

## ANÁLISE EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA MECÂNICA ENTRE O CONCRETO CONVENCIONAL E O CONCRETO RECICLADO.

Luine Vieira da Silva<sup>1</sup>, Amanda Celestino Ponte <sup>2</sup>,

<sup>1</sup>ENG. LUINE VIEIRA DA SILVA, IPU-CE, luinevieraeng2@hotmail.com

<sup>2</sup>ENG. AMANDA CELESTINO PONTE, SOBRAL-CE, amandacelestino.eng@gmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
15 a 17 de setembro de 2025

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo principal utilizar resíduos gerados por perdas físicas em canteiros de obras para substituição parcial e total do agregado graúdo dos concretos convencionais e analisar sua eficiência para fins estruturais. Foram realizados ensaios experimentais com substituição de agregado graúdo convencional por agregado constituído de resíduos de construção e demolição nos teores de 50% e 100%. Com os resultados obtidos foi possível observar que os concretos recicláveis apresentaram valores satisfatórios para seu uso na construção civil, desde que seja feito todo controle tecnológico para sua produção e execução, podendo ser utilizado para fins estruturais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos; Construção; Sustentável.

### EXPERIMENTAL ANALYSIS OF MECHANICAL STRENGTH BETWEEN CONVENTIONAL CONCRETE AND RECYCLED CONCRETE

**ABSTRACT:** The main objective of this work is to use waste generated from physical losses at construction sites to partially and totally replace the coarse aggregate in conventional concrete and to analyze its efficiency for structural purposes. Experimental tests were conducted with the replacement of conventional coarse aggregate with aggregate made from construction and demolition waste at contents of 50% and 100%. With the results obtained, it was possible to observe that the recyclable concretes presented satisfactory values for their use in civil construction, provided that all technological control is carried out for their production and execution, making them suitable for structural purposes.

**KEYWORDS:** Solid Waste; Construction; Sustainable.

### INTRODUÇÃO

O setor da construção civil está cada vez mais em expansão em decorrência do crescimento demográfico; conseqüentemente, maior demanda por construção de habitações. Porém, têm-se percebido um aumento alarmante no volume de geração dos resíduos sólidos oriundos de construção e demolição (RCD). Segundo (ANGULO,2000), a definição de RCD são considerados todo e qualquer resíduo proveniente das atividades de construção. De acordo com (PINTO,1999), nas cidades brasileiras o RCD representa de 41 à 70% da massa total de resíduos sólidos urbanos (RSU). Conseqüentemente, esses rejeitos impactos negativos ao meio ambiente. geram O RCD tem, no mínimo, duas fontes de geração típicas: construção e demolição. No Brasil, estima-se que mais de 50% do RCD é originado das construções provenientes de perdas físicas de alguns materiais, geradas a partir do processo de construção e demolição (ANGULO,2000). Normalmente, a maioria dos resíduos gerados nos canteiros de obras são provenientes de argamassas, tijolos cerâmicos, concreto, gesso, alvenaria, entre outros. Estes materiais que podem ser reciclados substituindo os agregados naturais, comumente utilizados nas misturas do concreto convencional, por agregados de RCD. Devido à necessidade de busca por alternativas sustentáveis para deposição final de resíduos de construção e demolição, essa pesquisa se justifica na necessidade de alternativas eficientes para a redução de produção de RCD. Com isso, a viabilidade de confecção de concreto reciclado pode ser um fator de contribuição para o benefício de reutilizar esses rejeitos, que muitas vezes não tem um descarte final correto. Concreto convencional é uma mistura de agregados graúdos, obtidos por processos de

