos em água, após desmoldados até a data de rompimento.



**Figuras 22, 23 e 24: Material que compõe o traço, checagem do concreto e análise do abatimento do concreto. Fonte: Os autores (2014).**

#### Resistência do concreto a compressão simples

Para análise da resistência do concreto utilizou-se a prensa Dina Teste *Forney* modelo F-25EX-F-COPILOT Figura 25.

Os corpos de provas foram rompidos aos 3, 7, e 28 dias após moldagem, seguindo orientações da NBR 5739/80 – que especifica; “Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos de concreto”. Rompimento dos corpos de provas do concreto na Figura 26.





Figuras 25 e 26: Prensa para concreto Dina Teste (Forney) e rompimento do concreto.  
Fonte: Os autores (2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na interpretação dos resultados obtidos se priorizou a boa conduta das metodologias descritas como mostrou o capítulo anterior.

A amostragem se deu dos resíduos gerados no laboratório de materiais de construção da Universidade Católica de Brasília – UCB, de modo a se ter boa qualidade do agregado. Como se pensava apenas em resíduos de concreto não havendo outros materiais tais como: Tintas, argamassas colante, reboco, argilas, entre outros.

Portanto, o material apresentou uma heterogeneidade típica de material adquirido neste tipo de fonte. Já que não é misturado a outros resíduos por ter seletividade (gerenciamento) na coleta e armazenamento.

### Caracterização do resíduo

Para maior confiabilidade nos resultados obtidos, foram todas as análises realizadas em triplicatas. De modo a se ter uma média ponderada dos dados.

### Umidade

Para maior controle da quantidade de água a ser adicionada aos traços fez se necessário a determinação da umidade do agregado miúdo. Os resultados apresentados encontram se na Tabela 2.

**Tabela 2: Determinação da umidade do resíduo de concreto.**

Cápsula n°	298	323	342
tara (g)	18,63	19,03	17,11
tara +solo (g)	48,63	49,03	47,11
tara + sólidos (g)	46,37	46,77	44,85
Umidade w (%)	8,15	8,15	8,14
Média W (%)			8,15

Foram determinadas as umidades do agregado pelo método da estufa com temperatura variando entre 105° C a 110° C no período de 24 horas, de acordo a norma.

### Composição granulométrica dos agregados

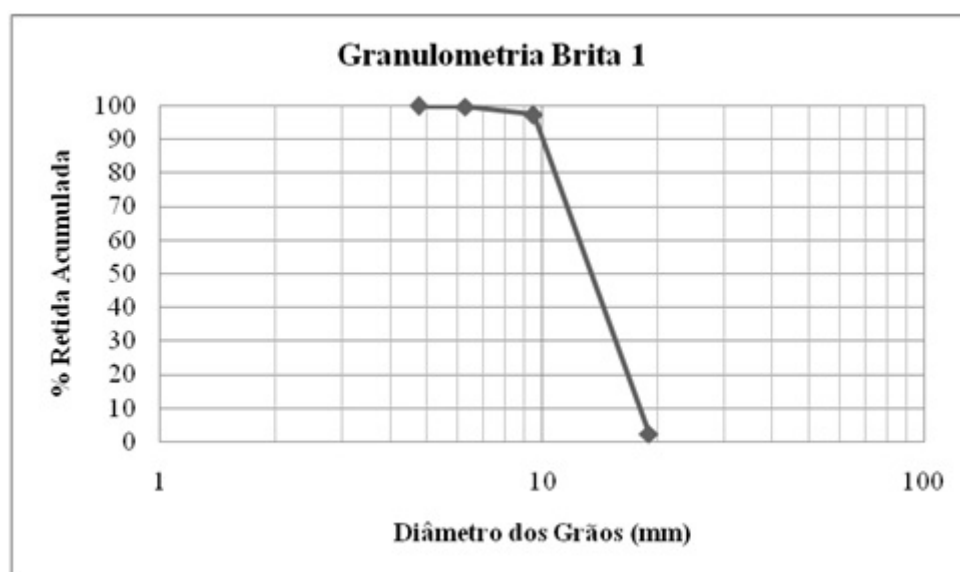
A distribuição das partículas dos materiais granulares entre várias dimensões é usualmente expressa em termos de porcentagens acumuladas maiores ou menores do que cada uma das aberturas de uma série de peneiras normatizadas, ou de porcentagens entre certos intervalos de abertura das peneiras.

