

Desenvolvimento de compósito cimentício para a Construção Civil a partir do uso de resíduos seco

Janilce dos Santos Negrão, Giovana Fischer Bertoldo, Adriana de Paula Lacerda Santos, Nicolle Sotsek,
Marcell Mariano Maceno

Resumo: Este artigo apresenta parte dos resultados da pesquisa que visa o desenvolvimento de compósitos com inclusão de resíduo seco que possam ser utilizados para a construção civil. Nos compósitos cimentícios reportados neste artigo foram abordadas as fibras de celulose provenientes de papéis como papelão comum, papelão de caixa de ovo e papel termo sensível. Foram feitos experimentos em laboratório a fim de identificar a resistência a compressão, a tração na flexão e a absorção por capilaridade de cinco argamassas com traços distintos. Assim, foi levado em consideração não só o desempenho mecânico dos compósitos encontrados na literatura, mas também as suas particularidades visando identificar a possibilidade de aplicação dessas argamassas em produtos da construção civil tais como placas para vedação horizontal. Todos os corpos de prova com incorporações de fibras de celulose apresentaram uma diminuição da resistência à compressão e um aumento na absorção quando comparados ao padrão (argamassa de cimento, areia e água). A argamassa que obteve melhor desempenho mecânico e de absorção de água por capilaridade foi a que contém resíduo de papelão de caixa de ovo (60 a 80g de resíduo para cada 1kg de cimento e 0.5l de água) com uma redução em sua resistência mecânica de aproximadamente 10% e um aumento em sua absorção de 2,3g/cm² quando comparado ao corpo de prova padrão. Com os resultados atingidos foi possível concluir que é possível usar os resíduos sólidos para elaboração de compósitos na área de construção civil.

Palavras-chave: compósito, construção civil, resíduos

Development of cementitious composite for civil construction using dry waste

Abstract: This paper presents part of the research results that aim at the development of composites with inclusion of dry waste that can be used for civil construction. The cementitious composites reported in this article dealt with cellulose fibers from papers such as plain cardboard, egg carton and thermo sensitive paper. Experiments were carried out in the laboratory to identify the compressive strength, flexural tensile strength and capillary absorption of five mortars with different traits. Thus, not only the mechanical performance of the composites found in the literature, but also their particularities aiming to identify the possibility of applying these mortars to construction products such as horizontal sealing plates, was taken into consideration. All specimens with incorporation of cellulose fibers showed a decrease in compressive strength and an increase in absorption when compared to the standard (cement, sand and water mortar). The mortar that obtained the best mechanical performance and water absorption by capillarity was the one containing egg carton residue (60 to 80g of residue for each 1kg of cement and 0.5l of water) with a reduction in its mechanical resistance. approximately 10% and an increase in its absorption of 2.3g / cm² when compared to the standard specimen. With the results achieved it was

possible to conclude that it is possible to use solid waste for the elaboration of composites in the area of civil construction.

Keywords: composite, construction, waste

1. Introdução

O meio ambiente é a principal fonte de recursos para a sobrevivência dos seres humanos e o desenvolvimento das sociedades. A alteração no meio visando maior qualidade de vida e consumo, contudo, pode trazer problemáticas utilitaristas (SOARES et al, 2007). A indústria, impulsionada pelo consumismo e o setor comercial, facilitam uma troca de serviços e produtos, muitas vezes desnecessários. Esta grande oferta e demanda, contudo, implica na geração de poluentes. Intensificando assim os impactos negativos ao meio e a sociedade.

A crise ambiental é assim intensificada com o crescimento populacional, a alta demanda de recursos e a baixa absorção de rejeitos. A concentração urbana, implica em uma projeção ambiental desenfreada, surgindo vários problemas como a falta de planejamento sanitário, a impermeabilização do solo (enchentes e inundações) e o aumento da geração de resíduos sólidos domiciliares e industriais (TAM et al, 2018).

