

# PERSPECTIVAS DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS: ANÁLISE DE COMPÓSITO DE SOLO-CIMENTO REFORÇADOS COM RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.

LIMA, Julyana da Silva<sup>1</sup>  
SANTOS, Denilson Moreira<sup>2</sup>

*Universidade Federal do Maranhão – UFMA, DEDET*

**RESUMO:** O meio ambiente é receptor de significativos impactos negativos decorrentes dos materiais produzidos pela indústria da construção civil, como a geração de elevada quantidade de resíduos e poluição atmosférica. Todavia, as inovações em elementos construtivos associados aos princípios do design podem contribuir para a sustentabilidade. Logo, o objetivo da pesquisa é a avaliação técnica de um compósito formado por solo-cimento e resíduos da construção e demolição (RCD), visando a aplicação futura em blocos de vedação para habitações populares na Ilha de São Luís - MA. Com isto, a pesquisa realiza uma revisão bibliográfica relacionando as temáticas design de produto, materiais e sustentabilidade. Tal relação fundamenta a relevância de estudos de compósitos na área do design que proporcionem a reciclagem de resíduos da construção civil. Para a verificação da hipótese de um material eficiente e sustentável para a realidade local, foram desenvolvidas diferentes composições de solo-cimento-resíduo de construção e demolição (RCD) para confecção de corpos de prova, aos quais são submetidas às análises de propriedades tecnológicas. Seguindo as diretrizes das normas, os ensaios selecionados para esta pesquisa são: análise granulométrica dos solos, ensaio de retração linear, ensaio de resistência à compressão e ensaio de absorção de água. Com os resultados positivos obtidos, concluiu-se a viabilidade de aplicação de determinadas composições para posterior confecção de blocos como alternativa aos blocos cerâmicos tradicionalmente utilizados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bloco; Design de Produto; Reciclagem; Solo-cimento.

**ABSTRACT:** The environment is a recipient of significant negative impacts arising from materials produced by the construction industry, such as the generation of high amounts of waste and atmospheric pollution. However, innovations in construction elements associated with design principles can contribute to sustainability. Therefore, the objective of the research is the

---

<sup>1</sup> Mestre em Design pela Universidade Federal do Maranhão – julyana.slima.jl@gmail.com

<sup>2</sup> Prof<sup>o</sup> Dr. da Universidade Federal do Maranhão - denilson.msantos@gmail.com

technical evaluation of a composite formed by soil-cement and construction and demolition waste (RCD), with a view to its future application in fence blocks for popular housing in Ilha de São Luís - MA. With this, the research performs a literature review relating the themes of product design, materials and sustainability. This relationship underlies the relevance of studies on composites in the field of design that provide for the recycling of civil construction waste. In order to verify the hypothesis of an efficient and sustainable material for the local reality, different compositions of soil-cement-construction and demolition waste (RCD) were developed for making specimens, which are subjected to analysis of technological properties. Following the guidelines of the standards, the tests selected for this research are: soil particle size analysis, linear shrinkage test, compressive strength test and water absorption test. With the positive results obtained, it was concluded the viability of applying certain compositions for later construction of blocks as an alternative to the traditionally used ceramic blocks.

**KEYWORDS:** Block; Product design; Recycling; Soil-cement.

## Introdução

O consumo consciente dos recursos naturais tornou-se uma tendência na sociedade atual, de forma que o homem contemporâneo busca assumir as consequências das suas ações no meio ambiente. Tais mudanças de paradigmas e surgimentos de novos conceitos transformaram a economia, produção industrial e gestão dos materiais, sendo evidenciado no número crescente de empresas que se interessam em empregar resíduos no desenvolvimento de seus produtos, visto que o material reciclado tem valor comercial e pode retornar ao mercado (INACIO; ROVER, 2015).

O design, progressivamente, tem se preocupado em corroborar a sustentabilidade de algum modo na sociedade, seja repensando o ciclo de vida dos produtos ou criando materiais inovadores, principalmente os fundamentados nos processos sustentáveis (FARIAS; SANTOS, 2016). Dentre tantos estudos de casos no âmbito científico, é notória a ligação do surgimento de novos materiais ou compósitos a fim de cooperar com soluções à problemática ambiental. Além disso, é relevante que os designers obtenham um conhecimento acerca dos processos e matéria-prima que envolvem o desenvolvimento de produto (LESKO, 2004), principalmente quando este possibilita a mitigação de danos ambientais.

