ANÁLISE DO SOLO UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO PARA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL EM LIMEIRA-SP

EUPHROSINO, Camila A. (1); FONTANINI, Patricia S.P. (2)

(1) Mestrado Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), ceuphrosino@gmail.com;

(2) Docente de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), pspucha@gmail.com.

Resumo: *Atualmente existe uma demanda cada vez maior por técnicas construtivas mais sustentáveis, devido à necessidade de redução de impactos ambientais exigidos por certificações, normas e programas. Desse modo, o objetivo desse trabalho é analisar o solo utilizado para fabricação de tijolos solo cimento na olaria ecológica da Prefeitura Municipal de Limeira, a qual destina esse material de construção para famílias carentes produzirem suas próprias residências. Para tal análise foram realizados três ensaios em laboratório com amostra de solo: ensaio de granulometria por peneiramento, e ensaio para determinação do limite de liquidez e limite de plasticidade. Com os resultados obtidos foi possível concluir que o solo possui uma pequena carência de material fino, implicando diretamente na coesão e dificuldade no processo de moldagem do tijolo.*

Palavras-chave: *Tijolo solo-cimento, Sustentabilidade, Habitação de Interesse Social.*

Área do Conhecimento: *Construção Civil, Materiais e Componentes de Construção, Qualidade e desempenho de produtos e sistemas construtivos.*

1 INTRODUÇÃO

A cidade de Limeira, no interior do Estado de São Paulo, que possui atualmente mais de trezentos mil habitantes, é o cenário no qual se desenvolve o estudo desse trabalho. A SEHAB (Secretaria de Habitação) de sua prefeitura municipal vem trabalhando no crescimento de meios que auxiliem o desenvolvimento habitacional da região, com a contemplação da Lei 11.888 a qual "assegura às famílias de baixa renda assistência técnica publica e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social" [8].

A fabricação de tijolos solo-cimento pelas próprias famílias carentes na olaria ecológica da cidade foi um caminho encontrado pela SEHAB para ajudar indivíduos que não têm condições financeiras de arcar com projetos e materiais de construção. Assim, os blocos produzidos são utilizados pelas famílias para a construção de suas próprias residências [9].

Atualmente o que mais tem impactado no desenvolvimento habitacional brasileiro são as habitações inadequadas, precárias e com uma superlotação por metro quadrado, em condições de cortiços e favelas [12]. Esses problemas refletem no déficit habitacional do Brasil, o qual em 2017 já ultrapassava a marca de 7,7 milhões de unidades, com um aumento de 7% entre os anos de 2007 e 2017 [12]. Ademais, o estado de São Paulo tem se mostrado o maior contribuinte desses números, com 1,8 milhão de moradias em falta [16], totalizando assim 23% do déficit brasileiro.

Diversos programas já foram utilizados pelo governo como tentativa de solucionar esse problema, como por exemplo, Minha Casa Minha Vida e CDHU (Companhia Paulista de Desenvolvimento Habitacional). Porém, a falta de moradias adequadas ainda é grande em todo o país, de forma que é preciso maiores estudos e implantações de projetos que contribuam para a redução do déficit habitacional. Além disso, o cenário de Pandemia que se instalou no Brasil no ano de 2020 e 2021, deixando muitas pessoas desempregadas, terá um grande reflexo na diminuição de moradias dignas, reforçando assim a necessidade de investimentos em novos projetos.

Uma grande vantagem do tijolo solo-cimento é em relação à sustentabilidade. Mais conhecido como tijolo ecológico, esse material de construção não libera gás carbônico em seu processo de fabricação, já que não

passa pelo processo de queima como os blocos tradicionais [20], proporcionando assim menos impactos ao meio ambiente. Consequentemente, o uso de tijolos solo-cimento para construção de habitações de interesse social vai ao encontro dos objetivos, declarados pela ONU (Organização das Nações Unidas), visando ao desenvolvimento sustentável, no documento da Agenda 2030 [14].

Assim, esse estudo teve como objetivo a análise do solo utilizado na fabricação de tijolos solo-cimento usados como matéria prima de construções de habitações de interesse social. Além disso, tal trabalho contribuiu para o aperfeiçoamento do programa de assistência técnica da SEHAB e para a divulgação de experiências sobre tal assunto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há mais de dez mil anos atrás gregos e romanos já utilizavam o solo como material de construção em estruturas que se encontram em boa qualidade até os dias de hoje, sendo a construção mais antiga feita com terra datada de 10.000 a.C. [18]. A própria Muralha da China, erguida no século III, é o monumento mais ancestral composto por uma mistura de solo estabilizado com cal [7].

