

## **ANÁLISE DO DESEMPENHO DO BLOCO DE SOLO-CIMENTO CONSIDERANDO VARIACÕES NA QUANTIDADE DE RESÍDUO DE VIDRO EMBALAGENS NÃO RETORNÁVEIS.**

**Abimael Ribeiro Martins<sup>1</sup>, Trajano Machado Gontijo Neto<sup>2</sup>, Adriano dos Guimarães de Carvalho<sup>3</sup>,  
Paulo dos Santos Batista<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Acadêmico Bacharelado Engenharia Elétrica– IFTO. Bolsista PIBIC/CNPq e-mail: [abimael.rib@gmail.com](mailto:abimael.rib@gmail.com)

<sup>2</sup>Acadêmico Bacharelado Engenharia Civil– IFTO. Bolsista PIBIC/CNPq e-mail: [trajanogontijo@gmail.com](mailto:trajanogontijo@gmail.com)

<sup>3</sup>Professor do Curso de Engenharia Civil – IFTO/Campus Palmas. e-mail: [agcarvalho@ifto.edu.br](mailto:agcarvalho@ifto.edu.br)

<sup>4</sup>Professor da Coordenação de Ciências Matemáticas e Naturais – IFTO/Campus Palmas. e-mail: [pbatista@ifto.edu.br](mailto:pbatista@ifto.edu.br)

**Resumo:** Esse projeto almejou estudar e examinar o resíduo inorgânico (vidro) provenientes embalagens de bebidas não retornáveis, que foram consumidas, na cidade de Palmas, Tocantins. O Vidro foi triturado utilizando um triturador de facas. Nesse material triturado foi realizada a análise do tamanho de partículas. Esse material após separação granulométrica foi incorporado a uma mistura de materiais pulverulentos, dentre eles aglomerante hidráulico e água. Essa mistura deu origem a um tijolo solo-cimento, após prensagem hidráulica. Assim, foi avaliada viabilidade do emprego do vidro como material para mistura na produção de tijolos com características estruturais. Por fim, encontrou-se um material estável que passa agregar valores sustentáveis, e desempenho mecânico muito satisfatório para o bloco de solo-cimento.

**Palavras-chave:** Bloco Solo-Cimento, Resíduo, Sustentabilidade, Vidro de Garrafa

### **1 INTRODUÇÃO**

Palmas, sendo a mais nova capital estadual do país tendo uma população com cerca de aproximadamente 272.000 habitantes segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). A cidade de Palmas é noticiada como uma das mais quente do Brasil. E não há dúvida, todavia, quanto a isso para os que residem nela. É o Resultado da divisão do estado do Goiás, (Tocantins, 1989), que resultou na formação do esta do Tocantins, cuja capital é Palmas. A cidade experimentou um crescimento populacional enorme, desde sua criação até 1991, chegando a uma população de 24.26 habitantes. No final dessa mesma década, já estava com 130.528 segundo (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística,2000). A cidade é fundamentada em uma proposta arquitetônica modernista. Assim, concreto, asfalto, fachada envidraçadas, monumentos e praças, que seguem um padrão urbanísticos cuja implantação organiza a cidade em quadras. As quadras, podem ser localizadas numericamente em função de um padrão radial orientado a partir do Palácio do Araguaia, sede do governo Estadual.

Possui uma natureza exuberante e ainda diversa, que gradativamente tem sofrido perdas consideráveis em função da magnitude do impacto ambiental gerados pelas ações Antrópicas (Almeida, 2000). Dentre essas ações, principalmente uso desordenado dos recursos naturais, e

descarte inadequado de materiais, embalagens, componentes eletrônicos dentre outros, com enorme potencial de conversão em matéria-prima através de processo de reciclagem, ou mesmo de reutilização mediante pequenos reparos, além é claro centenas de toneladas de lixo orgânico destinados ao aterro sanitário.

