

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DE RESÍDUOS ENCONTRADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fábio Mateus Aigner¹
Poliana Bellei²

RESUMO

As técnicas utilizadas pela construção civil têm passado por evoluções no decorrer dos anos, sempre avançando suas tecnologias e inovando a utilização dos produtos. Esse estudo foi realizado para avaliar as propriedades do concreto com a adição de resíduos encontrados na construção civil. Isso ocorreu após a confecção de um traço referência para a produção de concreto, e a substituição dos agregados por resíduos cerâmicos de construção, foram produzidos corpos de prova cilíndricos para rompimento aos 28 dias. A metodologia dessa pesquisa classifica-se como indutivo, seu nível de pesquisa é explicativo. Os instrumentos de coleta de dados utilizados são: aplicação de teste e imagem. A população são os materiais reutilizados como agregado na produção do concreto, sua amostra foi limitada aos resíduos cerâmicos. A abordagem do estudo foi por uma análise quantitativa. Sobre os resultados encontrados, verificou que é possível utilizar o concreto com uma substituição do agregado de 50% de resíduo cerâmico, pois ocorreu um aumento na resistência do concreto.

Palavras-chave: Propriedades. Concreto. Resíduo.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil vem evoluindo dia após dia, traz consigo os problemas ambientais devido sua grande produção de resíduos, sendo que muitas vezes não são descartados de forma correta. Para produzir o concreto é necessária uma mistura de diversos materiais, que pode ser trabalho por um determinado período, quando atinge a fase concreto endurecido, desenvolve suas propriedades mecânicas, ao qual lhe permite utilização na construção (ANDRIOLO; SGARBOZA, 1993 apud PIETROBELLI, 2010).

A reutilização dos materiais empregados para concreto e argamassas, já são utilizados em outros países e também no Brasil, 20 % o material reciclado é a base de cimento. A utilização de resíduos de construção como agregado no concreto traz economia além de contribuir diretamente com a reciclagem, diminuindo os índices de resíduos produzidos em obras (TONUS; MINOZZI, 2013).

Segundo Mello (2010), por mês no Brasil são produzidos em torno de 850 mil toneladas de entulhos, o que corresponde 50 % do material desperdiçado, sendo que não existe uma lei

¹ Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil da UCEFF.

² Docente do curso de Engenharia Civil da UCEFF: polianabellei@gmail.com.

para destinação correta desse material. Já no Reino Unido a produção é de aproximadamente 53 mil toneladas por ano e o Japão 6 mil por ano, sendo que é país referência em reaproveitamento.

Quando se trabalha com reciclagem se torna uma alternativa para que ocorra a diminuição do impacto ambiental. Para as empresas que geram esses resíduos a destinação representa um pequeno custo, porém quando destinado de forma correta possibilita o reaproveitamento das matérias podendo ser utilizados novamente nas obras (SILVA, 2016).

Mello (2010), afirma que a reutilização dos resíduos só tem a trazer vantagens ambientais, pois com isso se diminui a quantidade de lixo em aterros, bem como nos lugares inadequados, e ainda auxilia na diminuição de resíduos dentro da própria obra, e a poluição do meio ambiente.

Contudo se questiona: **Qual as propriedades do concreto com substituição de resíduos encontrados na construção civil?** O objetivo geral desse trabalho é avaliar as propriedades do concreto com substituição de resíduos encontrados na construção civil.

A construção civil, é um dos maiores geradores de resíduos, e desperdiça grande parte do material que pode ser reutilizado, muitas vezes vistos como inapropriados, por isso através desse trabalho busca-se melhorar a destinação desses materiais e substituí-los como agregados no concreto. Com isso torna-se importante avaliar as propriedades do concreto com adição de resíduos encontrados na construção civil.

2 REVISÃO TEÓRICA

A sustentabilidade é um tema muito discutido dentro da construção civil, isso ocorre por ser conhecida como ser o setor com mais desenvolvimento econômico e social, mas também é repleto por ser um dos maiores geradores de resíduos, causando impactos ambientais.

2.1 SUSTENTABILIDADE

Em abril de 1968 foi criado o Clube de Roma, para demonstrar que as pessoas se preocupam com o meio ambiente. Um grupo composto com integrantes de dez países, entre eles participam cientistas, educadores, economistas, humanistas, industriais e funcionários. Todos visando o crescimento de recursos naturais, visando através do desenvolvimento econômico (CHAVES, 2014).