No Brasil, o solo estabilizado com cimento começou a ser utilizado para bases e sub-bases em projetos de pavimentação. Com o passar do tempo essa mistura passou a ser usada para a produção de paredes monolíticas, as quais ainda sustentam diversas construções históricas. Em 1978 o antigo BNH aprovou a utilização do solo-cimento como uma técnica construtiva para habitações de interesse popular, já que seu bom desempenho foi comprovado com pesquisas realizadas pelo IPT (Instituto de pesquisas tecnológicas) [11].

Com o avanço dessa técnica surgiu o tijolo solo-cimento, um componente produzido pela prensagem da mistura de solo, cimento Portland e água. A estabilização do solo ocorre pelas reações químicas do cimento, gerando um produto final com melhores propriedades físicas.

O componente da mistura em maior quantidade é o solo. A norma brasileira NBR 10833 [1] recomenda alguns requisitos em relação ao solo para a fabricação de tijolos solo-cimento. Tais parâmetros se encontram no Quadro 01.

Quadro 1 – Características requisitadas do solo

Característica	Requisito
Passando pela peneira com abertura 4,75 mm	100%
Passando pela peneira com abertura 75 µm	10% a 50%
Limite de Liquidez	≤ 45%
Índice de Plasticidade	≤ 18%

Fonte: ABNT (2013)

A granulometria, mineralogia e tipo de solo influenciam diretamente na qualidade do tijolo [15]. O ideal é que o solo possua um a parte arenosa e outra argilosa. Quanto maior a quantidade de areia na composição, melhores são as respostas em relação à resistência à compressão [17], porém é necessária certa quantidade de argila que permita uma boa coesão da massa para a moldagem e prensagem do produto. Além disso, solos com maiores concentrações de quartzo e caulinita necessitam de menos estabilização, e consequentemente ocorre uma redução no consumo de cimento [13].

Desse modo, pesquisas demonstram que os solos lateríticos provenientes de regiões de clima tropical e subtropical são as melhores matérias primas para a produção de tijolo solo-cimento, já que em sua composição está presente a argila e o silte promovendo a coesão e a areia e o cascalho gerando boas propriedades de resistência [15].

Em casos de solos inadequados, como por exemplo, com alto teor de argila, é possível realizar adaptações para seu uso na fabricação de tijolos solo-cimento. Na cidade de Bom Jesus no Piauí, com o intuito de corrigir a granulometria do material, foram adicionados resíduos de construção para obtenção de uma textura mais arenosa [6].

3 MÉTODO

Para a análise do solo foram feitos três ensaios diferentes: granulometria por peneiramento, limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP). O desenvolvimento desse trabalho foi realizado no Laboratório de Mecânica dos Solos e Estradas "Luiz Eduardo Meyer" (LMSE), localizado na Faculdade de engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas).

Primeiramente, foi realizada a secagem, a temperatura ambiente, de toda a amostra de solo retirada da olaria ecológica, conforme NBR 6457 [2]. Para o ensaio de granulometria por peneiramento foram seguidos os procedimentos da norma NBR 7181 [5]. Em seguida foi realizado o ensaio para a determinação do LL do solo de acordo com a norma NBR 6459 [3]. Por último foi executado o ensaio de LP, conforme a norma NBR 7180 [4]. O Índice de Plasticidade (IP) é o resultado do LP subtraído do LL.

4 RESULTADOS

Os resultados foram abordados em três partes. A primeira apresenta a curva granulométrica obtida por peneiramento, na segunda foi elaborada uma discussão sobre o ensaio de LL e na terceira sobre o ensaio de LP.

Apesar da quantidade de matéria orgânica no solo poder acarretar prejuízo para a hidratação do cimento, não foi estudada tal característica da composição, pois segundo Oyelami e Rooy [15], o que mais influencia diretamente na qualidade e no desempenho do tijolo é a granulometria, o tipo de solo e a proporção de areia e finos presentes.