O projeto em questão visa o desenvolvimento de práticas sustentáveis. Notadamente, a partir da utilização de resíduos inorgânicos na produção de novos materiais para a construção civil. Assim, busca apresentar possibilidades, para o emprego de sílica proveniente da reciclagem de embalagens de vidro não retornáveis. Com isso, tem-se estudado como a substituição de matéria prima *in natura* por matéria prima reciclada, afetam o comportamento de tijolos de solo-cimento, com relação a sua resistência mecânica em ensaios de compressão e absorção de água.

A preocupação com o grave problema da geração de resíduos, vem cada vez mais despertando na sociedade a conscientização da necessidade de realização de estudos com vistas a melhorar o ciclo de produção e adequar a destinação dos resíduos gerados (Almeida, 2000).

O vidro tem incontáveis aplicações nas mais variadas indústrias, dada suas características de inalterabilidade, dureza, resistência e propriedades térmicas, ópticas e acústicas, tornando-se um dos poucos materiais ainda insubstituível, estando cada vez mais presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem-estar do homem (CEBRACE 2014). O vidro é um material frágil, porém não fraco. Ele tem grande resistência à ruptura, podendo mesmo ser utilizado em pisos, é duro e rígido, porém não vem sendo apropriado para aplicações sujeitas a impactos. O vidro é um material cerâmico, sólido não cristalino de óxido tradicional. Entre as principais características do vidro destaca-se sua elevada durabilidade química (SHACHELFORD, 2008).

Segundo o CEMPRE (2009), no Brasil é produzido em média 980 mil toneladas de embalagens de vidro por ano, usando cerca de 45% de matéria prima reciclada na forma de cacos. Esses cacos são provenientes em parte de refugo nas fábricas e em parte na coleta seletiva dos municípios. O principal mercado para recipientes de vidros usados é formado pelas vidrarias, que compram o material de sucateiros na forma de cacos ou recebem diretamente de suas campanhas de reciclagem. Além de voltar à produção de embalagens, a sucata pode ser aplicada na composição de asfalto e pavimentação de estradas, construção de sistemas de drenagem contra enchentes, produção de espuma e fibra de vidro, bijuterias e tintas reflexivas.

## **2 METODOLOGIA**

Os materiais empregados nesses estudos foram adquiridos por meio de doação voluntária. O processamento desse material e a sua classificação em função do diâmetro,

permitiram um delineamento experimental simplificado. Dessa forma, procurou-se analisar quantitativamente a efeito da substituição do solo por vidro processado de embalagens não retornáveis, no comportamento mecânico dos tijolos obtidos em ensaios de compressão e absorção de água.

As embalagens de vidro foram coletadas, com o auxílio de uma caixa d'água de 500L. As embalagens foram trituradas, em um equipamento de impacto por facas motor 3CV, 3600 rpm, com encaixes de peneira para classificação gerando um pó finamente dividido.

O solo e a areia empregados na produção do tijolo foram adquiridas mediante compra direta no comércio. Este solo possui baixa plasticidade e apresenta-se extremamente arenoso. O cimento empregado para a realização dos ensaios foi empregado o CP-II-32 RS com Pozolanas fabricado pela Votorantim S/A, devido a sua resistência ao íon sulfato.

Os materiais sólidos foram pesados em uma balança da marca marte, modelo AC 10K, Série 264786. A mistura dos materiais foi realizada em betoneira com capacidade de 400 litros, com motor elétrico da marca Pavitest. Os materiais foram adicionados separadamente e homogeneizados pela agitação da hélice acionada pelo motor. Após 5 minutos homogeneização dos pós foi introduzida a água na mistura e a homogeneização continuará por mais 2 minutos. Após isso, foi obtida a mistura que foi utilizada na produção dos tijolos.

Os tijolos foram obtidos por moldagem em prensa hidráulica na qual permite um controle sistemático da carga a ser aplicada para a moldagem dos blocos compostos de vidro de garrafas, com solo arenoso, cimento e água. Após obtenção da plasticidade desejada a massa foi acondicionada em moldes de (25,0 X 12,5X 7,5 cm), seguindo a NBR-10833. Os diferentes tijolos receberão cura úmida e posteriormente cura ao tempo, e a sua estabilidade dimensional estimada. As misturas empregadas na produção dos corpos de prova foram, de aproximadamente 7,5% de vidro em relação a massa de saibro.