Neste contexto, o design para a sustentabilidade contribui com mudanças sistêmicas, visando os impactos territoriais a nível local e global na concepção, projeto e fabricação de produtos ou serviços. Inúmeros problemas sociais são mitigados consideravelmente quando a sustentabilidade é incluída como via resolutiva. Como Tamborrini (2012) afirma: “desenhar e produzir: ao fazer escolhas e explorar recursos, dever-se-ia ter em mente o território em questão, além de como atender às necessidades reais dos habitantes” (TAMBORRINI, 2012, p. 57).

Direcionando o foco ao problema habitacional atual do Maranhão, estudos que proporcionem a reutilização de materiais para a geração de novos materiais na construção civil, também podem auxiliar na produção de moradias com melhor custo-benefício para a população carente. Esta pesquisa tem como objetivo a obtenção de um compósito a partir da incorporação dos resíduos de construção e demolição (RCD), como elemento adicional aos materiais tradicionais da composição do tijolo de solo-cimento, visando a aplicação futura em alvenarias de habitações populares na Ilha de São Luís – MA.

## Contexto

Segundo a Fundação João Pinheiro - FJP, além do elevado déficit absoluto, o Maranhão apresenta-se com o maior déficit relativo – isto é, que dimensiona a carência em relação ao total de domicílios de uma região - entre as unidades da federação: “a região Nordeste foi a região com o maior número de habitações precárias em 2015, totalizando 492 mil unidades. Desse total, 241 mil unidades estavam no Maranhão” (FJP, 2015). As necessidades mínimas de habitação não são atendidas de forma eficiente e, em busca de melhorias na problemática habitacional do país, o governo federal tem investido em programas habitacionais e políticas públicas voltadas para a população de baixa renda.

Todavia, a indústria da construção civil recorre às técnicas construtivas, processos e materiais prejudiciais ao meio ambiente. Conforme o Conselho Internacional de Construção, a indústria da construção civil é o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais (MMA, 2016). Portanto, existe também uma ausência de consciência ambiental na produção massiva de habitações. Simultaneamente, o crescimento exacerbado das cidades acarreta um significativo impacto ambiental em diversas áreas. Tais problemáticas alertam para a necessidade de construções de edificações eficientes, abrangendo também as habitações populares.

A proposta de uma habitação popular não deveria enquadrar-se apenas na questão econômica, isto é, adoções de soluções de baixo custo. Desse modo, deve englobar a melhoria da qualidade de vida e a preservação do meio ambiente. Neste contexto, pesquisas realizadas anteriormente comprovam que o solo-cimento contribui significativamente na redução da degradação ambiental (GRANDE, 2003; FERRAZ, 2004; SOUZA, 2006; MAGALHÃES, 2010). Segundo Conciani (2002), a utilização do tijolo de solo-cimento gera redução de custos na construção de habitações populares, podendo atingir até 40% do custo total da edificação. Isto decorre da possibilidade de racionalização e rapidez do processo construtivo através do uso de tijolos modulares, economia de outros materiais construtivos e de mão-de-obra qualificada, eliminação dos rasgos nas paredes para a passagem de tubulações elétricas e hidráulicas, além da redução do consumo de argamassas de assentamento e de regularização (SOUZA, 2006).

Aliando as vantagens existentes na fabricação e aplicação de tijolos de solo-cimento, propõe-se a incorporação dos resíduos de construção e demolição (RCD) na formação do compósito da pesquisa. Desse modo, o compósito proporciona a união de propriedades físicas inerentes a cada componente em um único e novo material, para que apresente “o melhor dos dois mundos” (SHACKELFORD, 2012). É importante ressaltar que apesar da existência de estudos que comprovem a viabilidade técnica do solo-cimento e RCD em outros locais, buscase a produção com matéria-prima local (solo), podendo esta ser determinante para a eficácia do compósito. O solo-cimento e o RCD constituem-se potenciais alternativas para a inovação de materiais construtivos como aporte à resolução da problemática habitacional na Ilha de São Luís - MA.