Somente em 1987 surgiu a primeira definição sobre “Desenvolvimento Sustentável”, que de acordo com Veiga e Zatz (2008), significa dizer que desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer o atendimento as gerações futuras. A sustentabilidade avança todos os dias, fazendo com que os profissionais busquem trabalhar nessa área, organizando soluções aos desafios. Essas reflexões são elaboradas pelos profissionais da construção civil, juntamente com os órgãos competentes responsáveis pelo meio ambiente (CORRÊA, 2009).

2.1.1 Resíduos de construção civil no Brasil

A sociedade atual tem enfrentando um grande desafio, que é a proteção com o meio ambiente. Existe uma forma correta de destinar os resíduos da construção civil, conforme demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS	
CLASSE A	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;
CLASSE B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;
CLASSE C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
CLASSE D	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado de CONAMA (2002).

Conforme apresentação do Quadro 1, a reciclagem dos entulhos é necessária que seja realizado um controle, para assim melhorar a qualidade, é necessário gerar condições que seja possível rastrear a utilização dos entulhos utilizados, para saber em que local da obra foi utilizado (FERREIRA, 2014).

2.1.2 Resolução 307 do CONAMA

A resolução 307 do CONAMA no Art. 1º, “Estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais” (CONAMA, 2002, s/p.).

A própria resolução apresenta algumas definições e conceitos conforme descrito no Quadro 2.

Quadro 2 - Definições conforme adotadas pela resolução

DEFINIÇÕES ADOTADAS PELA RESOLUÇÃO	
Resíduos da construção Civil	São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;
Geradores	São pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos definidos pela Resolução CONAMA;
Transportadores	São as pessoas, físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação;
Agregado reciclado	É o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia;
Gerenciamento de Resíduos	Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos;
Reutilização	Cesso de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;
Reciclagem	É o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;
Aterro de resíduos da construção civil	É a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe "A" no solo, visando a preservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente;

Fonte: Adaptado de CONAMA (2002).

Devido à grande quantidade de resíduos gerados pode-se classificá-los de diferentes maneiras, conforme descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - Classificação dos resíduos

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS		
RESÍDUOS CLASSE I	PERIGOSOS	Apresentam riscos à saúde pública (provocando ou acentuando o aumento da mortalidade ou incidência de doenças), ao meio ambiente (quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada), ou características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade;
RESÍDUOS CLASSE II	NÃO PERIGOSOS	Resíduos Classe II A – NÃO INERTES – aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – perigosos ou de Classe II B – inertes, podem ter as propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
		Resíduos Classe II B – INERTES – aqueles que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não solubiliza seus constituintes a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se: o aspecto, a cor, a turbidez, a dureza e o sabor.

Fonte: Adaptado de NBR 10004 (ABNT, 2004).

Pereira e Vieira (2013), ainda afirmam que os RCD's podem considerar os materiais que foram extraídos de uma demolição, incluindo embalagens ou qualquer outro tipo de material utilizando no período de construção. Ainda, os resíduos são gerados, pois seu quantitativo é dimensionado de forma errada, contabilizado além do que a obra necessita, também pelo erro nas técnicas construtivas que geram perdas constantes de materiais.

Muitos materiais são desperdiçados pois são mal utilizados e acabam não se enquadrando dentro do que foi especificado pela equipe de engenharia e projeto (DE PAULA, 2010).

Yazigi (2009, p. 99), afirma que, “Qualquer atividade que consome recursos e não agrega valor ao cliente. Perda pode ser considerada como qualquer ineficiência que reflita no uso de mão-de-obra, materiais e equipamentos em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação”.

“Ser sustentável garante ao setor um crescimento acima do esperado e ainda facilita as negociações com órgãos públicos, iniciativa privada e com potenciais parceiros” (OLIVEIRA, 2015, p. 11).

2.1.3 Processo de reciclagem utilizando RCD na construção civil

Na construção civil podem ser utilizados agregados, considerados materiais granulares, alguns já com definições certas para uso em obras, entre eles a brita, cascalho e areias que são obtidas pelas rochas (SANTO; LIRA; RIBEIRO, 2012). É possível analisar no Quadro 4, pode-se observar todo material reciclado na construção civil bem como sua composição e o benefício da utilização.

