

Estudo de solo laterítico para aplicação em habitação rural para população de baixa renda através da técnica de bloco prensado

Lateritic soil study for application in rural housing for low-income population through the pressed block technique

Camila Larrosa de Oliveira, graduação em engenharia civil.

camila.larrosa@yahoo.com.br

Cezar Augusto Burkert Bastos, doutorado em engenharia civil.

cezARBastos@furg.br

Resumo

O uso da terra crua como material de construção ressurge como alternativa tanto de construções com menor impacto ambiental, quanto para redução do déficit habitacional brasileiro. O presente trabalho tem os objetivos de avaliar a potencialidade da argila laterítica encontrada na região do Capão do Leão (RS) como material de construção, através de ensaios de caracterização geotécnica, ensaios da metodologia MCT e outros expeditos - comumente empregados na prática da construção com terra, a produção de blocos com o solo prensado, testes de resistência à compressão e absorção de água dos mesmos. Bem como avaliar a viabilidade de projeto estrutural utilizando estes blocos em uma habitação rural para população de baixa renda, em alvenaria estrutural, através do dimensionamento das paredes da habitação pelo método das paredes isoladas. Concluiu-se que o bloco é apto como material de construção, respeitando as condições de resistência à compressão estabelecida para blocos de solo-cimento e resistindo em média mais do que as cargas solicitadas pela edificação.

Palavras-chave: Construção com terra; Bloco prensado; Solo laterítico.

Abstract

The use of raw soil as a construction material reappears as an alternative to constructions with less environmental impact, as well as to reduce the Brazilian housing deficit. The present work has the objectives of evaluating the potentiality of lateritic clay found in the Capão do Leão (RS) region as a construction material, through geotechnical characterization tests, MCT and other expedited tests - commonly used in the practice of soil construction, the production of blocks with the pressed soil, tests of resistance to compression and their water absorption. As well as evaluating the feasibility of structural design using these blocks in a rural housing for low income population, in structural masonry, through the walls design of the house by the method of the isolated walls. It was concluded that the block is suitable as a building material, respecting the conditions of compression resistance

established for soil-cement blocks and resisting, on average, more than the loads requested by the building

Keywords: *Soil construction; Pressed block; Lateritic soil.*

1. Introdução e justificativa

A terra é um material em abundância no planeta, suas técnicas de construção são conhecidas há mais de 9000 anos. Existem construções de terra com mais de 3000 anos ainda de pé: a Alemanha possui um edifício de taipa com 7 andares datado de 1828; na América do Sul encontram-se construções de adobe em quase todas as culturas pré-colombianas; no Brasil existem igrejas e propriedades privadas de taipa com mais de 300 anos (MINKE, 2015).

Não há como negar o papel histórico da terra como material de construção, tampouco duvidar das suas boas condições estruturais e de durabilidade, apesar da falta de normas específicas que definam um padrão de qualidade dos materiais para esse tipo de arquitetura e construção. Contudo, pós revolução industrial, o uso da terra sofreu um declive e a evolução tecnológica relativa a esse tipo de construção foi praticamente interrompida, consequência do surgimento de novas tecnologias construtivas e de novos materiais industrializados, como o cimento e o aço.

No entanto, como afirma Barreto (2013), a habilidade de construir com terra não se perdeu, cultural e tradicionalmente, em diversos países do mundo, alimentando a construção informal. O resultado desses fatos é a associação do uso da terra como material construtivo principalmente à pobreza, ao atraso tecnológico e ao surgimento de doenças.

No Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde (2015) apud Santos (2015), quase metade das casas de taipa registradas não eram revestidas com reboco ou emboço, o que promove o aninhamento de insetos nas paredes e a consequente proliferação de doenças, como o Mal de Chagas, transmitida pelo inseto popularmente conhecido como barbeiro. Este fato comprometeu ainda mais a imagem da terra como material de construção, até por não se entender que o problema não é o material utilizado, e sim a o emprego inadequado das técnicas de construção com o mesmo.

Apesar da marginalização e injusta competição com materiais industrializados, a terra como material de construção possui vantagens, como as apontadas por Barreto (2013): é um material barato e em abundância, não poluente, resistente ao fogo, apresenta bons desempenhos térmico e acústico, gera baixa quantidade de detritos derivados da execução, suas técnicas construtivas são de fácil aprendizado e baixo custo, se utiliza de ferramentas simples, permite a preservação do patrimônio cultural existente, baixo consumo de energia e é um material reciclável.

