



## AVALIAÇÃO DE COMPÓSITO OBTIDO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PET

Jamerson Araújo Farias

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Design da UFMA

jamerson.far@gmail.com

David Guilhon

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Design da UFMA

dvdguilhon@gmail.com

Denilson Moreira Santos

Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Design da UFMA

denilson.santos@ufma.br

---

**Resumo:** O desenvolvimento sustentável passou definitivamente a permear o nosso cotidiano. O grande volume de resíduos gerados nas cidades tornou-se um grande problema a ser enfrentado pela humanidade. O Design a algum tempo tem se ocupado em contribuir com a Sustentabilidade, como por exemplo, repensando o ciclo de vida dos produtos e criando novos materiais, principalmente os fundamentados nos processos sustentáveis. O alvo desta pesquisa é a análise da viabilidade técnica da obtenção de um compósito resultante da mistura de resíduos da construção e demolição (RCD), com PET (politereftalato de etileno), na forma de resina e de triturados de garrafas produzidas por este material. O intuito é o direcionamento deste compósito para o emprego em materiais de interiores de edificações, como blocos do tipo Cobogó ou revestimentos, com função não estrutural. O meio adotado para a análise proposta, foi a produção de corpos de prova que passaram por ensaios físicos, como a determinação do índice de absorção de água, o módulo de resistência à compressão, a produção de um bloco e de uma peça de revestimento, além de um teste de pigmentação. O resultado alcançado verificou forte adesão entre os resíduos da construção e demolição triturados e a resina de PET, que conferiu estabilidade ao material, comprovado pelo ensaio de compressão. Desta forma, avaliamos que o compósito pode ser aplicado na produção de blocos e peças de revestimento, havendo ainda a possibilidade de novas aplicações, o que depende de novos estudos que direcionem a ampliação do uso da resina de PET e de novas granulometrias dos resíduos da construção e demolição.

**Palavras-chave:** Design de materiais, Sustentabilidade, Resíduos sólidos, Reutilização, Materiais compósitos.

**Abstract:** Sustainable development passed permanently to permeate our daily lives. The large volume of waste generated in the cities has become a big problem to be faces by humanity. The Design for some time has been

*busy in contributing to sustainability, such as rethinking the life cycle of products and creating new materials, especially those based on sustainable processes. The goal of this research is the analysis of technical feasibility of obtaining a composite result of mixture of construction and demolition waste (RCD), with PET (polyethylene terephthalate), in the form of resin and crushed bottles produced by this material. The order is the targeting of this composite material for use in interior building materials, such as blocks of type "Cobogó" or coatings, with no structural function. The means adopted for the proposed analysis, was the production of specimens that underwent physical tests, such as the determination of the water absorption, resistance to compression module, the production of a block and a piece of flooring, plus a test of pigmentation. The result checked strong adhesion between construction and demolition waste grinding and PET resin, which gave stability to the material proven by the compression test. This way we assess that, the composite can be applied in the production of blocks and finishing pieces, and there is the possibility of new applications, which depends on new studies that targeting the expansion of using PET resin and grain sizes of construction and demolition waste.*

**Keywords:** Design and materials, Sustainability, Solid waste, Reuse, Composite materials.

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação atual com o tema Sustentabilidade, reflete o quanto se tornou constante e necessária a discussão sobre essa questão. Segundo Scheunemann et al. (2012, p.19): "A Sustentabilidade atravessou as paredes da academia, extrapolou as discussões entre especialistas, avançou para além das fronteiras corporativas ou das raias da gestão pública e se tornou uma questão comum a todos." Porém sabemos que todos os produtos possuem tanto nas suas matérias-primas, quanto nos seus processos, elementos que não contribuem para a prática de princípios de sustentabilidade.

O Design também passou a contribuir para o desenvolvimento sustentável, apesar da atividade ser considerada uma grande colaboradora na exploração dos recursos naturais devido à sua participação direta na concepção de produtos e serviços. Porém, o Design se transformou, deixando para trás esse legado de "contribuinte direto" na exploração do recursos naturais, adquirindo um perfil de participante constante na missão de reduzir os impactos ao meio ambiente.