britagem, agregados miúdos, aglomerante e água. Para que se possa utilizar fração de RCD como agregado graúdo, é necessário a execução de uma série de ensaios de caracterização, como granulometria, massa específica e massa unitária; para, após a finalização desses ensaios, calcular o traço de acordo com o método de dosagem da associação brasileira de cimento portland (ABCP). A reutilização de RCD na fabricação dos concretos convencionais poderá trazer um manejo sustentável nas construções, visto que sua utilização possa gerar redução na exploração de recursos naturais, diminuição no volume de resíduo depositado no meio ambiente e redução na emissão de CO<sub>2</sub>, gerada pelas operações de transporte desse material até a destinação final. Logo, analisamos que a reciclagem desses rejeitos pode ser um elo sustentável na cadeia produtiva da construção civil e reuso de materiais. Portanto, o objetivo principal deste trabalho é utilizar resíduos gerados por perdas físicas em canteiros de obras para substituição parcial e total do agregado graúdo dos concretos convencionais, nos teores de 50% e 100%, e analisar sua eficiência para fins estruturais.

## MATERIAL E MÉTODOS

Durante a pesquisa foram selecionadas três obras residenciais de pequeno porte em um bairro, na cidade de Sobral, Ceará, localizado na região norte. Essas obras foram identificadas como obra 1, obra 2 e obra 3, para assim manter discrição das construtoras e seus responsáveis técnicos. Foram coletadas amostras de entulhos produzidos em canteiros de obra para estudar sua reutilização, realizando substituição como agregado graúdo no traço moldado no laboratório em percentuais de substituição 0%, 50% e 100%. Assim, o projeto experimental consta com 3 traços, para cada traço foram moldados 5 corpos de provas, que foram rompidos na idade de 7 e 28 dias. O aglomerante utilizado foi o Cimento Portland, CP II E-32 cimento com secagem rápida composto por escórias, da marca Votorantim, pois é o cimento comumente vendido e utilizado no mercado da região. O agregado artificial graúdo utilizado na pesquisa foi a brita 01, proveniente da pedreira Minermac, localizada na cidade de Sobral, Ceará, Brasil. O agregado natural miúdo utilizado na pesquisa foi areia média proveniente das margens do rio Acaraú, na região norte do Ceará, Brasil. A água utilizada na produção das misturas de concreto foi água proveniente do Sistema de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE), da cidade de Sobral, Ceará, Brasil. O agregado reciclado de resíduo de construção e demolição utilizado foi extraído nas obras escolhidas. Aproximadamente 40 kg de material original foi separado pelo autor e posteriormente feito o processo de britagem manual. Inicialmente foi feita uma coleta com amostra de entulhos produzidos nas obras, diretamente nas pilhas de rejeitos depositados ao lado da construção. Utilizou-se uma pá comum, recolheu-se as amostras dos resíduos depositando-as dentro de um balde e transferido para o laboratório da instituição de ensino. A figura 1 mostra os entulhos da obra 1. Figura 1. Resíduos de construção da obra 1. Posteriormente, as amostras do material reciclado foram submetidas aos procedimentos de britagem, manualmente triturado com uma marreta para a diminuição da granulometria do entulho, homogeneizado e quarteado, seguindo a NBR 6457 (ABNT, 2016) “Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.” A figura 2 mostra os resíduos triturados e que será colocado em estufa para secagem prévia do material. Figura 2. Amostra de resíduos. Com o material já triturado, foi pesado em uma amostra de 2,0 kg e, posteriormente, passou por um processo de peneiramento, utilizando peneiras com malhas pré-determinadas conforme a NM 248 (ABNT, 2003). A granulometria dos agregados deve ser feita através do peneiramento, onde a massa de grãos retidas na faixa de 9,5mm à 19 mm corresponde a graduação “brita 1” e entre 9,5 mm à 4,8mm a graduação “brita 0”, expressando assim o diâmetro máximo do agregado, que é a porcentagem retida acumulada no valor 5% ou exatamente menor, em milímetros. O método utilizado para o cálculo da dosagem foi o da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Para determinar o traço do concreto referência esta pesquisa adotou como parâmetro uma resistência a compressão axial com fck de 20 MPa aos 28 dias, que é a resistência mínima conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), e replicou o mesmo traço para o concreto RCD-50 que é o concreto com teor de substituição de 50% do agregado artificial pelo agregado reciclado e concreto RCD-100 que é o concreto com teor de substituição de 100% do agregado artificial. Seguindo a recomendação desse método, foram realizados ensaios de caracterização dos