### Agregado graúdo

Os valores obtidos da análise granulométrica realizada para o agregado graúdo encontram-se na Tabela 3 assim como a plotagem dos valores na Figura 27.

**Tabela 3: Análise granulométrica do agregado graúdo.**

Peneira (pol.)	Abertura (mm)	Retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada
3/4"	19	23,12	2,31	2,31
3/8"	9,5	949,94	95,00	97,31
1/4"	6,3	24,55	2,45	99,76
4	4,75	0,79	0,08	99,84
Fundo	-	1,56	0,16	100,00
Total	-	999,96	100,00	399,23



**Figura 27: Curva granulométrica do agregado graúdo. Fonte: Os autores (2014).**

O agregado graúdo estudado apresentou maior parte retida na peneira de abertura de 9,5 mm como mostra a Tabela 3. Esperado para os testes que foram pré-estabelecidos para tais resistências desejadas, haja vista que, não serão concretos de alta resistência.

De acordo a norma o diâmetro máximo do agregado é definido pela malha da peneira na qual ficou retido o percentual acumulado igual ou imediatamente inferior a 5 %, sendo por tanto, o resultado do diâmetro máximo igual a 19 mm. Módulo de finura para o mesmo agregado apresentou valor igual a 2,99.

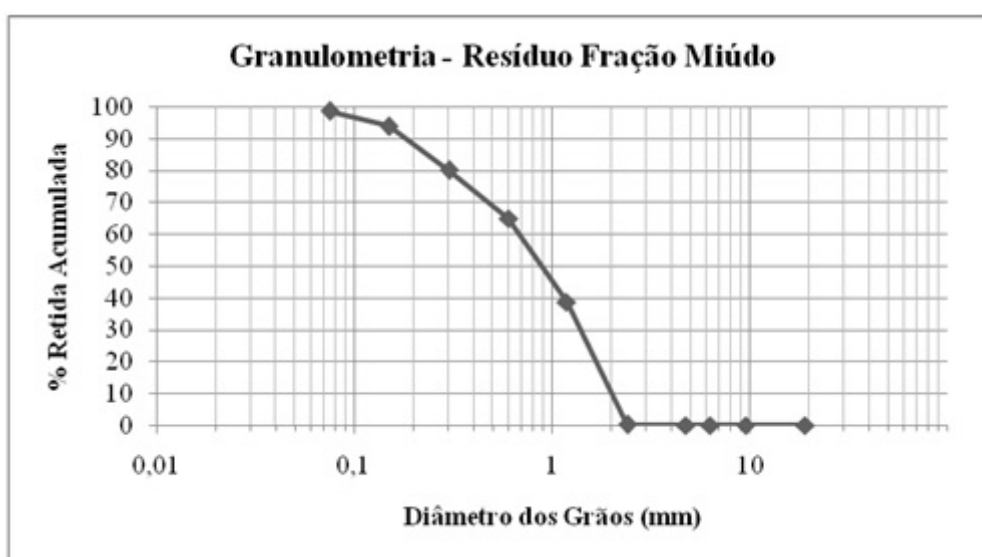
## Agregado miúdo

Valores obtidos da análise granulométrica realizada para o agregado miúdo encontram-se na Tabela 4 assim como a plotagem dos valores na Figura 28.

**Tabela 4: Análise granulométrica do agregado miúdo.**

Peneira (pol.)	Abertura (mm)	Retido (g)	% Retida	% Retida Acumulada
8	2,400	0,71	0,14	0,14
16	1,180	194,52	38,58	38,72
30	0,600	132,17	26,21	64,93
50	0,300	76,92	15,26	80,19
100	0,149	69,36	13,76	93,94
200	0,075	23,37	4,63	98,58
Fundo	-	7,16	1,42	100,00
Total	-	504,21	100,00	476,51

O agregado miúdo (resíduo de concreto) ficou retido maior parte na peneira de abertura 1.18 mm, como mostrou a Tabela 4.