Quadro 4 - Material reciclado, composição e benefícios

MATERIAL	COMPOSIÇÃO	O QUE SE GANHA COM SUA RECICLAGEM?
FRAÇÃO CERÂMICA	Tijolo branco, bloco cerâmico, telha cerâmica, placa cerâmica, azulejo cerâmico, revestimento cerâmico, tubulação cerâmica, louça cerâmica e outros derivados.	Aplicado como concreto de menor resistência, por exemplo: bloco, contra pisos, passeio e outros. Pode ser aplicado com argamassa de assentamento ou na forma de sub-base de calçamento, pavimentação, lastros em lagos, córregos e represas.
FRAÇÃO CONCRETO E ROCHA NATURAL	Brita (sobra de rocha natural), bloco de concreto, peça pré-moldada de concreto, sobra de concreto, viga, pilar e outros.	Indicado para produção de concreto estrutural, como agregados em artefatos de concreto (brita nº 1,2,3, etc.) e como cascalho granulado para regularização de vias não pavimentadas. Dependendo da granulometria, pode até substituir a pedra britada na construção de lastros e vias.

FRAÇÃO ARGAMASSA	Areia, cimento e cal.	Usado na preparação de massa para assentamentos de tijolos e blocos e revestimento de paredes. Com este há redução do traço de areia e cal.
------------------	-----------------------	---

Fonte: Adaptado de Silva e Santos (2014, apud MENDES, 2017).

Conforme Quadro 4, “[...]os agregados reciclados possuem todas as condições para serem usados em habitações de interesse social por associar baixos custos com desempenho adequado, podem ser usados em edificações ou na infraestrutura de entorno” (BAVARESCO, 2001, p.8).

2.2 MATERIAIS CONSTITUINTES DO CONCRETO

Os materiais que constituem o concreto tanto nas propriedades físicas como químicas, são de extrema importância para que o concreto seja resistente e durável. Alguns elementos precisam ser analisados, ao qual podem influenciar no desempenho do concreto (JUNIOR, 2015).

A evolução do concreto consiste em determinar as propriedades do mesmo, tanto para o estado fresco tanto no endurecido. O material concreto é obtido após a mistura de cimento e agregados, mais a adição de aditivos. A transição do concreto fresco com influência nas características do concreto endurecido (GIAMUSSO, 1992 apud PEREIRA, 2011).

3 METODOLOGIA

Segundo Gil (2010), a realização de uma pesquisa é determinada após a definição do tema, sendo importante realizar os levantamentos de dados para após analisar as respostas, bem como se possa chegar a um resultado em sua pesquisa.

O tipo de método científico utilizado para essa pesquisa é indutivo, segundo Figueiredo et al. (2014), relata que indução pode ser realizada em três fases: observação dos fenômenos, descoberta da relação entre elas e generalização da relação. Com isso é observado os fatos as quais as causas se deseja conhecer, e o pesquisador busca comparação nas relações existentes.

Essa pesquisa foi classificada como nível de pesquisa explicativa. A pesquisa explicativa é utilizada para explicar e aprofundar o conhecimento sobre determinado assunto, podendo estar adaptado a métodos experimentais, sendo direcionados para ciência física ou

natural, apresentando margem de erros relevantes, dada a uma aplicação prática (MARCONI; LAKATOS, 2003).

O delineamento da pesquisa é classificado como experimental. A pesquisa experimental tem como finalidade testar hipóteses que dizem respeito à convicção do pesquisador. Ela envolve grupos de controle, seleção aleatória e manipulação de variáveis. Buscam-se generalizações por meio de técnicas de coleta de amostragem realizadas durante a experiência (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Para essa pesquisa a forma de coleta de dados utilizada é teste e imagens. Segundo Roech (2009, apud FIGUEIREDO et al., 2014, p.), os testes “[...] tem a função de medir como ou o que o indivíduo pensa sobre determinado fenômeno”. Para a coleta por imagens Marconi e Lakatos (2003, p. 184) relata que, “[...] abrange a documentação por imagem, compreendendo gravuras, estampas, desenhos, pinturas etc.”. A documentação por imagem se deu através do registro de todas as etapas do processo de elaboração dos testes.