A eficácia da inserção de materiais alternativos no que diz respeito às propriedades físicas e mecânicas dos tijolos, acarreta a redução dos impactos ambientais e inovação de suas características originais. Além disso, o prolongamento do ciclo de vida dos resíduos de construção ao aplicá-los em novos materiais, favorece a redução do volume de entulhos em aterros sanitários ou áreas públicas indevidas.

## **Metodologia**

Segundo Frankel e Racine (2010), a pesquisa aplicada conduz os estudos através do design. O design é o meio para alcançar um objetivo ainda maior. Desse modo, o compósito em si não é um fim, mas a possibilidade de obtenção de um design sustentável.

A pesquisa prossegue com a etapa da experimentação baseada em normas existentes, como a ABNT NBR 8491/1984, ABNT NBR-8492/1984 e diretrizes da Associação Brasileira de Cimento Portland. Para comprovação da hipótese e para o alcance dos objetivos, realiza-se a maior parte da pesquisa em ambiente experimental nos laboratórios disponíveis na Universidade Federal do Maranhão (UFMA), no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (IFMA) e no SENAI DI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Distrito Industrial).

Para a verificação da viabilidade de produção do compósito, os materiais e equipamentos foram criteriosamente selecionados para a confecção dos corpos de prova cilíndricos. A pesquisa compreende os seguintes materiais: Solo, Cimento Portland, água e resíduos de

construção e demolição (RCD). As duas amostras de solo foram coletadas em áreas pertencentes ao município de São Luís - MA., sendo ambas classificadas como Latossolo-amarelo. A amostra do Solo 01 foi coletada no bairro do Angelim (2°31'54'' S; 44°13'46'' W) e a amostra do Solo 02 foi coletada no bairro Vinhais (2°31'11'' S; 44°15'01'' W). Apesar da curta distância, aproximadamente 2,72 km, entre os pontos de coleta selecionados e da sua localização dentro da área de classificação do Latossolo-amarelo, visivelmente os solos possuem características diferentes. Ao avaliar os solos, notou-se (Figura 1) um com características mais arenosas (Solo 01) e outro com características mais argilosas (Solo 02).



Figura 1: Solos coletados.  
Fonte: Autora (2018).

A água utilizada nesta pesquisa é proveniente do laboratório de cerâmica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), fornecida pela rede de abastecimento comum da cidade. A quantidade de água destinada a cada mistura variava de acordo com o tipo de solo e os percentuais da granulometria do RCD. A verificação da consistência plástica da massa foi feita por meio de um teste visual e manual.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) foram coletados em diferentes canteiros de obras. No geral, foram selecionados entulhos de revestimentos/pisos cerâmicos, tijolos e telhas para serem triturados posteriormente. Caracterizadas como obras de reformas residenciais de pequeno porte, nos canteiros referentes a estas obras buscou-se pelo descarte predominante de materiais de ordem cerâmica.

O cimento selecionado para a etapa experimental foi o CP-II Z, isto é, o Cimento Portland composto. Este é o mais utilizado no país, atendendo por aproximadamente 75% da produção industrial brasileira (ABCP, 2018). Visando trabalhar com materiais encontrados em abundância e de fácil aquisição no local de estudo, o cimento selecionado é o mais utilizado na

região com alta demanda nas lojas de construções. Segundo o fabricante, o cimento escolhido é composto por clínquer (calcário e argila) e pozolana, rochas ou matérias orgânicas fossilizadas encontradas na natureza. Possui as seguintes especificações técnicas (Tabela 1):

Tabela 1: Especificações técnicas do cimento CP II Z – 40, da marca Poty.

<b>Tipo</b>	<b>Sigla</b>	<b>Norma</b>	<b>Clínquer + Gesso</b>	<b>Material Pozolânico</b>	<b>Material Carbonático</b>
<b>II</b>	CP II Z	11578	76 a 94%	6 a 14%	0 a 10%

Fonte: Autora (2019)

Como a mistura padrão de estudo desta pesquisa é solo-cimento-resíduo, para cada uma das composições se utilizou o mesmo teor de cimento em relação à massa da composição solo-resíduo: 8% de cimento. Optou-se por este percentual de segurança na mistura, embora outros estudos demonstrem resultados positivos na resistência mecânica dos corpos de prova com até mesmo com 6% de cimento nas composições (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2007).