Logo, ao priorizar uma gestão ambiental, ao reaproveitamento de resíduos poderia se usufruir de uma economia cíclica. Algo que possui uma representatividade significativa no panorama nacional sabendo que segundo Carnitatto (2010), “dados do ministério do meio ambiente brasileiro indicam que, o Brasil produz cerca de 90 milhões de toneladas de lixo por ano e cada brasileiro gera, aproximadamente, 500 gramas de lixo por dia, podendo chegar a 1 kg, dependendo do local em que reside e de seu poder aquisitivo”. Uma produção mais limpa pode aproveitar estes recursos, criando um ciclo de vida a estes produtos muitas vezes menosprezados (SANTOS et al, 2014).

Pode-se citar, então, os processos de produção voltados à construção civil e seus relacionados. Estes apresentam-se como uma alta fonte de geração de resíduos, levando em consideração os rejeitos gerados em obra e na produção de materiais (TAM et al, 2018). Tam apresenta em seus estudos que a construção civil é a maior consumidora de recursos naturais visto que entre 2007 a 2014 a demanda global pela produção de agregados naturais quase dobrou de 21 para 40 bilhões de toneladas. Assim, o desenvolvimento de novas tecnologias se faz necessário, procurando uma melhoria nos materiais e métodos construtivos. (LUCAS et al, 2008).

Assim, a finalidade deste artigo é encontrar materiais alternativos oriundos de rejeitos sólidos domiciliares a serem incorporados em compósitos cimentícios. Avaliando não só as características dos atuais compósitos existentes meio científico, como também suas particularidades visando identificar a possibilidade de aplicação dessas argamassas em peças da construção civil como blocos, pavers, painéis e placas que possam ser usadas em habitação popular. Desta forma, ao analisar opções e melhorias em suas propriedades, a criação de novos produtos através de resíduos traria não apenas mudanças na sociedade como também no meio ambiente.

2. Revisão da literatura

A fabricação de peças cimentícias como painéis, blocos, revestimentos e telhas com a inclusão de resíduos como compósitos não é algo novo na construção civil. (Wiemes et al,

2015; Rao et al, 2011). Alguns dos mais utilizados são os rejeitos da própria construção civil (SANTOS et al. 2014, LUCAS et al. 2008, TAM et al. 2018; WOLFF et al. 2016), e polímeros como PET (Polietileno tereftalato), PVC (Policloreto de vinila), PEAD (Polietileno) e PP (Polipropileno) (Moura et al. 2015, Batayneh et al. 2007).

Verificou-se, então, que entre a gama de compósitos já estudados como inclusão em matrizes cimentícias, se destacam como incrementadoras de propriedades mecânicas e de resistência ao impacto, as fibras vegetais e naturais (PACHECO et al, 2010). As chamadas VF (fibras vegetais ou de celulose, do inglês: vegetable fibers), foram introduzidas no mercado em 1940 como potencial substitutas para as de amianto, garantindo uma produção mais ecologicamente correta. (ARDANUY et al. 2015). Estas, atraentes também por suas propriedades como: rigidez, flexibilidade, respostas térmicas e eletrostáticas, biodegradabilidade, viabilidade econômica e baixa densidade. (Mantovani et al. 2017; Sgriccia et al. 2008; Dhakal et al. 2007). Sabe-se também que cada um dos tipos diferentes de VF, como as fibras de sisal, folha de bananeira, eucalipto, cânhamo, industriais (fábricas de papel e celulose), tem diferentes resultados quando aplicadas a testes físicos e mecânicos (SHOKRICH et al. 2015, SAVASTANO et al, 2000) ou quando analisadas quanto a capilaridade do material.