Gil (2008), aborda a coleta dos dados de duas maneiras, em:

a) População: determina características, um conjunto de pessoas de um determinado local. Para essa pesquisa a população utilizada é todo o material reutilizável como agregado na produção do concreto;

b) Amostra: é uma parte do conjunto da população. A amostra é delimitada na utilização de agregados como os resíduos de construção no concreto para realização dos testes.

A abordagem utilizada foi quantitativa, que segundo Figueiredo et al (2014, p. 43), a pesquisa quantitativa é: “[...] avaliação através de dados metrificastes, podem ser realizados vários tipos de cálculos e testes com os dados dependendo de como foram coletados; geralmente são apresentados no trabalho através de gráficos e tabelas”.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Visando melhorar o desempenho do concreto, bem como dar uma melhor destinação aos resíduos de construção civil, foi desenvolvida essa pesquisa. Para dar início as análises de resultados foram realizadas ensaios para a caracterização dos materiais, utilizados para a fabricação de concreto, e posteriormente produzido os concretos e realizado os ensaios em seu estado fresco e endurecido. Todos os testes dos materiais foram realizados no laboratório da UCEFF - Faculdades.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Antes da produção dos concretos os materiais foram submetidos a sua caracterização. Os ensaios realizados com os agregados (areia e brita) utilizados na produção do concreto, estão descritos no Quadro 5.

Quadro 5 - Ensaios realizados com os agregados

AREIA NATURAL	BRITA 1
Massa específica: NBR NM 52/09	Massa específica: NBR NM 53/09
Massa unitária: NBR NM 45/06	Massa unitária: NBR NM 45/06
Granulometria: NBR NM 248/03	Granulometria: NBR NM 248/03

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Os agregados utilizados foram adquiridos de uma loja de materiais de construção, e analisadas as características desses materiais.

A areia utilizada foi do tipo fina. Na obtenção da massa específica o valor obtido foi de 2,83 g/cm³. Já para o resultado de massa unitária encontrou-se 1,62 g/cm³. Com o ensaio de granulometria o diâmetro máximo característico do agregado miúdo resultou em 1,19 mm e o modulo de finura igual a 1,04.

A brita é o agregado graúdo, e a partir do ensaio realizado a massa específica encontrada foi de 2,70 g/cm³. Na determinação da massa unitária o cálculo resultou em 1,34 g/cm³. O diâmetro máximo característico foi igual a 19 mm. Os resíduos de concreto e de revestimento cerâmico utilizados para a realização da pesquisa, são provenientes de obras da cidade de Chapecó - SC.

A Figura 1, apresenta os resíduos de revestimento cerâmico para elaboração da pesquisa.

Figura 1 - Resíduos cerâmicos



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Todo o material coletado foi retirado da obra, separado de impurezas, e transportado até o laboratório. Já a Figura 2, apresenta os materiais já classificados quanto sua granulometria e as respectivas peneiras utilizadas no processo.

Figura 2 - Materiais já classificados



Fonte: Dados da pesquisa (2018)

Para o resíduo cerâmico, a massa específica obtida foi de $2,39 \text{ g/cm}^3$. Após a realização do ensaio o valor de massa unitária encontrada para o resíduo foi de $1,01 \text{ g/cm}^3$. Foram realizadas somente essas caracterizações.

4.2 ENSAIOS REALIZADOS COM OS CONCRETOS

O traço do concreto referência utilizado foi de 1:3:3, conforme o estudo de Latterza (1998). Por meio da Tabela 1, é possível analisar de que maneira foram produzidas as amostra para cada tipo de concreto.

Tabela 1 - Traços utilizados

Traços adotados	cimento: areia: brita: resíduo
Concreto traço referencia	1: 3 :3
Concreto traço com 50 % de resíduo de concreto	1: 3: 1,5: 1,5
Concreto traço com 75 % de resíduo de concreto	1: 3: 1,75: 0,25
Concreto traço com 50% de resíduo cerâmico	1: 3: 1,5: 1,5
Concreto traço com 75 % de resíduo cerâmico	1: 3: 1,75: 0,25

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A consistência do concreto foi fixada em $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$. Foram moldados corpos de provas cilíndricos de $10 \times 20 \text{ cm}$, para ensaiar a resistência à compressão, os quais foram rompidos aos 28 dias de idade.