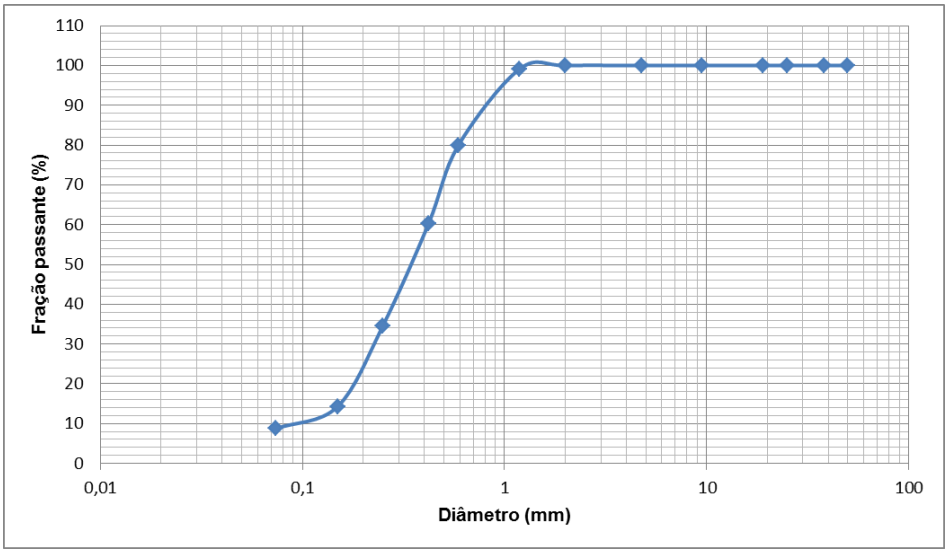
4.1 Curva Granulométrica

Por meio dos procedimentos citados na norma NBR 7181 [5], foi elaborada a Tabela 01 com as porcentagens passantes e retidas nas peneiras e desenhada, em seguida, a curva granulométrica da amostra de solo coletada na olaria ecológica (Figura 01).

Tabela 01 – Porcentagens de solo passante e retido nas peneiras

Abertura da malha (mm)	Fração retida (%)	Fração passante (%)
50	0,00	100,00
38	0,00	100,00
25	0,00	100,00
19	0,00	100,00
9,50	0,00	100,00
4,80	0,00	100,00
2,00	0,00	100,00
1,20	0,82	99,18
0,60	19,26	79,92
0,42	19,75	60,17
0,25	25,58	34,59
0,15	20,32	14,27
0,075	5,51	8,76
Fundo	8,76	0,00

Figura 1 – Curva Granulométrica



Fonte: Autora (2021)

Através da Figura 01 é possível observar que 100% do solo passa pela peneira de 4,8 mm, conforme requisito da NBR 10833 [1]. Porém, apenas 8,8% passa pela peneira de abertura 0,075 mm, o que contraria a necessidade de 10% de solo passante segundo a NBR 10833 [1].

Desse modo o solo contém uma menor quantidade de componentes finos como argila e silte do que o necessário, tendo, portanto uma característica mais arenosa. Apesar disso, a curva possui uma boa distribuição granulométrica.

4.2 Limite de Liquidez (LL)

O ensaio para determinação do LL foi realizado de acordo com a norma NBR 6459 [3]. A Figura 02 mostra o aparelho de casa grande juntamente com a amostra.

Figura 02 – Ensaio para determinação do Limite de Liquidez



Fonte: Autora (2021)

O maior número de golpes encontrados até o fechamento da abertura foram dezenove, não sendo possível chegar a uma quantidade de golpes maior que vinte e cinco, conforme recomendação da NBR 6459 [3]. Portanto, a amostra não apresentou limite de liquidez (NL).

Essa característica influencia na fabricação do tijolo solo-cimento, pois apenas com uma pequena quantidade de umidade o solo já se apresenta com característica líquida, o que facilita a moldagem, porém contribui também para uma maior deformação na desmoldagem e retirada do tijolo na prensa pelo operador.

4.3 Índice de Plasticidade (IP)

O ensaio para a determinação do LP foi realizado conforme a norma NBR 7180 [4]. A Figura 03 apresenta uma amostra do experimento realizado.

Figura 3 – Ensaio para determinação do Limite de Plasticidade



Fonte: Autora (2021)

Após diversas tentativas, não foi possível produzir um cilindro conforme as dimensões requisitas pela NBR 7180 [4], sem o aparecimento de fragmentação. Assim, foi concluído que a amostra de solo não apresentou limite de plasticidade (NP). Impossibilitando assim o cálculo do índice de plasticidade.

Um solo classificado como não plástico influencia diretamente no processo de moldagem do tijolo solo-cimento, devido ao fato dessa amostra não apresentar coesão suficiente de suas partículas para ser moldada sem o aparecimento de fissuras.