Diante desses benefícios, a utilização de técnicas de construção com terra torna-se uma opção viável ao combate do déficit habitacional, visto que os sistemas construtivos atuais têm se mostrados incapazes de sana-lo. Minke (2015) afirma que “nos países em desenvolvimento, as necessidades de moradia só podem ser atendidas com a utilização de materiais de construção locais e técnicas de autoconstrução”. Kennedy (2009) também corrobora com essa opinião afirmando que “a maneira mais eficiente de oferecer casas confortáveis e baratas é fazer o uso de materiais de baixo custo disponíveis localmente”.

Ademais, a exploração de técnicas de menor consumo energético e impacto ambiental é imprescindível no cenário atual, visto os comprovados impactos ambientais gerados pela indústria da construção civil. Dados do CIB & Unep-IETC (2002) apud Sattler (2004) apontam que o ambiente construído por meio das atividades exercidas pela indústria da construção, absorve em torno de 50% de todos os recursos extraídos da crosta terrestre e consome entre 40 e 50% da energia consumida em cada país. Por conseguinte, buscam-se alternativas que mitiguem esses impactos, como o resgate da construção com terra crua, evitando o uso excessivo de materiais industrializados.

Dentre as técnicas de construção existentes com terra, destaca-se nesse trabalho o uso de blocos de terra crua prensada, uma derivação da técnica milenar adobe – blocos de terra não prensados, confeccionados em fôrmas geralmente de madeira. Visto que é de fácil analogia às construções de alvenaria convencionais e aos blocos de solo-cimento, normatizados no Brasil.

2. Materiais e métodos

2.1. Amostragem e caracterização do solo

O solo em estudo foi amostrado em jazida (Figura 1) sobre a exploração da saibreira Barcellos, no município de Capão do Leão, comercializado pelo nome de “argila vermelha”. Conforme descrito em Bastos (2004), trata-se de um solo argilo-arenoso avermelhado, laterítico, plástico e de baixa atividade coloidal, com capacidade de suporte elevada (com baixa perda deste suporte com a imersão), baixa expansão, média a elevada contração e baixa permeabilidade, satisfazendo as prerrogativas da terra como material de construção.



Figura 1: Jazida de argila laterítica. Fonte: Bastos et al. (2007).

A caracterização do material foi feita através da sua análise granulométrica, determinação dos limites de Atterberg, classificação do solo quanto à plasticidade, à atividade coloidal, e por sistemas de classificação geotécnica, incluindo a metodologia MCT, de acordo com as normas usuais para caracterização geotécnica. Também foram realizados os ensaios de compactação, ensaios de compressão simples (figura 2(a)) e ensaios complementares pela

metodologia MCT (infiltrabilidade – Figura 2(b) - e contração), a partir de corpos de prova (CPs) cilíndricos.

Além desses, foram realizados alguns ensaios expeditos comumente empregados para caracterizar o solo na construção com terra, sugeridos por Neves et al. (2009): teste da queda da bola, teste do cordão, teste da resistência a seco e teste do vidro.

