

Substituição de armação metálica interna por PEAD em vigas de concreto na Construção Civil

Replacement of internal metal frame by PEAD in concrete beams in Civil Construction

DOI: <https://doi.org/10.47224/revistamaster.v7i14.258>

*Bianca de Oliveira Gonçalves
Jayne Lizardo Barbosa Chagas de Paula
Karolyna Vitória Prado Santos
Rafael Chagas de Paula
Bianca Borem Ferreira
Lucas Francisco Martins*

e-mail: biaborem@gmail.com

Resumo

A construção civil é responsável por parte considerável dos impactos ambientais, que se iniciam na extração da matéria prima, se estendendo até a geração de resíduos. Mediante os problemas causados, o setor vem procurando formas de inovar, buscando maneiras de ser sustentável. Neste trabalho objetiva-se confeccionar barras, tendo como matéria-prima base as embalagens pós-consumo de PET e PEAD, que substituiriam as barras de aço na armação interna de vigas de concreto, minimizando o impacto do descarte indevido de resíduos de embalagens composta por material plástico e colaborando com a redução da extração dos recursos naturais empregados na confecção das barras de aço utilizadas no concreto armado convencional. Foram realizados diversos testes, entretanto foram encontradas dificuldades em moldar essas barras com configuração inteiriça, não ocas e do tamanho necessário para confecção dos corpos de prova para realização dos ensaios para determinação da resistência a tração na compressão. O presente trabalho permitiu o conhecimento dos melhores materiais a serem utilizados na confecção das barras, da melhor e mais segura forma de realizar o processo de derretimento das embalagens e do processo de moldagem das barras.

Palavras-chave:

Sustentabilidade; PET; PEAD; barras de PET; barras de PEAD.

Abstract

Civil construction is responsible for a considerable part of the environmental impacts, which begin with the extraction of raw materials, extending to the generation of waste. Due to the problems caused, the sector has been looking for ways to innovate, looking for ways to be sustainable. The objective of this work is to manufacture bars, using post-consumer PET and PEAD packaging as a base material, which would replace the steel bars in the internal frame of concrete beams, minimizing the impact of improper disposal of packaging waste composed of plastic material and helping to reduce the extraction of natural resources used in the manufacture of steel bars used in conventional reinforced concrete. Several tests were carried out, however difficulties were encountered in molding these bars with a solid, non-hollow configuration and the size necessary for making the specimens for carrying out the tests to determine the tensile strength in compression. The present work allowed the knowledge of the best materials to be used in the manufacture of the bars, the best and safest way to carry out the process of melting the packaging and the process of molding the bars.

Keywords:

Sustainability; PET; PEAD; PET bars; PEAD bars.

1 INTRODUÇÃO

Sustentabilidade é a capacidade de sustentação ou conservação de um processo ou sistema. A palavra sustentável deriva do latim *sustentare* e significa sustentar, apoiar, conservar e cuidar. Ser sustentável é ter ações no presente que diminuam efeitos negativos à natureza para gerações seguintes. Reusar é hoje a maneira mais eficaz de garantir a sobrevivência natural nas próximas décadas (MAGALHÃES, 2018). A sustentabilidade tem sido um tema amplamente debatido e estudado nas mais diversas áreas, inclusive na engenharia civil.

Em longo prazo existem pesquisas focadas no meio ambiente, como, por exemplo, os concretos fotocatalíticos, que minimizam as emissões dos gases dos veículos nos grandes centros urbanos. As empresas também estão buscando soluções para a diminuição do consumo de energia, modernizando seus equipamentos. Entretanto, o fato que vem chamando a atenção de diversos pesquisadores é a otimização na utilização de agregados e o desenvolvimento de aditivos verdes permite que o concreto se adeque ainda mais às finalidades que se destina (OLIVEIRA JUNIOR; FINEZA; PEREIRA, 2017).

Existe uma grande variedade de fibras sendo utilizadas como agregado. Como as de origem vegetal: que são as fibras de madeira, a fibra da celulose, as fibras de macrófitas aquáticas ou até mesmo o algodão. Outros materiais utilizados são os fios de aço, as fibras de polipropileno, além de uma grande gama de fibras poliméricas, como a de polietileno tereftalato, popularmente conhecido como PET (FIGUEIREDO, 2011).