4.2.1 Concreto no estado fresco

A NBR NM 67 (ABNT, 2009), é a norma que determina a consistência do concreto através do abatimento do tronco de cone. Na Figura 3, apresenta a realização do ensaio de abatimento de tronco de cone aplicado ao concreto referência.

Figura 3 – Ensaio de consistência realizado no concreto referência



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Após verificar a consistência do concreto referência em seu estado fresco o valor encontrado foi de 9,5 cm.

A Tabela 2 apresenta os resultados da consistência de todos os concretos no estado fresco.

Tabela 2 - Resultado da consistência do concreto

Traços adotados	Abatimento (cm)
-----------------	-----------------

Concreto traço referência	9,50
Concreto traço com 50 % de resíduo de concreto	9,50
Concreto traço com 75 % de resíduo de concreto	9,50
Concreto traço com 50 % de resíduo cerâmico	8,50
Concreto traço com 75 % de resíduo cerâmico	8,00

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Quanto maior a substituição de resíduos no concreto, maior a necessidade de acrescentar água na mistura para melhorar a trabalhabilidade e proporcionar uma massa homogênea.

4.2.2 Preparação das amostras para o estado endurecido

Para os testes de resistência à compressão no estado endurecido, os Corpos de Prova (CP) utilizados para a moldagem foram os cilíndricos de 10x 20 cm. No total moldaram-se três corpos de prova para o concreto referência, três com substituição de resíduo de concreto e cerâmica de 50 %, e três com substituição de resíduo de concreto e cerâmica de 75 %.

De acordo com NBR 5738 (ABNT, 2015), antes da moldagem é necessário que se revista os moldes com óleo mineral. Na sequência, são colocadas duas camadas de concreto no molde, sendo aplicados 12 golpes em cada camada de material. Finalizando esse processo, regulariza-se a superfície, e espera-se de 24 h às 48 h para realizar a desforma. A Figura 4, apresenta a moldagem dos corpos de prova.

Figura 4 - Moldagem dos corpos de prova



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Ainda sobre a Figura 4, os moldes devem estar sob uma superfície rígida e plana, não sofrendo nenhum tipo de vibração, ou qualquer espécie de movimento, que possa modificar a forma, ou até mesmo as propriedades do concreto durante o processo de moldagem e pega (ABNT NBR 5738, 2015).

A Figura 5, demonstra o armazenamento dos corpos de prova submersos em água saturada com cal.

Figura 51 - Armazenamento dos corpos de prova



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Ainda sobre a Figura 5, a NBR 5739 (ABNT, 2018, p. 3), afirma que: “Até a idade de ensaio, os corpos-de-prova devem ser mantidos em processo de cura úmida ou saturada”. O tempo de cura para o rompimento foi de 28 dias conforme estabelecem as normas.

4.2.3 Concreto no estado endurecido

Os ensaios de resistência à compressão dos concretos no estado endurecido foram realizados no laboratório da UCEFF - Faculdades. A Figura 6, demonstra a retífica utilizada para capear as fases dos corpos de prova. É necessário esse processo para deixar a superfície plana das amostras.

Figura 6 – Retifica



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A Figura 7, apresenta a prensa Emic 200 C utilizada, e o momento do ensaio realizado aos 28 dias, para resistência à compressão axial dos corpos de prova de concreto.

Figura 7 - Ensaio de resistência à compressão axial



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

A resistência do concreto pode ser influenciada por diversos fatores, as principais são relacionadas: quantidade de cimento, agregados e água (traço), e idade do concreto, isso ocorre independentemente do tipo de ensaio utilizado (CARVALHO; FILHO, 2013).