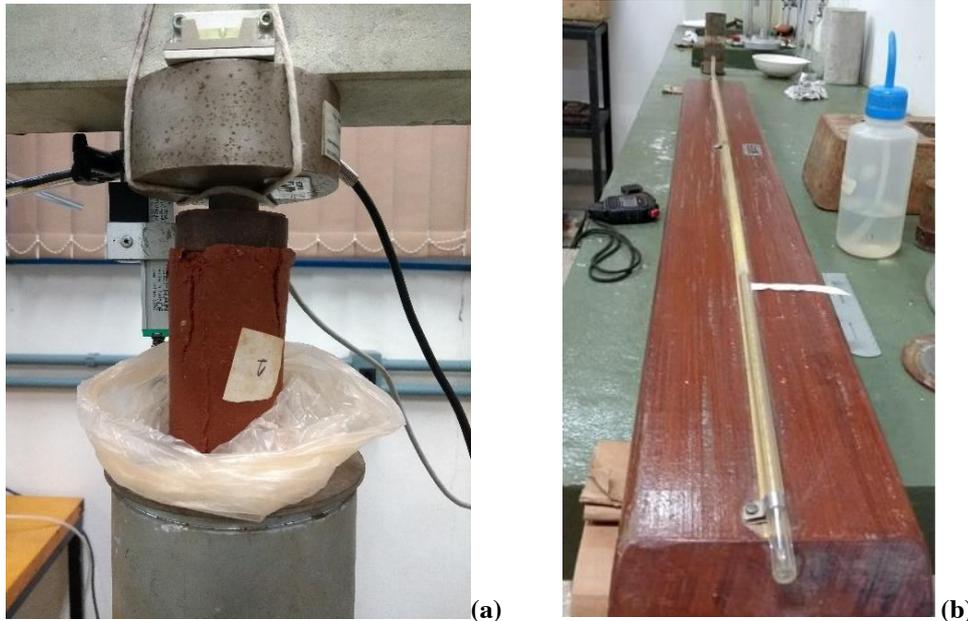


Figura 2: (a) Resistência à compressão simples de CPs cilíndricos e (b) Ensaio de infiltrabilidade.
Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2. Produção e caracterização dos blocos

Os blocos de terra foram confeccionados a partir de 3,5 kg de solo destorroado, na umidade (w) sugerida por Minke (2015) de $1,1 \times w_{ótima}$, prensado em prensa manual modular para tijolos 12,5 cm x 25 cm, da marca Sahara (Figura 3). Foram secos à sombra por mais de 30 dias, em local com boa circulação de ar (Figura 4).



Figura 3: Prensa manual. Fonte: Elaborado pelos autores.



Figura 4: Primeiros blocos produzidos, secando ao ar livre. Fonte: Elaborado pelos autores.

Como os blocos de terra prensada ainda não são normatizados no Brasil, para sua caracterização foram realizados dois tipos de ensaios de acordo com a NBR 10834/1994: de resistência à compressão e de absorção de água. Estes ensaios aferem as condições exigidas para blocos vazados de solo-cimento comuns, destinados à execução de alvenaria sem função estrutural.

O ensaio de resistência à compressão (Figura 5) foi realizado com 6 amostras secas ao ar por mais de 30 dias e 3 amostras secas ao ar por apenas 72h – estas últimas com o intuito de avaliar as condições de execução de obras de forma praticamente concomitante à produção dos blocos. Para o ensaio de absorção de água, separou-se 3 amostras secas ao ar.



Figura 5: Máquina para ensaio de compressão, da marca EMIC. Fonte: Elaborado pelos autores.

2.3. Projeto de habitação rural para população de baixa renda em alvenaria estrutural utilizando os blocos de terra crua prensada

O dimensionamento das paredes da habitação, na ausência de norma específica para este tipo de material, foi realizado de acordo com a norma NBR 15812-1/2010 para blocos

cerâmicos e nos exemplos de Parsekian e Soares (2010), conferindo se o bloco produzido com terra crua prensada resiste aos esforços atuantes, possibilitando seu uso. Para tal, foram realizadas análise de modulações das paredes, distribuição das ações verticais através do método das paredes isoladas e dimensionamento à compressão simples.

A Figura 6 apresenta um croqui da planta baixa do projeto arquitetônico da residência, pensada de acordo com a modulação dos blocos e de maneira que as paredes no sentido vertical do croqui apoiem as tesouras que sustentarão as telhas cerâmicas.

