

Estudo Comparativo Entre o Concreto Leve de PET e o Concreto Leve de EPS

Comparative Study between Lightweight PET concrete and EPS Lightweight Concrete

Dieison de Souza Lima^a; Emily do Amaral^a; Kauana Gabriela Rocha de Lima^a; Rafael Capellari Fumegali^a;
Thiago Dias do Espírito Santo^{*a}

^aUniversidade Pitágoras Unopar, Curso em Engenharia Civil, PR, Brasil.

*E-mail: thdias.eng@gmail.com

Resumo

A geração de grandes volumes de resíduos sólidos tem sido um dos maiores problemas ambientais encontrados na atualidade e certamente o mais preocupante. Com o descarte inadequado de certos materiais, muita matéria-prima deixa de ser reaproveitada, como as embalagens plásticas pós-consumo de Politereftalato de Etileno – PET, um produto capaz de sobreviver mais de cem anos em condições adversas no meio ambiente. Deste modo, com o intuito de reciclar as embalagens de PET e ao mesmo tempo empregá-las na construção civil, foram realizados ensaios de concreto utilizando o PET como matéria-prima na fabricação de concreto leve, comparando suas características com traços de concretos leves tradicionais confeccionados com Poliestireno Expandido – EPS, conhecido como isopor. Foram fabricados na Fase 1, corpos de prova dos traços de concreto com EPS para avaliar os parâmetros iniciais, os métodos de dosagem e a definição do traço referência. Com o traço referência definido foi fabricado um concreto leve apenas com PET buscando obter características similares ao do traço com EPS. Na Fase 2, foram fabricados a partir do traço referência quatro tipos de concreto leve, o primeiro com PET, o segundo de PET com aditivo Bianco, buscando melhor aderência entre a argamassa e o PET, o terceiro com EPS e o quarto de EPS com aditivo Bianco. As amostras foram caracterizadas pelos ensaios de compressão, densidade e absorção de água. Com os resultados pode-se perceber que os comportamentos dos traços de concreto leves se assemelham visualmente, diferenciando apenas em seus pesos e resistências à compressão.

Palavras-chave: Concreto Leve. EPS. Isopor. PET.

Abstract

The generation of large volumes of solid waste has been one of the biggest environmental problems found nowadays and certainly the most worrisome. With the inadequate disposal of certain materials, much of the raw material is no longer reused, such as the post-consumer plastic containers of Polyethylene Terephthalate (PET), a product capable of surviving more than 100 years in adverse conditions in the environment. Therefore, in order to recycle PET containers and at the same time to use them in construction, concrete tests were carried out using PET as a raw material in the manufacture of lightweight concrete, comparing its characteristics with traditional lightweight concrete formula made with Expanded Polystyrene - EPS, known as Styrofoam. Phase 1 concrete test specimens with EPS were produced to evaluate the initial parameters, the dosing methods and the reference concrete formula. With the reference concrete formula defined, a lightweight concrete was fabricated with PET only to obtain similar characteristics to the concrete formula with EPS. In Phase 2, four types of lightweight concrete were manufactured from the reference concrete formula, the first with PET, the second from PET with Bianco additive, seeking better adhesion between the mortar and the PET, the third with EPS and the fourth EPS with additive Bianco. The samples were characterized by compression, density and water absorption tests. With the results it can be seen that the behavior of the lightweight concrete formula resembles visually, differentiating only in their weights and resistance to compression.

Keywords: Lightweight Concrete. EPS. Styrofoam. PET.

1 Introdução

A construção civil é um dos ramos que mais provocam impacto no meio ambiente, deste modo torna-se necessário buscar materiais alternativos para que o setor se desenvolva em alta escala sem provocar impacto ambiental e ainda atenda a demanda dos serviços sem perder a qualidade.

A crescente preocupação da sociedade a respeito da preservação ambiental e a necessidade de um desenvolvimento sustentável, fez com que houvesse uma transformação significativa no tipo de resíduos gerados pelas pessoas diariamente, forçando vários setores produtivos a ampliar as suas buscas na procura de soluções que minimizem o impacto ambiental de suas atividades, como é o caso do mercado da

construção civil (GOMES, 2014).