Em uma betoneira de 400 litros foram adicionados os materiais na proporção de 1 lata de saibro de 18 litros de saibro, para 1/2 lata de cimento CP-II-32RS com Pozolanas,

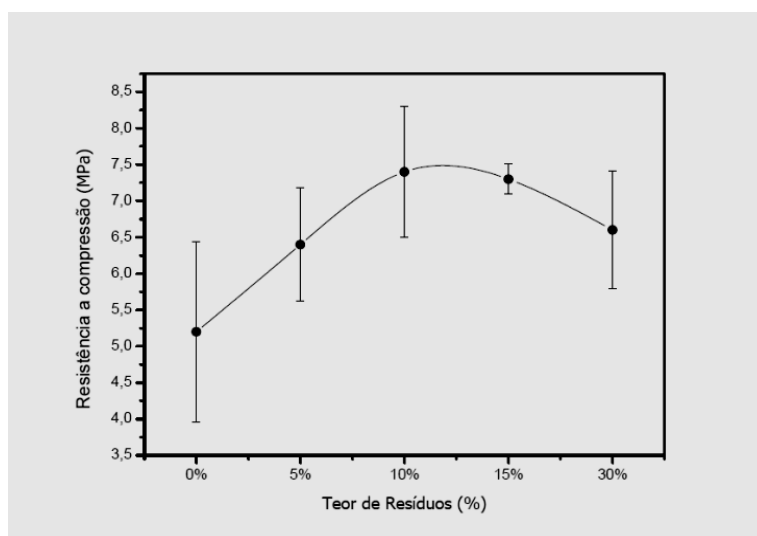
para 1/6 lata de vidro e 1 litro de água, foram feitos três traços seguindo essa proporção. A mistura foi posta em rotação durante 5 minutos, com a betoneira em uma posição de aproximadamente 30°. Após esse tempo, os tijolos foram obtidos em prensa hidráulica, utilizando-se um molde de metal para produção do tijolo. Todos os tijolos foram produzidos individualmente, e o tempo necessário para a confecção de um tijolo na prensa foi de 10 segundos. Após a prensagem, os tijolos foram organizados em palhetes de madeira, ficando por durante 24 horas. A fim desse tempo os tijolos foram imersos em uma cuba com água, e deixados em imersão. Os tijolos foram retirados da imersão após não serem observados desprendimentos de bolhas (ar) dos mesmos, quando imersos. Após isso, os tijolos foram retirados da água e colocados a sombra em um galpão ventilado para secagem. Após 10 dias, esses tijolos foram transportados para o Laboratório de Ensaios Especiais do curso de Engenharia Civil do Instituto Federal do Tocantins.

Após 28 dias do processo de produção dos tijolos, foi realizado o ensaio de resistência mecânica dos tijolos com vidro. Os ensaios foram realizados nos Tijolos, cujas dimensões eram de (25,0 X 12,5 X 7,5) cm. Para realização dos ensaios foram retiradas as saliências presentes nos blocos com a finalidade de se obter uma superfície totalmente plana, ao bloco foi colocada uma pasta de cimento, uniforme de aproximadamente 1cm com a finalidade de distribuir de forma igual a força aplicada na superfície do tijolo com vidro nos ensaios mecânicos. Para os ensaios, foi utilizada uma máquina universal de ensaios modelo-10.000, microprocessada, da marca EMIC, equipada com uma célula de carga de 3 toneladas.