Além disso, por meio de todos os resultados coletados é possível afirmar que o solo estudado tem como material predominante a areia fina e classificação HRB (Highway Research Board) A3.

5 CONCLUSÕES

Através dos três ensaios realizados, foi possível concluir que o solo utilizado na olaria de Limeira para a fabricação de tijolos solo-cimento não possui a granulometria fina necessária conforme requisita a norma NBR 10833 [1], ou seja, é um solo com uma pequena carência de argila e silte.

Ademais, os resultados apresentados pelos experimentos de determinação do limite de plasticidade e liquidez demonstram, respectivamente, problemas de coesão e deformação do solo. Tais características implicam diretamente no processo de moldagem na produção do tijolo solo-cimento, podendo gerar trincas e deformações no produto final.

Desse modo, aditivos plastificantes poderiam ser utilizados para corrigir esses problemas ou até mesmo a incorporação de resíduos finos triturados do próprio tijolo que aumentariam a quantidade de cimento na mistura devido à quantidade desse aglomerante ainda não hidratado presente na composição da adição. Além disso, estudos de uma mistura do atual solo com uma amostra mais argilosa poderiam ser feitos futuramente para aperfeiçoar o material.

6 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

7 REFERÊNCIAS

[1] ABNT Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica - Procedimentos. Rio de Janeiro, 2012. Versão corrigida: 2013.

[2] ABNT Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016. Versão corrigida: 2016a.

[3] ABNT Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR 6459:** Solo- Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016. Versão corrigida: 2017a.

[4] ABNT Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR 7180:** Solo- Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016b.

[5] ABNT Associação Brasileira de Normas técnicas. **NBR 7181:** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016. Versão corrigida 2017b.

[6] ARAÚJO, F. P. et al. A Study of the Chemical and Physical Characteristics of the Soils from the South of Piauí for Soil-Cement Brick Production. **Materials Science Forum**. V.869, p.112-115, 2016.

[7] BAUER, L. A Falcão. **Materiais de Construção**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. Vol.1.

[8] BRASIL. Lei 11.888, de 24 de Dezembro de 2008. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 24 dez. 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11888.htm>. Acesso em: 28 janeiro 2020.

[9] EUPHROSINO, C. A. *et al*. Mapeamento do processo produtivo e construtivo de alvenaria de tijolo de solo-cimento para habitação de interesse social**. Revista Materia**, v.24, n.04, 2019.

[10] EUPHROSINO, C. A.; FONTANINI, P. S. P. Manifestações patológicas na produção de tijolos solo-cimento para habitação de interesse social – Um estudo de caso. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais** [...] ENTAC, 2020.

[11] FIQUEROLA, V. Alvenaria de Solo-cimento**. Téchne**, São Paulo, V.85, p. 30-36, abr. 2004.

[12] GAVRAS, D. Déficit habitacional é recorde no país. **O Estado de S.Paulo**, São Paulo, 06 de jan. de 2019. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,deficit-habitacional-e-recorde-no-pais,70002669433>. Acesso em: 28 de abr. de 2020.

[13] OJO, E. B.; MATAWAL, D. S.; ISAH, A. K. Statistical analysis of the effect of mineralogical composition on the qualities of compressed stabilized earth blocks. **Jornal of Materials in Civil Engineering**. v.28, n.11, 2016.

[14] ONU. **Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. Traduzido pelo Centro de Informação das Nações Unidas para o Brasil. Rio de Janeiro, 2015. 49 p.

[15] OYELAMI, C. A.; ROOY, J.L.V. A review of the use of lateritic soils in the construction/development of sustainable housing in Africa: a geological perspective. **Jornal of African Earth Sciences.** v.119, p.226-237, 2016.

[16] SILVA, E. São Paulo tem déficit de 474 mil moradias, diz estudo. **Folha de S. Paulo**, 07 de set. De 2019. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/09/sao-paulo-tem-deficit-de-474-mil-moradias-diz-estudo.shtml>. Acesso em: 28 de abr. de 2020.

[17] VALLE, C. A. Durability of compressed soil-cement bricks. **Materiales de construcción.** v.51, n.262, p.15-21, 2001.

[18] VYNCKE, J.; KUPERS, L.; DENIES, N. Earth as Building Material – an overview of RILEM activities and recente Innovations in Geotechnics. *In:* INTERNATIONAL CONGRESS ON MATERIALS & STRUCTURAL STABILITY, 2., 2017, Rabat. **Proceedings** [...]. Les Ulis, EDP Science, 2018.