A construção civil brasileira produz um índice muito elevado de resíduos sólidos, somente os resíduos das atividades de construção e demolição (RCD) são gerados em quantidade de mais ou menos 500 kg/hab.ano (AGOPYAN; JOHN, 2011); já dentre os plásticos, as embalagens de PET (politereftalato de etileno) virgem responderam por 572 toneladas no ano de 2011 (ABIPET, 2014).

O potencial para a reutilização destes materiais é muito grande. Para Ribeiro e Morelli (2009) os ganhos proporcionados pela reciclagem de resíduos sólidos decorrem do fato de, nestes casos, ser mais econômica a produção quando se utiliza resíduos como matérias-primas em comparação aos processos que utilizam matérias-

primas virgens. Esse cenário se adequa à realização de pesquisas, como a proposta neste estudo, especificamente, a criação de um material compósito que reutilize estas matérias-primas.

Com base na constatação de que o potencial de reutilização dos resíduos propostos para este estudo é muito grande, a intenção desta pesquisa é contribuir com o Desenvolvimento Sustentável, por meio da avaliação da possibilidade de obtenção de um material compósito produzido por meio da combinação de resíduos da construção e demolição (RCD) e PET, agregando materiais que estão disponíveis de forma tão abundante e que necessitam de um encaminhamento correto para a sua reutilização.

## 2. DESIGN E SUSTENTABILIDADE

Santos (2009), pondera que a Sustentabilidade requer uma ação de reposicionamento dos modos de vida da sociedade e isso implica em um processo de aprendizado coletivo que é, por natureza, lento e complexo. Vezzoli (2010), afirma que a forma de lidar com os problemas ambientais mudou de uma abordagem *end-of-pipe* para ações cada vez mais orientadas na prevenção e pondera que o Design passou a considerar todo o ciclo de vida do produto ou serviço. Neste ponto, o Design faz uma convergência com o tema, pois vive um momento de amadurecimento buscando estabelecer maiores contribuições para a humanidade e a Sustentabilidade.

Percebemos que o papel do designer consolida-se desta forma: “o Designer é aquele que, mais do que outros profissionais, possui a capacidade e a possibilidade de criar novos modelos de referência, de imaginar novos estilos de vida com base nestas ordens diversas de valores e de qualidades” (MANZINI; MERONI; in KRUCKEN, 2009, p.15). Santos (2009), acrescenta que existe uma demanda cada vez maior na sociedade por profissionais de design capazes de desenvolver soluções de produção e consumo sustentáveis.

## 3. RESÍDUOS SÓLIDOS

Freire e Beraldo (2003) comentam que ações práticas de reutilização de resíduos estão sendo experimentadas em cidade brasileiras, obtendo-se nova matéria-prima na forma de novo material de construção. Falta incentivo e apoio total por parte do governo, que falha em propor políticas públicas eficientes para o manejo correto dos resíduos sólidos no Brasil.

Os grandes volumes produzidos diariamente nas cidades, demonstram que existe um grande potencial de reaproveitamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) e os de PET. A seguir veremos as características básicas de cada um dos dois grupos de materiais selecionados para esta pesquisa:

**A) Resíduos da construção civil** – São constituídos por materiais agregados para concreto, fragmentos de concreto armado, madeira, cerâmica, argamassa, solos, tijolos, etc. (BARROS, 2012). Addis (2010) aponta que a reutilização de resíduos de produtos e materiais da construção civil já é uma realidade e só tenderá a crescer nos próximos anos, além de considerar que esse é um motivo bem vindo por reduzir o impacto nocivo da sociedade ao meio ambiente.

**B) Resíduos de PET** – A reutilização de plástico é muito relevante por causa da composição deste material, que é de origem de derivados de petróleo, e como sabemos, o petróleo é uma fonte não renovável e o gasto de energia para a sua

produção é muito grande (BARROS, 2012). Falando especificamente do PET, ele é o politereftalato de etileno, um termoplástico. Existe um grande mercado sendo explorado pelas empresas, que constataram: “Por exemplo, já se percebe que práticas como o aumento da eficiência energética, o destino ambientalmente correto de peças e componentes no que tange à remanufatura e reutilização, além da maximização do uso de recursos naturais, pode aumentar a lucratividade das empresas.” (ROMEIRO et al., 2010, p. 216).