Quanto aos equipamentos, foram utilizados: Triturador; Peneira com trama maior (mesh nº 4 / abertura 4.75 mm) para limpeza dos resíduos; Jogo de peneiras para ensaio granulométrico (mesh nº 7, 8 e 9); Agitador magnético para ensaio granulométrico; Molde para confecção dos corpos de prova (cilindro com diâmetro de 50mm e altura de 100mm); Fôrma para ensaio de retração; Objetos de apoio, como bacias, baldes, luvas, pilões e toalhas; Câmera fotográfica; Balança semi-analítica; e Prensa para ensaio de compressão.

Seguindo a aplicação das normas técnicas selecionadas, destaca-se alguns dos processos da etapa experimental: preparação dos resíduos e solos (seleção, limpeza, trituração, mistura); ensaios granulométricos para caracterização do solo; definição do traço para a mistura dos materiais; moldagem dos corpos de prova; cura dos corpos de prova; e os ensaios físicos: retração, absorção de água e resistência à compressão simples. Os procedimentos realizados em laboratório avaliarão as variáveis das composições de solo-cimento e RCD.

### **Corpos de prova**

Os traços das misturas foram definidos considerando os estudos semelhantes feitos anteriormente e o conhecimento adquirido durante os estudos na temática da pesquisa. Contudo,

foi estabelecido previamente a necessidade de minimizar o consumo do cimento Portland e reduzir a quantidade de solo natural utilizada na composição dos corpos de prova.



Figura 2: Granulometria do RCD.  
Fonte: Acervo da Autora (2018)

Desse modo, obtém-se três diferentes granulometrias de RCD para a confecção de corpos de prova (Figura 2), respectivamente P7, P8 e P9. Todos os resíduos passantes na peneira de limpeza inicial com mesh nº 4 e abertura de 4,76mm, são retidos na P7 com abertura de 2,83mm. Assim, a granulometria do RCD retido na P7 é variável entre 4,76mm e 2,83mm. Do mesmo modo, prossegue-se com a classificação dimensional dos grãos do RCD retido e passante na P8 (com granulometria variável entre 2,83mm e 2,38mm) e P9 (com granulometria variável entre 2,38mm e 2,00mm). O RCD passante na P9 não foi utilizado nesta pesquisa.

Sendo o compósito constituído por solo, cimento, RCD e água, as três diferentes granulometrias estabelecidas serão utilizadas nas misturas com três diferentes percentuais de RCD: 20%, 40% e 60% (SEGANTINI; SOUZA; PEREIRA, 2007). O cimento permanece com uma quantidade fixa em todas as misturas e o solo varia mediante a quantidade de RCD acrescentada. Desse modo, existem três variáveis na execução das misturas (Figura 3): Tipo de solo: solo 01 e solo 02; Granulometria de RCD: Peneira mesh nº 7, Peneira mesh nº 8 e Peneira mesh nº 9; e Percentual de RCD: 20%, 40% e 60%.



Figura 3: Esquema de Variáveis.

Fonte: Autora (2018)

A Tabela 2 a seguir explana os traços utilizados nas misturas em cada uma das três granulometrias de RCD nos dois solos. Vale ressaltar que também foram confeccionadas misturas com a fórmula original solo-cimento, logo sem a incorporação de RCD na mistura. Quanto ao teor de água, foi determinado que a adição de água à mistura homogeneizada, fosse realizada aos poucos até que a massa alcançasse uma consistência adequada para a moldagem.

Tabela 2: Traços das composições.

