Caracterização dos Agregados da Usina de Resíduos Sólidos da Cidade de Catalão – GO

Calaça G.[1], Sousa K.[2], Rodrigues S.[3], Martin T.[4], Santos T.[5,]
Universidade UNA de Catalão – Campus Santo Antônio
Diego Faleiros Lopes, Professor Orientador, Curso de Engenharia Civil
kaline_souza@outlook.com; guilhermercalaca@gmail.com; tha_martin31@hotmail.com; stephanyrodrigues11@hotmail.com; thawannak@outlook.com

Resumo

A reciclagem dos resíduos sólidos contribui na preservação do meio ambiente impedindo o descarte e o acúmulo de entulho em lugares impróprios, assim evitando trazer riscos à saúde da comunidade; redução de custo e a matéria prima e preservando os recursos naturais limitados. O presente trabalho visa apresentar a caracterização das propriedades dos agregados reciclados que são produzidos na Usina de Resíduos Sólidos da cidade de Catalão- GO. Com a finalidade de expor se o material produzido na Usina é aconselhável a ser empregado na fabricação do concreto utilizado nas obras da construção civil. Os resultados obtidos dos ensaios laboratoriais nos proporcionaram realizar o desenvolvimento da análise e discussão do estudo dos agregados produzido na Usina, e averiguar se o uso desses materiais estão de acordo com a exigências das normas da ABNT. No desenvolvimento deste estudo utilizou-se pesquisa de campo, pesquisa bibliográfica e o tipo de abordagem adotada se dá a pesquisa quantitativa.

Palavra-Chave: *Reciclagem, Resíduos Sólidos, Meio Ambiente, Construção Civil.*

Abstract

The recycling of solid waste contributes to the preservation of the environment, preventing its disposal and accumulation of debris in inappropriate places, thus avoiding bringing risks to the health of the community; cost reduction and raw material and preserving limited natural resources. This work aims to present the characterization of the properties of recycled aggregates that are produced at the Solid Waste Plant in the city of Catalão-GO. In order to expose whether the material produced at the Plant is advisable to be used in the manufacture of concrete used in civil construction works. The results obtained from the laboratory tests allowed us to carry out the development of the analysis and discussion of the study of the aggregates produced at the Plant, and to verify whether the use of these materials is in accordance with the requirements of the ABNT standards. In the development of this study, field research, bibliographic research was used and the type of approach adopted is quantitative research.

Keywords: *Recycling, Solid Waste, Environment, Civil Construction*.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMA ANALISADO

1.1.1. Histórico

A construção civil é de suma importância para a economia do país, sendo um dos responsáveis pela geração de empregos diretos e indiretos. Por outro lado, é um dos grandes causadores de entulhos em todos os países. Segundo os dados apresentados por Pinto e Gonzáles (2005), a origem dos resíduos nos municípios brasileiros destacam-se como predominantes as reformas, ampliações e demolições.

Segundo pesquisas da ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (2016), 50% dos municípios brasileiros ainda destinam os resíduos para lixões ou locais irregulares, ao invés de reciclá-los. A ABRECON calcula que o país gera 84 milhões de metros cúbicos de RCD por ano, dos quais 17 milhões, ou seja, apenas 20% são reciclados.

A reciclagem dos resíduos sólidos contribui na preservação do meio ambiente impedindo o descarte e o acúmulo de entulho em lugares impróprios, assim evitando trazer riscos à saúde da comunidade; redução de custo e a matéria prima e preservando os recursos naturais limitados.

Figura 1 - Materiais na Usina De Resíduos Sólidos de Catalão – GO.

O seguinte artigo irá apresentar dados e discussões dos ensaios laboratoriais (de acordo com as normas específicas de cada ensaio) realizados com algumas amostras de agregados produzidos na Usina de Reciclagem de Resíduos Sólidos da cidade de Catalão - GO, com o objetivo de expor a caracterização das propriedades dos agregados e averiguar se estão de acordo com as exigências normativas, para ser aplicado na fabricação do concreto, ABNT NBR 7211:2009 Agregados para concreto, e para utilização em obras de pavimentação.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em todos os lugares do mundo tem sido discutido a questão de geração, destinação e reciclagem de resíduos sólidos, o estilo de vida da população se altera devido ao crescimento populacional, inovações tecnológicas e desenvolvimento econômico.

Na Usina de Resíduos Sólidos da cidade de Catalão, das 4.500 toneladas mensais de resíduos da construção civil que chegavam ao aterro sanitário, cerca de 90% eram aproveitados, e transformados em matérias como, por exemplo, blocos sustentáveis, que são reutilizados em habitação social. Na usina os agregados que eram produzidos são: areia fina, areia grossa, pó de brita, brita 0, brita 1 e cascalho.

Entretanto no presente momento a Usina não está produzindo, pois não sabe ao certo se irá terceirizar. Estão aguardando licitação para saber se irá ficar por conta da prefeitura da cidade ou da cooperativa, e a questões da pandemia também é um fator que influencia no corte da produção.