#### **4. OS MATERIAIS COMPÓSITOS**

Os materiais considerados tradicionais como os metais, polímeros e cerâmicos, denominados por Shackelford (2012) como os três materiais estruturais da engenharia, cada vez mais não conseguem suprir às demandas de aplicações em novos produtos; a escassez de alguns deles é cada vez maior e a redução da sua exploração se faz urgente. Os materiais compósitos ou materiais compostos são os que envolvem alguma combinação de dois ou mais componentes, basicamente metais, polímeros e cerâmicos.

Callister (2008), considera os materiais compósitos, como uma quarta categoria de material, que conseguem uma maior abrangência de aplicações devido à sua versatilidade, ao combinar os materiais de características diferentes entre si. Shackelford (2008) aponta que uma diretriz chave na seleção de materiais compósitos é de que eles devem fornecer o “melhor dos dois mundos”, ou seja, as propriedades inerentes a cada componente.

#### **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

De um modo geral, a primeira etapa desta fase foi a coleta e processamento da matéria-prima formada por resíduos da construção e demolição (RCD). Foram recolhidos resíduos de azulejos, pisos, tijolos, telhas e concreto e garrafas PET de refrigerantes de dois litros, descartadas em ambiente doméstico. Ambos os materiais foram triturados. Já a resina utilizada é a do tipo poliéster insaturada tereftálica, do fabricante Elekeiroz.

Foi pré-determinado, de acordo como o delineamento e objetivos da pesquisa, que o material não terá função estrutural, apenas de acabamento, seja nos blocos do tipo Cobogó ou em revestimentos. Desta forma a metodologia adotada levou em consideração este fato, o que levou à escolha de normas de referência, ocorrida por meio do critério de similaridade dos materiais, ou mesmo de uma aproximação mínima entre eles, já que não existe uma norma específica para o compósito em estudo.

Portanto, os ensaios escolhidos visam estabelecer parâmetros básicos, criados a partir de uma referência embasada em normas técnicas já estabelecidas. Desta forma, foram adotadas as normas em vigor da ABNT para blocos de concreto, que são: a NBR 5738:2015 – Concreto: procedimento para moldagem de cura de corpos de prova; ABNT NBR 5739:2007 – Concreto: ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos; ABNT NBR 12118:2013 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio e ABNT NBR 6136:2014 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural.

Quanto à composição do material compósito e seus corpos de prova, após a trituração dos resíduos de construção de demolição (RCD), foram obtidas diversas granulometrias resultantes do processo. Decidiu-se então escolher quatro peneiras para a separação dos grãos obtidos. O peneiramento foi realizado utilizando um agitador magnético. A peneira 4 (4,75mm) serviu como um separador inicial, em seguida cada peneira reteve os passantes que foram utilizados: peneira 7 (2,80 mm), peneira 8 (2,36 mm) e peneira 9 (2,00 mm), além do fino resultante do processo realizado nas quatro peneiras.

Para a composição dos corpos de prova produziu-se um piloto, um modelo de corpo de prova para criar um referencial básico. Foi utilizada como referência a produção do concreto, que segundo Andolfato (2002), possui na sua constituição agregados miúdos e graúdos, correspondentes de 60 a 80% do total, sendo o restante composto pelos chamados ligantes, constituídos por água e cimento Portland, que nada mais é do que a pasta que preenche os espaços entre os agregados. Desta forma, foi escolhida a seguinte composição para o piloto: 170 g de RCD da peneira 7 (o mais graúdo entre as três peneiras), compondo os agregados e 35g de resina (20%p da quantidade de RCD), funcionando como o ligante do compósito.

Com base nessas análises foram estabelecidos os seguintes parâmetros para os corpos de prova definitivos, que ficaram com a seguinte composição (o mesmo padrão para as três peneiras escolhidas):

- 3 corpos de prova compostos de aproximadamente 153 g de RCD; 17 g de fino do RCD e 30%p de resina (50 g);
- 3 corpos de prova compostos de aproximadamente 136 g de RCD; 17 g de fino do RCD; 17 g de resíduos de garrafa de PET triturada e 30%p de resina (50 g).