De acordo com (FERGUNSON, 1992), o papel pode ser reciclado de seis a dez vezes, o que demonstra a capacidade do prolongamento do ciclo de vida deste produto. Assim destaco com VF: o papelão, que é um tipo mais grosso e resistente de papel, muito utilizado na fabricação de caixas para produtos, podendo ser liso ou enrugado, ele é produzido dos papéis compostos das fibras da celulose, que são virgens ou reciclados; as caixas de ovos, que são feitas de papelão reciclável e no final do seu uso é descartada pois a sua reciclagem é limitada pelo fato de não ser um material virgem e já estar com as fibras celulósicas comprometidas assim impossibilitando sofrer mais um processo de reciclagem; e o papel termo sensível ou térmico, que é leve, liso, é muito usado em máquinas de cartão de crédito e caixas registradoras e possui uma camada química composta por BPA (Bisphenol A) que muda de cor quando exposto ao calor e por isso não pode ser reciclado.

Sabendo do exposto, com o intuito de estabelecer a melhor metodologia para propriedades mais favoráveis e resultados de ensaios de tração, compressão e absorção adequados, foram escolhidos para o estudo fibras de celulose oriundas de rejeitos sólidos domiciliares. Como aponta Moura (2015), as fibras naturais possuem inúmeras propriedades as quais as fazem uma alternativa atrativa aos materiais tradicionais e tornam-se um interessante recurso sustentável como reforço ao cimento (Mantovani et al. 2017). Seguindo os estudos de Bentchikou (2012), foram então selecionados alguns resíduos com fibras de celulose que poderiam apresentar os resultados desejados, sendo estes: papelão comum, papelão de caixa de ovo e papel termo sensível (procedente de notas fiscais).

3. Materiais e métodos

O método de pesquisa utilizado foi o Experimento em laboratório. Os materiais básicos utilizados para as moldagens em laboratório dos corpos de prova foram:

- Água (Condições normais de temperatura e pressão);
- Areia (areia média comum, agregado miúdo em zona ótima segundo NBR7211:2005);

- Cimento (Cimento Portland composto com escória, tipo CP II E, segundo NBR11578:1991).

Os compósitos utilizados nesta pesquisa são provenientes da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis, CATAMARE, localizada no Boqueirão, Curitiba-PR. Assim por um convenio da Universidade Federal do Paraná e do GESIT – Grupo de Estudos em Inovação Tecnológica, os materiais foram selecionados. Entre metais, orgânicos, plásticos e vidros, os papéis e resíduos constituídos de fibras de celulose foram os escolhidos por apresentarem boa resposta quando introduzidos a corpos cimentícios (SHOKRICH et al. 2015).

Entre eles, os compósitos com fibra de celulose escolhidos foram: papelão proveniente de caixas de ovo, papelão reciclado comum e papel termo sensível (procedentes de notas fiscais). Como podem ser observados na Figura 01.



Figura 01 – Da esquerda para a direita: papel termo sensível, papelão de caixa de ovo, papelão comum

Fonte: Os autores (2018)

As moldagens e ensaios foram realizadas no Laboratório de Materiais e Estruturas da Universidade Federal do Paraná (Figura 02). Assim, para as moldagens e testes para as argamassas de cimento com papel foram estabelecidos cinco (5) traços com diferentes agregados de fibra. Estas tendências de traços foram escolhidas por meio de um processo eliminatório levando em consideração os estudos de Ardanuy (2015), Pacheco (2010) e Savastano (2000).

CP	cimento	areia	água	papel	tipo de fibra
1	1	3	0,5	-	-
2	1	-	0,5	0,06	caixa de ovo
3	1	-	0,5	0,08	caixa de ovo
4	1	-	0,5	0,08	papelão
5	1	-	0,5	0,08	térmico

Tabela 01 - Traços testados em moldagem em laboratório

Fonte: Os autores (2018)

O experimento constituiu na elaboração de corpos de prova segundo a NBR5738:2003 item 4.1.2, para as moldagens e os testes de resistência a flexão e compressão seguiram a NBR13279:2005. Já os ensaios para a obtenção de resultados a respeito da absorção de água por capilaridade estavam de acordo com a NBR9779:1995. Desta forma, estabelecidos os meios, as argamassas de cimento com papel foram analisadas e comparadas.