2.1 Origem Dos Resíduos Sólidos

A geração dos resíduos é geralmente causada por: reformas e demolições de construções existentes; superprodução nos preparos de argamassas necessários para o dia; perdas de cerâmicas e tijolos quando se quebram; construções mal feitas e defeituosas que demandam a demolição das mesmas; uso de materiais com vida útil reduzida; falta de qualidade de materiais e de mão de obra; urbanização desordenada que leva a geração de falhas por conta de aumentos em adaptações e reformas; aumento de poder aquisitivo da população que facilita o desenvolvimento da construção civil; desastres naturais ou provocados pelo homem (SOUZA, PALIARI, AGOPYAN & ANRADE, 2004). A proporção de origem de resíduos de construção civil em algumas cidades brasileiras, representada na Figura 2.

Figura 2 - Origem dos resíduos de construção em algumas cidades brasileiras. Pinto e Gonzáles, 2005.

2.2. Classificação dos resíduos sólidos de acordo com as normas

Os RCD's, segundo a norma NBR 15114:2004, são classificados em quatro classes:

Classe A – resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construções, reforma e demolição de pavimentos, de obras de infraestrutura (incluído o solo), de edificações (tijolos, argamassa, concreto etc.) e de fabricação e/ou demolição de pré-moldados de concreto produzidos em obras;

Classe B – resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, metais e madeiras;

Classe C – resíduos para cuja reciclagem/recuperação não foram desenvolvidas tecnologias economicamente viáveis, como o gesso;

Classe D – resíduos perigosos, como tintas, solventes e óleos, e oriundos de obras em clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

2.3 Histórico de Reciclagens de Resíduos Sólidos da Construção Civil

No Brasil, segundo Melo (2011), o primeiro registro de Gestão de Resíduos da Construção Civil, ocorreu no ano de 1993 na cidade de Belo Horizonte. Bodi, Brito Filho e Almeida (1995) destacam que na cidade de São Paulo, ocorreram diversos casos de reciclagem de RCC e sua reutilização, contudo, a atitude partiu da população, que utilizou RCC por conta própria no revestimento primário de vias, como forma de mitigar os problemas de formação de lama em período chuvosos e a poeira em períodos de estiagem.

Na visão de John (2000), a reciclagem agrega valor ao resíduo já que ele se transforma em um novo material que será utilizado pela própria indústria da Construção Civil. A utilização de agregados reciclados em São Paulo, teve a aprovação a partir do ano de 2002, para aplicação em obras públicas.

Miranda, Ângulo e Careli (2009) apresentaram estudo que demonstra que após a promulgação da Resolução CONAMA no 307/2002, o crescimento foi significativo em número de usinas instaladas, chegando a 47 unidades no ano de 2009, sendo parte destas geridas pelo setor público, parte pelo setor privado. A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição (ABRECON), por meio de pesquisa setorial no ano de 2013, publicou o resultado de uma pesquisa envolvendo 310 usinas associadas em todo Brasil. Seu intuito era caracterizar o setor de reciclagem. Os dados coletados possibilitaram identificar o percentual de usinas instaladas em diferentes regiões do país, tal como se observa na Figura seguinte (ABRECON, 2016).

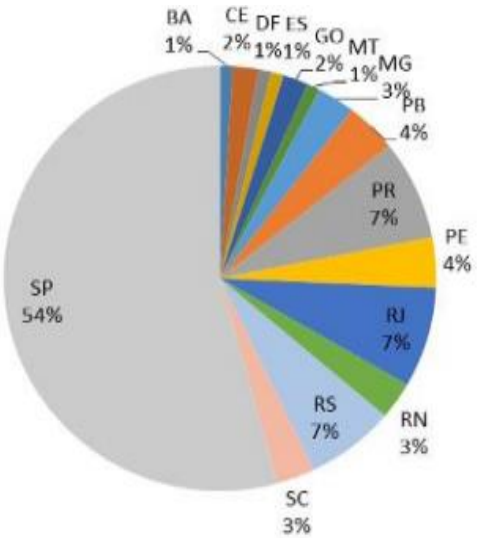


Figura 3 - Concentração de usinas por Estado. Fonte: ABRECON (2016)

A pesquisa da ABRECON demonstrou ainda que o número de usinas privadas supera a quantidade de usinas geridas pelo setor público, tal como se observa na Figura 3. Uma mudança de cenário que ocorreu após o ano de 2002, por ocasião da resolução do CONAMA n° 307/2002, e devido ao fato que houve mudanças significativas na legislação, permitindo a utilização de agregados reciclados na Construção Civil.

2.4 Aplicações Dos Agregados Reciclados

Podem-se considerar os resíduos da construção, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, ou seja, tudo que foi desperdiçado em uma determinada obra. Em sua composição estão presentes componentes orgânicos como plástico e materiais betuminosos e materiais inorgânicos e minerais como concretos, argamassas e cerâmicas.

Pinto (1999) argumenta que, após o tratamento de reciclagem os resíduos se tornam variados tipos de agregados, e podem ser utilizados de várias formas em uma construção civil.

2.4.1 Areia Reciclada

A areia reciclada apresenta as mesmas características físicas e granulares da areia lavada (Natural). A diferença entre elas estão em suas composições, os agregados reciclados podem conter partículas de cimento, mas não impurezas como: madeira, aço, e plásticos, estes são retirados antes da moagem.