No total, foram produzidos 18 (dezoito) corpos de prova para os ensaios físicos, de acordo com as características acima.

Para a moldagem dos corpos de prova, as seguintes etapas foram realizadas:

**A)** Foi aplicada com auxílio de estopa, uma camada de cera de carnaúba, para evitar a aderência do material na fôrma.

**B)** Com ajuda de um catalisador (10g para cada quilo de resina, segundo informação do fabricante), a resina foi ativada e adicionada aos resíduos previamente preparados. Foi feita uma mistura manual e uma espera de cinco minutos foi adotada para a resina endurecer um pouco, obedecendo o tempo mínimo de gel. Foi seguido um tempo de cura de 24 horas, em temperatura ambiente, sendo retirados da fôrma neste período.

A moldagem do bloco e da lajota seguiu o mesmo processo. Para criar um referencial maior, em relação à análise da viabilidade do compósito, foram produzidos um bloco e uma lajota para exemplificar o tipo de revestimento proposto. Também foi realizada a pigmentação de um corpo de prova.

Após a moldagem dos corpos de provas ser finalizada, ainda em laboratório foram realizados os ensaios para a determinação das propriedades físicas do material obtido. O índice de absorção de água e o teste de resistência à compressão, seguiram as diretrizes da NBR 12118:2013 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio). Os dados coletados foram tratados com a ajuda do software Origin PRO, afim de obter-se o parâmetro de dispersão dos resultados, o desvio padrão

(DP), descartando-se os resultados fora do padrão analisado dentre as amostras produzidas, gerando os resultados que veremos a seguir.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Análise do índice de absorção de água

O ensaio que verificou o índice de absorção de água, apurou os dados demonstrados a seguir:

**A) Amostras compostas de RCD e resina de PET** – o menor índice de absorção de água dentre estas amostras foi verificado nos corpos de prova P9/1, com média de 1,61%, seguido da P7/1, com média de 2,77% e da P8/1, com média de 3,12%.

**B) Amostras compostas de RCD e PET (resina e triturado)** – dentre estes corpos de prova, os resíduos P7/2 tiveram a média de 1,43%, a menor destas amostras; já na P9/2, a média foi de 2,24%, seguido da P8/2, com média de 5,02%, sendo esta, a maior média de todas variações de dosagens utilizadas nos corpos de prova.

Verifica-se que dentre as amostras constituídas apenas de RCD e resina de PET, a menor média ocorreu com os RCD retidos na P9 (abertura de 2,00mm), o menor grão obtido de todas as peneiras utilizadas. Já nas amostras constituídas de RCD e PET (resina e triturado), chamou a atenção o maior índice de absorção nas amostras da P7 (abertura de 2,80 mm) o maior dentre as peneiras utilizadas na pesquisa.

Desta forma, conclui-se que existe uma relação direta entre a interação da das diferentes granulometrias adotadas, por meio das diferentes peneiras e o índice de absorção de água. Essa discussão será mostrada no item 4.2. O Quadro 1 apresenta a relação entre os índices obtidos nesta pesquisa e os valores de referência da NBR 6136 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural.

	Peneira	Média %	Média NBR 6136 – classe C (com ou sem função estrutural)	
			Agregado normal %	Agregado leve %
RCD/resina	P7/1	2,77	< 12	< 16
	P8/1	3,18		
	P9/1	1,61		
RCD/PET (resina e triturado)	P7/2	1,43		
	P8/2	5,02		
	P9/2	2,24		

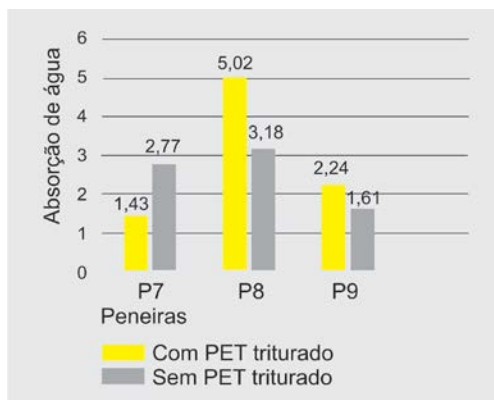
**Quadro 1 – Parâmetros de comparação do índice de absorção de água**

Fonte: Adaptado de ABNT (2014).