Os tijolos após 28 dias foram avaliados a sua absorção de água, a fim de se verificar o atendimento às normas da ABNT. O ensaio de absorção de água foi conduzido levando o tijolo a estufa a 105° durante 24 horas, pesando a massa após esse tempo e foram levados ao tanque para a emersão e após 24 horas foram retirados e novamente suas massas foram medidas. Todos os resultados obtidos foram comparados com blocos produzidos sem a adição de resíduos.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

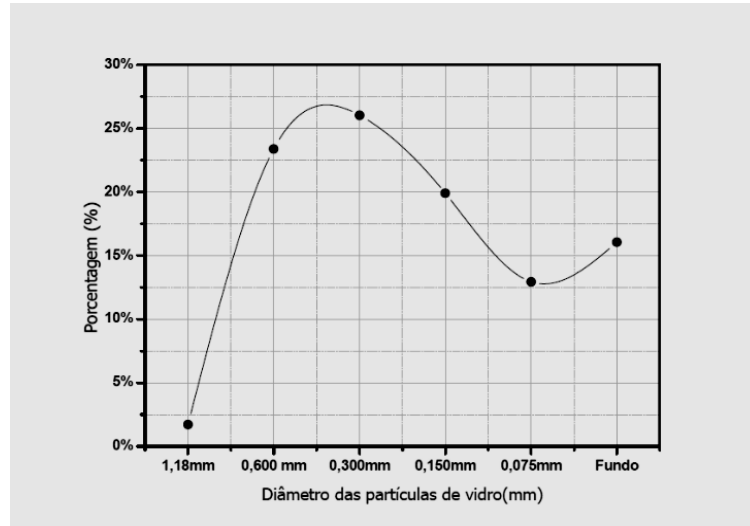
Os resultados apresentados a seguir, foram produzidos através dos métodos de ensaios definidos pela NBR 8492:2012, de consonância com similaridade das condições de ambientes da indústria local na cidade de Palmas/TO, prospectando avançar em blocos que podem possuir além das capacidades de vedação, adquirir propriedades estruturais.



**Figura 1-Resistência mecânica média de compressão dos tijolos solo-cimento com adição de vidro em diferentes teores.**

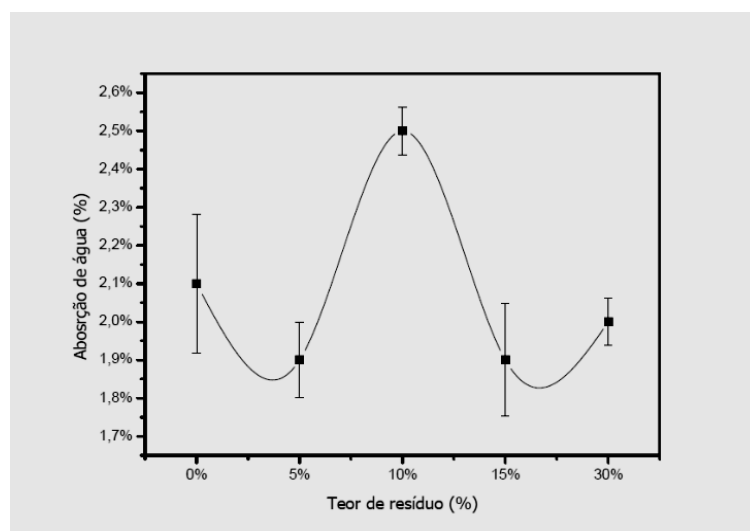
A Figura 1 esboça os resultados obtidos com os blocos solo-cimento submetidos a diferentes teores de concentração do resíduo de vidro, a curva desses blocos apresenta um ponto de resistência máxima na introdução de resíduo no bloco com um crescimento da resistência acelerado e uma desaceleração no decaimento, considerando os dados apresentados podemos dizer que de acordo com a NBR 8492 esse tijolo está apto, e com um padrão de qualidade em alguns blocos 4 vezes superior ao estabelecido pela norma. Por outro lado, esses blocos apresentam características de blocos estruturais de acordo com a NBR 6136, o desvio padrão dos ensaios mostra que após, 10% até 30% de incorporação de resíduo o material confere aproximadamente a mesma resistência, tornando se estável em uma margem de teor de adição de resíduo.