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial são encontrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados de resistência à compressão axial

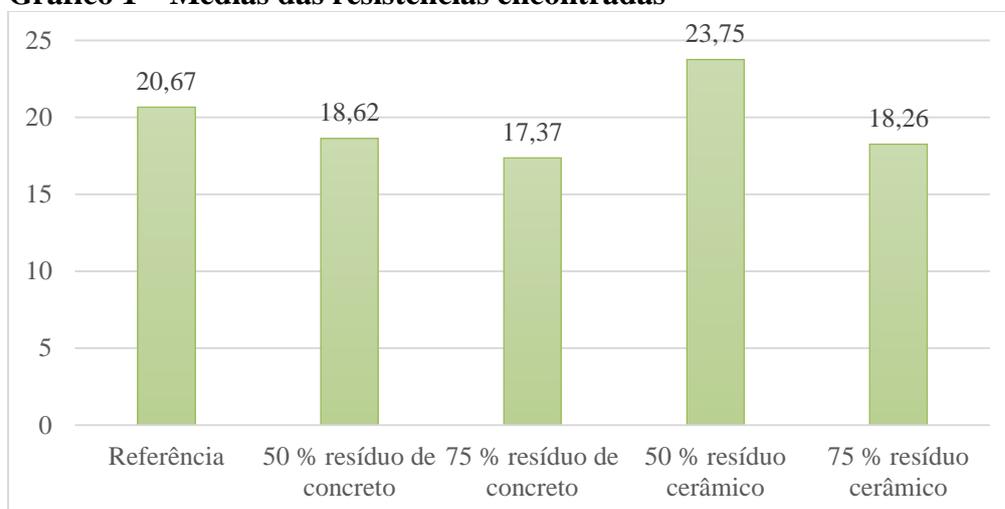
Traços adotados	Amostra 01 MPa	Amostra 02 MPa	Amostra 03 MPa	Média MPa
Concreto traço referência	20,64	20,65	20,72	20,67
Concreto traço com 50% de resíduos de concreto	18,7	17,94	19,23	18,62
Concreto traço com 75% de resíduos de concreto	17,62	17,8	16,7	17,37
Concreto traço com 50% de resíduos de cerâmica	23,37	24,31	23,56	23,75
Concreto traço com 75% de resíduos de cerâmica	19,21	17,62	17,95	18,26

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Quando analisado os resultados obtidos através dos ensaios, percebe-se que ao substituir o agregado graúdo por 50 % de resíduo cerâmico, a resistência à compressão do concreto aumentou. Porém, quando realizado a substituição de 75 % da brita por resíduo cerâmico, houve uma perda na resistência do mesmo, ficando abaixo da amostra referência. O resíduo de revestimento cerâmico, mostrou-se mais eficaz que o resíduo de concreto.

O Gráfico 1, ilustra os resultados de resistência à compressão axial dos concretos.

Gráfico 1 – Médias das resistências encontradas



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Entende-se, que ao substituir o agregado graúdo por resíduo cerâmico teve-se um aumento dos valores de resistência do concreto aos 28 dias. Porém, quanto maior for a adição de resíduo, a resistência diminui. Isso pode ocorrer devido ao aumento da porosidade da mistura, dificultando o adensamento no estado fresco necessitando de maior quantidade de água, a qual é inibida pela elevada absorção dos agregados reciclados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, a construção civil é um dos maiores produtores de resíduos fazendo com que o meio ambiente seja degradado, isso ocorre devido à grande quantidade de desperdício de materiais durante as atividades desenvolvidas na construção e demolição. Com isso, essa pesquisa buscou uma forma de reduzir o impacto ambiental.

Buscando conhecimento sobre as características dos materiais reciclados, e como eles se comportam, quando são adicionados ao concreto, para esse trabalho foram utilizados os resíduos cerâmicos e de concreto, de construções e demolições substituindo parcialmente o agregado graúdo do concreto.

O objetivo geral dessa pesquisa era avaliar as propriedades do concreto com adição de resíduos encontrados na construção civil. Para o alcance desse objetivo foi elaborado um traço referência, e outros dois traços com porcentagens de 50 % e 75 % de substituição de brita por resíduo. O traço foi confeccionado no laboratório da UCEFF Faculdades, sendo o mesmo igual 1:3:3.

Nas propriedades no estado fresco e endurecido do concreto referência e das amostras com substituição, foram realizados a consistência do concreto em seu estado fresco, e moldados os corpos de provas, que depois de 28 dias foram rompidos, conforme estabelece a norma. Para isso foram retiradas três amostras para cada concreto.

Após os ensaios realizados conclui-se que ao substituir 50 % de resíduo cerâmicos ocorreu um aumento na resistência, porém quando adicionado 75 % houve uma perda de resistência quando comparado com o concreto referência.