O campo da construção civil, nos últimos anos se tornou um dos mais desenvolvidos no mundo, no entanto, é também um dos que mais extrai recursos naturais e gera resíduos sólidos (CATOIA, 2012).

De acordo com Meneses (2011), para combater esse problema e diminuir a extração dos recursos naturais é preciso utilizar outro recurso para substituir a matéria prima, reciclando outros materiais e empregando-os como agregados na confecção de produtos já conhecidos no mercado. Esta mudança poderia evitar e reduzir a poluição do meio ambiente e ao mesmo tempo trazer para o mercado produtivo um produto com características semelhantes ou até superiores aos já existentes.

Por esta razão, foi planejado o desenvolvimento de um novo produto a partir de combinações de resíduos recicláveis com materiais construtivos convencionais como o concreto, objeto de estudo motriz dessa pesquisa e ferramenta crucial na construção civil.

Segundo Ferreira (2013), dentre os materiais recicláveis cogitados para essas combinações destaca-se o polímero Politereftalato de Etileno, conhecido popularmente como PET. Encontrado na forma de garrafas para bebidas que contém gás, bebidas alcoólicas e óleos, o PET tem sido considerado um vilão ambiental por demorar muitos anos para se decompor e por ocupar um enorme volume nos aterros sanitários, prejudicando o equilíbrio da natureza. (CORREA, 2014).

Portanto, a partir desse estudo foi produzido pelo grupo de pesquisa da Universidade Pitágoras Unopar, no curso de Engenharia Civil, o concreto com adição de PET triturado em substituição aos agregados graúdos do material. Desta forma, foram realizados testes para verificar os efeitos do concreto leve tradicional produzido com EPS já difundido no meio técnico, para que através do método de observação e também por tentativa e erro, fosse possível através da utilização do PET chegar a um concreto alternativo sustentável com desempenho similar ao tradicional.

Após análises deste material, foi possível concluir que o mesmo apresenta características similares ao concreto leve convencional, porém com resistência à compressão de 11 a 14 MPa, maior que os concretos encontrados no mercado, produzidos com EPS. Contudo, por maior que seja a resistência desse concreto leve em relação ao convencional, indica-se o uso no ramo da construção apenas em áreas que não tenham caráter estrutural.

2 Material e Métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida para buscar resultados comparativos entre o traço de concreto com adição de PET e concreto com adição de EPS, sendo ambos materiais leves e alternativos para a construção civil. Para isso, fez-se necessário ter como base a utilização de material teórico e observações tátil-visual, estabelecendo uma linha de investigação pela qual foi conduzida a análise. Foi levantado uma coleta de dados com o intuito de estabelecer uma avaliação prática do concreto leve alternativo, como propõe o estudo.

2.1 Fase um – parte 1

Para o início da pesquisa houve a coleta de dados a partir dos materiais que seriam utilizados, dentre eles a areia, brita, PET e Isopor. Foi de extrema importância ainda, conhecer as massas específicas de todos os materiais, para a realização dos cálculos do traço de concreto inicial. A princípio, foram realizados testes para caracterizar todos os agregados, bem como os testes de granulometria e ensaio do Frasco de Chapman, que contribuíram para a obtenção de todos os dados

necessários para a continuidade da pesquisa.

2.1.1 Ensaio de frasco de Chapman

Pelo ensaio do Frasco de Chapman, definiu-se a massa específica do agregado miúdo em questão. Para este ensaio, secou-se a amostra em estufa a 105 °C por 24h, até constância de peso; pesou-se 500g do agregado miúdo; colocou-se água no frasco até atingir 200cm³; introduziu os 500g do agregado no frasco com ajuda de um funil e depois agitou o frasco em movimentos circulares para que o ar saísse, fez-se a leitura final do nível da água, que representa o volume de água deslocado pelo agregado (L), Quadro 1:

