**BLOCOS DE VEDAÇÃO NÃO ESTRUTURAL CONFECCIONADO A PARTIR DE COMPOSITOS CIMENTICIOS UTILIZANDO MATERIAIS RECICLAVEIS**

Miguel Batista de Oliveira* , José Silveira da Rosa Júnior, Débora Emanuelli Romanha.

*Instituto Federal do Paraná – Campus Foz do Iguaçu, miguel.oliveira@ifpr.edu.br

RESUMO

A construção civil é o setor que mais consome matéria-prima no planeta, cerca de 40% a 75% de toda matéria prima é destinado a ela, sem contar os 30% de todos os recursos naturais. Como se não bastasse, ela também é uma das grandes responsáveis pela poluição do meio-ambiente e emissão de CO₂ na atmosfera terrestre. Devido a este fato a busca por materiais alternativos que possam reduzir estes impactos tem-se tornado objeto de estudos recorrentes. O atual projeto de pesquisa faz parte destes estudos, desenvolvendo e avaliando a viabilidade da utilização de blocos de vedação não estrutural produzidos a partir da utilização do papel junto a uma matriz cimentícia, introduzindo garrafas pet em seu interior, visando reduzir a quantidade de matéria prima na sua produção, fazendo o reaproveitamento do papel, garrafas PET e resíduos de construção civil como o principal meio para concretizar tal objetivo. Para a confecção, dos blocos foram coletadas e armazenadas nas dependências do campus com o auxílio da comunidade docente os resíduos necessários. Em seguida, foi definido as dimensões dos blocos, de modo que seria possível a inserção de garrafas em seu interior de modo que a matriz cimentícia as revestisse completamente, diminuindo a quantidade de material necessário para preencher o bloco. Para a confecção da matriz cimentícia com papel, foi estudada e determinado um traço, sendo estudado a proporção de 1:1,5:2,5:1:7,5 (cimento, areia, papel, resíduo de concreto e água). Os blocos foram produzidos artesanalmente de forma a ser uma produção comunitária, atualmente, suas características físicas estão sendo estudadas para comprovar sua viabilidade na utilização como elemento de vedação sem fim estrutural. A pesquisa além de desenvolver métodos para diminuir o consumo de recursos naturais e diminuir o impacto da construção civil sobre o meio ambiente gerando alternativas para o reaproveitamento do papel e garrafas PET, também contribui para a construção de moradias de baixa renda de forma sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos sólidos, Reciclagem, Papel, Alvenaria, Engenharia.

ABSTRACT

Civil construction is the sector that consumes the most raw material on the planet; about 40% to 75% of all raw material is destined to it, not counting 30% of all natural resources. As if that were not enough, it is also one of the main responsible for the pollution of the environment and emission of CO₂ in the terrestrial atmosphere. Due to this fact the search for alternative materials that can reduce these impacts has become the object of recurrent studies. The present research project is part of these studies, developing and evaluating the viability of the use of non-structural sealing blocks produced from the use of the paper next to a cement matrix, introducing pet bottles inside, aiming to reduce the amount of raw material in its production, making the reuse of paper, PET bottles and construction waste as the main means to achieve this objective. For the confection, the blocks were collected and stored on campus premises with the help of the teaching community the necessary waste. Next, the dimensions of the blocks were defined so that it would be possible to insert bottles in their interior so that the cement matrix completely covered them, reducing the amount of material needed to fill the block. For the preparation of the cementitious matrix with paper, a trace was studied and determined, being studied the proportion of 1: 1,5: 2,5: 1: 7,5 (cement, sand, paper, concrete residue and water). The blocks were handcrafted in order to be a community production, currently their physical characteristics are being studied to prove their feasibility in the use as a structural endless sealing element. The research, besides developing methods to reduce the consumption of natural resources and reduce the impact of construction on the environment, generating alternatives for the reuse of paper and PET bottles, also contributes to the construction of low-income housing in a sustainable way.