Figura 02 – Laboratório de materiais e estruturas da UFPR

Fonte: Os autores (2018)

Para a elaboração dos corpos de prova, levantou-se a quantidade de material a ser coletado, e sua granulometria. Cortou-se a fibra de celulose e/ou de papel (oriunda de resíduos como por exemplo caixa de ovo, papel bancário e papelão) em grãos de aproximadamente 1x1cm e na proporção de cada quilo de cimento adicionou-se 80g de papel. Entre os compósitos estudados, o papelão proveniente de caixa de ovo foi recortado à mão e tanto o papelão reciclado comum quanto o papel termo sensível provindo de papéis reciclados de notas fiscais foram picotado com o uso de uma picotadora de papel.

Com os materiais, então separados, moídos e em seu devido tamanho, foram pesados em balança analítica (de resolução de 0,1g). Para serem moldados, deixou-se os papéis de molho, em água, por no mínimo 30 minutos, onde a cada 80g de papel utilizou-se 500ml de água. Assim, foram adicionados a uma mistura de argamassa fresca (cimento seguindo a proporção de 1kg para 80g de papel e 500ml de água e/ou areia) em batedeira de cimento. Após 5 minutos na batedeira, a massa homogênea foi levada para compactação em moldes prismáticos 4 cm x 4 cm x 16 cm (NBR5738:2003 item 4.1.2) como demonstrado em Figura 03). Para a montagem dos moldes, foi aplicada uma fina camada de óleo mineral em suas faces internas para melhor remoção.

Durante a moldagem, o método usado para o adensamento foi manual através de haste metálica, segundo a NBR5738: 2003, item 7.4.1. O molde de área equivalente à 16cm² e altura de 40mm foi preenchido até 1/3 de seu volume inicial com a massa e então foram realizadas 25 batidas com o soquete. Repetiu-se o processo para mais 1/3 de seu volume e, ao ser preenchido com o último 1/3 a ser adensado, submeteu-se a uma nova sessão de batidas.

Os ensaios de determinação de resistência à tração na Flexão e na Compressão foram realizados quatorze e vinte e oito dias após a moldagem. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia em Argamassa (LATECA – UFPR) e seguiram a NBR13279:2005 itens 5.5.2, 6.4 e 6.5. Os resultados testes de laboratório foram expostos por meio de tabelas e gráficos Força (N) x Deformação (mm).



Figura 03 – Corpos de prova prismáticos

Fonte: Os autores (2018)

Os ensaios de capilaridade foram realizados com adaptações à Norma Brasileira - NBR 9779/2012 da ABNT. No experimento deste estudo não foram utilizados dessecador e estufa e os corpos de prova foram posicionados em um recipiente sem tampa. Além disso, as massas dos corpos de prova foram determinadas após 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 72 horas contadas a partir da colocação destes em contato com a água. Assim sendo, os corpos de prova, já identificados, permaneceram posicionados na cuba com água na altura de cinco milímetros de sua face lateral, como é possível observar na Figura 04. Após o tempo determinado em cada leitura, os corpos de prova foram retirados da cuba, enxugados com um pano seco e limpo, verificadas suas massas em uma balança de precisão e recolocados na cuba de molhagem onde permaneciam até o momento em que o procedimento se repetia. O processo foi realizado repetidamente até completar 72 horas desde o posicionamento dos corpos de prova na cuba com água.

Após a verificação de massa das 72 horas, procedeu-se à ruptura dos corpos de prova na prensa no sentido médio transversal para a visualização do avanço da faixa úmida no interior do CP. Assim, após a ruptura, foi realizada a mensuração das faixas secas no interior dos corpos de prova com a utilização de um paquímetro, tomando medidas nas extremidades e no centro da seção transversal de cada CP para analisar a absorção de água pelo seu interior. Por fim foi realizada a análise dos resultados obtidos nos testes para avaliar as características de absorção por capilaridade dos novos compósitos propostos para uso na construção civil.



