

PRODUÇÃO DE ARTEFATOS COM PAPERCRETE E RCD: CASE UEA

MARCUS VINICIUS PAES DA SILVA SANTOS^{1*}; JACKSON CASCAES DUARTE²;
JÉSSICA DE SOUZA FORTES³; VALDETE SANTOS DE ARAÚJO⁴; CARLA SOUZA CALHEIROS⁵

¹Graduando em Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM, mvpdss.eng@uea.edu.br

²Graduando em Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM, jacksonduarte94@hotmail.com

³Graduada em Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM, jessicasfortes@gmail.com

⁴Professora Doutora Coordenação de Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM, eng.valdete@gmail.com

⁵Professora Doutora Coordenação de Engenharia Civil, UEA, Manaus-AM, carlasc2@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017

8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi a produção de um concreto sustentável, tendo o papel e o resíduo de construção e demolição (RCD) como agregados reciclados para a confecção de artefatos (blocos). Para tanto foram feitos levantamentos de normas técnicas e estudos similares com a utilização de outros tipos de agregados reaproveitados. Posteriormente, foram realizadas a adaptação da dosagem empírica e os ensaios mecânicos com o concreto produzido. O traço utilizado foi obtido com base na literatura americana (IMOGEN, 2013), que não especifica o uso de agregados graúdos, sendo adaptado para 2 : 1 : 2 : 0,4 (cimento : areia : papel : água), para inclusão futura do RCD em substituição à areia. Primeiramente, o traço foi utilizado na confecção de blocos de 19 x 10 x 6 cm, e obteve-se 19,60 MPa de resistência à compressão aos 28 dias de idade. No segundo momento, a partir do primeiro traço, houve a substituição parcial de 50% de areia por RCD, tendo como resultado a resistência à compressão de 20,27 MPa, aos 28 dias de idade. Podendo, então, os concretos com resíduos de papel ou papel e RCD serem utilizados como elementos de vedação, pois não diferem exorbitantemente, nem em resistência ou custo ou peso, e possuem valores aceitáveis por normas de blocos de concreto utilizados em construções de habitações.

PALAVRA-CHAVE: Concreto, papel, *papercrete*, sustentabilidade, concreto sustentável.

PRODUCTION OF ARTIFACTS WITH PAPERCRETE AND CDW: CASE UEA

ABSTRACT: The objective of this research was the production of a sustainable concrete, having the paper and the Construction and Demolition Waste (CDW) as recycled aggregates for the making of artifacts (blocks). For this purpose, technical standards surveys and similar studies were carried out with the use of other types of reused aggregates. Subsequently, the empirical dosage and the mechanical tests were adapted with the concrete that was produced. The trait used was based on the American literature (IMOGEN, 2013), which does not specify the use of large aggregates, being adapted to 2: 1: 2: 0.4 (cement: sand: paper: water), for future inclusion of CDW in place of sand. First, the trait was used in the preparation of blocks of 19 x 10 x 6 cm, and obtained 19.60 MPa of compressive strength at 28 days of age. At the second moment, from the first trace, there was the partial replacement of 50% sand by CDW, resulting in a compressive strength of 20.27 MPa at 28 days of age. Therefore, concrete with paper or paper waste and CDW can be used as sealing elements because they do not differ exorbitantly in either strength or cost or weight and have acceptable values for concrete block standards used in residential construction.

KEYWORDS: Concrete, paper, *papercrete*, sustainability, sustainable concrete.

INTRODUÇÃO

A palavra papel é originária do latim "papyrus". Nome dado a um vegetal da família "Cepareas" (Cyperuapapyrus). A medula dos seus caules era empregada pelos egípcios, há 2 400 anos

antes de Cristo. Entretanto foram os chineses os primeiros a fabricarem o papel como o visto atualmente, por volta do século VI a.C (BARROS, 2008).

Em 1799, o francês Nicholas-Louis Robert inventou a primeira máquina de fazer papel. No entanto, o resultado não era tão bom quando o feito à mão. Segundo Roper (2012), por volta de 1800, os irmãos ingleses Fourdrinier apresentaram um método novo de produção e melhoraram o equipamento.

A invenção do papel sem sombra de dúvidas foi essencial para o avanço da evolução tecnológica da raça humana. Porém, hoje o papel é um dos maiores inimigos para a preservação ambiental, por vários motivos. Dois deles são: o fato de ser necessária a extração e o desmatamento de muitas árvores para se conseguir a matéria-prima, celulose, e o destino final do produto, que vai imaturo e bruto para a natureza diversas vezes, causando a intoxicação de rios e efluentes devido aos aditivos tóxicos do papel e desregulando o ecossistema aquático. Sendo, portanto, de fundamental importância, a realização de ações para a melhor destinação final desse resíduo sólido, que pode ser reaproveitado de diversas formas e em diversas áreas, como na construção civil, sendo utilizado como agregado na produção de concreto.