**Figura 28: Curva granulométrica do agregado miúdo. Fonte: Os autores (2014).**

Através da análise granulométrica foi possível calcular o diâmetro máximo e o módulo de finura do agregado em estudo, no caso o resíduo de concreto.

Para o cálculo do diâmetro máximo tomou-se como referência a abertura da peneira na qual ficou retido o percentual acumulado igual ou imediatamente inferior a 5 %, no qual se obteve o resultado do diâmetro máximo igual a 2,4. Calculou o módulo de finura do agregado miúdo, a partir do resultado total da porcentagem retida acumulada menos o fundo e dividido por cem chegou ao valor de 3,77. Segundo especificação técnica, a amostra em estudo se classifica como sendo uma areia grossa tendo apresentado o módulo de finura entre os intervalos de 2,71 a 4,02.

No controle tecnológico de concreto é muito importante a determinação do módulo de finura, é que, quanto menor o módulo de finura do agregado, mais água será necessário e, portanto, mais cimento para manter o fator água/cimento preestabelecido.

#### Determinação da massa unitária do agregado graúdo

A massa unitária foi realizada seguindo a metodologia prescrita pela NBR – 7251. Os resultados encontram-se na Tabela 5, logo abaixo.

**Tabela 5: Massa unitária do agregado graúdo.**

Determinação N°	1	2	3
Altura (cm)	17,816	17,816	17,816
Diâmetro (cm)	15,011	15,011	15,011
Volume (cm <sup>3</sup> )	3151,37	3151,37	3151,37
Tara (g)	8360,00	8360,00	8360,00
Tara + Brita (g)	12679	12655	12669
Peso da Brita (g)	4319,00	4295,00	4309,00
Massa Unitária $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,37	1,36	1,37
Média $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )			<b>1,37</b>

A determinação da massa unitária se deu para realização da conversão das composições do concreto obtidas em peso para volume e vice versa.

#### Determinação da massa unitária do agregado miúdo

A massa unitária do agregado miúdo se seu através das especificações da NBR – 7251. Resultados plotados na Tabela 6.

**Tabela 6: Massa unitária do agregado miúdo.**

Determinação N°	1	2	3
Altura (cm)	17,816	17,816	17,816
Diâmetro (cm)	15,011	15,011	15,011
Volume (cm <sup>3</sup> )	3151,37	3151,37	3151,37
Tara (g)	8360,00	8360,00	8360,00
Tara + Areia (g)	12090	12079	12082
Peso Areia (g)	3730,00	3719,00	3722,00
Massa Unitária $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	1,18	1,18	1,18
Média $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )			<b>1,18</b>

#### Determinação da massa específica real do agregado graúdo.

Metodologia sugerida pela NBR – 9937/89. Resultados apresentado na Tabela 7.

**Tabela 7: Massa específica real do agregado graúdo.**

Determinação	1	2	3
Massa inicial (g)	500,61	500,86	500,71
Massa imersa (g)	312,99	311,41	311,42
Massa Específica $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	2,64	2,65
Média $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )			<b>2,65</b>

Determinação da massa específica real do agregado miúdo.

A metodologia seguida para realização desta análise seguiu as especificações da NBR – 9776. Na Tabela 8 estão plotados os resultados apresentados.

**Tabela 8: Massa específica real do agregado miúdo.**

Volume de Água	200	200	200
Massa Agregado	500	500	500
Volume Final	413	413	413
Massa Unitária $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )	2,35	2,35	2,35
Média $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )			<b>2,35</b>

Material pulverulento – Agregado miúdo

Fez se necessário à análise de material pulverulento do agregado miúdo para o conhecimento do quantitativo de água que será absorvido devido este teor. Esta determinação seguiram recomendações da NBR – 7219/87. Os resultados obtidos se encontram na Tabela 9.

**Tabela 9: Análise material pulverulento.**

Determinação	1	2
tara (g)	176,64	178,97
tara + $m_i$ (g)	676,64	678,97
tara + $m_f$ (g)	648,67	656,73
Teor Pulverulento (%)	5,93	4,66
Teor (%)		<b>5,29</b>

Confecções dos corpos de provas

Ensaio de abatimento do concreto (Slump test)

Não foi preestabelecido nenhum valor de consistência para o concreto no seu estado fresco. A quantidade de água de amassamento foi definida como a mínima necessária para se obter uma trabalhabilidade satisfatória. Consultando as bibliografias existentes que tratam do mesmo assunto, mostram que o uso de resíduos de concreto demanda uma grande quantidade de água de amassamento, devido a sua absorção, o que compromete a resistência do concreto.