De uma forma geral é possível concluir que com base nas características levantadas no estudo, a utilização de agregados reciclados é viável na produção do concreto. Porém, é importante ressaltar que a substituição deve ser feita de maneira moderada, sempre realizando os testes conforme são estabelecidos em normas.

É necessário que se realizem outros estudos com a substituição de agregados reciclados no concreto, para que se confirmem os resultados aqui encontrados. Além disso, é importante que sejam consideradas outras propriedades mecânicas, como aderência e retração que são importantes para o desempenho do concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10004** - Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro/RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 45** – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro/RJ, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 52** - Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 53** – Agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro/RJ, 2009.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR NM 67** – Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro/RJ, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 248** - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro / RJ, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro / RJ, 2018.

BAVARESCO, C. R. **Utilização de entulho reciclado para produção de argamassas**. Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Florianópolis/SC, 2001.

CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Calculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118: 2003**. 3ª ed. Editora: EdUFSCar. São Carlos/SP, 2013.

CHAVES, H. O. **Diretrizes sustentáveis na construção civil: avaliação do ciclo de vida**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheira Civil. Rio de Janeiro/RJ, 2014.

CONAMA. **Resolução Conama nº 307**: de 5 de julho de 2002, publicada no DOU no 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1. 2002.

CORRÊA, L.R. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte/BH, 2009.

DE PAULA, P. R. F. **Utilização dos resíduos da construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural**. Dissertação apresentada à Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Recife/ PE, 2010.

FERREIRA, L. H.; **Sustentabilidade nas obras e nos projetos: questões práticas para profissionais e empresas**. São Paulo: PINI, 2014.

FIGUEIREDO, A. M. B.; [et al]. **Pesquisa científica e trabalhos acadêmicos**. 2 Edição. Chapecó: Uceff, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6^a ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2010.

JUNIOR, E. R. **Propriedades dos materiais constituintes do concreto**. MBA Gerenciamento de obras, tecnologia & qualidade da construção Instituto de Pós-Graduação – IPOG. Revista Especialize, Goiânia/ GO, 2015.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MELLO, M. **Reutilização de materiais na construção**. Publicado em dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.cimentoitambe.com.br/reutilizacao-de-materiais-na-construcao/>. Acesso em: 15 set. 2017.

MENDES, B. **Utilização de resíduo de revestimento cerâmico na argamassa de revestimento**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade Empresarial de Chapecó, UCEFF. Chapecó/SC, 2017.

OLIVEIRA, B. T. **Uso de resíduos de construção e demolição em argamassa para revestimento de alvenaria**. Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro. Poli/UFRJ. Rio de Janeiro/RJ, 2015.

PEREIRA, E. A. **Estudo da substituição de areia natural por areia de arenito em concretos de cimento Portland**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Concreto, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba/PR, 2011.

PEREIRA, P. M.; VIEIRA, C. S. **Resíduos de Construção e Demolição: Um estado de arte visando a sua valorização em Trabalhos Geotécnicos**. Relatório de Investigação no âmbito do projeto “Aplicação sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em estruturas reforçadas com geossintéticos. Portugal, 2013.

PIETROBELLI, E. R. **Estudo de viabilidade do pet reciclado em Concreto sob aspecto da resistência a Compressão**. Trabalho de monografia II apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Comunitária Regional de Chapecó, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil. Chapecó/SC, 2010.

SANTO, R.; LIRA, B.; RIBEIRO, A. **Argamassa com substituição de agregado natural por resíduo de britagem de Granito**. Universidade Federal da Paraíba – Laboratório de Ensaio de Materiais e Estrutura, 2012. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1119/604>>. Acessado em: 20 set. 2018.

SILVA, G. **Reciclagem de resíduos é alternativa sustentável para destinação de entulhos**. Publicado em 2016. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/reciclagem-de-residuos-e-alternativa-sustentavel-para-destinacao-de-entulhos_7628_0_1>. Acesso em: 20 set. 2017.

TONUS, C. A.; MINOZZI, P. I. **Utilização de agregados reciclados de alvenaria na produção de concreto para contrapisos**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. Pato Branco/ PR, 2013.

VEIGA, José Eli, ZATZ, Lia. **Desenvolvimento sustentável que bicho é esse?**. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10ª Edição. São Paulo: PINI - SindusCon, 2009.