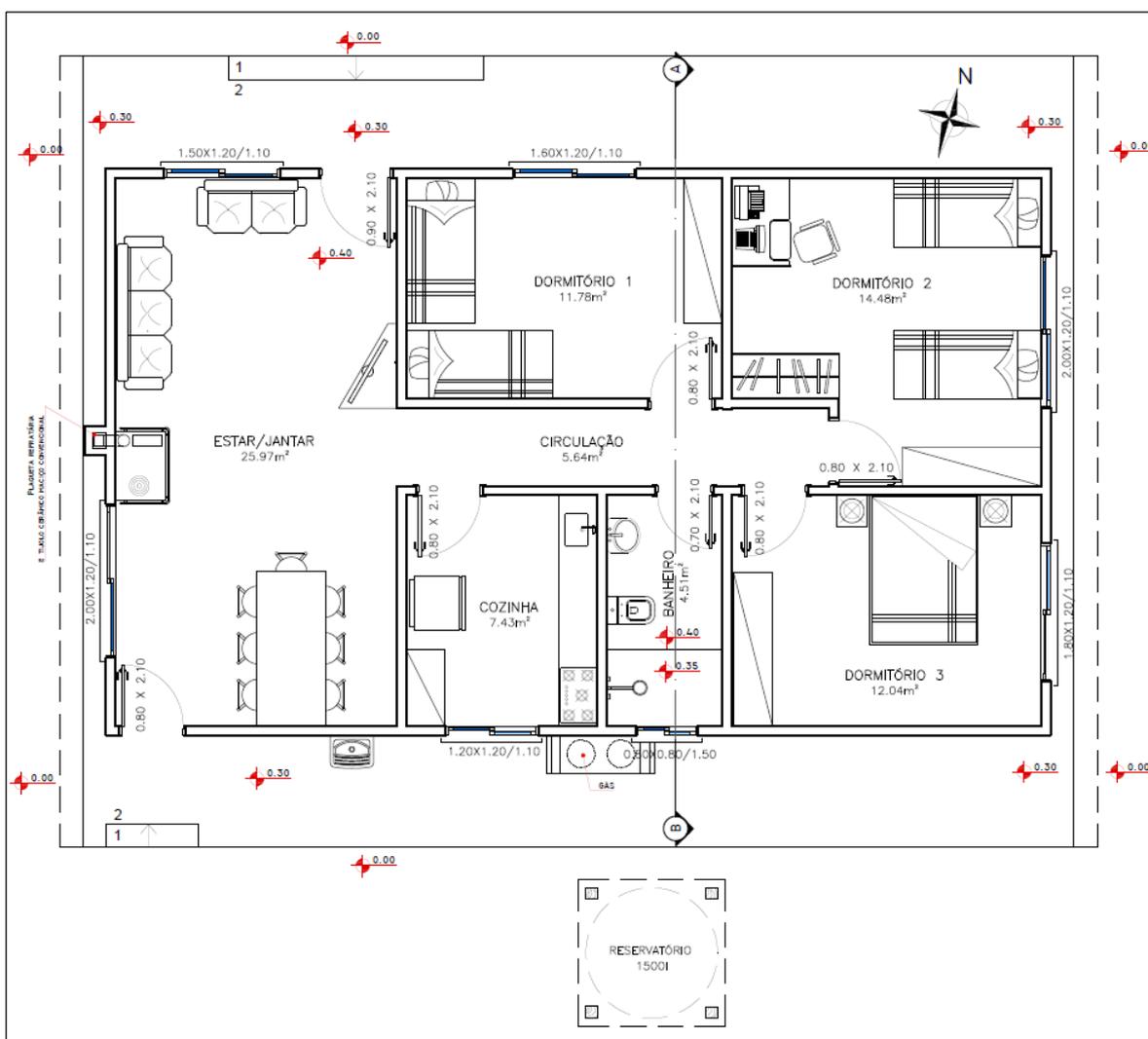


Figura 6: Croqui da planta baixa. Fonte: Elaborado pelos autores.

3. Resultados e discussões

O solo estudado, segundo a classificação pedológica da região, trata-se de um Argissolo Vermelho Amarelo, um solo areno-argiloso de propriedades lateríticas, do horizonte B, com características plásticas e boa compactação. Sua classificação geotécnica, de acordo com a granulometria (Figura 7), indicou ser uma argila arenosa de granulometria desuniforme, apresenta limite de liquidez de 37% e limite de plasticidade de 31%, portanto é um solo

fracamente plástico e inativo - indicação de argila 1:1, caulinita, não expansiva. Já pela classificação MCT para solos tropicais, foi classificado como LG' (argila laterítica).