Para a determinação da consistência do concreto fez se necessário o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone (Slump test). Seguindo especificações do manual da ABESC. A Figura 23 mostrou a aparência do concreto antes das moldagens assim como os valores do abatimento que para o traço 1:3:4 de Fck 15 MPa foi igual a 8,5 cm, já o traço 1:3:3 de Fck 20 MPa apresentou mais trabalhável com abatimento igual a 10 cm. Após os testes de abatimento e com o concreto definido, foram moldados os corpos de provas em formas de 10 x 20 cm, em camadas únicas e vibradas por um vibrador de imersão, para a verificação da resistência nas idades de 3, 7 e 28 dias.

Resistência do concreto a compressão simples

Os testes de rompimento a compressão simples do concreto seguiram as especificações da NBR – 5739/94. As resistências obtidas para as datas estabelecidas estão plotadas na Tabela 10 e Tabela 11.



**Tabela 10: Resultados de resistência do concreto - teste 1.**

MÉDIA TESTE 1 - MPa			
Idade (dias)			
Traço	3	7	28
1:3:4	16,73	22,14	28,41
1:3:3	10,85	20,11	23,04

A Tabela 10 apresentou a média dos testes de resistência dos corpos de provas do concreto quando realizado os primeiros testes.

Para este primeiro teste, observa uma discrepância nos valores de resistência aos 28 dias inversamente ao esperado, já que, o que o traço calculado para atingir maior resistência que, no caso seria o traço 2 (1:3:3), verifica que maiores resultados apresentou o traço 1 (1:3:4).

Por conta desta diferença optou-se por realizar outras moldagens de corpos de provas. A Tabela 11 logo abaixo, apresenta a média dos resultados de resistência dos corpos de provas do concreto, quando realizados o segundo teste.

**Tabela 11: Resultados de resistência do concreto teste 2.**

MÉDIA TESTE 2 - MPa			
Idade (dias)			
Traço	3	7	28
1:3:4	2,77	3,51	4,87
1:3:3	7,70	10,56	14,16

Agora houve a inversão dos resultados, chamo a atenção para os valores encontrados que foram muitos diferentes dos obtidos no primeiro teste.

Consultando outras bibliografias de autores que já trataram deste assunto, estes valores discrepantes são normais de se encontrar, haja vista que, se trata de uma heterogeneidade diversificada do agregado estudado.

A Tabela 12 apresenta a média dos valores já plotados nas Tabelas 10 e 11. De modo que, com esta mediana, ai sim os resultados alcançam a resistência esperada para o concreto em estudo.

**Tabela 12: Média dos resultados de resistência do concreto.**

MÉDIA TESTE 1 e 2 - MPa			
Idade (dias)			
Traço	3	7	28
1:3:4	9,75	12,82	16,64
1:3:3	9,27	15,33	18,60

Fazendo uma análise dos resultados apresentados na tabela 12, observa-se que houve crescente aumento da resistência para os dois traços em estudos. E que é notável a representatividade dos valores dos traços analisados para a resistência esperada.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos através da realização experimental do concreto confeccionado a partir da mistura de um agregado graúdo (natural) e agregado miúdo (resíduo de concreto) permitiram a conclusão de que o resíduo de concreto gerado no laboratório da Universidade Católica de Brasília – UCB seja reutilizável para confecção de novos traços de concretos assim como da fração graúdo que não foi apresentado os valores obtidos com a caracterização.

Quanto aos resultados dos valores da massa específica unitária e real do resíduo, agregado miúdo, que foi igual a  $1,18 \text{ g/cm}^3$  e  $2,34 \text{ g/cm}^3$ , sequencialmente, mostraram valores típicos para o tipo de agregado estudado.

Assim como o valor do material pulverulento do mesmo agregado que foi de 5,29 %, que representa grande absorvedor de água. Tendo que ser compensada na hora dos cálculos da quantidade de água a ser dosada para o traço.