agregados naturais para em seguida proceder com o cálculo do traço unitário de referência. Após a homogeneização da mistura na betoneira, foi retirada uma parte do concreto para moldagem dos corpos de prova. Por se tratar de uma dosagem experimental, o traço inicial pode ser alterado conforme resultado dos ensaios de consistência, no qual avaliam a sua trabalhabilidade pelo ensaio de Abatimento do tronco de cone (Slump Test). Utilizando os valores de cálculo do traço unitário do consumo de material para o concreto referência, partiu-se para a produção da mistura na betoneira, em seguida foi feito o ensaio pelo abatimento de tronco do cone, conhecido como slump test, para a determinação da consistência do concreto, moldado em 3 camadas iguais e adensadas com 25 golpes cada camada. Após o ensaio, foi estabelecido que o concreto obteve uma consistência fluida de 150 mm (conforme a NBR NM 67, 1998), portanto, houve a necessidade de recalculer o valor e reajustar o fator a/c de 0,52 para 0,45 e a consistência resultante foi de 10 mm sendo classificada como seca. Foi recalculado novamente o valor a/c, ficando estabelecido em 0,50 obtendo assim uma consistência medianamente plástica de 30 mm. Feito o terceiro traço-base para o concreto referência e realizado o ensaio de abatimento de tronco do cone, obteve-se uma consistência desejada, moldou-se corpos de prova para ensaios de compressão axial do concreto no estado endurecido de acordo com a NBR 5738 (ABNT, 2015), Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Após 24 horas, foram desmoldados e colocados submersos em água para a cura até o dia de rompimento, 7 e 28 dias. Utilizando o mesmo método do concreto referência com o mesmo traço, confeccionou-se os 2 tipos de concreto, o concreto RCD-50 e RCD-100, substituindo o agregado graúdo por agregados de resíduos de construção e demolição parcialmente em 50% e totalmente 100%, respectivamente. Foram feitos os mesmos procedimentos de quantidade de consumo de material, mistura na betoneira e ensaio do concreto referência no estado fresco pelo abatimento de tronco no cone. Primeiro concreto confeccionado foi o concreto RCD-100, no slump test, utilizando a mesma relação a/c do concreto referência, seu abatimento no cone foi de aproximadamente 0 mm, ou seja, um concreto de consistência seca, baixa trabalhabilidade, portanto optou-se por aumentar o fator a/c de 0,50 para 0,6, onde seu abatimento no cone ficou em 10 mm. E assim também foi feito para o concreto RCD-50. Após a confecção e o ensaio de consistência, foram feitos os mesmos processos de moldagem dos corpos de prova para ensaio de resistência mecânica do concreto no estado endurecido.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas a trabalhabilidade do concreto reciclado no estado fresco, ou seja, sua consistência após a confecção deles: traço referência, traço RCD-50 e traço RCD-100. Os resultados obtidos foram feitos através do ensaio de abatimento de tronco de cone conhecido como slump test. Como o objetivo deste ensaio é analisar a trabalhabilidade, a relação a/c fixa não foi mantida. Os resultados obtidos do slump test realizados estão apresentados na tabela abaixo, para os três concretos confeccionados. A

tabela abaixo mostra os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, bem como um comparativo entre as resistências dos traços ensaiados, com suas respectivas relações a/c. Tabela 1

Resultado da resistência de compressão axial.

| Traço    | a/c | Resistência a compressão (MPa) |         |
|----------|-----|--------------------------------|---------|
|          |     | 7 dias                         | 28 dias |
| TR       | 0,5 | 22,96                          | 28,37   |
| TRCD-50  | 0,6 | 19,07                          | 28,36   |
| TRCD-100 | 0,6 | 19,11                          | 23,99   |