Figura 04 – Corpos de prova posicionados em recipiente com 5 mm de água

Fonte: Os autores (2018)

4. Resultados e discussão

Dependendo da função desejada ao compósito, busca-se identificar diferentes propriedades básicas, como a resistência à compressão, à tração na flexão e a absorção de água por capilaridade. Assim, os resultados obtidos em testes foram analisados para uma possível aplicação em placas para vedação horizontal sem função estrutural. Todos os valores a seguir, foram obtidos com 28 dias de cura (em câmara seca à 25 graus Celsius com umidificador).

Os resultados dos testes físicos e mecânicos dos diferentes traços elaborados são mostrados na Tabela 02. Para uma facilitar a demonstração, os dados foram separados em compressão e flexão.

CP	Tipo de fibra	Compressão		Flexão		Resistência à flexão (Mpa)
		Força máxima (N)	Tensão máxima (Mpa)	Força máxima (N)	Resistência à flexão (Mpa)	
1	Sem fibras, padrão	57188,5	35,74	3202	7,5	
2	Caixa de ovo (60g)	39767	24,855	2815	6,68	
3	Caixa de ovo (80g)	26816	16,76	2478	5,81	
4	Papelão comum	11221	7,01	1088	2,55	
5	Papel termo sensível	20679	12,92	2465	5,78	

Tabela 02 – Resultados dos testes de compressão e resistência à tração na flexão

Fonte: Os autores (2019)

De certo modo, todos os corpos de prova com incorporações de fibras de celulose apresentaram uma diminuição em resistência à compressão quando comparados com o CP1 (padrão, composto por cimento, areia e água). Assim é verificado que, assim como confirma Ardanuy (2015), a força máxima de compressão diminui com o aumento de fibras. E, este acréscimo leva a deixar o material mais dúctil e leve (BETCHIKOU, 2012).

Argumento válido também para os ensaios de flexão, tendo como destaque o CP2, que leva apenas 60g de resíduo (papelão de caixa de ovo) para cada 1kg de cimento e 0,5l de água. Este teve uma redução em sua resistência mecânica de aproximadamente 10%, quando comparado ao CP1 (padrão), divergindo dos outros corpos de prova que reduziram de aproximadamente 23 a 66%. O CP2 também apresentou uma redução na força máxima aplicada de flexão de cerca de 12%, significativa também quando comparado aos outros elementos do experimento.

Pacheco-Torgal (2010) aponta que: “o uso moderado de fibras naturais ou de celulose trazem melhorias nas propriedades mecânicas e na resistência ao impacto do concreto. Podendo ser de 3 a 18 vezes mais resistente do que o concreto sem a inclusão das fibras.” Contudo, é visível que quando alterado o traço favorecendo a inserção de resíduos a resistência volta a cair, não representando melhorias no material.

Como pode-se visualizar na Figura 05, as fibras foram dispersas de forma naturalmente heterogênea pela matriz, dificultando processos típicos dos corpos de prova, como a segregação e a exsudação. Este padrão foi seguido pelos outros três corpos de prova com resíduos.



Figura 05 – Corpo de prova com compósito de caixa de ovo após teste de flexão

Fonte: Os autores (2018)

Outra problemática de tais compósitos é a durabilidade, visto que a inclusão de tais rejeitos afeta de forma significativa sua resistência a compressão. Também pode-se observar que houve uma diminuição de volume dos corpos de prova, por conterem menos componentes com propriedades cimentícias que uma argamassa comum, e conseqüentemente perde propriedades de endurecimento da pasta, fazendo com que seja necessário a adição de mais água para misturar os componentes. É possível concluir que para ser mais durável, a argamassa pode ser melhorada com a inserção de adições ou o refinamento dos agregados (ARDANUY, 2015).

5.1 testes de absorção por capilaridade

Quanto aos ensaios de absorção por capilaridade, foram escolhidos para participar do experimento os corpos de prova CP1 (padrão) e os CP3 (caixa de ovo), CP4 (papelão) e CP5 (papel termo sensível) por conterem a mesma quantidade de resíduos em sua composição (80g cada) e serem mais facilmente comparáveis. Têm-se, então na Tabela 03, as massas, em gramas, de cada corpo de prova nos momentos em que essas foram verificadas. O tempo

zero representa o momento inicial em que os materiais foram pesados, ainda secos. Após isso, os tempos 30 minutos, 1, 2, 3, 6 e 72 horas retratam os períodos em que foram verificados os acréscimos de massa dos corpos de prova após serem posicionados na cuba de imersão.