<b>TRAÇOS GERAIS</b>				
<b>PENEIRA RCD</b>	<b>SOLO (%)</b>	<b>CIMENTO (%)</b>	<b>RCD (%)</b>	<b>TOTAL (%)</b>
-	92	8	-	100
7, 8 e 9	72	8	20	100
	52	8	40	100
	32	8	60	100

Fonte: Autora (2018)

Os corpos de prova cilíndricos foram moldados no cilindro de PVC (diâmetro= 50 mm; altura= 100 mm), com uma compactação manual realizada em três camadas. Após a confecção, os corpos de prova foram transferidos para área arejada, onde permaneceram em cura até a data da realização dos ensaios de compressão simples e absorção (Figura 4). Para cada traço determinado, três corpos cilíndricos foram utilizados nos ensaios de absorção e outros três nos ensaios de resistência a compressão simples. Por fim, todos os corpos de prova cilíndricos foram confeccionados em conformidade com as normas NBR 8492 (ABNT, 1984d) e NBR 12024 (ABNT, 2012). Esta etapa obedeceu ao período de cura mínimo de 28 dias e estendeu-se a realização dos ensaios de resistência a compressão e absorção de água para a quantidade de 156 dias de cura.



Figura 4: Corpos de prova em processo de cura.  
Fonte: Autora (2018).

## Resultados e Discussão

Segue abaixo uma análise geral (Tabela 3) sobre todos os ensaios realizados com as variáveis consideradas nesta pesquisa. A seguir, é possível verificar as composições que foram reprovadas e sua relação com as demais.

Tabela 3: Análise Geral dos ensaios tecnológicos.

SOLO	PENEIRA	RCD (%)	NOME	ENSAIOS											
				GRANULOMÉTRICO	RETRAÇÃO	ABSORÇÃO	RESISTÊNCIA								
SOLO 01	P9	20	P9.20	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado								
		40	P9.40												
		60	P9.60												
	P8	20	P8.20				Aprovado	Aprovado	Aprovado	X					
		40	P8.40												
		60	P8.60												
	P7	20	P7.20							Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado		
		40	P7.40												
		60	P7.60												
	SC	0	SC01										Aprovado	Aprovado	Aprovado
P9	20	P9.20	Aprovado	Aprovado	Aprovado	Aprovado									
	40	P9.40													
	60	P9.60													
P8	20	P8.20				Aprovado	Aprovado	Aprovado	X						
	40	P8.40													
	60	P8.60													
P7	20	P7.20							Aprovado	Aprovado	Aprovado	X			
	40	P7.40													
	60	P7.60													
SC	0	SC02										Aprovado	Aprovado	Aprovado	X

Fonte: Elaborado pela autora (2019)

Na Tabela 3 acima, o termo “Aprovado” refere-se aos ensaios que obtiveram êxito nas variáveis estudadas nesta pesquisa, ou seja, tipo de solo, granulometria de RCD e percentual de

RCD que são aprovados após os ensaios. O símbolo “X”, por sua vez, demonstra todas as variáveis que não alcançaram o desempenho exigido em normas.

No ensaio granulométrico, apesar das diferentes características geológicas, ambos os solos foram aprovados nos requisitos. No ensaio de retração, em todos os testes de retração realizados com RCD na mistura, nenhum molde obteve retração, fissura ou rachadura. No entanto, ao inserir nos moldes a mistura comum de solo-cimento sem RCD, o solo 02 apresentou fissuras após 07 dias de cura.

Para a realização dos ensaios de resistência à compressão simples e absorção de água, foram selecionados 60 corpos de provas para cada ensaio, especificando 3 corpos de cada variável: tipo de solo/granulometria do RCD/percentual do RCD (Ex: P7.40). Além disso, foram separados 3 corpos referentes à composição solo-cimento (SC) original de ambos os solos estudados nesta pesquisa. No ensaio de resistência a compressão simples, o Solo 01 obteve um desempenho significativamente superior ao Solo 02 (Gráfico 1). A maior média de resistência encontrada no Solo 01 foi 4,20 MPa, referente ao corpo P9.40. Em todas as três diferentes granulometrias de RCD (P7, P8 e P9) e nos dois tipos de solos, o percentual de 60% de RCD obteve o índice mais baixo de resistência quando comparado aos demais percentuais. Isto demonstrou que uma quantidade maior de resíduos na mistura ocasionou a fragilidade do corpo devido a existência de muitos vazios, evidenciado pela textura porosa das superfícies:

