

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO MACIÇOS ¹

Nelson Seidler²; Vanusa Andrea Casarin³; Bruna Elly Schneider⁴; Dimas Scheid⁵; Paola Nadine Johann Külzer⁶; Renata Butzen Perius⁷

¹ Trabajo de Investigación, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, RS/Brasil.

² Engenheiro Civil, Professor Me. e Coordenador do Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, RS/Brasil. seidler@san.uri.br

³ Professora Dr^a em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, RS/Brasil. vanusa.casarin@gmail.com.

⁴ Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, brunaelly84@hotmail.com.

⁵ Acadêmico de Engenharia Civil pela Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, dimasscheid5@hotmail.com.

⁶ Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, pnjohannk@gmail.com.

⁷ Acadêmica de Engenharia Civil pela Universidade Regional e Integrada do Alto Uruguai e das Missões URI, Campus Santo Ângelo, renataperius2010@hotmail.com.

Resumen

A necessidade da preservação ambiental e a crescente escassez de alguns recursos faz com que a construção civil apresente novos métodos e ideias de execução de projetos. Nesse sentido, o reaproveitamento dos resíduos de construção civil mostra-se como principal agente de redução da poluição proveniente de obras. Assim, surgem os tijolos ecológicos de solo-cimento. A presente pesquisa visou analisar a resistência à compressão de tijolos maciços de solo-cimento com adição de areia, baseada na ABNT NBR 8492. A mesma caracteriza-se como teórica, abordando de forma qualitativa a geração e o tratamento dos dados, com fins explicativos; e também adotado o método experimental, onde, assim, as conclusões foram baseadas na comparação entre teoria e prática. Após a confecção dos tijolos e realização dos ensaios, constatou-se que para um teor de absorção antevisto em norma, os tijolos apresentam resistência à compressão ligeiramente superior à prevista em norma, sendo possível sua utilização no mercado da construção civil.

Palabras Clave: Tijolo Ecológico, Solo-Cimento, Resistência à Compressão.

Introducción

O solo-cimento é uma mistura íntima e bem proporcionada de solo com aglomerante hidráulico artificial denominado cimento Portland, de tal modo que haja uma estabilização daquele por este, melhorando as propriedades de mistura (L.A. Falcão Bauer).

Em sua constituição, o solo é o elemento de maior proporção, devendo ser selecionado de modo a possibilitar economia no consumo de cimento. Aqueles com presença de areia grossa

e pedregulho possuem características benéficas, pois são materiais inertes, com função apenas de enchimento, favorecendo a aglomeração dos grãos menores. Quando não encontrado em características desejáveis, a mistura vale-se da adição de areia ou resíduo da construção civil, de modo a obter melhor qualidade.

A amostra escolhida deve apresentar uma fração fina, pois é a ela que se deve resistência inicial do solo-cimento compactado. Estudos indicam que solos com teores de silte mais argila inferiores a 20% não propiciam compactação adequada, dificultando o processo de moldagem.

Os solos mais adequados devem apresentar características como um limite de liquidez que não ultrapasse 45%; índice de plasticidade menor de 19%; de 10% a 50% dos grãos passando pela peneira ABNT 0,075mm e 100% dos grãos passando na peneira ABNT 4,8mm.

Para o solo, as faixas granulométricas consideradas ideais variam para cada autor, como visto na Tabela 1.

Tabela 1. Faixas Granulométricas ideais de acordo com diferentes autores

Autores	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Silte + Argila (%)
CINVA (1963)	45-80	-	-	20-25
ICPA (1973)	60-80	10-20	5-10	-
Merril (1949)	>50	-	-	-
MAC (1975)	40-70	<30	20-30	-
CEPED (1984)	45-90	-	<20	10-55
PCA (1969)	65	-	-	10-35

Fonte: Materiais de Construção Civil - Ibracon, vol. 2.

A dosagem do solo-cimento consiste em fixar três variáveis, que são a quantidade de cimento, de água e a massa específica aparente seca máxima, sendo que a quantidade de cimento depende das características desejadas para a aplicação que se pretende.

As propriedades do solo-cimento podem ser alteradas por fatores como o tipo de solo, o teor de cimento, a quantidade de água acrescentada à mistura, a compactação e homogeneidade, além do tempo de cura.