Em comparação com a referência adotada por meio da norma ABNT NBR 6136:2014 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural), os dados apresentados atestam que o maior índice de absorção de água determinado por meio do ensaio executado, alcança 50% dos valores por norma aceitos, o que habilita o compósito em estudo quanto à esse critério.

## 6.2 Análise da relação entre o índice de absorção de água e a granulometria

O Gráfico 1 demonstra a relação entre o índice de absorção de água e as diferentes composições dos corpos de prova.



**Gráfico 1 – Relação entre absorção de água (%) e diferentes granulometrias**

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.

**A) Corpos de prova com adição de PET triturado** – Ocorreu um índice de absorção de água de 5,02%, para os grãos retidos na P8, seguida da P9, com 2,24%. Já o menor índice de absorção de água se deu para os grãos retidos na P7, cuja granulometria é a maior utilizada. Conclui-se que o PET triturado influencia no menor índice de absorção de água, ao preencher espaços que permitem o maior o rendimento da quantidade de resina de PET aplicada. Por ser utilizada na forma líquida, a resina tende a ser mais absorvida pelos RCD, ao contrário do PET triturado. Essa combinação que inclui ainda, o tamanho do grão maior, proporciona uma melhor impermeabilização do objeto.

**B) Corpos de prova sem adição de PET triturado** – Percebeu-se que, com os corpos de prova compostos da menor partícula, da P9, ocorreu a menor absorção de água, o que demonstra que o tamanho menor do grão, ou seja, uma superfície menor, em contato com a resina de PET, cria uma maior adesão entre os dois materiais, pois a resina preenche mais uniformemente os espaços, favorecendo a sua maior impermeabilização.

A conclusão é que as diferentes granulometrias de RCD interagem de forma diferente com o PET (resina e/ou triturado). O PET triturado se configurou como um ótimo aliado na composição do material compósito, pois a sua combinação com a resina e o RCD, gera um maior rendimento da resina de PET.

## 6.3 Análise dos dados do ensaio de compressão

Seguindo os parâmetros das normas adotadas, os dados obtidos e analisados serão demonstrados a seguir:

### 6.3.1. Resultados de resistência à compressão individual dos corpos de prova

Os resultados obtidos para cada série de corpos de prova com suas características específicas estão nos Quadros 2, 3 e 4, a seguir:

PENEIRA 7 (P7)			
P7/1 – Com RCD E RESINA de PET		P7/2 – Com RCD e PET (RESINA E TRITURADO)	
Amostra - referência	Tensão de ruptura máxima (MPa)	Amostra - referência	Tensão de ruptura máxima (MPa)
P7/1-1	11,05	P7/2-1	13,88
P7/1-2	7,37	P7/2-2	11,83
P7/1-3	10,01	P7/2-3	14,08
Média	9,47	Média	13,26

#### Quadro 2 – Resultados de resistência à compressão: P7

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.

PENEIRA 8 (P8)			
P8/1 – Com RCD E RESINA de PET		P8/2 – Com RCD e PET (RESINA E TRITURADO)	
Amostra - referência	Tensão de ruptura máxima (MPa)	Amostra - referência	Tensão de ruptura máxima (MPa)
P8/1-1	9,10	P8/2-1	3,13
P8/1-2	5,79	P8/2-2	8,82
P8/1-3	13,60	P8/2-3	12,92
Média	9,49	Média	8,29

#### Quadro 3 – Resultados de resistência à compressão: P8

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada

PENEIRA 9			
P9/1 – Com RCD E RESINA de PET		P9/2 – Com RCD e PET (RESINA E TRITURADO)	
Amostra - referência	Tensão de ruptura máxima (MPa)	Amostra - referência	Tensão de ruptura máxima (MPa)
P9/1-1	19,38	P9/2-1	8,45
P9/1-2	4,17	P9/2-2	8,78
P9/1-3	21,20	P9/2-3	15,52
Média	14,91	Média	10,91

#### Quadro 4 – Resultados de resistência à compressão: P9

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.

A NBR 6136:2014 (Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural), estabelece que a classe C é a referência para os blocos não-estruturais, desta forma o resultado obtido pela pesquisa é satisfatório, pois todos os resultados obtidos ficaram acima do mínimo exigido, que é  $\geq 3,0$  MPa.