Uma das vantagens da areia reciclada está no seu custo, já que por ser reciclada consequentemente tem um custo menor, seguida de outra vantagem que é o menor impacto ambiental, já que os leitos de rios não estão sendo explorados. De acordo com a NBR15116, Agregados reciclados de resíduos da construção apontam para o uso de areia reciclada, somente para concreto e argamassas não estruturais.

A areia reciclada pode ser utilizada na produção da argamassa de alvenaria e vedação, contra pisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.

Figura 4 - Areia Reciclada, Fonte: Eco Produtos (2003).

Figura 5 - Blocos fabricados a partir da areia reciclada.

2.4.2 Pedrisco Reciclado

Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto. Pode ser utilizado na fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação e manilhas de esgoto.

Figura 6 - Pedrisco Reciclado, Usina de Resíduos Sólidos de Catalão-Go (2020).

Figura 7 - Manilhas de Esgoto.

2.4.3 Brita Reciclada

É um substituto da brita natural, porém mais sustentável. Ela é composta por blocos, concretos, pedras e tijolos, e ainda passa por modernos procedimentos de separação mecanizada, garantindo assim a sua composição livre de impurezas e contaminantes. Atuam como concretos sem função estrutural, e pode ser utilizada em obras que realizam pavimentação e drenagem.

Figura 8 - Brita Reciclada, Ecobrit (2019).

Figura 9 - Pavimentação com agregado reciclado, ABRECON.

2.4.4 Bica Corrida

O Produto é obtido diretamente da britagem de resíduos da construção civil e demolição, livre de impurezas, tais como torrões de argila e matéria orgânica. Pode ser utilizado para melhoria das condições de rolamento de estradas não pavimentadas (cascalhamento), obras de base, sub-base ou reforço do subleito de pavimentação de vias, obras de base e sub-base de pátios industriais e semelhantes, aterros e acerto

topográfico de terrenos. Nas figuras abaixo ilustra a aplicação da Bica Corrida na pavimentação.

Figura 10 - Bica Corrida, Sustentarqui.

Figura 11 - Utilização da bica corrida na Pavimentação, ABRECON.

2.4.5 Rachão

Este material possui as dimensões máximas dos agregados chegando a 20cm. É composto por concreto, cerâmica e pedra, seu uso é mais comum em obras de grande porte como as obras de infraestrutura, como; obras de pavimentação, formação de lastro de fundação e drenos, calçamentos de ruas, bases, muros de contenção, barreiras, encostas (gabião) e nivelamentos ferroviários. As Figuras 12, 13 e 14 apresentam algumas obras utilizando Rachão Reciclado.

Figura 12 - Sub Base de Pavimentação, Sustentarqui.

Figura 13 - Berço de Tubulação, Sustentarqui.

Figura 14 - Muro de Gabião, Sustentarqui.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo utilizou-se pesquisa de campo a qual foram coletadas amostras e informações. Também se utilizou a pesquisa bibliográfica onde realizou-se a análise e estudo de alguns artigos já publicados relacionados ao tema e consultas nas normas ABNT. Quanto ao tipo de abordagem adotada se dá a pesquisa quantitativa, que buscou apresentar a comprovação do estudo através de resultados de ensaios laboratoriais.

As amostras utilizadas no presente trabalho foram doadas pela Usina de Resíduos Sólidos localizadas no aterro sanitário da cidade de Catalão, como agregado miúdo temos a areia fina e para agregados graúdos brita0 e brita1. Na Tabela 1 identifica os ensaios de caracterização realizados conforme as normas referentes a cada um, realizados no laboratório da Faculdade UNA Catalão.

Tabela 1 - Ensaios de caracterização realizados e normas técnicas que descrevem a metodologia adotada nos mesmos

Normas utilizadas nos ensaios de caracterização
Determinação da composição granulométrica, módulo de finura e a dimensão máxima característica (NBR 248/2003)
Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (NBR NM 53/2003)
Índice de forma de agregado graúdo pelo método do paquímetro (NBR 7809/2016)
Determinação do teor de argila em torrões (NBR 7218/2010)
Determinação da massa unitária compactada do agregado graúdo (NBR NM 45/2006)

Fonte: Autoria própria.

Para o teste da Determinação da composição granulométrica, módulo de finura e a dimensão máxima característica (NBR 248/2003), separou-se 500g de agregado de cada uma das amostras e colocou a amostra na série de peneiras (no teste para agregado graúdo utilizou as peneiras 9,5mm; 4,8mm; 2,4mm; 1,2mm; 0,6mm; 0,3mm e o fundo, e no teste com agregado miúdo utilizou as mesmas peneiras com exceção da peneira 9,5mm), levou ao agitador cerca de 5 minutos para separação e classificação da amostra.

Em seguida levou as peneiras para a pesagem da amostra retido em cada peneira, obtendo o valor de massa retida. Realizou o teste duas vezes para cada amostra, finalizando utilizou-se o Excel para fornecer os resultados e gráficos.

Para a Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água (NBR NM 53/2003), pegou 500g de agregado de cada amostra sendo que para cada teste utilizou recipientes diferentes, para agregado graúdo utilizou a Proveta e para o agregado miúdo usou a Frasco Chapman no procedimento. Em seguida colocou 500ml de água no recipiente e adicionou o agregado, depois deixamos durante 5 minutos para colher os resultados. Foi realizado o teste para determinar quanto seria a absorção da

água. Foi repetido o teste duas vezes, por fim utilizou o Excel para fornecer os resultados e gráficos.