De acordo com Sobral, Oliveira e Melo (2016), as embalagens pós-consumo de politereftalato de etileno, popularmente conhecidas como PET, são cada vez mais frequentes na composição do lixo urbano e descartadas indevidamente no meio ambiente, causando danos a estrutura de saneamento urbano.

A utilização desse polímero em perspectiva mundial para fins de embalagens de bebidas são de aproximadamente 250 bilhões de unidades por ano, cerca de 10 milhões de toneladas de resíduos. Devido o crescente consumo das embalagens plásticas pelo setor industrial, as mesmas vêm se tornando uma das principais vilãs do meio ambiente, já que seu descarte incorreto em lixões a céu aberto, terrenos baldios ou até mesmo em vias públicas (ocasionando entupimento de bueiro) é muito comum na maioria das cidades brasileiras. (ALVES, et al. 2015 apud CHIDIAC; MIHALJEVIC, 2010).

Sendo assim, existe a necessidade de desenvolver uma maneira de reaproveitar estas embalagens. Com isso, a reciclagem de resíduos pela indústria da construção civil vem se consolidando como uma prática importante para a sustentabilidade seja atenuando o impacto ambiental gerado pelo setor ou reduzindo os custos (AQUINO; MORAIS, 2012).

1.1 Revisão de literatura

A seguir é apresentada, de forma resumida, uma evolução cronológica de estudos nos quais os resíduos de embalagens de PET são reutilizados na indústria da construção civil como alternativa de substituição parcial de agregados miúdos ou aditivo em concreto e fazendo parte do sistema estrutural.

Coró (2002) estudou o comportamento mecânico de matrizes de concreto de cimento Portland, reforçadas com fibras PET de diferentes comprimentos, distribuídas aleatoriamente, sob condições de carregamento estático e estabeleceu uma relação entre as propriedades individuais das matrizes e das fibras e o comportamento mecânico dos compósitos fibrosos. Através desse estudo pode concluir que a principal melhoria no desempenho de concretos reforçados com fibras se dá no pós-pico da solicitação, o que torna o material muito propício, por exemplo, a execução de pavimentos e cabeça de estacas. Além disso, verificou que as fibras PET podem ser adicionadas à concretos de baixo desempenho, diminuindo o

seu custo e ajudando a solucionar um grave problema ambiental relacionado à grande quantidade existente de garrafas PET nas ruas e nos lixões.

Canellas e D'Abreu (2005) propuseram a substituição parcial da areia natural por um material granulado oriundo de garrafas de PET, na produção de argamassas para uso na construção civil. Concluiu-se que o compósito obtido tem potencial para ser utilizado na confecção de artefatos de concreto, sem grande responsabilidade estrutural e em mobiliários urbanos.

Candian (2007) propôs uma caracterização do polietileno de alta densidade (PEAD) reciclado. A escolha desse material ocorreu devido à sua grande disponibilidade para reciclagem. Foi determinada a composição do PEAD reciclado obtido no mercado, por meio dos ensaios termoanalíticos: calorimetria exploratória diferencial e análise termogravimétrica. Além disso, foram realizados ensaios para determinação das propriedades mecânicas, tais como: ensaios de tração, de compressão, de flexão e de impacto Izod. Concluiu-se que o PEAD reciclado pode ser aplicado em elementos estruturais, desde que sejam estudadas possíveis formas de controlar sua deformabilidade, como a incorporação de nervuras, a utilização de blendas poliméricas e adição de cargas minerais e de fibras de elevado módulo de elasticidade e resistência.

Aquino e Moraes (2012) estudaram o comportamento do concreto com base na substituição parcial da areia convencional por resíduos de garrafa PET (flaks) e areia de britagem. Eles observaram uma redução da resistência com o aumento do teor de PET no compósito, contudo, em alguns traços os valores apontaram a possibilidade do uso deste concreto em elementos estruturais, tais como: fundações, tubulações, paredes grossas, vigas, lajes e paredes finas.