	0h	0,5h	1h	2h	3h	6h	72h
CP1	530,06	533,84	534,83	536,53	537,15	539,93	545,98
CP3	370,19	392,93	394,67	397,6	399,92	404,56	422,91
CP4	339,22	374,3	386,31	404,14	415,48	419,42	427,1
CP5	321,79	342,41	346,37	351,07	354,29	360,08	381,04

Tabela 03 - Medidas das massas (g) dos corpos de prova em cada tempo determinado (h)

Fonte: Os autores (2019)

Fazendo a análise dos resultados em porcentagem de incorporação de água por capilaridade de cada corpo de prova em massa, pode-se notar que o CP1, corpo de prova de referência neste estudo, teve uma incorporação de massa de apenas 3%, enquanto os demais tiveram, no mínimo 14,24%, como é o caso do corpo de prova constituído de papelão proveniente de caixa de ovo, CP3. Os corpos de prova CP4 (papelão) e CP5 (papel termo sensível), tiveram, respectivamente, 25,9% e 18,41% de incorporação de massa, números elevados, se comparado aos demais.

Entretanto, de acordo com a NBR 9779 (ABNT,2012), os corpos de prova que sofreram saturação devem ter suas hipóteses descartadas, uma vez que se tornam impróprios para o uso tendo sido inteiramente preenchidos com água. Ao observar os dados, podemos constatar que, neste experimento, o corpo de prova CP4, compósito de papelão comum, sofreu saturação e, assim, a hipótese sobre a utilização desse compósito foi excluída.

Após a verificação dos corpos de prova que sofreram saturação, foi feita a determinação o índice de absorção de água por capilaridade propriamente dito. O cálculo da absorção de água por capilaridade em corpos de prova, segundo a NBR 9779 (ABNT, 2012), calculado pela equação 1.

$$C = \frac{A - B}{S} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde C é a absorção de água por capilaridade [g/cm²], A é a massa do corpo de prova que permanece com uma das faces em contato com a água durante um período de tempo especificado [g], B é a massa do corpo de prova no instante zero, ou seja, antes de que esse fosse colocado em contato com a água [g] e S é área da seção transversal do corpo de prova [cm²]. Usando essa equação e sabendo que o CP4 foi retirado dessa análise por ter chegado ao estado de 100% de saturação e que as dimensões dos corpos de prova, anteriormente citadas são 4 x 4 x 16 cm³, sendo a área de seção transversal dos corpos de prova de 16 cm². A Tabela 04 contém a absorção de água por capilaridade de CP1, CP3 e CP5 expressa em g/cm² para cada tempo contabilizado após o posicionamento dos corpos de prova na cuba

com água.

	0,5h	1h	2h	3h	6h	72h
CP1	0,23625	0,298125	0,404375	0,443125	0,616875	0,995
CP3	1,42125	1,53	1,713125	1,858125	2,148125	3,295
CP5	1,28875	1,53625	1,83	2,03125	2,393125	3,703125

Tabela 04 – Absorção de água por capilaridade (g/cm^2) em cada tempo determinado (h)

Fonte: Os autores (2019)

Na representação gráfica dos resultados (Figura 06) é possível observar, que o CP1, corpo de prova padrão constituído conforme as proporções indicadas no traço 1:3 (cimento, areia) com relação água/cimento igual a 0,5 indicado na Tabela 04, obteve menor absorção de água por capilaridade, enquanto que os compósitos de fibras de celulose obtiveram resultados superiores, e com uma significativa diferença de $2,3\text{g}/\text{cm}^2$ (corpo de prova de caixa de ovo) e $2,7\text{g}/\text{cm}^2$ (papel termo sensível) de absorção entre eles no tempo final, de 72 horas.