Para o índice de forma do agregado graúdo pelo método de paquímetro (NBR 7809/2016), foi realizada apenas com a amostra de brita0 e brita1. Coletou 30 unidades de grãos da brita0 e brita1, a seguir recolheu todas as medicas dos lados a, b e c (comprimento, largura e altura) com auxílio do paquímetro digital, uma por uma para realizar os cálculos assim podendo obter a classificação da forma do material. Por fim utilizou o Excel para fornecer uma tabela detalhada dos resultados.

Para a Determinação do teor de argila em torrões (NBR 72018/2010), realizado com as três amostras. Pesou-se 1k das amostras, e a série de peneiras utilizadas foram 4,8mm; 1,2mm e o fundo. Assim após o peneiramento descartava a massa retida na 4,8mm e no fundo e pegou 200g de amostra da quantidade que ficou retida na peneira 1,2mm. Em seguida fez o destorroamento e colocou na peneira 1,2mm com o fundo, peneirou novamente e recolheu o resultado da massa final retida na 1,2mm. Por fim realizou os cálculos obtendo a porcentagem do teor de argila em torrões. A amostra de brita1 não forneceu valores suficiente para realizar o teste e o cálculo foi anulado. Os cálculos foram feitos à mão, depois organizados em tabela.

Para determinação da massa unitária compactada do agregado graúdo (NBR 7218/2010), primeiro foi calculado o volume do recipiente cilíndrico para realizar o teste, em seguida foi colocando 1/3 do material e dando 25 golpes com a haste distribuídos uniformemente para o material se assentar, evitando atingir o fundo do recipiente, depois adicionou mais 1/3 do material dando 25 golpes com a haste e colocou mais agregado até a borda do recipiente assentando e retirando o excesso de material com a mão. Em seguida pesou-se e após realizou os cálculos conforme exige a norma.

Com a obtenção dos resultados dos ensaios citados anteriormente, foi possível obter a caracterização do material e realizar a discussão do objetivo principal do trabalho, se a caracterização do material produzido na usina está de acordo com as exigências normativas. Na discussão e análise levou em consideração as prescrições normativas propostas pela ABNT NBR 7211: 2009 Versão Corrigida:2019, que estabelece as condições mínimas dos agregados quanto a sua utilização na produção do concreto.

4 RESULTADOS

Conforme a norma NBR 7211:2009, as amostras de agregados graúdos possuem grãos na faixa granulométrica de vários tamanhos, variando de Brita 0 até brita 4.

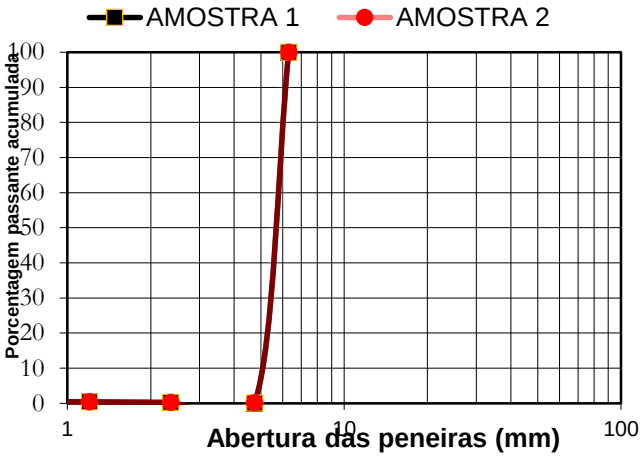
Brita 0, também conhecido como pedrisco, apropriado na produção de vigas e vigotas, lajes pré-moldadas, blocos de concreto para construção e fundação, além de tubos, paralelepípedos, manilhas e chapiscos, também é utilizado em concretos para estruturas com grande taxa de armação ou de pequena espessura, além de concretos mais fluidos (concreto auto adensável).

Já a Brita1, apropriado para lajes, pisos, pilar, utilizado em obras de grande porte como prédios, pontes e espaços comerciais.

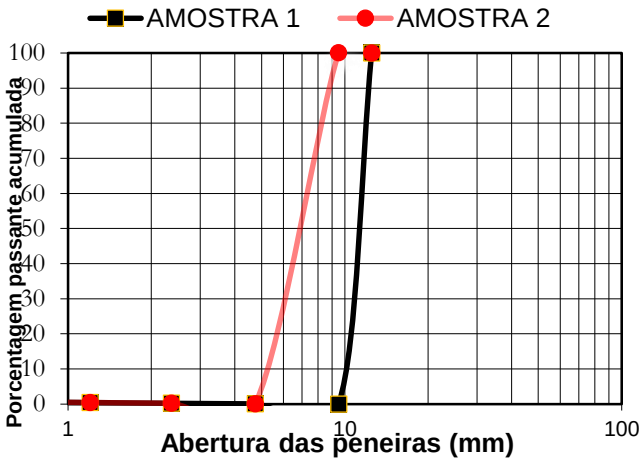
Areia fina é mais apropriada para acabamentos, ou seja, rebocos em geral. Também pode ser utilizada na mistura de argamassas de bases, na fabricação de concretos e para compor as areias grossas ou médias para melhorar a distribuição de tamanho entre os grãos.