Outros materiais que necessitam de uma melhor verificação quanto à sua destinação final são os resíduos de construção e demolição (RCDs). Segundo o CONAMA (2002), os RCDs representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos em áreas urbanas e podem ser provenientes de reformas, reparos e demolições de estruturas ou remoção de vegetação e escavação de solos. E devem ter sua gestão seguida conforme a Resolução n.º 307 do CONAMA, de 05 de julho de 2002. Portanto, a reutilização do RCD como agregado para a produção de concreto garante economia, pois não há custo em sua obtenção, e sustentabilidade ao garantir uma correta destinação final, com seu reaproveitamento como elementos de vedação, artefatos de concreto para estacionamentos, entre outros.

Os blocos de concreto são artefatos de dimensões padronizadas que tem como finalidades função estrutural, elemento de vedação, aplicado na construção de muros, entre outras. Eles são extremamente necessários na engenharia civil e estão sempre presentes nos canteiros de obras. Os blocos de concreto possuem especificações padronizadas segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e que devem ser seguidas na sua fabricação para garantir segurança a obra e conforto no momento da construção, para que se tenha a certeza de que o produto utilizado é de qualidade e não irá interferir durante e após a finalização da obra.

Esta pesquisa tem como o objetivo mostrar alternativas para a destinação final do papel, principalmente, e do RCD através de seus reaproveitamentos. Nesse caso, o papel e o RCD serão as matérias-primas utilizadas como agregados para a fabricação de concreto. Esse concreto será utilizado para a fabricação de blocos, que terão a finalidade de serem aplicados como alvenaria de vedação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados foram: cimento do tipo CP IV – 32; areia média, que foi lavada e secada ao sol, sendo obtido seu Módulo de Finura (2,34), que a caracterizou como areia média, estando dentro da zona ótima de utilização; papel, sendo feito um procedimento de preparação de sua polpa; e RCD, utilizando resíduos de outros materiais descartados do laboratório de materiais de construção civil da Universidade do Estado do Amazonas.

A polpa de papel foi feita através do seguinte procedimento: colocou-se o papel seco em um recipiente com água, ficando em saturação por 2 a 3 dias. Após isso, o papel foi colocado em um misturador, devido ao tempo em contato com a água, o papel desfaz-se facilmente, o que facilitou o processo de mistura. Depois, com o uso de um pano, colocou-se o papel e retirou-se o excesso de água presente, sendo produzida, assim, a polpa de papel utilizada como agregado.

Foram produzido dois tipos de *papercrete*, um sem e outro com a adição de RCD. A produção do *papercrete* sem RCD é feito através da mistura de apenas cimento, areia, papel e água.

Para o primeiro traço do *papercrete*, sem adição de RCD (T1 e T2), foi utilizado o traço de 2:1:2:0,4 (IMOGEN, 2013). Após a produção de alguns CPs, utilizou-se 3, 7 e 28 dias para o tempo de cura do concreto e posterior ensaio de resistência à compressão. Ressalta-se aqui a presença dos traços T1 e T2, o Traço T1 foi feito com o cimento (aglomerante) hidratado, sendo, portanto, descartado. Dessa maneira, serão considerados apenas os dados do T2.

Para o segundo traço do *papercrete*, foi feita a adição do RCD com diâmetro máximo de 9,5mm, para que não houvesse interferência na trabalhabilidade ao utilizar um agregado graúdo muito grande. No segundo traço (T3), apenas tirou-se 50% da areia utilizada e acrescentou-se a mesma quantidade de RCD, ficando, com o traço de 2:0,5:0,5:2:0,4. Para a cura dos CPs produzidos, também foi utilizado 3, 7 e 28 dias, que foram testados para o ensaio de resistência à compressão com as mesmas idades apresentadas.