São várias as normativas brasileiras que regem o estudo e confecção dos tijolos de solo-cimento, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Normas Brasileiras em Vigor

NBR	DESCRIÇÃO
8491	Tijolo maciço de solo-cimento. Especificação. 1984, 5 p.
8492	Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção de água. Método de ensaio. 1984, 4 p.
10832	Fabricação de tijolo maciço de solo-cimento com a utilização de prensa manual. Procedimento, fabricação. 1989, 3 p.
10833	Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica. Procedimento. 1989, 3 p.
10834	Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Especificação. 1994, 3 p.
10835	Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Forma e dimensões. Padronização. 1994, 2p.
10836	Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural - Det. Da resist. à compressão e absorção de água - Método de Ensaio. 1994
11798	Materiais para sub-base ou base de solo-cimento. 1990, 2 p.
12023	Solo-cimento - Ensaio de compactação. 1992, 6 p.
12024	Solo-cimento - Moldagem e cura de copos-de-prova cilíndricos. 1992, 5 p.
12025	Solo-cimento - Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos. 1990, 2 p.
12253	Solo-cimento - Dosagem para emprego como camada de pavimentação. Procedimento, 1992.
12254	Execução de sub-base ou base de solo-cimento. 1990, 5 p.
13553	Materiais para emprego em parede monolítica de solo-cimento sem função estrutural. 1996.
13554	Solo-cimento - Ensaio de durabilidade por molhagem e secagem. 1996, 4 p.
13555	Solo-cimento - Determinação da absorção d'água. 1996, 2 p.

Fonte: Materiais de Construção Civil - Ibracon, vol. 2.

A NBR 6460 determina o ensaio de resistência à compressão. Segundo a NBR 8491, de 2012, a resistência média à compressão dos tijolos não deve ser inferior a 2,0 MPa aos sete dias e o material não deve ter uma absorção média de água superior a 20%.

A NBR 7170/83 - Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, estabelece que, de acordo com a resistência a compressão, os tijolos maciços podem ser de categoria A, B ou C, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Categorização segundo a resistência.

Tipo	Resistência à compressão (MPa)	Classificação de acordo a resistência
A	1,5	Mínima
B	2,5	Média
C	4,0	Alta

Fonte: Fonte: ABNT NBR 7170/83 – Tijolo maciço cerâmico para alvenaria.

No mercado brasileiro são encontrados diversos tamanhos e modelos de tijolos de solo-cimento. Estes são escolhidos de acordo com o projeto, mão de obra, materiais e equipamento locais e outras condicionantes específicas. A Tabela 4 relaciona alguns tipos.

Tabela 4. Tipos de tijolos de solo-cimento encontrados no Brasil

TIPO	DIMENSÕES	CARACTERÍSTICAS
Maciço comum	5 cm x 10 cm x 20 cm 5 cm x 10 cm x 21 cm	Assentamento com consumo de argamassa similar aos tijolos maciços comuns
Maciço com encaixes	5 cm x 10 cm x 21 cm 5 cm x 11 cm x 23 cm	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa
1/2 tijolo com encaixes	5 cm x 10 cm x 10,5 cm 5 cm x 11 cm x 11,5 cm	Elemento utilizado para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas
Tijolos com dois furos e encaixes	5 cm x 10 cm x 20 cm 6,25 cm x 12,5 cm x 25 cm 7,5 cm x 15 cm x 30 cm	Assentamento a seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos na vertical
Meio-tijolo com furo e encaixe	5 x 10 x 10 cm 6,25 x 12,5 x 12 cm 7,5 x 15 x 15 cm	Elemento para acertar os encaixe em aparelhos, sem a necessidade de quebras
Canaletas	5 cm x 10 cm x 20cm 6,25 cm x 12,5 cm x 25 cm 7,5 cm x 15 cm x 30 cm	Elemento empregado para execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e em passagem de tubulações horizontais

Fonte: Pisani, 2015.

Assim, essa pesquisa visa fazer uma análise da resistência à compressão de tijolos de solo-cimento maciços, de acordo com a ABNT NBR 8492 - Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio; e a ABNT NBR 6460 – Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria, Verificação da Resistência à Compressão; para posteriormente enquadrar o tijolo confeccionado de acordo com a ABNT NBR 7170 – Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria.

Metodología

Os materiais utilizados para a confecção dos tijolos e realização dos ensaios foram solo, água, Cimento Portland (CP-IV-32), Cimento Portland (CP-II-32), Cimento Portland (CP-V-ARI) e resíduo da construção civil (areia).

Para iniciar a fabricação dos tijolos ecológicos é necessário que o solo esteja livre de torrões, e de impurezas, como resíduos orgânicos. Na confecção dos primeiros tijolos ecológicos, utilizou-se o traço 1:10, uma medida de cimento e dez de solo. Inicialmente coletou-se amostra de terra crua. Essa amostra continha muitos torrões, portanto, foi colocada na cuba deca e socada até triturar os torrões, para então passar pela peneira 4.8 mm da ANBT, como consta na NBR 6457 - Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Assim preparou-se tamanha quantidade de terra necessária para preencher 10 recipientes cada um com volume de 0,0234 m³. Foi preparada também uma medida de cimento CP-IV-32 e adicionado água até dar o ponto.