Segundo os resultados obtidos e analisados representados na Figura 15, Figura 16, Figura 17 e Tabela 2, tanto as amostras de agregados graúdos quanto as amostras de

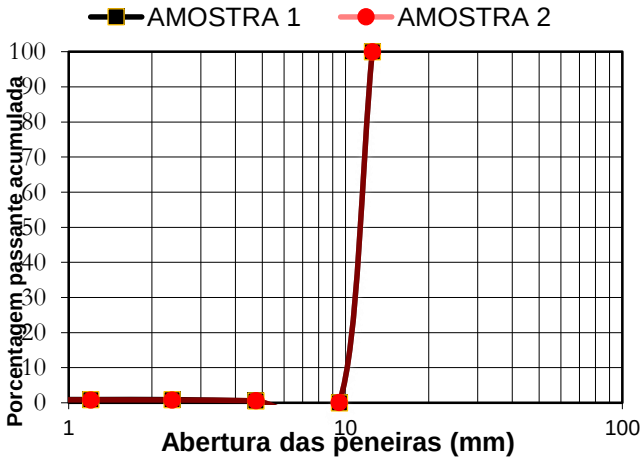
agregado miúdo estão descritos conforme as exigências da norma, portanto pode ser utilizado na construção civil.



(1)



(2)



(3)

Figura 15 - Distribuição granulométrica das amostras: (1) Areia fina; (2) Brita 0; (3) Brita 1.

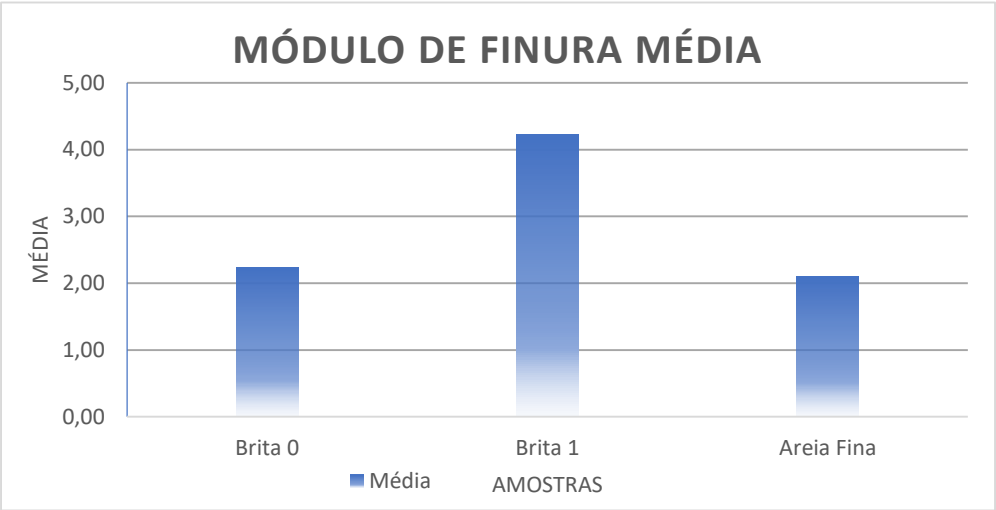


Figura 16 - Composição granulométrica média das amostras ensaiadas.

Tabela 2 - Composição granulométrica média das amostras ensaiadas.

DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRANULOM			
	Ensaio 1 (g/cm³)	**Ensaio 2 (g/cm³)**	**Média (g/cm³)**
Areia	2,12	2,09	2,11
Brita 0	2,25	2,22	2,24
Brita 1	4,37	4,09	4,23

Fonte: Autoria própria.

Brita 1 (a) Brita 0 (b) Areia fina (c)

Figura 17 – Determinação granulométrica.

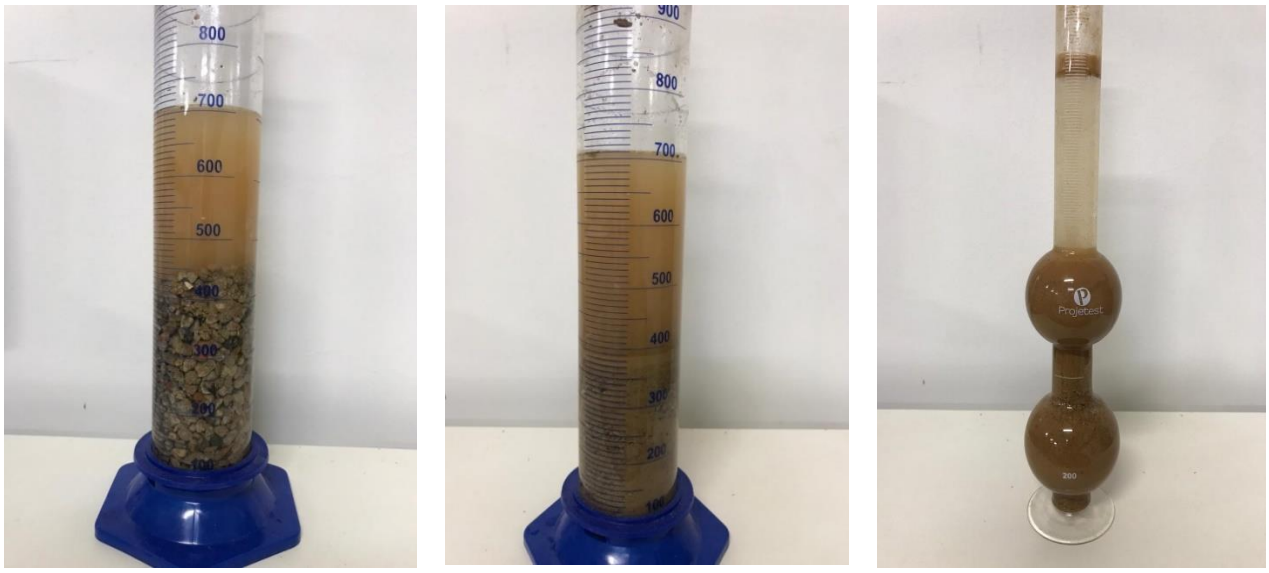
De acordo com Bauer (2010), a massa específica está relacionada a massa dos grãos do agregado em um determinado volume sem considerar os poros e os espaços vazios formados entre eles.