KEY WORDS: Solid Waste, Recycling, Paper, Masonry, Engineering.

INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das indústrias que mais emprega no Brasil, mas também é a que mais consome recursos naturais, sendo assim, pode ser considerada como o setor que afeta substancialmente o meio ambiente, seja pela grande retirada de seus recursos, ou pela poluição do meio ambiente, com descarte inadequado de seus rejeitos.



Esta destinação inadequada agride de forma inquietante o meio ambiente, e mesmo com a prática de reciclagem, esses materiais continuam sendo um problema, visto que seu recolhimento, com os sistemas de coletas seletivas e seus processos de transformação, são ainda muito falhos. Considerando que as garrafas PET utilizadas no Brasil, estima-se que somente 57% são reaproveitadas ou recicladas, isso é o que afirma a revista Meio Ambiente (2007), os outros 53% são descartados na natureza de forma inapropriada. Ainda assim, seu processo de reciclagem não é a melhor opção, devido ao custo elevado (Vault, 2007).

Desta forma, este projeto visa o reaproveitamento de diversos resíduos urbanos, de forma a propor o uso desse material em processos na construção civil, evitando a poluição do meio ambiente.

METODOLOGIA

Esta pesquisa visa desenvolver um material feito a partir da reutilização dos resíduos sólidos de forma eficiente, que não envolva gastos financeiros e ambientais. Após levantamento de dados e pesquisas em artigos, dissertações e outros documentos buscou-se desenvolver um artefato cimentícia a ser utilizado na construção civil como elemento de vedação, levando em sua composição resíduos sólidos, como garrafas PET, papel e resíduo de construção, tendo uma base cimentícia e areia. A pesquisa foi desenvolvida em 3 etapas:

Na 1ª etapa buscou-se coletar os resíduos a serem utilizados na pesquisa, descartados na região, buscando parcerias com estabelecimentos comerciais geradores desses tipos de resíduos, na cidade de Foz do Iguaçu, além do envolvimento da comunidade estudantil, visando a colaboração dos discentes para a coleta.

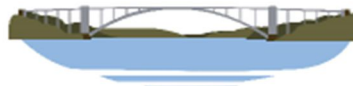
O papel utilizado, trata-se de papel sulfite utilizadas e destinadas ao descarte, coletadas na região. O papel foi escolhido para integrar o material desenvolvido, pois, ele ainda é um dos materiais mais utilizados atualmente. Foram produzidas no país, apenas em 2008, cerca de 8 milhões de toneladas de papel e, segundo estimativas, a produção nacional de celulose deve atingir 18,3 milhões de toneladas até 2016 (alta de 30,9% em relação a 2011), em função da elevada competitividade da celulose nacional (IBGE, 2011).

Os benefícios gerais da reciclagem do papel apontam, principalmente, para a redução no consumo de água e energia utilizada na produção, muito embora os números sejam bastante divergentes de uma empresa para outra, pois depende do tipo de tecnologia empregada e da eficiência do processo. Calcula-se que, para cada tonelada de papéis usados na reciclagem, deixa-se de cortar de 15 a 20 árvores (CEMPRE, 2010).

Atualmente, o PET é um dos termoplásticos mais produzidos no mundo, alcançando no final da década de 90 uma produção mundial em torno de $2,4 \times 10^{10}$ kg. Como parte dos resíduos plásticos é composto por pequenos itens dispersos e por plásticos com muitos contaminantes, devido à mistura com resíduos orgânicos, o custo ambiental e econômico da separação e limpeza destes materiais para a reciclagem é alto (ABIPET, 2005). Portanto, decidiu-se utilizar as garrafas PET, introduzindo-as “in natura”, de forma a diminuir o consumo de material e posteriormente o peso do bloco produzido. Com o intuito de diminuir os impactos gerados pelos resíduos sólidos provenientes de demolições, estes foram acrescentados ao traço após a sua moagem em um moinho de abrasão o tornando um agregado fino, para ser utilizado junto a matriz cimentícia que dará origem aos blocos de vedação. Para dar uma maior resiliência ao material desenvolvido, foi acrescentado um aglomerante hidráulico sendo o Cimento Portland. O uso dos resíduos da construção colabora para a redução da quantidade de cimento visto que ele tem uma parcela aglomerante.