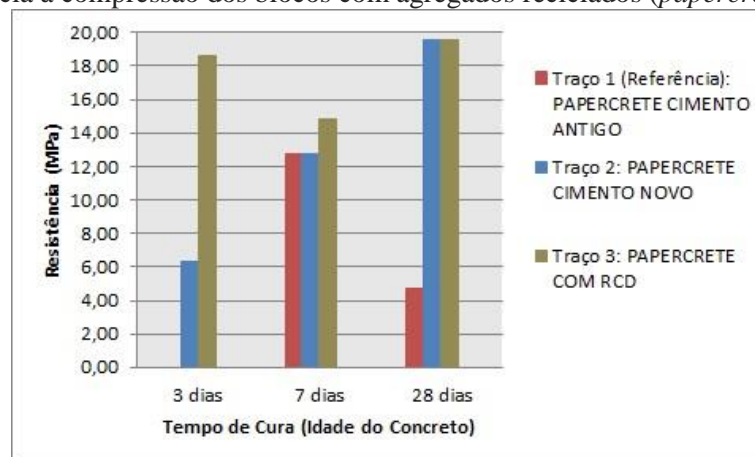
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Completado o tempo de cura de cada corpo de prova com suas respectivas idades de 3, 7 e 28 dias, foram realizados os testes de resistência à compressão dos concretos, tanto para o T2, quanto para o T3.

Como apresentado no tópico anterior, o traço T1 foi feito com o aglomerante hidratado, e, apesar de seus dados serem apresentados no gráfico de resistência à compressão (Figura 1), ele foi descartado da análise final.

A Figura 1 apresenta os dados médios dos corpos de provas rompidos para as três idades supramencionadas para o ensaio de resistência à compressão. Através desses resultados, observou-se que os corpos de prova com RCD (T3) obtiveram melhores resultados de resistência que os sem RCD (T2) para todas as idades. E, aos 28 dias, apresentaram uma aproximação dos resultados, sendo T2, concreto apenas com *papercrete*, 19,60 MPa e o concreto com *papercrete* e RCD com resistência de 20,27 MPa.

Figura 1. Resistência à compressão dos blocos com agregados reciclados (*papercrete* e RCD)



Analisando-se separadamente os valores de resistência obtidos, observou-se que alguns resultados apresentaram-se distintos, isso ocorreu devido ao esmagamento que o CPs são submetidos (Figuras 2 e 3), e assim, o bloco visualmente apresenta fissuras ao longo dos ensaios até que seja finalizado (esmagado) por completo.

Figura 2. *Papercrete* sem RCD após teste de resistência à compressão



Figura 3. *Papercrete* com RCD após teste de resistência à compressão



CONCLUSÕES

O impacto ambiental causado pela incorreta destinação dos materiais utilizados nessa pesquisa (papel e resíduo de construção e demolição – RCD) possuem números extremamente elevados, principalmente com relação ao papel. Com isso, medidas devem ser realizadas para garantir a redução desses dados. Não apenas na produção, mas a quantidade descartada de papel, também é elevada, e pensando nisso, esta pesquisa teve como o objetivo mostrar uma alternativa para a destinação final do papel, e também do RCD, através de seus reaproveitamentos. Nesse caso, tanto o papel quanto o RCD foram utilizados como matérias-primas (agregados) para a fabricação de concreto. Esse concreto foi aplicado na produção de artefatos de concreto para alvenaria de vedação (blocos), sendo denominado nesta pesquisa como *papercrete*, tendo dois traços: com e sem adição de RCD.

A confecção do *papercrete* é uma alternativa de produção de blocos e placas de vedação para habitações populares. Foram mostrados os tipos de *papercrete* feitos (com e sem adição de RCD, T2 e T3), que foram comparados uns com os outros, a fim de identificar o melhor tipo a ser produzido. Esta alternativa está ligada diretamente ao conceito de sustentabilidade, fazendo o reuso do papel e do RCD na construção civil.

Após a análise dos ensaios de resistência à compressão para cada bloco de *papercrete* produzido, pode-se afirmar que tanto os concretos com resíduos de papel (que atingiu um valor de 19,60 MPa, aos 28 dias) quanto os com papel e RCD (que atingiu um valor médio de 20,27 MPa, aos 28 dias) podem ser utilizados como elementos de vedação, pois não diferem exorbitantemente, nem em resistência ou custo ou peso dos blocos de vedação presentes no mercado, e possuem valores aceitáveis por normas de blocos de concreto.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor e à UEA por possibilitar a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução CONAMA n.º 307, de 5 de julho de 2002**. Publicada no DOU n.º 136, de 17 de julho de 2002, Seção 1, páginas 95-96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 03 maio 2017.
- BARROS, Eliana. **História do Papel**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/eductecnol/eductecnol_trab/historia_dopapel.htm>. Acesso em: 17 set. 2016.
- IMOGEN, Lees. **Papercrete**. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xPW9C-CtU9s>>. Acesso em: 28 dez. 2016.
- ROPERO, Caroline. **Quem inventou o papel**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.dgabc.com.br/Noticia/75386/quem-inventou-o-papel->>. Acesso em: 15 set. 2016.