Galli et al. (2012) reproduziram, em pequena escala, uma parede como proposta pela professora Ingrid Vaca Diez, na Bolívia, na construção de casas artesanais à base de garrafas PET preenchidas com materiais descartáveis como papel, sacolas plásticas, areia e terra, para populações de baixa renda. Esse projeto demonstrou que a compatibilização do baixo custo, minimização de impactos ambientais e aumento na qualidade de vida das pessoas é possível, reduzindo cerca de 70% do custo na execução das paredes de uma residência, reduzindo o descarte de embalagens PET e resíduos de construção civil, minimizando a extração de recursos naturais para a produção de tijolos e blocos, criando a oportunidade de inclusão social pela construção da própria casa, criando a oportunidade de qualificação de mão-de-obra para a construção civil e possibilitando maior controle da saúde pública.

Correa e Santana (2014) analisaram a utilização do PET pós-consumo moído em substituição parcial da areia para a confecção de concreto leve, visando aplicação na construção civil. Foi realizada uma substituição na proporção de 5% do volume de areia pelo polímero, tendo sido observado uma diferença de resistência a compressão de 30% quando comparado a amostra sem adição. Além disso, verificou-se que a densidade teve um pequeno decréscimo, pois a porcentagem substituída foi pequena em relação ao índice absorção de água, tendo um maior valor em comparação a amostra convencional.

Gotardi et al. (2014) elaboraram uma forma de reutilização de maneira sustentável do PET a partir de estudos das propriedades mecânicas de sua inserção em microconcretos, analisando, para isso, as propriedades de resistência à compressão de amostras com e sem a introdução do PET triturado. Os resultados mostraram boa resistência à compressão. Além disso, verifica-se a possibilidade de utilização do material na construção civil para conformação de blocos de concretos simples de alvenaria de vedação e lajetas de calçamento para pedestres, constatando assim a eficácia da adição do PET triturado em microconcretos.

Oliveira et al. (2016) analisaram as principais propriedades do concreto fresco e endurecido confeccionado com substituição parcial de agregado miúdo por uma fibra de PET obtida por corte manual, um polímero integrante da família dos poliésteres, visando, com isso, a redução do descarte inadequado deste material e a diminuição da extração de areia que porventura acarretaria impactos ambientais. Observou-se que o compósito não pode ser utilizado para fins estruturais, mas se mostra uma alternativa ecologicamente viável para construções de pequeno porte.

Sobral, Oliveira e Melo (2016) desenvolveram uma alternativa para reutilização de garrafas PET introduzindo-as na confecção de vigas em concreto armado, mais especificamente abaixo da linha neutra (zona tracionada quando a viga está submetida a um esforço de flexão pura), principalmente no que diz respeito ao seu comportamento ao cisalhamento. Após as análises foi possível concluir que o sistema estrutural proposto se mostrou uma solução construtiva válida.

Oliveira Junior, Fineza e Pereira (2017) inseriram fibras provenientes de garrafas PET em concreto com o objetivo de otimizar a relação entre a quantidade de fibras em termos de porcentagem e o comprimento das fibras utilizadas para obter um concreto com resistência de tração e compressão superior ao concreto de referência. Os resultados demonstraram que a inserção de fibras provenientes de garrafas PET no concreto aumentou a capacidade do concreto em resistir a tensões de compressão e tração.

Rocha (2017) estudou a viabilidade de incorporação de 15% de PET reciclada moída em substituição aos agregados naturais na fabricação de blocos de concreto. Observou-se que o custo de fabricação do bloco com PET é superior ao custo de fabricação do bloco convencional. Entretanto, apresenta vantagens ambientais significativas para redução dos resíduos e do consumo de matéria prima.

Da Costa et al. (2016) coletaram e moeram embalagens de PEAD pós-consumo. Após processamento em extrusora de rosca dupla, o material definido como PEAD reciclado (mistura de embalagens brancas, marfins e incolores) foi injetado e as propriedades mecânicas de resistência à tração e resistência ao impacto foram avaliadas e comparadas com uma amostra de PEAD comercial. A análise térmica, através da calorimetria exploratória diferencial (DSC), a microscopia eletrônica de varredura (MEV) e a análise estatística dos resultados experimentais também foram conduzidas. Em relação à resistência à tração, a diferença entre as amostras de PEAD reciclado e PEAD comercial foram tão pouco expressivas que, dentro das condições experimentais adotadas, se pôde afirmar que o material reciclado é equivalente ao comercial. Por sua vez, o modelo cinético aplicado na análise térmica revelou que a amostra de PEAD comercial demonstra um processo de nucleação e crescimento dos cristais mais homogêneo e simples, embora a energia de ativação seja consideravelmente maior do que o das demais amostras de PEAD.