Ao observar os dados vislumbra-se que seguindo os critérios de resistência da NBR 8492, que determina bloco solo-cimento acima de 2 MPa, a incorporação de resíduos poderia ser superior a 30% que os resultados indiciam que a resistência ainda estaria acima desse mínimo estabelecido, chegando então a colocar no mercado um material com quase 50% de resíduo inorgânico.



**Figura 2** Porcentagem granulométrica das partículas de vidro empregadas na mistura.

O resíduo incorporado no bloco é totalmente agregado miúdo com uma porcentagem maior em torno de 0,600mm a 0,150mm, essas características granulométricas do material, faz com que ele preencha os vazios presente na mistura natural do bloco, propiciando os ganhos de resistência obtidos com diferentes teores. Essa granulometria é considerada a mais ideal e vantajosa para o material, não podendo ser maior ou menor do que essas faixas em porcentagens, com essa curva o material está ganhando estabilidade de resistência após os 10% de incorporação.



**Figura 3** Absorção Média dos blocos solo-cimento com adição de vidro de garrafa.

O desempenho dos blocos em relação a absorção são excepcionais e bem abaixo do máximo permitido na norma NBR 8492, que fixa 20% como máxima em média, esses resultados demonstram que o resíduo incorporado mantém o mesmo equilíbrio do material que já fabricado

convencionalmente, logo o solo seria o aglomerante que se relaciona diretamente com esses dados, e o resíduo fica inerte, não influenciando na maioria dos teores, porém, com 10% de introdução o material tem um elevação de 0,5% a mais, que as outras medidas, porém, com o desvio padrão identificamos que existe a interação que mesmo subindo, o material ainda continua semelhantes aos demais blocos, tendo como principal resultado que ao colocar o vidro no bloco, ele não irá alterar a sua absorção de água.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Tendo em vista os argumentos apresentados, conclui-se que o objetivo em produzir materiais para a construção civil, com a incorporação de resíduos no caso vidro foi atingido com sucesso. Pois, segundo a NBR- 8492 os blocos de solo-cimento apresentam resistência e absorção adequadas a utilização em construções. Com o acréscimo de 30% de resíduo o material não perde suas características estruturais sendo comparado aos blocos estruturais cerâmicos e de concreto. A possibilidade de emprego deste material no mercado vislumbra a continuação da pesquisa em ingressar esse material em outras frentes de mercado. Dessa forma, o estudo envolvendo a utilização de resíduos possibilitam a formulação de alternativas sustentáveis diminuindo a pressão na extração de matéria prima *in natura* utilizada atualmente.

#### **REFERÊNCIAS**

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738/2003 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248/2001 – Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM-ISSO 3310- 1/1997 – Peneiras de ensaio - Requisitos técnicos e verificação - Parte 1 - Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46/2001 – Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75um por lavagem. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.



ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8492/2012 – Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio, ABNT, 2012.

**Almeida** W. M, (2000) Utilização de escória de cobre como adição e como agregado miúdo para concreto.

**BRASIL**. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução no 307, de 05 de julho de 2002. Disponível em [www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=307&ano=&texto](http://www.mma.gov.br/port/conama/legipesq.cfm?tipo=3&numero=307&ano=&texto)

CEBRACE. 2014. O Vidro, <http://www.cebrace.com.br/v2/vidro>

**CEMPRE** – Consórcio Empresarial para a Reciclagem.

Instituto Brasileiro de Geografia. Censo demográfico 2000: primeiros resultados da amostra. Vol. 2. IBGE, 2002.

**SANTOS, A. R.** Vidro – Tecnologias para reciclagem.

SHACKELFORD, James F. Introdução à Ciência dos Materiais Para Engenheiros. Trad. Daniel Vieira. 6.ed. São Paulo: Pearson, 2008.

TOCANTINS, Constituição. "Constituição do Estado do Tocantins-Unidade Federativa do Brasil." Miracema do Tocantins. Assembléia Legislativa (1989).