A Tabela 3 e Figura 18 apresentam os resultados médios encontrados para as massas específicas das amostras ensaiadas, na sequência das amostras de matérias estudadas brita0, brita1 e areia fina. Na norma exalta também que as amostras do mesmo agregado não devem deferir entre si mais de µ1 - µ2 ≤ 0,05g/cm^3. Sendo assim os resultados estão de acordo com a exigência da norma.

Tabela 3 - Ensaios realizados e resultados da determinação da massa específica

DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA				
	Ensaio 1 (g/cm³)	**Ensaio 2 (g/cm³)**	**Média (g/cm³)**	$(\mu_1 - \mu_2)$
Areia	2,22	2,22	2,22	0,00
Brita 0	2,49	2,49	2,49	0,00
Brita 1	2,49	2,49	2,49	0,00

Fonte: Autoria própria.



Brita 1 Brita 0 Areia fina

Figura 18 – Determinação da massa específica.

Segundo Bazuco (1999) as formas dos agregados reciclados tendem a ser bastante angulares comparados aos agregados naturais. Esta propriedade pode variar de acordo com o concreto de origem dos agregados reciclados e com o tipo de equipamento utilizado para britagem. Geralmente o britador de mandíbula acentua a forma angular, enquanto que o britador giratório toma as partículas mais arredondadas.

De acordo com Borba e Santos (2013), índice de forma dos grãos do agregado graúdo indica a similaridade que o mesmo possui com um cubo. Tal forma garante o Inter travamento do agregado graúdo quando compactado, aumentando a sua resistência ao cisalhamento. Segundo a NBR 7211:2009, o índice de forma de um agregado graúdo é classificado como cúbica, alongada, lamelar e alongada-lamelar. A Figura 19 e Figura 20 apresentam os resultados do experimento de índices de forma encontrados para as amostras testadas.

É possível perceber que todas amostras do teste tiveram apenas duas classificações sendo elas alongada e cúbica. Sendo assim essas amostras podem ser utilizadas para fabricação de concreto, blocos de concreto para vedação, manilhas de esgoto, pavimentação e sistema de drenagem.

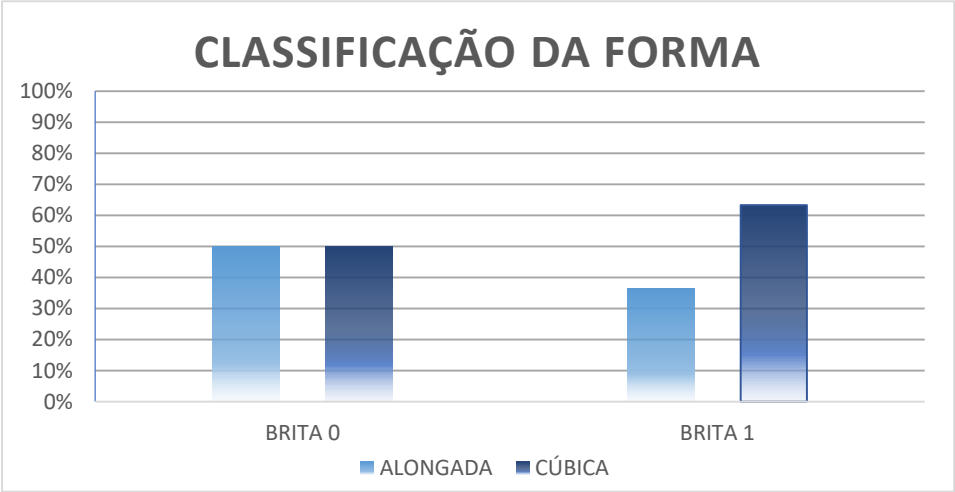


Figura 19 - Classificação da forma das amostras ensaiadas.

Brita 0 Brita 1

Figura 20 – Procedimento para determinação do índice de forma dos agregados graúdos.