1.2 Objetivo do trabalho

Algumas matérias primas tradicionais da construção civil têm reservas mapeadas escassas. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de alternativas que venham a substituir estes materiais na indústria da construção civil (SOBRAL; OLIVEIRA; MELO, 2016). A utilização de materiais reciclados na construção pode se configurar num importante canal de eliminação de resíduos urbanos que de outra forma seriam depositados em qualquer lugar aumentando o custo de deposição e tratamento, afetando o meio ambiente de forma agressiva e sem controle (OLIVEIRA JUNIOR; FINEZA; PEREIRA, 2017). Atualmente, uma grande parte dos resíduos descartados rotineiramente no Brasil é composta por materiais plásticos (DA COSTA, et al. 2017). Os resíduos de garrafa PET e PEAD são uma alternativa na construção civil, devido ao grande potencial de suas fibras.

A introdução dos polímeros e dos compósitos poliméricos na construção civil foi um processo muito rápido, quando comparado com o dos materiais comumente usados na indústria da construção (CANDIAN, 2007).

De acordo com Santos et al. (2011), estudos demonstram que as garrafas plásticas de PET podem ser utilizadas na construção civil para fins habitacionais, apresentando vantagens enquanto material construtivo. Além disso, segundo Galli et al. (2012), as garrafas PET têm demonstrado alta resistência mecânica e térmica, o que as tornam fortes candidatas para a utilização no ramo da construção civil. Outro fato importante é que o uso de fibras poliméricas como fibras de garrafa PET têm se tornado atrativo para reforçar materiais como concretos e argamassas, especialmente nos últimos anos (OLIVEIRA JUNIOR; FINEZA; PEREIRA, 2017).

O PET é um poliéster, polímero termoplástico, usado para fabricação de garrafas e embalagens para refrigerantes, sucos, águas, medicamentos, produtos de higiene e limpeza, entre outras (ROCHA, 2017). O PEAD também é polímero termoplástico empregado na confecção de engradados para bebidas, garrafas de álcool e produtos químicos, baldes, tambores, tubulações para líquidos e gás, tanques de combustível, embalagens de leite, de sucos, de óleo lubrificantes, de agrotóxicos, etc (CANDIAN, 2007). Eles podem ser reciclados diversas vezes sem perderem suas propriedades e proporcionando boas características ao produto final (CORREA; SANTANA, 2014). No entanto, muitas vezes ocorre o descarte inadequado desses materiais e eles acabam sendo levados a aterros sanitários. Isso acaba afetando grandemente o meio ambiente porque, segundo Correa e Santana (2014), estes polímeros levam 100 anos para se degradarem, e se forem incinerados, liberam gases residuais como monóxido de carbono, acetaldeído, benzoato de vinila e ácido benzóico. Além disso, os espaços destinados aos aterros sanitários estão ficando cada vez mais escassos devido ao alto crescimento da população de consumo (GALLI et al. 2012).

O desenvolvimento de tecnologias que utilizem energias limpas e a gestão integrada dos resíduos domiciliares e industriais visando uma “reengenharia” nos conceitos sócio empresariais é uma necessidade urgente (CANELLAS; D’ABREU, 2005).

Sendo assim, neste trabalho objetiva-se confeccionar barras, similares às barras de aço utilizadas na construção civil, tendo como matéria-prima base as embalagens pós-consumo de PET ou PEAD. Essas barras de material plástico irão substituir as barras de aço na armação interna de vigas de concreto. Com isso, além de colaborar com a redução do impacto do descarte indevido de embalagens plásticas, também torna-se possível reduzir a extração dos recursos naturais empregados na confecção das barras de aço utilizadas no concreto armado convencionalmente.