A análise granulométrica do agregado miúdo (resíduo) apresentou uma curva contínua, onde representa partículas de todos os diâmetros nas frações analisadas.

Os testes de resistência dos traços analisados apresentaram discrepância analisando pontualmente como mostrou as Tabelas 10 e 11. Mas que no geral suas médias foram satisfatórias às resistências desejadas.

A partir destes resultados já estão em andamento outras linha de pesquisas destes resíduos gerados no mesmo laboratório, citado anteriormente.

Resultados dos ensaios de resistência realizados com o concreto confeccionado com resíduos permitem concluir que este tipo de concreto atende, quanto aos quesitos avaliados, perfeitamente as exigências de fabricação de:

- Peças de concreto utilizadas em drenagem superficial de estradas, como por exemplo, sarjetas;
- Na confecção de meios-fios, guias, blocos para calçamento em vias públicas;
- Blocos de concreto para alvenaria sem função estrutural.

A pesquisa no contexto geral, contribui indiretamente com perspectivas futurísticas no que tange o desenvolvimento ambiental e social, pois comprova a possibilidade de uso de resíduos gerado a partir de concretos, para confecção de novo concreto, para fins não estruturais. Com este destino ambientalmente correto, faz com que diminuam os depósitos clandestinos para este tipo de resíduo, assim como a redução da degradação ao meio ambiente.

Diante dos resultados satisfatórios a reutilização dos resíduos, possibilitará a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental para os resíduos gerados no laboratório da Universidade Católica de Brasília.

Recomendo para as pesquisas futuras a análise da parte graúda do resíduo do concreto como, por exemplo, para substituição total ou parcial do agregado natural.

Viabilidade econômica do uso deste agregado na confecção dos elementos na qual foram classificados como possível fabricação, visto que as resistências encontradas superam as necessárias (exigidas) por normas.

Uso de todas as frações em novos testes, assim como a adição de pneu picado ao traço e outros passivos ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. \_\_\_\_\_. Agenda 21. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/\\_arquivos/caderno\\_verde.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/agenda21/_arquivos/caderno_verde.pdf) . Acesso em: 03 de julho de 2013.
2. \_\_\_\_\_. ISO 14001 - Sistema de Gestão Ambiental. Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004.
3. \_\_\_\_\_. Lei n. 305, de 2 de agosto de 2012. Política nacional de resíduos sólidos [recurso eletrônico]. - 2 ed. - Brasília; Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012. 73 p. - (Série Legislação ; n. 81). Disponível em: [http://www.saude.rs.gov.br/upload/1346166430\\_Lei%202012.305\\_02082010\\_politica\\_residuos\\_solidos.pdf](http://www.saude.rs.gov.br/upload/1346166430_Lei%202012.305_02082010_politica_residuos_solidos.pdf). Acesso em: 03 de dezembro de 2012.
4. \_\_\_\_\_. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Política nacional de meio ambiente. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/16938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm). Acesso em: 08 de julho 2013.
5. \_\_\_\_\_. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Política nacional de educação ambiental. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm). Acesso em: 08 de julho de 2013.
6. \_\_\_\_\_. NBR – 10007. Resíduos sólidos - classificação. Rio de Janeiro, 2004.
7. \_\_\_\_\_. NBR 15112/04 Resíduos de construção civil e resíduos volumosos. Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
8. \_\_\_\_\_. NBR 15113/04 Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
9. \_\_\_\_\_. NBR 15114/04 Resíduos sólidos da construção civil. Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.
10. \_\_\_\_\_. NBR 15115/04 Agregados reciclados e resíduos sólidos da construção civil. Procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.
11. \_\_\_\_\_. NBR 15116/04 Agregados reciclados e resíduos sólidos da construção civil. Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.
12. \_\_\_\_\_. NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.
13. \_\_\_\_\_. NBR 5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpo-de-prova cilíndrico. Rio de Janeiro, 2007.
14. \_\_\_\_\_. NBR 6457. Amostras de Solo – Preparação para ensaio de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.
15. \_\_\_\_\_. NBR 7216. Amostragem do agregado. Rio de Janeiro, 1987.
16. \_\_\_\_\_. NBR 7219. Agregado - Determinação do teor de materiais pulverulentos. Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
17. \_\_\_\_\_. NBR 7251. Agregado em estado solto - Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
18. \_\_\_\_\_. NBR 9776. Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
19. \_\_\_\_\_. NBR 9937. Determinação da absorção e da massa específica do agregado graúdo. Rio de Janeiro, 1987.
20. \_\_\_\_\_. NBR 9939. Agregado graúdo – Determinação do teor de umidade total – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
21. \_\_\_\_\_. NBR 9941. Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório - Procedimento. Rio de Janeiro, 1987c.
22. \_\_\_\_\_. NBR ISO 14001; 2004. Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso.
23. ABESC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL. Disponível em: <http://www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>. Acesso em: 26 de julho de 2013.
24. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217. Agregado – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 1987.
25. BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, nº 136, 17 de julho de 2002. Seção 1, p.95-96.
26. DIAS, Genebaldo Freire. Fundamento de educação ambiental. – 2. ed. Genebaldo Freire Dias. – Brasília: Universa, 2004. 110 p.: il.