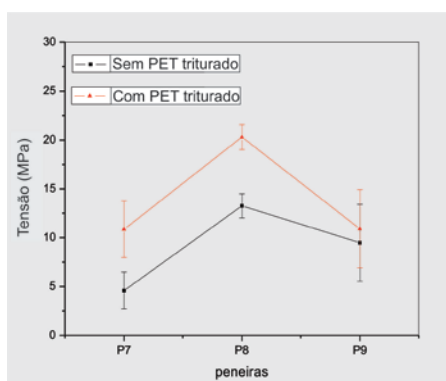
Neste quesito, as duas composições dos corpos de prova, com ou sem o PET triturado, somado ao RCD e à resina de PET, demonstraram um comportamento que os habilita aos parâmetros da norma, concedendo ao material em estudo uma característica importante, que é a segurança em termos de resistência física do compósito.

### 6.3.2 Análise da relação entre Tensão e granulometria do RCD

O teste de compressão axial realizado, demonstra que a relação entre a tensão aplicada no corpo de prova e a granulometria determinada por meio da escolha das peneiras P7, P8 e P9, influenciou a resistência do material compósito em estudo.

Notou-se que os corpos de prova em que foram utilizados o PET triturado, tiveram maior resistência, com maior ênfase para os compostos pelos RCD retidos na peneira P8, conforme podemos ver no Gráfico 2.





**Gráfico 2 – Tensão de ruptura x granulometria**

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.

Percebe-se ainda, que mesmo nas outras granulometrias, das peneiras P7, P9, também compostas de PET triturado, a capacidade de resistência dos corpos de prova foi superior aos resultados obtidos com os corpos de prova que não possuíam este agregado, o que demonstra, da mesma forma ocorrida com os corpos de prova com o PET triturado, que a granulometria obtida por meio da P8, foi mais resistente ao ensaio de compressão axial.

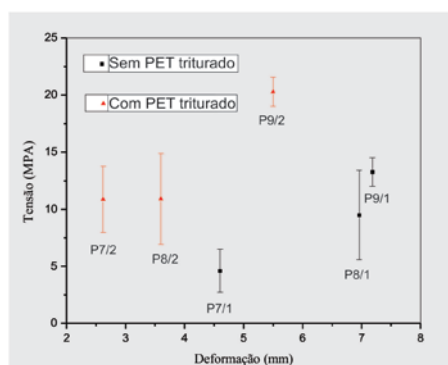
O comportamento dos corpos de prova também demonstram que a adição do fino de RCD influenciou nos resultados, onde verificou-se que houve uma maior interação entre resina de PET com o fino, que atuou preenchendo com maior eficiência, os espaços vazios formados entre os grãos de RCD.

As composições com o PET triturado apresentaram tensões de ruptura sempre maiores para todas as peneiras, isto provavelmente se deve à soma e interação entre o PET triturado e a resina, conferindo maior adesão entre as partículas.

### 3.3 Análise da relação Tensão e deformação

O Gráfico 3 apresenta o comportamento da tensão de ruptura em função da deformação para as diferentes peneiras, tanto para os corpos de prova compostos por RCD e resina de PET, quanto aos compostos por RCD e PET (resina e triturado).

Observa-se que quanto maior a tensão, maior a deformação para todas as composições. Quanto menor o tamanho das partículas maior a tensão de ruptura, o que se deve a uma melhor compactação, corroborando com os resultados obtidos do índice de absorção de água.



**Gráfico 3 – Relação entre Tensão e deformação**

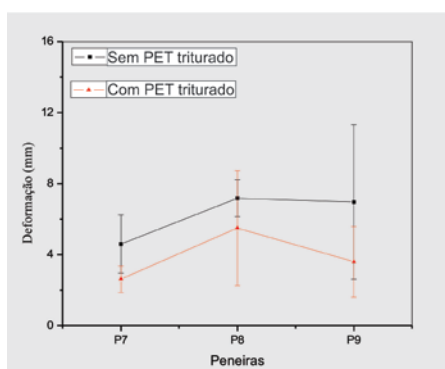
Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada

É interessante observar que as composições com granulados deformaram mais e resistiram menos, o que sugere que o PET triturado funciona como partícula rígida.