A massa específica do agregado foi calculada pela seguinte equação:

$$\mu = 500/(L-200)$$

- * 500 é a massa de agregado;
- * 200 foi a quantidade inicial de água colocada no frasco;
- * L é o nível de água final;
- * μ é a massa específica do agregado;

Quadro 1 - Ensaio de Chapman

Agregados	Massa	Leitura final	Massa Específica
Areia Fina	500g	390 cm ³	$\mu = \frac{500}{390 - 200}$
Areia Grossa	500g	388 cm ³	$\mu = \frac{500}{388 - 200}$

Fonte: Dados da Pesquisa

De acordo com a tabela acima, a massa específica encontrada para areia fina foi de: e a da areia grossa: . Já para a obtenção das massas específicas de EPS e do PET utilizamos os seguintes valores para o Isopor: e para o PET: .

2.1.2 Ensaio de granulometria por peneiramento

O ensaio de peneiramento foi realizado para calcular o módulo de finura e o diâmetro máximo da brita 1. Para tanto, utiliza-se as peneiras de #25mm, #19mm, #12,5mm, #9,5mm, e #6,3mm. Depois de adicionar as britas no conjunto de peneiras e colocá-las para agitar no peneirador mecânico, pesa-se novamente para saber a quantidade passante em cada peneira, conforme Quadro 2:

Quadro 2 - Ensaio de Granulometria

Peneira	Qt. Ret.*	Ret. Acum**	Qt. Passante	Acum (%)***	Ret. Acum(%)
#25mm	0g	0g	996g	100	0
#19mm	20g	20g	976g	97,99	2,01
#12,5mm	140g	160g	836g	83,94	16,0
#9,5mm	290g	450g	546g	54,82	45,18
#6,3mm	470g	920g	76g	7,63	92,37
Fundo	76g	996g	0g	0	100

*Quantidade; **Retida Acumulada; ***Acumulada.

Fonte: Dados da Pesquisa

grãos com facilidade ao manusearmos de um lado para outro, já o concreto com Isopor continuava firme com suas partículas bem agrupadas e sólidas. Então, à conclusão foi de que substituir o Isopor por PET na mesma quantidade não seria a melhor opção e que o traço usado deveria passar por um processo de otimização, visando a elaboração de um traço que em ambos os apresentassem características visuais e de trabalhabilidade semelhantes.

Assim, em busca da solução para esse problema foi preciso elaborar um novo traço de concreto leve e então obter uma relação de argamassa padrão para a partir dela ir adicionando os agregados de Isopor e PET com o intuito de criar concretos parecidos. O ensaio escolhido para encontrar essa relação de argamassa foi o da mesa *de flow*.

2.2.1 Ensaio com mesa de flow

Com a ajuda de um misturador de argamassa, os materiais secos foram colocados na cuba e a água foi acrescentada aos poucos. O misturador foi ligado em velocidade baixa por 30 segundos e depois mais 30 segundos em velocidade alta. Após a preparação da argamassa partiu-se para a moldagem do tronco cônico sobre a mesa de flow, com a forma tronco cônica posicionada de maneira centralizada. Com o auxílio de uma espátula, a argamassa foi colocada em três camadas de mesma altura e, com soquete normal, aplicados 15, 10 e 5 golpes uniformes e homogeneamente distribuídos na primeira, segunda e terceira camadas respectivamente. Terminado o enchimento, a forma foi retirada rapidamente, levantando-a na vertical e, em seguida, moveu-se a manivela da mesa de *flow* para a medida de consistência, fazendo com que a mesa caísse 30 vezes em aproximadamente 30 segundos, provocando o abatimento do tronco de cone da argamassa. Após o abatimento, com o auxílio de uma trena, foi feita a medição dos diâmetros ortogonais e obteve-se o resultado de 260mm, que por sua vez estava dentro dos índices de consistência aceitáveis para o ensaio. Assim, foi possível obter uma relação de argamassa padrão, como mostra o Quadro 7.