27. FERNANDES, B. B.; TEIXEIRA, M. C. A reutilização de materiais na construção civil. Disponível em: [http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq\\_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos\\_Finais\\_2006/A\\_Reutilizacao\\_de\\_Materiais\\_na\\_Construcao\\_Civil.pdf](http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2006/A_Reutilizacao_de_Materiais_na_Construcao_Civil.pdf). Acesso em: 03 de julho 2013.
28. ISAIA, G. C. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 2. ed. São Paulo, IBRACON, 2010. 1v.
29. JOHN, V. M. (2000). Reciclagem de resíduos na construção civil. In: NETO, José da Costa Marques. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil – São Carlos: RiMa, 2005. 162p.
30. KILBERT, C. Establishing principles and a model for sustainable construction. In: CB TG SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 16., 1994, Tampa, Florida. Preceeding...Tampa, Florida. 1994. P. 3-12. In: : NETO, José da Costa Marques. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil – São Carlos: RiMa, 2005. 162p.
31. MALHEIROS, T. F.; ASSUNÇÃO, J. V. Indicadores ambientais para o desenvolvimento sustentável: um estudo de caso de indicadores da qualidade do ar. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre, RS. Anais...Rio de Janeiro: ABES, 2000.
32. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Pini 1994.
33. NETO, C. S. Agregados naturais, britados e artificiais para concreto. In: ISAIA, G. C. (Ed.). Concreto: Ciência e Tecnologia. 1. Ed. São Paulo, IBRACON, 2011.
34. NETO, José da Costa Marques. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil – São Carlos: RiMa, 2005. 162p.
35. OLIVEIRA, M. J. E.; ASSIS, C. S. Resíduos de construção: desenvolvimento sustentável. João Pessoa: ABES, 2001. 7 p. In: NETO, José da Costa Marques. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil – São Carlos: RiMa, 2005. 162p.
36. PAVIANI, Aldo. Geografia urbana do Distrito Federal: Evolução e tendências. Espaço e Geografia, São Paulo, V. 10, n. 01, p. 1-2, 13 jun. 2012.
37. PINTO, T. P.; GONZÁLES, J. L. R. Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil. Como implantar um Sistema de Manejo e Gestão dos Resíduos da Construção Civil nos Municípios. Brasília: Caixa Econômica Federal; Ministério das Cidades, Ministério do Meio Ambiente, 2005. v. 1, 198p.
38. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA\\_RES\\_CONS\\_1986\\_001.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf). Acesso em: 06 de julho de 2013.
39. SILVA, Raimundo Nonato da. Gestão responsável dos resíduos sólidos das empresas de construção civil do Distrito Federal. Brasília. 2011. 55f. TCC (TCC em administração a distância) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
40. TEIXEIRA, J.; ALMEIDA, M. M. Tecnologia de construção racional de energia. In: NETO, José da Costa Marques. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil – São Carlos: RiMa, 2005. 162p.
41. VÁZQUES, E. Reciclagem de entulho para produção de materiais de construção: Projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA/CAIXA Econômica Federal, 2001. P. 22-25. In: NETO, José da Costa Marques. Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil – São Carlos: RiMa, 2005. 162p.