Analisando os valores obtidos de resistência à compressão axial, observa-se que todos os traços obtiveram os valores mínimos de 20 MPa aos 28 dias do processo de cura, conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016). **CONCLUSÃO** Este trabalho buscou analisar a viabilidade de utilizar esses resíduos como substituição parcial e total do agregado graúdo convencional nos teores de 50% e 100%. Os valores dos resultados da resistência à compressão axial

aos 28 dias do TRCD-50 foi de 28,36 Mpa valor bem aproximado com o TR que aos 28 dias atingiu 28,37 Mpa e o TRCD- 100 foi de 23,99 Mpa, ou seja, ambos os concretos atingiram valores superior ao valor mínimo para concreto estrutural definido pela (NBR 6118, 2014) que é de 20 Mpa. Em relação a sua trabalhabilidade, houve a necessidade de aumento na relação a/c para ambos os concretos reciclados, visto que o agregado graúdo reciclado é um material poroso, requerendo assim um pouco mais de umidade no seu cálculo de dosagem. Portanto pode-se concluir que os concretos RCD 50 e RCD-100 apresentaram valores satisfatórios para seu uso na construção civil, desde que seja feito todo controle tecnológico para sua produção e utilização. Com base nos resultados obtidos, o RCD-50 foi o que apresentou melhor resistência à compressão axial, sendo o mais propício para utilização com fins estruturais. Sugestões para próximos trabalhos, como : Analisar a resistência de concreto RCD com o uso de aditivos químicos, analisar a resistência mecânica substituindo o agregado miúdo convencional por agregado reciclado e analisar a resistência do concreto RCD utilizando outros tipos de cimento na composição.

## CONCLUSÃO

Este trabalho buscou analisar a viabilidade de utilizar esses resíduos como substituição parcial e total do agregado graúdo convencional nos teores de 50% e 100%. Os valores dos resultados da resistência à compressão axial aos 28 dias do TRCD-50 foi de 28,36 Mpa valor bem aproximado com o TR que aos 28 dias atingiu 28,37 Mpa e o TRCD- 100 foi de 23,99 Mpa, ou seja, ambos os concretos atingiram valores superior ao valor mínimo para concreto estrutural definido pela (NBR 6118, 2014) que é de 20 Mpa. Em relação a sua trabalhabilidade, houve a necessidade de aumento na relação a/c para ambos os concretos reciclados, visto que o agregado graúdo reciclado é um material poroso, requerendo assim um pouco mais de umidade no seu cálculo de dosagem. Portanto pode-se concluir que os concretos RCD 50 e RCD-100 apresentaram valores satisfatórios para seu uso na construção civil, desde que seja feito todo controle tecnológico para sua produção e utilização. Com base nos resultados obtidos, o RCD-50 foi o que apresentou melhor resistência à compressão axial, sendo o mais propício para utilização com fins estruturais. Sugestões para próximos trabalhos, como : Analisar a resistência de concreto RCD com o uso de aditivos químicos, analisar a resistência mecânica substituindo o agregado miúdo convencional por agregado reciclado e analisar a resistência do concreto RCD utilizando outros tipos de cimento na composição.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

Ângulo, S.C. (2000). Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados. São Paulo. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Associação Brasileira de Cimento Portland. (2016). Guia básico de utilização do cimento Portland. 2016. Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016). NBR 6457: Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Associação Brasileira De Normas Técnica (2014). NBR 6118: Projetos de estruturas de concreto – Procedimento. Associação Brasileira De Normas Técnica (1998). NM 67: Ensaio de Abatimento do concreto (Slump Teste). Associação Brasileira De Normas Técnica (2015). NBR 5738:2015 Versão corrigida: 2016: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de provas. Pinto, T. P. (1999). Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo. Dissertação – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.