Quadro 7 - Traço com 10% do material utilizado para 15 litros

Densidade	Cimento	Areia	Água
1800 kg/m ³	0,500 kg	1,120 kg	0,292 lts

Fonte: Dados da Pesquisa

Finalizando o ensaio foram obtidos dados suficientes para o avanço da pesquisa, nomeada como Fase 2 do projeto. Esta fase teria como objetivo rodar uma argamassa através dos dados coletados na mesa de *flow* e a partir de uma percepção tátil visual ir adicionando aos poucos tanto o PET quanto o Isopor até chegar em duas dosagens de concreto leve que apresentasse uma boa trabalhabilidade, com massas específicas próximas, buscando através do concreto leve de PET maiores índices de resistência à compressão, visto que o concreto leve convencional feito com Isopor não se destaca por essa característica.

2.3 Fase dois

Após inúmeros testes realizados em buscas das proporções corretas do traço de concreto leve, com resultados não satisfatórios no que diz respeito a aparência porosa e trabalhabilidade ruim, partimos para reprodução do traço baseado na relação de argamassa/água obtida da mesa de *flow*.

Assim, novamente fomos acrescentando a água e o PET aos poucos na betoneira, utilizando-se da percepção tátil-visual para analisar as quantidades necessárias para a trabalhabilidade e “aparência” necessários.

Com traços apresentando características semelhantes quando adicionado PET ou Isopor, encontrou-se um traço condizente com os objetivos da pesquisa. Dando sequência, chegou-se ao seguinte resultado do Quadro 8:

Quadro 8 - Traço de PET 1800 kg/m³ com proporção para 15 litros

Densidade	PET	Cimento	Areia	Água	Aditivo
1800 kg/m ³	3 lts	5 kg	11,2 kg	2,82 kg	0,08 kg

Fonte: Dados da Pesquisa

Tanto o traço de Isopor quanto o de PET apresentaram muitas similaridades visuais e também na trabalhabilidade.

Desta forma, este traço foi nomeado como “Traço Referência” e para efeito comparativo foram rodados a partir desse traço base mais quatro traços de concreto, sendo um de concreto de PET com aditivo Bianco e sem aditivo, e outros dois concreto de EPS, também com aditivo Bianco e sem aditivo, só que agora dando ênfase na confecção de corpos de prova para testes de resistência a compressão, absorção de água e peso específico dos materiais.

2.3.1 Ensaio de compressão

O procedimento escolhido para realizar os testes de compressão axial foi subdividido em três etapas: na primeira etapa foram rompidos com 7 dias de cura dois corpos de prova correspondentes para cada traço de concreto confeccionado, totalizando oito corpos de prova. Para a segunda etapa foram rompidos mais oito corpos de prova com 14 dias de cura, também em duplicata para cada traço mencionado e por fim, com 28 dias de cura foram retirados os oito corpos de prova restantes. Feito os testes, foram anotados todos os valores correspondentes para verificação de quais eram os maiores valores obtidos para cada traço.

3 Resultados e Discussão

Para obtenção dos resultados desse projeto foram realizados primeiramente testes práticos de dosagem de concreto e de argamassa, realizados em diversas tentativas para que fosse possível encontrar um traço de concreto capaz de proporcionar o início propriamente dito dos ensaios de concreto leve.

Ao realizar-se a caracterização dos materiais, foi possível analisar que por conta dos grãos de PET possuírem formatos diferentes, seria muito difícil fazer com que a argamassa

incorporasse de forma satisfatória aos grãos, o que poderia acarretar em problemas no momento da realização dos testes. Contudo, para trazer mais aderência aos componentes do concreto, optou-se por testar a utilização do aditivo Bianco.

Assim, com o traço referência definido na Fase dois do projeto, foram produzidos quatro traços de concreto leve, totalizando vinte e quatro corpos de prova cilíndricos de concreto, sendo doze com adição de Isopor e doze com adição de PET. Desses doze corpos de prova de PET, seis foram adicionados aditivo Bianco e os outros seis sem aditivo, e também dos doze corpos de prova de Isopor seis foram adicionados o aditivo Bianco e os outros seis ficaram sem aditivo.

Para os quatro traços confeccionados foram realizados testes de *slump*; aferição de peso; ensaio de densidade e testes de resistência à compressão do concreto leve nos períodos de 7, 14 e 28 dias de cura.