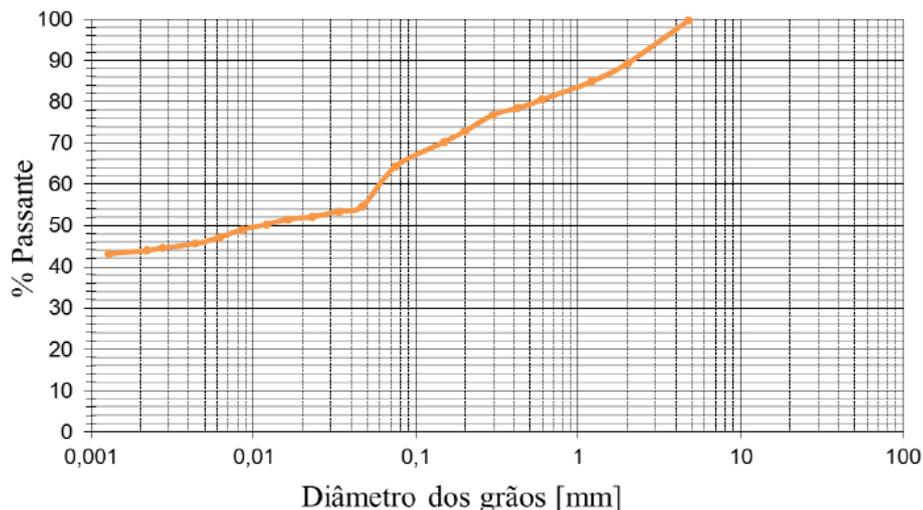


Figura 7: Curva granulométrica. Fonte: Elaborado pelos autores.

As propriedades obtidas por ensaios feitos a partir de corpos de prova com o material elaborados conforme a Metodologia MCT, segundo a classificação apresentada em Nogami e Villibor (1995) para pavimentos, indicaram contração axial de média a elevada (Quadro 1) e infiltrabilidade aumentando com a secagem (baixa para corpos de prova ainda úmidos e média para secos – Quadro 2). A resistência à compressão simples aumentou com a secagem: em média 0,35 MPa para corpos de prova secos ao ar livre por 72 h e 1,03 MPa para corpos de provas secos ao ar (Quadro 3).

Amostra	Hf [mm]	H0 [mm]	Contração [%]	Classificação
CP1	49,03	50,40	2,72	Média
CP2	48,63	50,37	3,45	Elevada
CP3	48,77	50,50	3,43	Elevada

Quadro 1: Contração axial. Fonte: Elaborado pelos autores.

Secagem ao ar	Amostra	Coefficiente de sorção [cm/ $\sqrt{\text{min}}$]	Classificação
72h	CP1	-2,89	baixo
	CP2	-3,30	baixo
	CP3	-2,41	baixo
Seco	CP4	-1,69	médio
	CP5	-1,77	médio
	CP6	-1,82	médio

Quadro 2: Infiltrabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores.

Secagem ao ar	Amostra	RCS [MPa]
72h	CP1	0,029
	CP2	0,033
	CP3	0,043
Seco	CP1	0,089
	CP2	0,092
	CP3	0,127

Quadro 3: Resistência à compressão simples de CPs. Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo os ensaios expeditos empregados na construção com terra, o solo foi classificado como argiloso, inorgânico e de alta plasticidade. Ou seja, um solo com potencial para esse tipo de construção, sendo recomendado um aperfeiçoamento de sua distribuição granulométrica, segundo a bibliografia, com a redução de conteúdo de argila através de adições de agregados grossos, como areia.

A resistência à compressão simples para blocos secos ao ar livre resultou em média 2,134 MPa e a menor resistência individual foi de 1,814 MPa (Figura 8) - o que respeita as condições de resistência estabelecida para blocos de solo-cimento. Já os resultados do ensaio de resistência à compressão dos blocos secos ao ar por apenas 72h mostraram que com tensões baixas (cerca de 0,5 MPa) o bloco sofre excessivas deformações, não recomendando seu uso nessa idade de secagem.