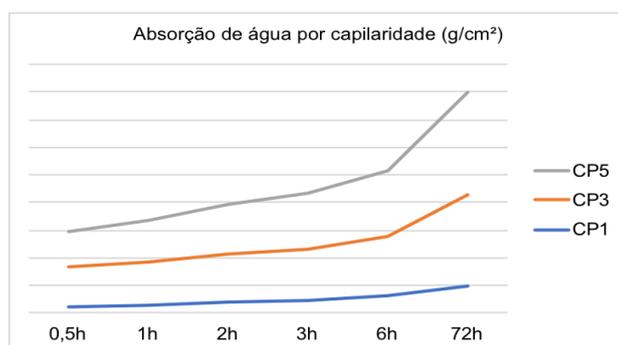


Figura 06 - Medidas de absorção de água por capilaridade em g/cm^2 para cada tempo determinado após o contato dos corpos de prova cp1 com a água

Fonte: Os autores (2019)

Na análise foi possível verificar também que, considerando que as densidades dos corpos de prova de caixas de ovo e papel termo sensível são ligeiramente diferentes e que suas massas de fibras de celulose não distinguem, a diferença do coeficiente de absorção de água por capilaridade e a medida da faixa seca existente nos corpos de prova CP3 e CP5 é muito semelhante. Porém, observando estas mesmas características citadas, o CP3 apresenta um desempenho um pouco melhor no que se refere à absorção de água por capilaridade.

Em decorrência dos testes realizados, foi possível verificar que os compósitos constituídos de papelão comum não são estruturalmente viáveis para este projeto, visto que sofreram saturação hídrica e perderam a estabilidade para a fabricação dos painéis, portanto, foram descartados.

Em contrapartida, nas análises referentes ao índice de absorção de água por capilaridade e também a medida dos tamanhos de faixa seca dos corpos de prova restantes, além do corpo de prova de cimento e areia, o corpo de prova adicionado de fibras de celulose de papel termo sensível apresentou o melhor desempenho no que diz respeito ao transporte de água no interior do material entre os outros compósitos.

Considerações finais

Os compósitos desenvolvidos a partir de fibras de celulose provenientes de caixa de ovo e de papel termo sensível suprem tanto as necessidades técnicas, referentes as propriedades mecânicas, quanto sociais, visto que a inclusão de materiais e métodos sustentáveis se fez presente. O compósito que teve em sua composição melhor resultado geral foi o papel proveniente de caixa de ovo e mais satisfatório tanto nos ensaios mecânicos quanto nos de absorção por capilaridade. Contudo, vale ressaltar que bons resultados dependem de sua granulometria, homogeneidade e densidade. A quantidade de água também é crucial, por isso é indicado usar o valor padrão.

Conclui-se que é possível usar os resíduos sólidos para elaboração de compósitos na área de construção civil. A criação de novos produtos através de resíduos trará mudanças na sociedade e no meio ambiente, evitando assim a geração de resíduos excessiva. E, por conseguinte, atenderia a demanda relatada da construção de habitações populares. Adequando assim a necessidade de desenvolvimento com o reaproveitamento de rejeitos. O estudo será, então, continuado objetivando a moldagem e fabricação de tais elementos, iniciando com vedações horizontais, mais especificamente placas de revestimento (sem função estrutural).

Referências

- ABRECON - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. Brasileiro produz por ano meia tonelada de resíduos de construção civil. Disponível online em: << <https://abrecon.org.br/brasileiro-produz-por-ano-meia-tonelada-de-residuos-de-construcao-civil/>>>. Acesso em: 25/03/2019.
- ARDANUY, M., CLARAMUNT, J., TOLEDO FILHO, R. D. Cellulosic fiber reinforced cement-based composites: a review of recent research. *Construction and Building Materials*, 79. Março de 2015, p155+.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro. 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: Cimento Portland composto. Rio de Janeiro. 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro. 2005.
- BATAYNEH, M.; MARIE, I.; ASI, I. Use of select waste materials in concrete mixes. *Waste Management*, v.27, p.1870-1876, 2007.
- BENTCHIKOU, M., GUIDOUM, A., SCRIVENER, K., SILHADI, K., HANINI, S. Effect of recycled cellulose fibres on the properties of lightweight cement composite matrix. *Construction and Building Materials* 34.1 p451. 2012.