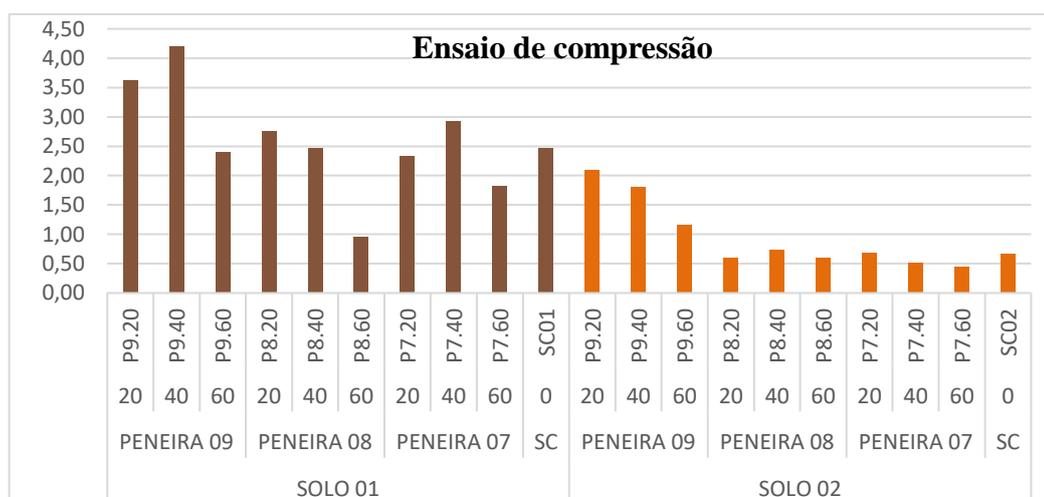


Gráfico 1: Ensaio de absorção dos compósitos.  
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Quanto ao ensaio de absorção, ambos os solos tiveram bom desempenho na mistura bem como as três granulometrias de RCD (P7, P8 e P9) possuem médias satisfatórias ao exigido na norma, uma vez que a média mais alta de absorção de água equivale a 16,22% (< 22%), referente à peneira com mesh nº 8 (P8) do Solo 02.

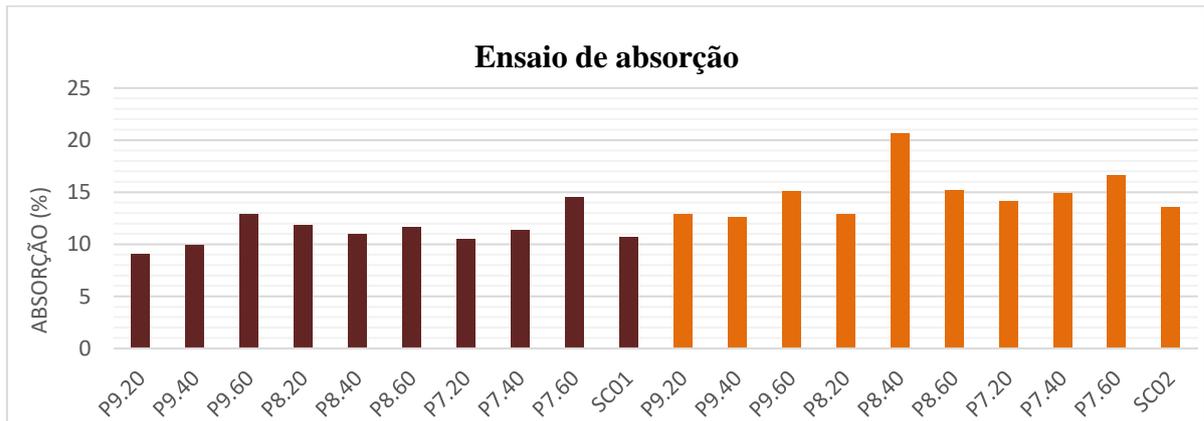


Gráfico 2: Ensaio de absorção dos compostos.  
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Com o percentual de apenas 8% de cimento nas composições dos corpos, atingiu-se ao objetivo de encontrar compostos que satisfazem às normas de resistência à compressão e absorção de água para fabricação de tijolos de solo-cimento. Foi também evidenciado que a incorporação de RCD na massa de solo-cimento acarretou alterações nas propriedades tecnológicas e influenciou radicalmente na eficiência do corpo de prova. Isto é, a adição de RCD nos corpos de prova demonstrou que a resistência à compressão simples tende a diminuir e a absorção de água aumentar. Além disso, foi verificado que quanto maior a quantidade de RCD, menor a resistência do composto (Figura 5).