A determinação da trabalhabilidade e consistência do concreto leve foram obtidos a partir da realização dos testes de *slump*, como apresentados no Quadro 9.

Quadro 9 - Teste de Slump

SLUMP	PET	PET + Aditivo	EPS	EPS + Aditivo
	8,5 cm	11,5 cm	8 cm	11 cm

Fonte: Dados da Pesquisa

Foi mensurado a massa dos corpos de prova secos em estufa e úmidos de todos os traços e retirado uma média dos valores obtidos, visando uma avaliação prática do peso do concreto com PET em relação ao com isopor. Esses valores são mostrados respectivamente nos Quadros 10 e 11:

Quadro 10 - Peso seco em estufa

TIPOS	PESO SECO (kg)							Média (Kg)
PET + ADT	3,01	3,00	3,10	3,09	3,08	3,09	3,06	
PET	3,03	3,04	3,03	3,03	3,02	3,04	3,03	
EPS + ADT	2,53	2,56	2,60	2,53	2,55	2,55	2,56	
EPS	2,57	2,52	2,54	2,56	2,58	2,51	2,55	

Fonte: Dados da Pesquisa

Quadro 11 - Peso úmido

TIPOS	PESO ÚMIDO (kg)						Média (kg)
	7 dias	14 dias	28 dias	7 dias	14 dias	28 dias	
PET+ADT	3,16	3,07	3,15	3,16	3,16	3,16	3,14
PET	3,09	3,09	3,10	3,10	3,10	3,11	3,10
EPS+ADT	2,62	2,66	2,65	2,66	2,67	2,68	2,66
EPS	2,63	2,65	2,65	2,66	2,66	2,67	2,65

Fonte: Dados da Pesquisa.

Utilizando a equação da massa por volume, foram calculadas as densidades do concreto para cada tipo de traço, tendo como base os valores médios das massas secas em estufa, e o volume de 1,57 cm³ dos corpos de prova, resultando para o traço com Isopor sem aditivo uma densidade de 1,62 g/cm³ e para esse mesmo traço com aditivo uma densidade de

1,63 g/cm³. Nos traços com PET sem o uso de aditivo e com o uso de aditivo obteve-se respectivamente 1,93 g/cm³ e 1,95 g/cm³. Todos os valores são mostrados no Quadro 12.

Quadro 12 - Densidade específica seca

TIPOS	Média (Kg)	Densidade Seca (g/cm ³)
PET + ADT	3,06	1,95
PET	3,03	1,93
EPS + ADT	2,56	1,63
EPS	2,55	1,62

Fonte: Dados da Pesquisa

Observa-se que o uso do aditivo fez com que a argamassa fosse capaz de aderir melhor tanto ao PET quanto ao Isopor, diminuindo os espaços vazios no concreto, tornando a massa dos corpos de prova e a suas densidades maiores, por consequência o material gerado tornou-se mais pesado.

Os concretos leves possuem uma peculiaridade de não apresentarem muita resistência à compressão, desta maneira, para fins acadêmicos, foram realizados os testes de resistência à compressão em todos os traços, buscando com a utilização de grãos de PET valores mais elevados em relação aos concretos leves confeccionados com EPS. Os resultados podem ser vistos no Quadro 13, onde os maiores valores obtidos estão destacados em Negrito e sublinhado.

Quadro 13 - Resistência à compressão

TIPOS	RESISTÊNCIA (Mpa)					
	7 dias		14 dias		28 dias	
PET+ADT	<u>8,93</u>	8,69	<u>9,02</u>	8,83	13,26	<u>14,51</u>
PET	<u>7,64</u>	6,68	<u>8,43</u>	8,23	<u>12,01</u>	11,93
EPS+ADT	5,05	<u>5,13</u>	<u>5,71</u>	4,73	<u>8,34</u>	6,78
EPS	3,23	<u>4,44</u>	<u>4,83</u>	3,53	<u>7,96</u>	7,14