2 METODOLOGIA E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

O primeiro passo para o desenvolvimento desse trabalho foi analisar formas de moldar as barras de plástico. Inicialmente, verificou-se qual processo de derretimento das garrafas pós-consumo seria mais interessante e eficiente, o derretimento utilizando um solvente ou o derretimento através do aquecimento do material, analisando possíveis alterações físico-químicas durante essa etapa. Esta fase também é essencial na determinação dos procedimentos necessários para que o material se deforme, mas continue capaz de ser utilizado no futuro como armação em corpos de prova.

O primeiro teste foi realizado em laboratório, onde a pequenos pedaços de garrafa de refrigerante de PET foi adicionada, aproximadamente, 50ml de acetona pura, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Pedacos PET, juntamente com acetona pura



Fonte: Os autores (2020)

Esse material foi deixado nessas condições por 3 dias e, conforme observa-se na Figura 2, a mistura não apresentou a consistência líquida, necessária para o processo de moldagem das barras. O PET apresentou textura mole, um pouco esfarelada.

Figura 2 – Teste de derretimento de PET em acetona pura após 3 dias



Fonte: Os autores (2020)

O segundo teste de derretimento foi realizado com fogo. Utilizou-se dois tipos de embalagem: a garrafa de refrigerante (PET) e a embalagem de amaciante (PEAD), (Figura 3 (a)). Essa tentativa foi realizada em ambiente aberto, seguindo as devidas medidas de segurança, utilizando um maçarico (Figura 3 (b)).

Figura 3 – Materiais utilizados no teste de derretimento do material com fogo: (a) embalagens e (b) maçarico



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2020)

As embalagens foram partidas em dois pedaços e, além das embalagens e do maçarico, foi utilizado um gancho e uma panela de ferro. Os materiais utilizados foram dispostos conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Disposição dos materiais no teste de derretimento com fogo



Fonte: Os autores (2020)

Utilizando o maçarico, as embalagens foram aquecidas e o resultado foi depositado na panela de ferro. Observou-se que foi possível derreter os dois tipos de polímeros, e que ambos atingiram uma consistência líquida (Figura 5). No entanto, o PEAD da embalagem de amaciante ficou mais emoliente. O PET da embalagem de refrigerante ficou mais consistente, além de ter ficado com uma coloração mais escura e com um aspecto de queimado. Além disso, cabe ressaltar que o endurecimento ocorre rapidamente em ambos os casos, em cerca de 2 minutos.

Sendo assim, após análise dos resultados obtidos nos dois testes, optou-se por utilizar neste trabalho o PEAD de embalagem de amaciante derretido com fogo.

Figura 5 – Resultado do teste de derretimento dos polímeros com fogo: (a) embalagem de amaciante e (b) embalagem de refrigerante



(a)

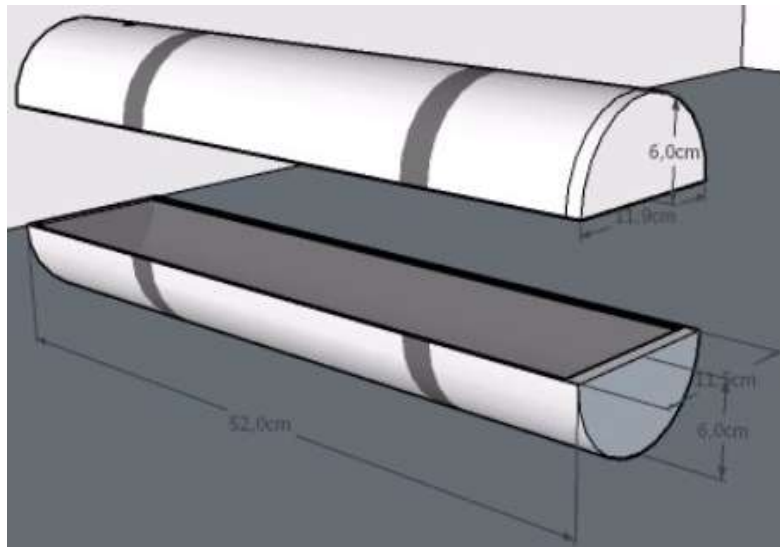


(b)

Fonte: Os autores (2020)

O próximo passo foi a trabalhar em um molde para confecção das barras, transformando o PEAD derretido em uma espécie de vergalhão. O molde foi confeccionado de acordo com o esboço apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Esboço do molde para confecção da barra de PEAD