O solo e o cimento foram pré-misturados por cerca de três minutos na betoneira, que foi “vedada” com lona e fita para evitar a perda de material pulverulento e, a água, que estava dentro de um tubo de béquer, foi sendo adicionada aos poucos até a massa ficar uniforme.

Então, foi verificada a umidade da mistura por procedimentos simples, apertando a massa na mão, onde formou-se uma espécie de “bolo” com a marca dos dedos aparente, como mostrado na Figura 1.

Figura 1. Teste de umidade



Fonte: Ecomaquina, 2015

Após a mistura pronta, automatizada ou manualmente, o composto obtido vai para a prensa, untada com óleo desmoldante, (Figura 2) para ser compactado e ganhar forma. No mercado existem empresas que oferecem diversos tipos de prensas, sendo as mais utilizadas ainda hoje às máquinas manuais. Em geral, a parte da máquina em que o solo é prensado sofre grande desgaste devido ao atrito causado.

Figura 2. Prensa manual utilizada para confecção dos tijolos



Depois da moldagem, atinge-se o tempo necessário de cura e os tijolos estão prontos para utilização. Os tijolos ficaram na câmara úmida por 28 dias para só então ser realizado a sua resistência à compressão.

Figura 3. Tijolos Traço 1



Para a segunda confecção, foi utilizado o traço de 1:6:3, uma medida de cimento para seis de solo e três de resíduo da construção civil, e realizou-se o mesmo procedimento.

Figura 4. Tijolos Traço 2



Para a determinação da resistência a compressão, os tijolos foram cortados ao meio, após adicionou-se argamassa no traço de 1:1 uma unidade de cimento CP-V-ARI e uma unidade de areia em suas superfícies inferior e superior como consta na NBR 8492:2012 - Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio.

Para determinação do teor de umidade recolheu-se, para ambos os traços, duas amostras de solo já devidamente pronto para confecção e pesou-se, obtendo o valor do peso úmido. Após

isso, colocou-se na estufa durante 24 horas, como consta na NBR 8492:2012, para então ser obtido o peso seco.

O teor de umidade dos segundos tijolos confeccionados foi obtido através da seguinte maneira: o tijolo já confeccionado foi colocado em estufa por 24 horas, obtendo-se o peso seco, e então, ficou imerso em água por mais 24 horas, obtendo-se o peso úmido.

Resultados y Discusión

O cálculo do teor de umidade da mistura foi realizado através da Equação 1.

$$(\%) = \frac{\text{Peso}_{\text{úmido}} - \text{Peso}_{\text{seco}}}{\text{Peso}_{\text{seco}}} \times 100 \quad \text{Equação 1.}$$

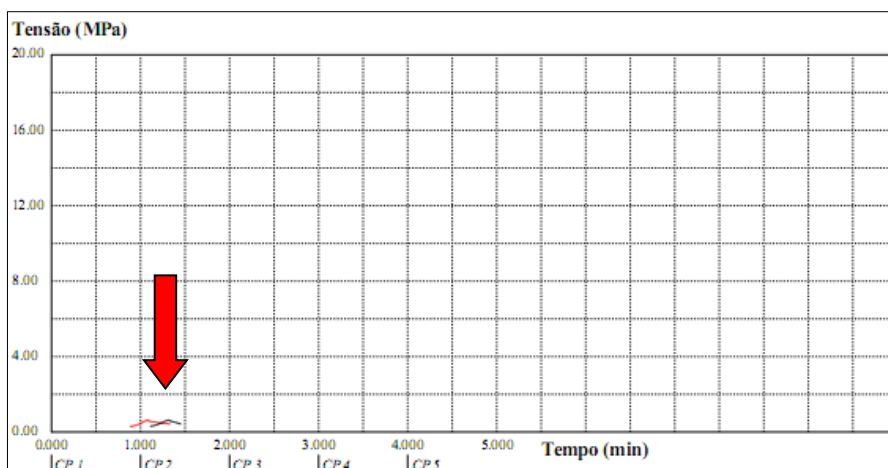
Para o traço 1:10, obteve-se um teor de absorção de água de 29,2 %, como observado na Tabela 5.