#### 6.3.4 Análise da relação entre deformação e granulometria

O Gráfico 4 mostra o comportamento da deformação em função das granulometrias do RCD, para todas para as diferentes peneiras, tanto para os corpos de prova compostos apenas de RCD e resina de PET, quanto aos compostos de RCD e PET (resina e triturado).

Percebe-se que as deformações tendem a aumentar com a diminuição do tamanho da partícula para todas as composições.



**Gráfico 4 – Relação entre deformação e granulometria**

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.

#### 6.4 Análise do bloco

O bloco demonstrou a alta aderência da resina aos resíduos de RCD, comprovada nos corpos de prova utilizados nos ensaios físicos. Visualmente, foi detectada uma perda de resina, que escorreu para a base da fôrma, o que não causou danos ao objeto nem à citada aderência entre as partes, mas de certa forma, interferiu no aspecto estético do objeto. Na Figura 1 podemos ver o aspecto do bloco confeccionado.



**Figura 1 – Foto do bloco de RCD e resina de PET**

Fonte: Acervo pessoal do autor.

Percebe-se que a superfície que ficou voltada para baixo, ficou revestida de resina, adquirindo um aspecto fechado e liso. Já a parte que ficou voltada para cima, obteve uma aparência mais rústica, em que os grãos de RCD (da P7, os maiores dos três utilizados), ficaram mais aparentes. De qualquer forma, o bloco apresentou um aspecto sólido e robusto.

### 6.5 Análise da lajota de revestimento

A lajota apresentou um aspecto uniforme (Figura 2), diferente do bloco. A resina recobriu toda a superfície do objeto, possivelmente em razão da sua menor superfície e do tempo de gel da resina de PET que foi aumentado na hora da sua aplicação, já em consequência da observação ao escorrimento de resina ocorrido com o bloco.



**Figura 2 – Fotos da lajota de RCD e resina de PET**

Fonte: Acervo pessoal do autor.

Desta forma, a escolha dos grãos obtidos dos retidos da P9 (abertura de 2,00mm), o menor entre os três grãos utilizados, combinados com a resina de PET, gerou uma boa adesão entre eles e conferiu ao material um aspecto mais resinado externamente, sem uma aparência rústica.

### 6.6 Análise do processo de pigmentação

Após passar pelo processo descrito anteriormente, o corpo de prova apresentou um aspecto diferente na sua superfície, isto comparado aos resultados vistos no bloco e na lajota. Utilizando os grãos obtidos dos retidos da P8 (abertura de 2,36mm), o pigmento e o dióxido de titânio conferiram ao objeto o aspecto que pode ser visto na Figura 3. É possível verificar que o dióxido de titânio misturado ao pigmento atribuiu um aspecto mais poroso e fosco ao corpo de prova, em comparação à aparência adquirida pelos corpos de prova, bloco e lajota, em que a resina de PET confere ao objeto o aspecto observado nas Figuras 1 e 2.



**Figura 3 – Fotos da pigmentação do compósito de RCD e PET**

Fonte: Acervo pessoal do autor.

### 6.7 Aplicação do bloco e do revestimento

Como vimos, os resultados obtidos permitem a aplicação do material compósito alvo desta pesquisa em blocos e revestimentos. Para efeito de ilustração, as imagens abaixo demonstram o uso do Cobogó em uma fachada residencial (Figura 4), em uma área interna de uma edificação (Figura 5) e do revestimento em uma parede (Figura 6).



**Figura 4 – Aplicação dos Cobogós em uma fachada**

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.



**Figura 5 – Aplicação dos Cobogós em área interna**

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada



**Figura 6 – Aplicação do revestimento em parede interna**

Fonte: Elaborado pelo autor, com base na pesquisa realizada.

## 7 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio dos ensaios de verificação do índice de absorção de água e o de compressão, comprovaram que o uso não estrutural dos blocos é possível. Os índices apurados, em comparação aos blocos de concreto que foram a referência para esta pesquisa, atestam este fato, tanto quanto à absorção de água, quanto de resistência às tensões.