Fonte: Os autores (2021)

O primeiro molde foi construído com uma barra de cano de ferro de 3/4 polegadas, com rosca nas duas pontas. Em uma das pontas foi colocado um tampão e na outra ponta um funil, confeccionado de folha de zinco, por onde será despejado o PEAD derretido. O tubo de ferro foi cerrado ao meio, formando duas meia-cavas, facilitando, dessa forma, o desmolde da barra de PEAD (Figura 7). Além disso, passou-se vaselina no funil, para evitar que o material derretido grudasse na superfície, e no interior do molde, para facilitar o processo de desmoldagem da barra de PEAD. Depois que o PEAD derretido é despejado dentro do molde, o funil é retirado e é colocado um tampão também nessa ponta. Para facilitar a junção das duas meia-cavas do molde e evitar escape do material foram utilizadas braçadeiras no tubo de ferro. Na Figura 8 pode-se observar o molde para confecção das barras de PEAD.

Figura 7 – Tubo de ferro utilizado na confecção do primeiro molde para barra de PEAD



Fonte: Os autores (2021)

Figura 8 – Primeiro molde para confecção da barra de PEAD



Fonte: Os autores (2021)

Figura 9 – Barras de PEAD confeccionadas no primeiro molde: (a) primeira tentativa e (b) segunda tentativa



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2021)

Foram realizadas duas tentativas de confecção da barra de PEAD utilizando o primeiro molde. Na primeira tentativa, obteve-se uma peça consistente de 5 cm de comprimento, conforme apresentado na Figura 9 (a). Já na segunda tentativa, com o propósito de solucionar os problemas ocorridos, antes de encher o molde, realizou-se um pequeno resfriamento do material derretido. O resultado obtido foi uma barra de, aproximadamente, 28 cm de comprimento, conforme apresentado na Figura 9 (b). No entanto, nas duas tentativas, verificou-se a ocorrência de uma perda significativa de material durante o processo de enchimento do molde em decorrência do fato do mesmo não ficar completamente fechado. Sendo assim, optou-se pela confecção de uma forma de ferro em um serralheiro, segundo molde, conforme apresentado na Figura 10, utilizando as especificações contidas na Figura 6. Isso, além de facilitar o processo, uma vez que agora a vedação da forma é quase que completa, possibilitou o trabalho com um molde com melhor acabamento.

Figura 10 – Forma confeccionada para moldar a barra de PEAD: (a) forma fechada e (b) forma aberta



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2021)

Figura 11 – Terceira tentativa de confecção da barra de PEAD: (a) barra no dia que foi desenformada e (b) barra depois da secagem



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2021)

Com o segundo molde foi realizada uma terceira tentativa de moldagem da barra de PEAD. Novamente, utilizou-se fogo no processo de derretimento das embalagens e a vaselina na forma para facilitar a desmoldagem da barra. O PEAD derretido foi colocado na forma com a ajuda do funil de folha de zinco utilizado nos testes anteriores.

No dia em que a barra foi desenformada, apresentou aspecto uniforme e estava inteira. No entanto, depois da secagem, ela não apresentou resistência e quebrou em vários pedaços, conforme ilustrado na Figura 11.

Em consequência desse resultado, na tentativa de tornar a barra menos quebradiça após a secagem, optou-se por não utilizar a vaselina no molde, pois acredita-se que o seu uso interferiu na resistência da barra. Com essa mudança, realizou-se a quarta tentativa de moldagem. Entretanto, essa tentativa foi realizada com 3 matérias-primas diferentes: embalagens PET pós consumo de Coca-Cola normal e de Coca-Cola retornável e embalagens de PEAD de desinfetante. Nota-se, analisando a Figura 12, que as barras não ficaram inteiras, inclusive algumas ficaram ocas. No entanto, observou-se que elas ficaram mais resistentes.