Tabela 5. Teor de absorção de água - Traço 1

	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)
M1- Peso amostra + tara (água)	63,1	64,3
M2 - Peso amostra + tara (seco)	52,9	53,3
Peso da água	10,2	11
Tara do recipiente	17,5	16,1
Peso do solo seco	35,4	37,2
Umidade	28,81	29,5698
Umidade média	29,1899 %	

Logo, percebe-se que o teor de umidade obtido excedeu os limites permitidos pela NBR 8492:2012, a qual estabelece um limite entre 8 e 22 %, sendo o ideal considerado entre 12 e 15 %. Com isso, o resultado obtido para a resistência à compressão foi drasticamente afetado, obtendo media entre os corpos de prova de 0,8 Mpa, como pode ser visto no Gráfico 1.

Gráfico 1. Resistência à Compressão - Traço 1



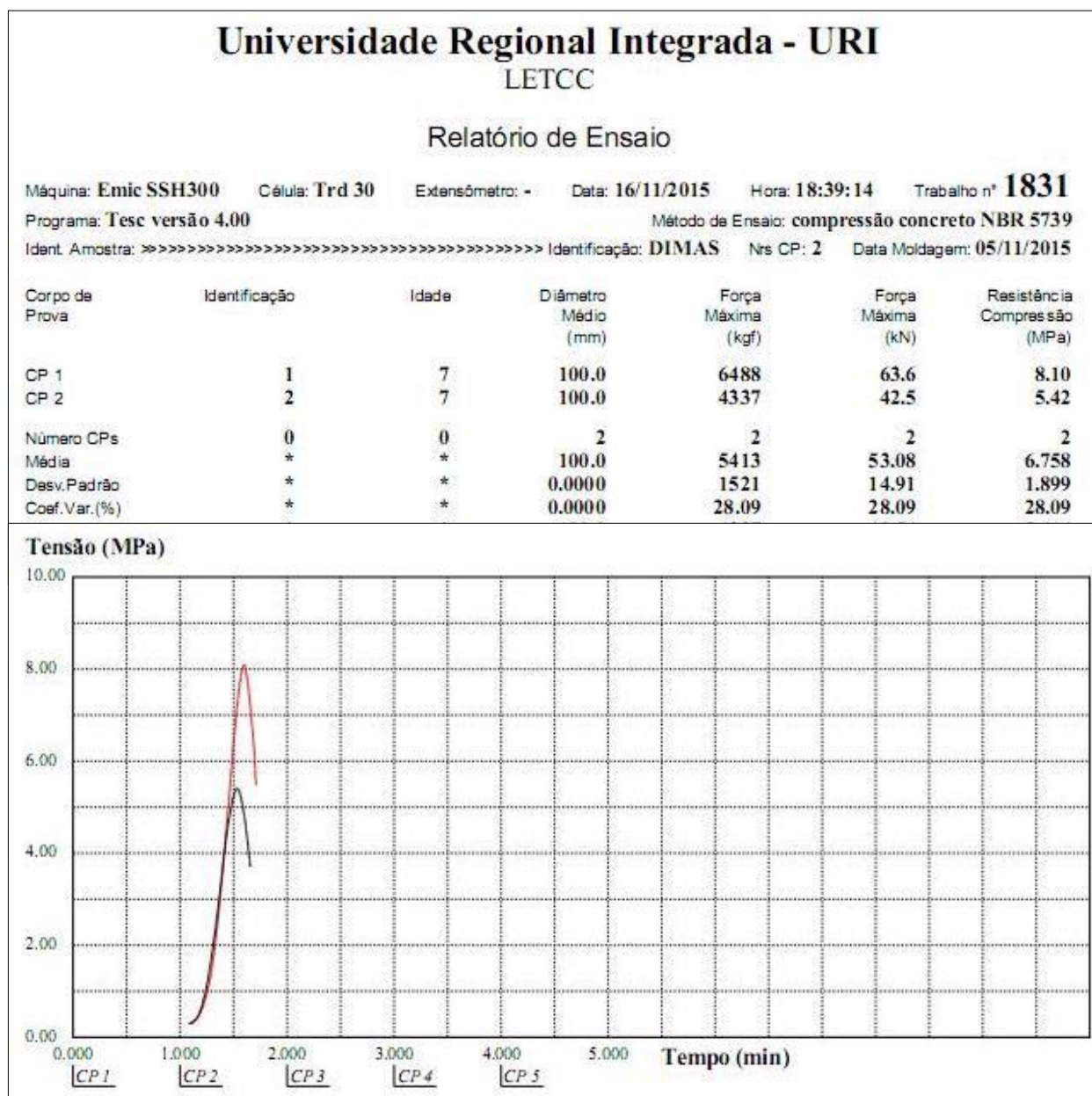
Para o segundo traço, 1:6:3, a Tabela 6 apresenta os valores obtidos para absorção de água. Logo, percebe-se que o teor apresentado (10,85%) está de acordo com as normativas.