Cimento Portland é um aglomerante hidráulico resultante da mistura finamente moída de clínquer, gesso e adições normatizadas e homogêneas a temperaturas em torno de 1450°C (AMARAL, 2013). Devido ao fato de sua indústria ser a emissora de 5% de todo o CO₂ do planeta, o cimento Portland a princípio não parece ser o melhor material para se utilizar em um compósito que tem o intuito de respeitar o meio ambiente. Contudo, seu uso ainda é vantajoso pois, quando utilizado em pequena quantidade, assim como nos blocos de solo-cimento, ele enrijece o material sem que o mesmo precise passar por um processo de queima o que emitiria muito mais CO₂ na atmosfera do que o processo de fabricação do cimento utilizado nos blocos. Junto com todos estes materiais, a areia será utilizada apenas como agregado para ajudar na deterioração do papel por ser um agregado abrasivo.

A 2ª etapa foi destinada a preparação do material coletado pensando na sua utilização e aplicação ao projeto de acordo com suas características. O processo de preparação foi desenvolvido visando a utilização de forma eficiente, por isso serão estudadas formas e soluções, que utilizem menos mão de obra, menos processos e menos recursos, para o reaproveitamento do material coletado, visando a confecção de blocos para construção civil. As garrafas PET foram apenas armazenadas, pois serão utilizadas “in natura”, o papel foi submerso em água até ficar supersaturado a ponto de, junto com a água, formar uma espécie de “massa” quando misturados. O resíduo de concreto que passou pelo processo de moagem no moinho de abrasão foi armazenado, de modo que futuramente, possa ser utilizado como agregado.



O cimento escolhido para ser utilizado na mistura foi o cimento Portland CP II-Z-32, que foi armazenado em um local seco e coberto, junto com a areia, que passou por um processo de peneiramento para a retirada de resíduos orgânicos. Vale denotar que tais materiais passam apenas por processos físicos, pois o objetivo principal do projeto, é a pesquisa de métodos para a reutilização de resíduos e reduzir os impactos ambientais gerados e ainda desenvolver produtos alternativos para reduzir os custos na construção civil, buscando a construção de baixa renda de forma sustentável e evitar que tais materiais tragam ainda mais prejuízo para o meio ambiente e estudar a viabilidade de utilização do material desenvolvido.

Na 3ª etapa foi confeccionado o produto proposto, com um processo de fabricação pensado para ser artesanal e eficiente de forma a ser produzido comunitariamente, para isso, foram confeccionadas formas desmontáveis de madeira, com as dimensões de 50x18x9 cm, que serviram como molde para os blocos, podemos ver na figura 1 a forma utilizada para a produção dos blocos, sendo de fácil manejo. As dimensões da forma foram pensadas para que os blocos pudessem ser utilizados de forma a não promover desperdícios durante o uso e também para a acomodação das garrafas PET. Ressalta-se que as garrafas utilizadas no projeto foram garrafas de 500 ml, sendo utilizadas 04 garrafas em cada bloco.



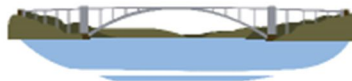
Figura 1: Forma desmontável utilizada na produção dos blocos. Fonte: Autores, 2018

Para a produção do compósito que será utilizado na fabricação dos blocos estudou-se a produção de uma massa de papel dissolvido em água. Um traço foi proposto e estudado, sendo ele 1:1,5:2,5:1:7,5 (cimento, areia, papel, resíduo de concreto e água), sendo, pra cada 1 Kg de cimento, adiciona-se 1,5 kg de areia, 2,5 kg de papel etc. Para a mistura da massa, primeiramente é necessário adicionar papel junto a água nas proporções do traço acima, em um recipiente adequado para a mistura, em seguida mistura-los com o auxílio de um agitador, assim obtendo uma massa, em seguida, adiciona-se os demais materiais e, novamente, mistura-se até que se torne uma massa homogênea com boa trabalhabilidade. Na figura 2 pode-se observar o processo de mistura com o agitador.