Figura 12 – Quarta tentativa de confecção da barra : (a) embalagem PET de Coca-Cola normal, (b) embalagem PET de Coca-Cola retornável e (c) embalagem de PEAD de desinfetante



(a)



(b)



3

(c)

Fonte: Os autores (2021)

Analisando os resultados da quarta tentativa, observou-se que as barras moldadas com embalagens pós consumo de desinfetante e Coca-Cola retornável se tornaram mais resistentes. Sendo assim, realizou-se uma quinta tentativa de moldagem, utilizando esses materiais. Neste teste, primeiramente, foi realizado o derretimento das embalagens no fogão, mas não houve sucesso. Sendo assim, foi utilizado novamente o maçarico. Tentou-se esse processo diferente de derretimento no fogão porque as embalagens derretidas com maçarico resultam em um material e, conseqüentemente, em barras mais escuras. Esse fato já ocorreu em testes anteriores e observou-se que, nesses casos, a barra fica menos resistente do que quando adquire uma coloração mais clara. Além disso, para que houvesse uma melhor distribuição do material interior da forma, no intuito de evitar que a barra fique oca em algumas partes do seu comprimento, foram dadas batidas na sua superfície, na tentativa diminuir a quantidade de vazios e possíveis bolhas de ar. Entretanto, as barras ainda ficaram ocas em algumas partes (Figura 13a). Contudo, utilizando a embalagem pós consumo de desinfetante (embalagem de PEAD), obteve-se uma barra de comprimento maior, de 40cm (Figura 13b).

Figura 13 – Quinta tentativa de moldagem da barra: (a) parte oca da barra e (b) barra com 40 cm confeccionada com PEAD.



(a)



(b)

Fonte: Os autores (2021)

3 CONCLUSÕES

Com o intuito de reduzir o alto impacto negativo que o descarte realizado de forma irregular e indevida de embalagens de PET e PEAD geram a natureza, diversos estudos, nas mais diversas áreas tentam encontrar uma forma de reutilizá-las (CORÓ, 2002; CANELLAS; D'ABREU, 2005; AQUINO; MORAIS, 2012; GALLI et al., 2012; CORREA; SANTANA, 2014; GOTARDI et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016; SOBRAL; OLIVEIRA; MELO, 2016; OLIVEIRA JUNIOR; FINEZA; PEREIRA, 2017; ROCHA, 2017). Neste trabalho, o objetivo era transformar essas embalagens pós-consumo em barras que vão substituir as barras de aço na armação interna de vigas de concreto. Isso, além de dar um novo destino a essas embalagens pós consumo, reduziria a extração da matéria prima utilizada na confecção das barras de aço, o que acarretaria mais um ganho para natureza.

Foram realizados cinco testes. Primeiramente, para definir a melhor forma de derretimento das embalagens. Observou-se que utilizar um maçarico diretamente nas embalagens é a melhor forma de realizar o derretimento. Nesse teste também notou-se que as embalagens de amaciante apresentavam uma melhor trabalhabilidade. O próximo ensaio foi realizado com uma forma simples, que apresentou alguns problemas no processo de moldagem devido a perdas de material no decorrer do processo. Por isso, foi feita uma forma em um serralheiro. Com essa nova forma houve uma redução na perda de material durante a moldagem, possibilitando a confecção de barras com comprimento maior. No entanto, as barras, em algumas partes do seu comprimento, estavam ocas. No último teste, além de utilizar a forma nova, foram dadas batidas na superfície da forma, no intuito de distribuir melhor o material derretido no interior da forma e reduzir a formação de bolhas, na tentativa da barra ficasse maciça em todo o seu comprimento. Utilizando embalagens pós consumo de PEAD o resultado foi uma barra maior, de 40 cm, mas ainda oca em algumas partes.

Mesmo sendo realizados diversos testes, até o presente momento não houve sucesso em moldar barras inteiriças, de 50 cm, e não ocas que possibilitassem a moldagem de corpos de prova para ensaios para determinação da resistência a tração na compressão.

Por outro lado, todos esses testes proporcionaram algumas análises e percepções. Verificou-se que, a melhor forma de derreter as embalagens é com o maçarico. Confeccionou-se uma forma eficiente, que permite a moldagem das barras de forma segura e com uma redução considerável na perda de material. Além disso, observou-se que, de todas as embalagens pós consumo utilizadas (Coca Cola normal e retornável, amaciante, desinfetante, entre outras), as que apresentaram melhores resultados foram as de PEAD.