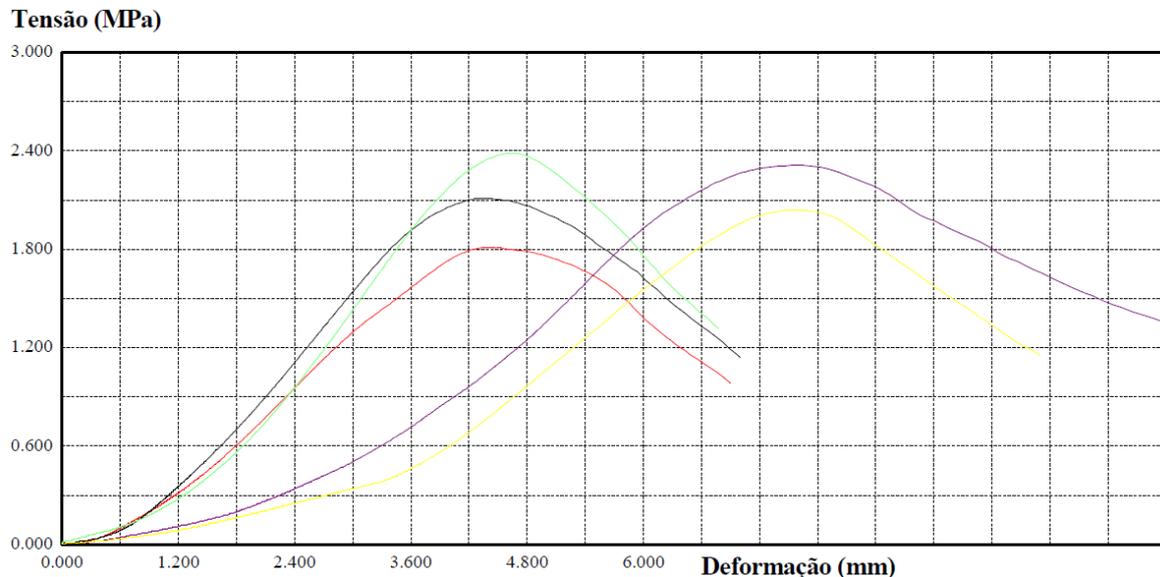


Figura 8: Curvas Tensão x Deformação dos blocos secos ao ar. Fonte: Elaborado pelos autores.

A absorção de água nos blocos, determinada de acordo com a normativa brasileira de blocos de solo-cimento (NBR 10836/94), não pôde ser aplicada para blocos de terra crua prensados, pois ao emergir o primeiro bloco na água, se desmanchou em minutos. Por isso, devem ser estudadas outras maneiras de avaliar essa propriedade.

Contudo, as construções e arquitetura com terra, segundo a bibliografia, não devem ficar expostas ao contato direto com a água. As edificações devem ser abrigadas com beirais e devem ser elevadas do terreno, por exemplo, como feito no projeto arquitetônico sugerido nesse trabalho.

Por fim, obteve-se a indicação de que o uso dos blocos no projeto de habitação rural de baixo custo é adequado. O bloco mostrou ser apto como material de construção, resistindo em média mais do que as cargas solicitadas pela edificação. Na parede mais solicitada o esforço é de ordem de 1,636 MPa, sendo inferior até mesmo ao menor valor de resistência individual obtido para os blocos (1, 814 MPa).

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização - Método de ensaio.** Rio de Janeiro. 2016

_____. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez - Método de ensaio.** 2016.

_____. **NBR 6502: Rochas e solos.**1995.

_____. **NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4.8 mm – Determinação da massa específica.**1984.

_____. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade - Método de ensaio.** 2016.

_____. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica - Método de ensaio.** 2016.

_____. **NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação.** 2016.

_____. **NBR 7183: Determinação do limite e relação de contração de solos.** 1982.

_____. **NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural.** 1994.

_____. **NBR 10836: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e da absorção de água.** 1994.

_____. **NBR 12770: Solo coesivo–Determinação da resistência à compressão não confinada.** 1992.

_____. **NBR 15270-2: Componentes cerâmicos Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos.** 2005.

_____. **NBR 15812-1: Alvenaria estrutural Blocos Cerâmicos – Parte 1: Projetos.** 2010.

_____. **NBR 15812-2: Alvenaria estrutural Blocos Cerâmicos – Parte 2: Execução e controle de obras.** 2010.

BARBOSA, N. P. Transferência e aperfeiçoamento da tecnologia construtiva com tijolos prensados de terra crua em comunidades carentes. **Coletânea Habitare**, v. 2, p. 12-39. 2003.

BARRETO, M. G. **Por que duas casas ficam em pé e uma cai? Estudo multicaso do processo construtivo de três habitações sociais em adobe nos assentamentos rurais Pirituba II e Sepé Tiaraju-SP-Brasil**. Tese de Doutorado Universidade de São Paulo. 2013.

BASTOS, C. A. B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. Tese de doutorado Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999.

BASTOS, C. A. B. Estudos recentes conduzidos na FURG sobre solos alternativos para pavimentação econômica e obras de terra na Planície Costeira Sul. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.4, p.31-42. 2004.