Figura 2: Processo de mistura do compósito. Fonte: Autores, 2018

Após a confecção da massa, iniciou-se o processo de produção do bloco. Em uma forma umedecida com desmoldante de forma a facilitar a desforma, colocou-se uma camada de massa na forma com o objetivo de revestir as paredes e o fundo, em seguida adiciona-se as garrafas PET, no total foram utilizadas 04 garrafas PET em cada bloco, e completa-se o preenchimento com massa compactando manualmente até de obter um bloco com boas características visuais, após o



processo de compactação faz se a desforma do bloco completando assim o processo de produção. Os blocos são armazenados em local coberto para descanso e secagem, e posterior utilização. Na figura 3 é apresentado o fluxograma de produção dos blocos, pode-se acompanhar todo o processo artesanal de produção e verificar o resultado final.

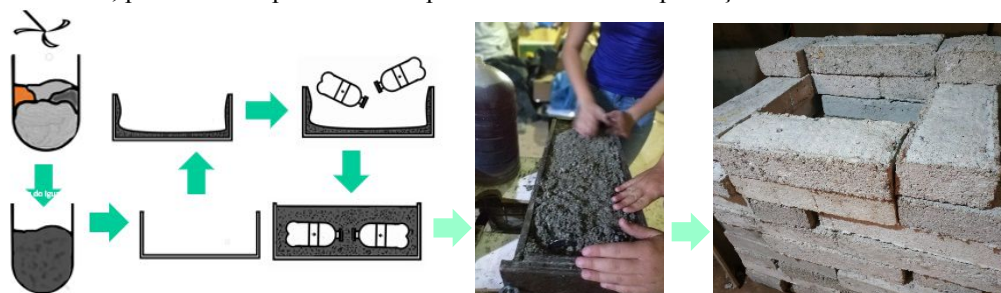


Figura 3: Fluxograma de produção dos blocos. Fonte: Autores, 2019

RESULTADOS

Desenvolveu-se com esta pesquisa uma massa de papel homogênea de boa qualidade para aplicação na produção de blocos para vedação a serem utilizados na construção civil, a mesma além de ser leve e de boa trabalhabilidade contribui para preservação do meio ambiente. Os ensaios de resistência a compressão resultaram em baixa resistência, porém devido ao papel ser um material fibroso o bloco não colapsou como podemos ver na figura 4, o que colabora para sua utilização como elemento de vedação ou enchimento.



Figura 4: Ensaio de resistência a compressão, deformação característica do bloco. Fonte: Autores, 2018

Ao decorrer do ensaio de resistência, notou-se que os blocos que estavam sendo utilizado nos ensaios, quando comprimidos, se deformavam sem que entrassem em colapso, função está atribuída ao papel por ser um material fibroso contribuindo para que o bloco mantivesse suas características físicas, sua baixa resistência também está atribuída as garrafas PET em seu interior devido ao vazio que elas promovem ao bloco.

Na tabela 1 podemos ver os resultados do ensaio de resistência a compressão realizado nas amostras os que confirma sua baixa resistência, porém tal característica não prejudica a utilização dos blocos pois o mesmo não é um material frágil.

Tabela 1: Resultado do ensaio de resistência a compressão. Fonte: Autores, 2018

Amostra	Largura	Altura	Comprimento	Carga	Resistencia
Amostra 1	8,2 cm	17,5 cm	46,8 cm	1.080 Kg	0,27 Mpa
Amostra 2	9,8 cm	18,0 cm	47,5 cm	860 Kg	0,18 Mpa
Amostra 3	8,4 cm	18,3 cm	47,0 cm	620 Kg	0,14 Mpa
Amostra 4	4,4 cm	17,5 cm	46,6 cm	800 Kg	0,20 Mpa



Como os blocos não tem função estrutural os mesmo podem ser utilizados como elemento de vedação ou enchimento para lajes.