4 REFERÊNCIAS

ALVES, Aguinaldo Lenine; SOUSA, Camila de Carvalho; ZANFOLIM, Antônio Aparecido; GOTARDI, Fernanda Gabriele Nascimento. Estudos das propriedades mecânicas de compósitos obtidos através da incorporação do PET moído em microconcreto endurecido. **Revista Engenharia e Construção Civil**, v. 2, n. 1, p. 29-38, 2015.

AQUINO, J. L. S.; MORAIS, C. R. S. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de concretos com PET e areia de britagem. 2012. Disponível em: http://www.metallum.com.br/20cbecimat/resumos/trabalhos_completos/217-243.doc. Acesso em: 20 de fev. 2020.

CANDIAN, Livia Matheus. **Estudo do polietileno de alta densidade reciclado para uso em elementos estruturais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007

CANELLAS, Susan Sales; D'ABREU, José Carlos. **Reciclagem de PET, visando a substituição de agregado miúdo em argamassa**. In: XXI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa [...]. Natal: 2005.

CORÓ, Angela Ghisleni. **Investigação das Propriedades Mecânicas de Concretos Reforçados com Fibras PET**. 2002. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Curso de Engenharia Civil, Departamento de Tecnologia da UNIJUI, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2002.

CORREA, Priscila Marques; SANTANA, Ruth Marlene Campomanes. **Reciclagem de PET, visando a substituição do agregado miúdo no concreto leve**. In: IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Anais [...]. Porto Alegre: 2014.

DA COSTA, Helson Moreira; RAMOS, Valéria Dutra; DE ANDRADE, Mônica Calixto; NUNES, Paola da Silva Richter Quintana. Análise térmica e propriedades mecânicas de resíduos de polietileno de alta densidade (PEAD). **Revista Polímeros**, n.26 (número especial), p. 75-81, 2016.

FIGUEIREDO, Antônio Domingues. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

GALLI, Bárbara; MAGINA, Carolina; MENEZES, Renata; PEREZ, Pedro; UENO, Helena. Uso de garrafas de poli-tereftalato de etileno – PET como insumo alternativo na construção de edificações residenciais. **Revista de Arquitetura da IMED**, v. 1, n. 2, p. 174-181, 2012.

GOTARDI, Fernanda Gabriele Nascimento; ALVES, Aguinaldo Lenine; ZANFOLIM, Antônio Aparecido; SOUSA, Camila de Carvalho; TORRES, Renata de Mauro; LEAL, Luiz Matheus Alves. Estudos das propriedades mecânicas de compósitos obtidos através da incorporação do PET triturado em microconcretos. **Revista Eletrônica Anais do Encontro de Iniciação Científica - ENIC**, Mato Grosso do Sul, n. 6, 2014.

MAGALHÃES, Lana. Sustentabilidade. **Toda Matéria**, 4 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 15 ago. 2020.

OLIVEIRA, Felipe Augusto Dantas; SENA, Jhonnaldy Nogueira; ARAUJO, Meise Lopes; SILVA NETO, Raimundo Miguel. Análise das propriedades mecânicas de concreto produzido com fibras de PET

(Polietileno Tereftalato). *In*: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. **Anais [...]**. Campina Grande: 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, André Luís; FINEZA, Adonai Gomes; PEREIRA, Erlon Lopes. A aplicação de fibras de garrafa PET como agregado estrutural do concreto. **Revista Científica Univiçosa**, Viçosa, v. 9, n. 1, 2017.

ROCHA, Evelise Riveros. **A viabilidade econômica sustentável do bloco concreto com garrafa PET**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA) Curso de Gestão de Projetos, Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.

SANTOS, Alessandro Ribeiro; TEIXEIRA, Eduardo Alves; ROCHA, Eduardo; BENVENUTTI, Alexandre Fabiano; DIAS, Regina Davison; ZUNINO, Liliani; ALMEIDA, Maristela; LIBRELOTTO, Lisiane Ilha. Garrafas Plásticas (PET). **Portal Virtuhab**, Junho de 2011. Disponível em: <https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/garrafas-de-plastico/>. Acesso em: 08 de fev. 2020.

SOBRAL, Alexandre Salomão Barile; OLIVEIRA, Dênio Ramam Carvalho; MELO, Vander Luiz da Silva. Viga de concreto armado utilizando garrafas PET. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 214-226, 2016.