Segundo Mehta e Monteiro (2014), a massa unitária aproximada dos agregados normais varia entre 1200 e 1800 kg/m3. Todas amostras ensaiadas apresentaram valores médios, variando de 1260,47 kg/m^3 à 1364,27 kg/m^3, como pode ser visto na Tabela 4. Pode ser utilizado na fabricação de concreto, blocos de concreto para vedação, na pavimentação e drenagem.

Tabela 4 - Ensaios realizados e resultados da determinação da massa unitária compactada

DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA COMPACTADA			
	Ensaio 1 (kg/m^3)	**Ensaio 2 (kg/m^3)**	**Média (kg/m^3)**
Areia	1362,62	1362,62	1362,62
Brita 0	1364,27	1364,27	1364,27
Brita 1	1260,47	1260,47	1260,47

Fonte: Autoria própria.

De acordo com Mehta e Monteiro (2014), torrões de argila, alteram as características granulométricas dos agregados miúdos e graúdos e geram prejuízo na resistência do próprio agregado e do concreto com ele fabricado. Ainda, a presença de torrões de argila altera a aparência do concreto aparente, podendo ocasionar manchas em sua superfície, e por apresentar uma baixa resistência mecânica são esmagados facilmente pela pressão dos dedos e geralmente são responsáveis por manifestações patológicas encontradas em revestimentos argamassados.

Segundo a norma NBR 7211:2009 Versão Corrigida:2019, a porcentagem de torrões de argila e materiais friáveis presentes nos agregados deve ser inferior a 3,0%. A Tabela 5 e Figura 21 apresentam os resultados obtidos todas amostras testadas não foram aprovadas neste teste, uma vez que os valores obtidos ficaram entre 7,5% e 35%, sendo que a brita1 não forneceu valores suficientes para realizar o teste. Para serem aprovados teria que triturar, fazer uma lavagem ou peneiramento a úmido.

Tabela 5 - Ensaios realizados e resultados da determinação do teor de argila em torrões

DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ARGILA EM TORRÕES			
	Ensaio 1	**Ensaio 2**	
Areia	35%	12,5%	
Brita 0	7,5%	12,5%	
Brita 1	Não forneceu valores suficiente para realizar o teste		

Fonte: Autoria própria.

Brita 0 (a) Brita 1 (b) Areia fina (c)

Figura 21 - Determinação do teor de argila em torrões.

Em trabalhos futuros pretende-se dar continuidade no estudo visando trabalhar com as amostras dos agregados reciclados produzidos na Usina (brita 0, brita 1 e areia fina), serão realizados ensaios de moldagem de corpo de prova do concreto, assim podendo avaliar melhormente quanto a sua resistência a compressão, resistência a tração, o modulo de elasticidade, e também o traço da argamassa e o traço do concreto.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo destinado à caracterização das propriedades dos agregados, do material recolhido da Usina de Resíduos Sólidos da cidade de Catalão, com fins de uso de agregados miúdo e graúdo empregados na construção civil, proporcionou bons resultados para realizar o desenvolvimento do estudo que se trata de analisar se o uso desses materiais estão de acordo com a exigências das normas da ABNT e precisamente para serem empregados na fabricação do concreto.

As amostras de brita 0, brita 1 e areia fina nos testes de granulometria, massa específica, massa unitária compactada e índice de forma do agregado graúdo, os resultados alcançados e analisados estão de acordo com o parâmetros e exigências normas da ABNT. Mas os resultados do teste do teor de torrões e argila os agregados não estão dentro dos parâmetros da norma da ABNT, pois apresentaram uma porcentagem muito elevada de torrões de argila ultrapassando os valores recomendados pela norma, e sendo utilizado os agregados podem apresentar prejuízo na resistência do próprio agregado e do concreto com ele fabricado, altera a aparência do concreto aparente, podendo ocasionar manchas em sua superfície e geralmente são responsáveis por manifestações patológicas encontradas em revestimentos argamassados. Porém pode-se tomar algumas medidas para que a porcentagem do teor de argila do material reduza e se enquadrem às exigências normativa, como realizar uma lavagem do material ou a realização de um novo peneiramento a úmido com esse material para retiradas dos materiais friáveis que podem acarretar algum dano nas principais propriedades do concreto.

O material produzido na Usina de resíduos Sólidos da cidade de Catalão é recomendado para a fabricação do concreto, porém deve-se tomar algumas possíveis medidas para que não comprometer a sua resistência como dito anteriormente. A brita 0 é mais apropriado na produção de concretos para estruturas com grande taxa de armação ou de pequena espessura, além de concretos mais fluidos (concreto auto adensável). A brita 1 é propício na fabricação do concreto para lajes, contra piso e pilares. E a areia fina pode ser utilizada na fabricação no concreto, também empregada na parte de acabamentos e na mistura de argamassa para base.

Fica como sugestões para trabalhos futuros, a realização de mais ensaios que são solicitados pelas normas. Alguns destes ensaios seriam, por exemplo, a realização de um traço com esses agregados, para que possam medir suas resistências, também a realização do ensaio slump test, com a finalidade de definir a consistência do concreto feito através destes materiais, entre outros que possam ser solicitados.

Referências

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. Panorama das usinas de reciclagem de RCD no Brasil: A Pesquisa Setorial ABRECON 2014/2015. São Paulo. SP; 2016.