- CARNITATTO, I., MUELLER, J. M., GALLEGU, R. C. A utilização da compostagem na escola como eixo norteador no ensino de ciências. Atas do Evento Os Estágios Supervisionados de Ciências e Biologia em Debate II. Unioeste 2010.
- DHAKAL, H. N., ZHANG, Z. Y., RICHARDSON, M. O. W. Effect of water absorption on the mechanical properties of hemp fiber reinforced unsaturated polyester composites. *Composites Science and Technology*, 67: 1674–1683. 2007.
- LUCAS, D., BENATTI, C. T. Utilização de resíduos industriais para a produção de artefatos cimentícios e argilosos empregados na Construção Civil. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 1, n.3, p. 405-418, ISSN 1981-9951. 2008.
- MANTOVANI, D. P., ROHEN, L. A., NEVES, A. C. C., VIEIRA, J. S., PONTES, L. A. P., VIEIRA, C. M. F., MARGEM, F. M E MONTEIRO, S. N. Comparative Analysis of the Tensile Properties of Polyester to Epoxy Matrixes Composites Reinforced with Hemp Fibers. 6th Internacional Workshop Advances in Cleaner Production – Academic Work. 2017.
- MOURA, J. M. B. M., MATOS, L. F. S. Placas cimentíceas à base de resíduo sólidos domiciliares. *REA - Revista de estudos ambientais (Online)* v.17, n. 1, p. 54 - 63. 2015.
- PACHECO-TORGAL, F., JALALI, S. Cementitious building materials reinforced with vegetable fibers: A review. *Construction and Building Materials* 2010, doi:10.1016/j.conbuildmat.2010.07.024
- RAO, M. C., BHATTACHARYYA, S. K., BARAI, S. V. Behaviour of recycled aggregate concrete under drop weight impact load. *Construction and Building Materials* 25.1, p.69. 2011.
- SANTOS, M. R., TEIXEIRA, C. E., KNISS, C. T. Avaliação de Desempenho Ambiental na Valorização de Resíduos Sólidos de Processos Industriais. *Revista Adm. UFSM, Santa Maria*, v7, Edição Especial, p.75-92. 2014.
- SAVASTANO JR, H., WARDEN, P. G., COUTTUS, R.S.P. Brazilian waste fibers as reinforcement for cement-based composites. *Cement & Concrete Composites*, v22, p397-384. 2000.
- SGRICCIA, N., HAWLEY, M. C., MISRA, M. Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites. *Composites: Part A*; 39: 1632–1637. 2008.
- SHOKRICH, M. M., MACHMOUDI, A., SHADKAM, H.R. Hybrid Polyvinylalcohol and Celulose Fiber Pulp Instead of Asbestos Fibers in Cement-Based Composites. *Mechanics of Composite Materials*, Vol. 51 No2. 2015.
- SOARES, L. G. C., SALGUEIRO, A. A., GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco - Um estudo de caso. *Revista Ciências & Tecnologia*, ano 1, n1, julho-dezembro 2007.
- TAM, V. W. Y., SOOMRO, M., EVANGELISTA, A. C. J. A Review of Recycled Aggregate in Concrete Applications. *Construction and Building Materials* 172, p.272-292. 2018.
- WIEMES, L., PAWLOWSKY, U., MYMRIN, V. Incorporação de Resíduos Industriais no Tijolo. 5th Internacional Workshop Advances in Cleaner Production - Academic Work. 2015
- WOLFF, E., SCHWABE, W. K., CONCEIÇÃO, S.V., SANTANNA-GRECO, J. A., GRECO, M., MACHADO, R.R. Using mathematical methods for designing optimal mixtures for building bricks prepared by solid industrial waste. Springer-Verlag, published online, June 2016.