Também foi executado o ensaio de durabilidade, em que os blocos ficaram aproximadamente 5 meses ao ar livre expostos as intempéries do ambiente, ao final do ensaio, a maioria deles não sofreram grandes danos, a figura 5 podemos ver os blocos ainda expostos ao ensaio de durabilidade.



Figura 5: Ensaio de durabilidade dos blocos. Fonte: Autores, 2018

Alguns ensaios ainda estão sendo realizados para analisar se as características mecânicas e físicas dos blocos para vedação, tais ensaios servirão para verificar se os mesmos atendem aos requisitos de desempenho, como por exemplo o ensaio de corpo-mole e corpo-duro, teste de arranchamento, térmico e acústico. Além disso, está sendo analisada a questão da viabilidade econômica dos mesmos, para dizer se realmente compensa utilizá-los em construções de média e baixa renda, já que um dos quesitos para o material é que ele tenha um baixo custo e seja eficiente.

Espera-se nesta próxima etapa promover os ensaios com os blocos fabricados para assim obter resultados satisfatório da pesquisa.

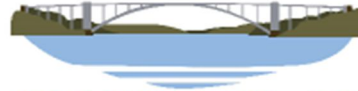
CONCLUSÃO

Com os resultados, pode-se observar que a resistência a compressão dos blocos está muito abaixo do que a resistência de um bloco de alvenaria, porém, isso não significa que eles não possam ser utilizados como blocos de vedação ou enchimento, pois, não se exige um enorme esforço do material de vedação, apenas que ele aguarde as intempéries o que o material desenvolvido já demonstrou que é capaz e que tenha um bom isolamento térmico e acústico. É claro que além disso, os blocos tornam o processo de adesão do reboco ainda mais fácil, devido as suas superfícies rugosas.

Todos os ensaios necessários para comprovar a viabilidade de utilização dos blocos ainda não foram executados, porém, aqueles que já foram indicam que a princípio, o material pode sim ser utilizado como bloco de vedação ou enchimento, e podendo se tornar uma alternativa para a reciclagem de resíduos sólidos, além de se tornar um material barato, contribuindo assim para a construção de baixa e média renda.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEMPRE - **Compromisso empresarial para reciclagem**. Disponível em: <<http://ww.cempre.org.br>>. Acesso em: jun. 2012.
2. ABIPET. Site corporativo, disponível <http://www.abipet.org.br> [acesso em 28.10.2016].
3. RECICLOTECA. Tipos de Plásticos, disponível em: <http://www.recicloteca.org.br/Default.asp/IDEditoria&SubEditoria&Ver> [acesso em 15.09.2016].
4. Vault, Renata. Zero Hora: Brasil descarta 53% de garrafas PETs na natureza, 2007 <http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticia/2007/10/brasil-descarta-53-de-garrafas-pets-na-natureza-1641171.html> [acesso em 18.10.2016].
5. Revista Meio Ambiente: Brasil descarta 53% de garrafas PET na natureza, 2007, <http://www.revistameioambiente.com.br/2007/11/15/brasil-descarta-53-de-garrafas-pet-na-natureza/> [acesso em 18.10.2007]



6. ZANIN, Márcia; MANCINI, Sandro D. Resíduos Plásticos e reciclagem: aspectos gerais e tecnologia, São Carlos: Edusfcar, 2004.
7. IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 abr. 2019.
8. AMARAL, Myrtes; Obtenção e caracterização de compósitos cimentícios reforçados com fibras de embalagens de cimento. Dissertação (Mestrado pós-graduação em engenharia de materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, 2013.