BASTOS, C. A. B.; MIRANDA, T.C.; SCHULER, A. R.; VASCONCELOS, S. M. Mapeamento geotécnico da Planície Costeira Sul do Rio Grande do Sul. 6º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. **Anais...** Uberlândia. 2007.

BATISTA, V. R. **Adobes confeccionados em Montes Claros/MG com adição de sumo de palma**. Tese de conclusão de curso Faculdades Integradas Pitágoras, 2016.

CALIL JUNIOR, C., & MOLINA, J. C. (2010). Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo. São Paulo: Pini.

CALLISTER Jr, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 8ª Edição. São Paulo. LTC, 2012.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. **DER/SP - M 192: Determinação do Índice de Suporte Mini-CBR e da Expansão de Solos Compactados com Equipamento Miniatura**. 1989. 15p.

_____. **M 193: Determinação da Contração de Solos Compactados em Equipamento Miniatura**. 1989. 4p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 258/94: Solos compactados em equipamento miniatura – Mini - MCV**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **ME 256: Solos compactados com equipamento miniatura – determinação da perda de massa por imersão**. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **ME 258: Solos compactados com equipamento miniatura – Mini-MCV**. Rio de Janeiro, 1994.

FELTEN, D. **Estudo sobre solos arenosos finos lateríticos da planície costeira sul do RS para emprego em pavimentação econômica**. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal do Rio Grande. 2005.

KASTER, D. **Estudo das Técnicas Construtivas Utilizadas em Prédios Históricos de São José do Norte/RS**. Trabalho de conclusão de curso Universidade Federal do Rio Grande, 2015.

KENNEDY, J. **Building Without Borders: Sustainable construction for the global village**. New Society Publishers, 2009.

LENGEN, J. V. **Manual do arquiteto descalço**. Porto Alegre: Livraria do arquiteto. 2004.

MAIA, R. T. **Avaliação das variáveis que influenciaram no uso da terra como material construtivo para habitação social rural no Assentamento Rural Sepé Tiaraju-Serra Azul-SP**. Dissertação da Universidade de São Paulo. 2011.

MINKE, G.t. **Manual de Construção em terra: Uma arquitetura sustentável**. 1 ed. São Paulo: B4. 2015.

NETO, C. A. B. S. **Estratégia para a caracterização do edificado em adobe em Aveiro**. Dissertação da Universidade de Aveiro. 2008.

NEVES, C. M. M.; FARIA O. B.; ROTONDARO, R.; SALAS, P. C.; HOFFMANN, M. V. **Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo**. Rede Ibero-americana PROTERRA. (2009). Disponível em <<http://www.redproterra.org>>. Acessado em 01/05/2018.

NEVES, et al. **Técnicas de construção com terra**. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. 2011.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia, **Anais...** vol. 1, 30-41. 1981.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. **Pavimentação de Baixo Custo com Solos Lateríticos**. Ed. Villibor, São Paulo, 212p. 1995.

NONELL, J.B. **História da arquitectura**. Editora Técnicos Associados, Barcelona, Espanha. 1976.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: O Nome da Rosa, v. 1, 2010.

PERALTA, C. **Implicazioni igieniche della costruzione di terra cruda in Argentina**. Seminário Terra Incipit Vita Nova. Torino, Itália. 1997.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas**. Oficina de textos. 2002.

PROMPT, C. H.; BORELLA, L. L. Experiências em construção com terra no segmento da agricultura familiar. Terra Brasil - III Congresso de Arquitetura e Construção com terra no Brasil. **Anais...** Campo Grande, MS. 2010.

PROMPT, C. **Curso de Bioconstrução**. Ministério do Meio Ambiente, 2008.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, R. S. C. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SANTOS, C. A. **Construção com terra no Brasil: panorama, normatização e prototipagem com terra ensacada**. Dissertação da Universidade Federal de Santa Catarina. 2015.

SATTLER, M. A. **Edificações sustentáveis: interface com a natureza do lugar**. Desenvolvimento sustentável e gestão ambiental nas cidades: Estratégias a partir de Porto Alegre. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 259-288. 2004.

SENÇO, W. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Vol. I. 1ª Edição. Editora PINI. 2001.

SILVA, S.; VARUM, H.; BASTOS, D.; SILVEIRA, D. **Arquitetura de terra – investigação e caracterização de edificações em adobe no concelho da Murtosa**. Terra em Seminário 2010. Argumentum, Lisboa, Portugal. 2010.