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Sólidos da Construção Civil e Demolição. Disponível em: <https://abrecon.org.br/entulho/mercado/>. Acesso em: 26 de outubro de 2020.

ABNT NBR 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica.

ABNT NBR NM 53:2003 - Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água.

ABNT NBR 7211:2009 - Agregados para concreto, e para utilização em obras de pavimentação. Versão Corrigida: 2019.

ABNT NBR NM 52:2003 - Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente.

ABNT NBR 7809:2016 - Índice de forma de agregado graúdo pelo método do paquímetro.

ABNT NBR 7218/2010 - Determinação do teor de argila em torrões.

ABNT NBR NM 45:2006 - Determinação da massa unitária compactada do agregado graúdo.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2010. vol. 2.

BAZUCO R. S. **Utilização de agregados reciclados de concreto para produção de novos concretos**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil na Universidade de Santa Catarina. Florianópolis - SC; 1999. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/139614.pdf>.

BICA CORRIDA RECICLADA. SustentArqui. Disponível em: https://sustentarqui.com.br/materiais/bica-corrida-reciclada/>. Acesso em: 03 junho de 2021.

BITTENCOURT, T. N. **Estudo experimental do fraturamento do concreto estrutural por meio de corpos de prova cilíndricos.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo; 2000.

BRITA RECICLADA 19. Ecobrit, 2019. Disponível em: https://ecobrit.com.br/portfolio-item/brita-reciclada-19/>. Acesso em: 03 junho de 2021.

BODI, J.; BRITO FILHO, J. A. & ALMEIDA, S. **Utilização de entulho de construção civil reciclado na pavimentação urbana.** In: 29a Reunião Anual de Pavimentação, ABPv,, Cuiabá, MT; 1995.

BORBA, V. K., SANTOS A. A. **Projeto de base drenante realizado de acordo com a especificação técnica DER/SP ET-DE-P00/008**. Trabalho de conclusão de curso. Criciúma: Universidade do Extremo Sul Catarinense; 2013.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON. **CEB-FIP Model Code 1990.** London, Thomas Telford; 1993.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. 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 União, Brasília, DF. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>.

CONTRUINDO DE CASAS; **Areia Reciclada.** Disponível em; <https://construindocasas.com.br/blog/materiais/areia-para-construcao/ > Acesso em: 03 de Junho de 2021.

CORNELL FRACTURE GROUP. **Franc3D Menu & Dialog Reference.** Cornell University, Ithaca, 1998.

FRANÇA JÚNIOR, D. O. **Modelagem Analítica-Numérica-Experimental de Problemas de Interação Solo-Fluido-Estrutura em Barragens sob Ação de Sismo**. 2019. 52 f. Seminário (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2019.

FERNANDES, C. A., et al. Reforço de pilares de elevado do metrô de São Paulo, **41° Congresso Brasileiro do Concreto.** São Paulo, IBRACON; 1999.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. (Tese de Livre Docência). São Paulo. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 2000.

LOPES, D. F., SILVA, A.C., BARROS, M. R. & SILVA, E. M. S. **Reaproveitamento de estéril de mineração como agregado para fabricação de concreto**. 2019. Disponível em: < tmm-17-1-30.pdf>.

MEHTA, P. K. & MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestruturas, propriedades e materiais.** 2. ed. São Paulo: Nicole Pagan Hasparyk; 2014.

MELO, A.V. S. **Diretrizes para a produção de agregado reciclado em usinas de reciclagem de resíduos da construção civil**.(Mestrado). Federal da Bahia. Salvador; 2011.

MIRANDA, L.F.R., ANGULO, S., & CARELI, E. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído, Porto Alegre; 2009.

PINTO, T. P. & GONZÁLEZ, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília. 2005. 138 P. Volume 1. Disponível em: <https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf>.

RAÇÃO RECICLADO. **Soluções em Beneficiamento de Resíduos e Comércio LTDA**. Disponível em: < https://sbrreciclagem.com.br/pt/produtos.asp?codigo=12> Acesso em: 03 de junho de 2021.

REVISTA ELETRÔNICA ORGANIZAÇÕES E SOCIEDADE; **Resíduos da Construção Civil: Conceitos, Históricos e Gerenciamento.** Amanda Souza SANTOS1 Fabiana Aparecida ISELLE2 Leonardo Henrique DIAS-SILVA3.

SHAH, S.P.; SWARTZ, S.E.; OUYANG, C. **Fracture mechanics of concrete** - applications of fracture mechanics to concrete, rock and other quasi-brittle materials, New York, John Wiley & Sons; 1995.

SOUZA, U. E. L., PALARI, L. C., AGOPYAN, V. & ANDRADE, A. C. **Diagnóstico e combate á geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva**; 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/3573-12218-1-PB.pdf>.

SOUZA, M. M., SILVA, A. L. O. & PINA, L. V. G. **Caracterização de agregado miúdo fornecido na microrregião do agreste potiguar, popularmente denominado "areia barrada".** 2017. Disponível em: < 5954-16383-1-PB.pdf>.

XIX ENGEMA. **Usina de Reciclagem de Entulho como Agentes na Valoração Dos Resíduos Gerados pela Construção Civil**. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/242.pdf> Acesso em: 29 de Abril de 2021.