Fonte: Dados da Pesquisa

É notório o aumento da resistência em todos os traços analisados. Percebe-se que o uso do aditivo fez com que a resistência aumentasse, pois as densidades dos concretos fabricados com o aditivo são maiores. Conforme foi visto, após os 28 dias o traço de concreto leve de PET com aditivo mostrou uma resistência à compressão de 14,51 Mpa, sendo superior ao traço de Isopor com aditivo de 8,34 Mpa. A diferença observada de 6,17 Mpa é equivalente a 42,5 % de ganho de resistência no concreto leve de PET com aditivo. Quando faz-se a comparação dos traços de concreto sem aditivos de PET com 12,01 Mpa e Isopor com 7,96 MPa, nota-se uma diferença de resistência do concreto de 4,05 MPa, equivalente a 33,7 % de ganho de resistência no concreto leve de PET sem aditivo.

Estes resultados demonstraram que o concreto gerado pelos traços de PET sem aditivo e com aditivo em comparação com os concretos confeccionados com o traço de Isopor possuem uma maior resistência a compressão, podendo ser utilizados de maneira tradicional como concreto leve sem carácter estrutural. Porém, esse concreto leve elaborado possui uma

resistência razoável em relação aos concorrentes do mercado (EPS), tendo potenciais satisfatórios no preenchimento e regularização de lajes, bases para pisos térreos de edificações, degraus de escadas e elementos de vedação.

4 Conclusão

Baseando-se nos resultados obtidos em testes laboratoriais foi possível determinar que o concreto com agregados de PET pode ser utilizado como concreto leve e ainda apresentam uma capacidade de resistência superior ao concreto leve de Isopor (EPS). Para critérios de execução, ambos os concreto em questão foram produzidos da mesma forma, apenas substituindo o EPS por PET.

Durante os estudos, foram realizados testes tátil-visuais para que o concreto com PET e o com EPS apresentasse a mesma consistência. Dessa forma, chegou-se em um resultado onde os dois apresentaram certa semelhança nestes quesitos, tornando esse um fator de incentivo a substituição da utilização de EPS por PET, haja vista que a aplicação e trabalhabilidade de ambos são semelhantes.

Para testes de compressão, observou-se que o concreto leve com PET apresenta maior resistência do que com EPS, porém, sabe-se que apenas com esses resultados obtidos, o mesmo deve ser utilizado como concreto leve.

Portanto, conclui-se que o concreto com PET pode ser um material alternativo para a substituição do concreto leve convencional, por possuir características e propriedades semelhantes ao concreto leve usado em larga escala no mercado. Este material pode ser utilizado em alvenaria interna de fechamento, capas para lajes pré-moldadas, material de enchimento, pisos e elementos de vedação, sem nenhuma restrição.

Por fim, aconselha-se a procura da otimização no traço e aprofundamento da pesquisa, para que futuramente o resultado seja o aumento da resistência à compressão ou ainda a redução do seu peso específico, podendo assim empregar esse material

em construções com carácter estrutural ou elementos que necessitem de concretos com maior redução de peso.

Referências

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 1994. 6p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5737: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro, 1994. 3p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 8p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7222: Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1993. 3p.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987. 3p.
- CATOIA, T. *Concreto ultraleve estrutural com pérolas de EPS: caracterização do material e estudo de sua aplicação em lajes*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2012.
- CORREA, P.M. *Influência da adição de polipropileno pós-consumo nas propriedades do concreto leve*. 2014. 9 f. IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental – Energia e Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre – RS, 2014.
- DUARTE, E.B.L. *Resistência à compressão de argamassa composta por resíduo de construção e demolição e politereftalato de etileno (PET) em flocos*. São Paulo: UNINOVE, 2014.
- FERREIRA, B.R. *Utilização de pet como material alternativo na composição de concreto*. 2 Faculdade Pitágoras, 2013.
- GOMES, A. C. et al. *Reaproveitamento de resíduos de polietileno tereftalato (pet) para a fabricação de laminados*. Belo Horizonte: PUC, 2014.
- MENESES, IA. *Avaliação de concreto com adição de fibras de pet submetido a altas temperaturas*. Natal: UFRN, 2011.