A utilização de resíduos da construção e demolição se mostrou satisfatória, a quantidade gerada destes resíduos justifica plenamente a busca de alternativas para o seu reaproveitamento, convertendo-os em outros materiais para a própria área da construção civil, gerando uma considerável contribuição para a redução do desperdício dos resíduos de RCD.

A interação entre RCD e resina de PET mostrou-se bastante satisfatória, a forte adesão obtida influenciou bastante os resultados encontrados, pois a combinação se mostrou muito resistente. A natureza da resina poliéster insaturada contribuiu bastante para este fato.

Portanto, os resultados encontrados permitem que o compósito seja aplicado na produção dos dois objetos previstos na pesquisa: o Cobogó e a lajota para revestimento, abrindo a possibilidade para novas aplicações do material em outros objetos.

## REFERÊNCIAS

ADDIS, Bill. **Reúso de materiais e elementos de construção**. São Paulo: Oficina de Texto, 2010.

AGOPYAN, Vahan.; JOHN, Vanderley. M. **O Desafio da sustentabilidade na construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

- ANDOLFATO, Rodrigo. P. **Controle tecnológico básico do concreto**. Ilha Solteira: UNESP, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PET (ABIPET): Panorama do setor. **ABIPET online**. 2014. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=36>>. Acesso em: 7 de jul. 2015.
- \_\_\_\_\_. Censo da reciclagem do PET. **ABIPET online**. 2014. Disponível em: <<http://abipet.org.br/index.html?method=mostrarInstitucional&id=7>>. Acesso em 8 de Julho. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12118/2013** – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio, 2013.
- \_\_\_\_\_. **NBR 10004/2004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5738/2015**: Concreto – Procedimento para moldagem de cura de corpos de prova, 2015.
- \_\_\_\_\_. **NBR 5739/2007**: Concreto – ensaios de compressão de corpos de prova cilíndricos, 2007.
- \_\_\_\_\_. **NBR 6136/2014**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria, 2014.
- \_\_\_\_\_. **NBR 7181/1988**: Análise granulométrica, 1988.
- BARROS, Regina Mambeli. **Tratado sobre resíduos sólidos**: Gestão, usos e sustentabilidade. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.
- BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. Brasília. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em 29 jun. 2015.
- CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David. G. **Materials science and engineering: An introduction**. 8. ed. New Jersey: Wiley, 2008.
- FREIRE, Wesley. J.; BERALDO, Antônio. L. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: UNICAMP, 2003.
- GIANETTI, Biagio. F.; ALMEIDA, Cecília M. V. B. **Ecologia Industrial**: Conceitos, ferramentas e aplicações. São Paulo: Blucher, 2006.
- INTERNATIONAL COUNCIL OF SOCIETY IN INDUSTRIAL DESIGN (ICSID): *About us*. 2008. Disponível em: <<http://www.icsid.org/about/about.htm>>. Acesso em: 17 fev. 2015.
- JOHN, Vanderley M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113p. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2000.
- MANZINI, Ezio; MERONI, Anna. Design em transformação. In: KRUCKEN, Lia. **Design e Território**: Valorização de identidades e produtos locais. São Paulo: Studio Nobel, 2009. p. 15.
- MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de produtos sustentáveis**: Os requisitos ambientais dos produtos industriais. São Paulo: Edusp, 2011.

RIBEIRO, Daniel V.; MORELLI, Márcio R. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?** Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

ROMEIRO FILHO, Eduardo et al. **Projeto do Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

SANTOS, Aguinaldo. **Níveis de maturidade do design sustentável na dimensão ambiental**. In: Escola de Design – UEMG. (org.). Caderno de Estudos Avançados em Design. Belo Horizonte: Santa Clara, 2009.

SCHEUNEMANN, Ingelore et al. **Um novo paradigma da Sustentabilidade: Teoria e Práxis da Gestão Integrada do Território**. Rio de Janeiro: IBIO, 2012.

SHACKELFORD, James F. **Ciência dos materiais**. 6.ed. São Paulo: Pearson, 2012.

VAN VLACK, Lawrence H. **Princípios de ciência e tecnologia dos materiais**. 4.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1984.

VEZZOLI, Carlo. **Design de sistemas para a sustentabilidade**. Salvador: EDUFBA, 2010.