Figura 5 Corpo de prova poroso após ruptura.  
Fonte: Acervo da autora (2018).

Analisando de forma geral, o Solo 01 se enquadrando em todos os ensaios realizados nesta pesquisa. Por isso, as considerações a seguir serão feitas a partir da análise deste solo. Considerando o Solo 01 como solo local mais adequado para a fabricação de tijolos de solo-cimento com RCD na Ilha de São Luís, explana-se que quanto aos percentuais de RCD nas diferentes composições:

- o ensaio de resistência a compressão simples conclui que todos os corpos de prova com a incorporação de 20 e 40% de RCD na composição (excepcionalmente, incluindo o corpo de prova P9.60), alcançaram os valores mínimos para a resistência a compressão, segundo a NBR 8491 (ABNT, 1984d) e a NBR 10834 (ABNT, 2013).
- O ensaio de absorção de água demonstrou que todos os corpos de prova com 20% de RCD (com exceção do corpo de prova P8.20) apresentaram os valores individuais abaixo de 22% e os valores mais baixos quando comparados aos demais percentuais de RCD em suas respectivas peneiras, em conformidade com a NBR 8491 (ABNT, 1984d) e a NBR 10834 (ABNT, 2013).

Quanto à granulometria do RCD, verificou-se também que as peneiras de mesh nº 9 e 8 apresentam melhores desempenhos de resistência, visto que a granulometria dos resíduos proporciona melhor organização estrutural dos grãos no corpo compactado e reduzindo a incidência de vazios. Em contrapartida, o ensaio de absorção de água apontou que os corpos de prova referentes às peneiras de mesh nº 8 e 7 apresentaram médias de corpos de prova com os índices de absorção de água mais elevados. Logo, a P9 se destaca com os índices mais baixos de absorção dentre todas as composições. Conclui-se, assim, que quanto maior for a granulometria dos grãos adicionados à composição, pior será o desempenho obtido.

Vale destacar que a análise de absorção de água considera minuciosamente os índices mais baixos e mais elevados dos corpos de prova, pois todos os índices encontram-se dentro dos percentuais exigidos em norma e aptos à aplicação em tijolos de solo-cimento. Recapitulando a análise geral, esta pesquisa demonstrou que o percentual de RCD entre 20% e 40% com sua granulometria correspondente às peneiras de mesh nº 8 e 9 incorporado ao Solo 01, apresentou os valores resultantes dos ensaios que denotam aptidão para moldagem de tijolos de solo-cimento.

## Considerações finais

Ao verificar os resultados dos compósitos com a incorporação de matérias-primas na própria região de São Luís - MA, reitera-se a possibilidade de confecção de materiais de vedação alternativos aos meios tradicionais amplamente utilizados, a fim de contribuir com as necessidades socioeconômicas locais no âmbito habitacional.

Diante da etapa experimental, percebe-se que o ensaio de resistência à compressão simples foi crucial para restringir composições e até mesmo o tipo de solo ideal. A partir desta análise, considera-se apenas o Solo 01 como ideal para os compósitos, visto que o Solo 02 fora reprovado no ensaio de resistência a compressão, tendo apenas um corpo de prova alcançado o limite de resistência de 2MPa. Logo, esta pesquisa descarta a utilização deste tipo de solo para fabricação futura de tijolos de solo-cimento na Ilha de São Luís.

O reaproveitamento de resíduos de construção e demolição em composições de solo-cimento possibilita o surgimento de alternativas construtivas viáveis, tanto do ponto de vista tecnológico quanto ecológico. Além de propor uma destinação mais adequada à grande demanda de resíduos resultantes da indústria da construção civil, proporciona a redução de impactos ambientais resultante do processo de fabricação de tijolos cerâmicos tradicionais.