Tabela 6. Teor de absorção de água - Traco 2

(1) Peso após secagem (g) : 3183.7
(2) Peso após 24 h imerso (g): 3529.2
(3) Peso úmido - Peso seco (g) : 345,5
Teor de Umidade (3/1*100): 10,85%

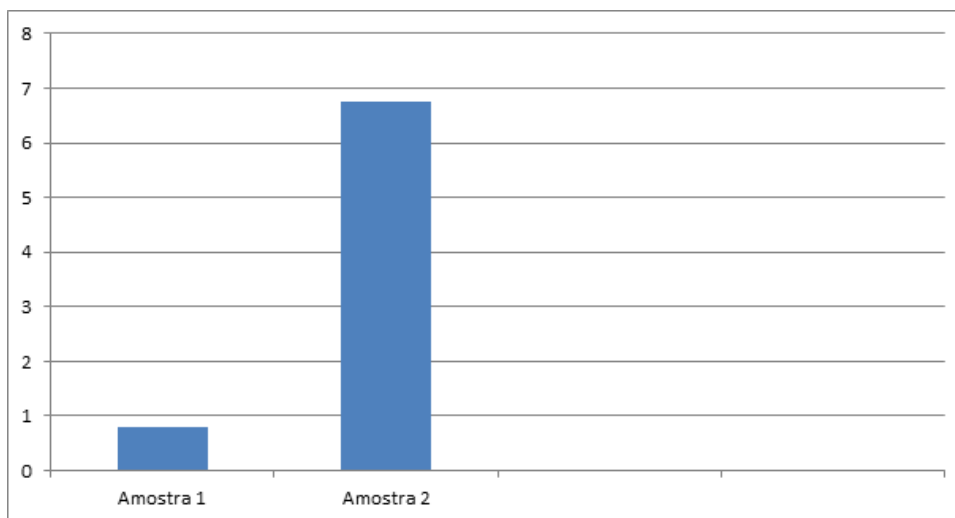
Já para a resistência a compressão, os valores obtidos (Gráfico 2) se enquadram nas normas brasileiras, podendo ser classificados pela NBR 7170/83 como Classe C, de alta resistência, uma vez que obtiveram um valor médio de 6,75 Mpa's de resistência.

Gráfico 2. Resistência à compressão - Traço 2



Observando os resultados obtidos, percebe-se a drástica diferença entre os resultados através do Gráfico 3.

Gráfico 3. Resistência à compressão das amostras



Conclusiones

Através da análise dos dados levantados, conclui-se que para a confecção de tijolos ecológicos o melhor solo é o tipo arenoso, e que a adição de resíduos de construção civil, como areia, pode aumentar as características mecânicas dos tijolos.

Também pode-se afirmar que a dosagem de água utilizada para confecção dos tijolos deve ser cuidadosa, uma vez que pode interferir drasticamente na resistência à compressão, como observado quando o teor de absorção de água fora muito elevado, no caso da primeira moldagem. Logo, também ressalta-se a importância de seguir as normas de desempenho para realização de cada ensaio e caracterização dos materiais.

Nesse sentido, conclui-se que os tijolos ecológicos podem vir a ser uma opção menos onerosa para a construção civil, já que são viáveis quando analisados sob o âmbito de seguir as normativas de desempenho mecânico, podendo vir a ser utilizados em países subdesenvolvidos como alternativa economicamente viável.

Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8492 (2012). *Tijolo de solo-cimento — Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de ensaio*. Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6457 (1986). *Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7170 (1983). *Tijolo maciço cerâmico para alvenaria*. Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8491 (2012). *Tijolo de Solo-Cimento - Requisitos*. Rio de Janeiro, Brasil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6460 (1983). *Tijolo Maciço Cerâmico para Alvenaria, Verificação da Resistência à Compressão*. Rio de Janeiro, Brasil.

Eco Máquina, (2015). *Tijolo ecológico – Como produzir?* Disponível em: <<http://ecomaquinas.com.br/tijolo-ecologico-como-produzir>>

ISAIA, G.C. (2010). *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. Volume 2, 2ª Edição*, São Paulo, Brasil.

L.A, Falcão Bauer (2010). *Materiais de construção. Volume 2, 5ª edição*. Rio de Janeiro, Brasil.

Pisani, Maria Augusta Justi, (2015). *Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento*. Disponível em: <http://www.aedificandi.com.br/aedificandi/N%C3%BAmero%201/1_artigo_tijolos_solo_cimento.pdf>