A pesquisa demonstra uma interdisciplinaridade das áreas de conhecimento no meio acadêmico, como também enfatiza a necessidade por uma inovação a nível local na busca por novas tecnologias construtivas. Desse modo, os materiais devem ser analisados com mais profundidade técnica e criticidade no campo do design, considerando o suporte científico que outros campos específicos permitem corroborar. Além disso, com a conclusão desta pesquisa e os devidos objetivos alcançados, analisou-se algumas proposições futuras para a continuação da discussão e consequente melhoria dos compósitos estudados. Segue abaixo:

- Elaboração de estudo de viabilidade construtiva de tijolos de solo-cimento em edificação do tipo casas populares;
- Estudos para a destinação dos resíduos de demolição e construção mais finos em outros materiais, visto que uma quantidade significativa de resíduos passantes na peneira 9 foram descartados.

- Realização da coleta de amostras de solo em outros pontos da Ilha de São Luís e com uma distância maior dos pontos já coletados, visando uma avaliação mais abrangente das características do solo na região.

## Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Guia Básico de Utilização do Cimento Portland: Revisado por Arnaldo Forti Battagin e atendendo à nova norma de cimento ABNT NBR 16.697. 10ª ed. São Paulo - SP: ABCP, 2018, 40p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984, 4p.

\_\_\_\_\_. NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984, 4p.

\_\_\_\_\_. NBR 12024: Solo-cimento: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos, 2012, 3p.

CONCIANI, W. Geotechnical use of a mini tomography. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOIL/UNSAT 2002. Paris, França. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2002, p. 447-452.

GRANDE, F. M. (2003). Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 2003. 165p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003.

FARIAS, Jamerson Araújo; SANTOS, Denilson Moreira. AVALIAÇÃO DE COMPÓSITO OBTIDO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E PET. 2016. 120p. Dissertação – Mestrado em Design, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016.

FERRAZ, A. L. N. Análise da adição de resíduos de argamassa de cimento em tijolos prensados de solo-cimento. 2004. 107p. Dissertação Mestrado. Ilha Solteira: UNESP, 2004.

FRANKEL, L.; M. RACINE. The Complex Field of Research: for Design, through Design, and about Design. In: Proceedings of the DRS – Design e Complexity, 2010, Montreal - Canada. Anais... Montreal: Design Research Society, 2010, p. 1-12.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Estatística & Informações - Demografia e Indicadores Sociais. Déficit Habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte: MCidades, 2018. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-e-informacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file>>. Acesso em: 18. jul. 2018.

LESKO, Jim. Design industrial: materiais e processos de fabricação. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

MAGALHÃES, Luciana Nunes. Análise comparativa dos blocos de solo-cimento, de concreto e cerâmicos utilizados na construção civil do sudeste brasileiro. *Construindo*, Belo Horizonte, v.2, n.2, p.7-10, jul./dez 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>>. Acesso em: 28 de outubro de 2016.

TAMBORRINI, P. Design de inovação. Do design ao design de sistemas: objetos, relações e comportamento. In: *CADERNOS DE ESTUDOS AVANÇADOS EM DESIGN: INOVAÇÃO. Anais... ORGANIZAÇÃO: Dijon De Moraes, Itirolida, Regina Álvares Dias – Barbacena: EdUEMG*, 2012, p. 53-63. Disponível em: <[http://eduemg.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2012/2012\\_CADERNOS\\_DE\\_ESTUDOS\\_AVANÇADOS\\_EM\\_DESIGN\\_-\\_INOVAÇÃO\\_BILINGUI\\_VOL\\_6.pdf](http://eduemg.uemg.br/images/livros-pdf/catalogo-2012/2012_CADERNOS_DE_ESTUDOS_AVANÇADOS_EM_DESIGN_-_INOVAÇÃO_BILINGUI_VOL_6.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2018

ROVER, S; INACIO, F. S. A Evidenciação da Gestão de Resíduos e Logística Reversa nas Empresas Listadas no Índice de Sustentabilidade Empresarial. In: *Congresso de Contabilidade. Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 2015,. Anais... p.1-19, 2015*. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/163131>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

SEGANTINI, A. A. S., SOUZA, M. I. B, PEREIRA, J. A. Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p. 205-212, 2008. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n2/v12n02a14.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SHACKELFORD, James F. *Ciência dos materiais*. 6.ed. São Paulo: Pearson, 2012.

SOUZA, M. I. B. Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento. 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado), Ilha Solteira: UNESP, 2006.