



ANÁLISE DO SOLO UTILIZADO PELAS INDÚSTRIAS DA CERÂMICA VERMELHA DO MUNICÍPIO DE ITAJÁ/RN PARA USO EM TIJOLOS ECOLÓGICOS.

Antônio Moraes de Araújo¹, Sâmea Valensca Alves Barros².

Resumo: É notável que nas últimas décadas haja uma necessidade de implementar novos hábitos sustentáveis, principalmente, no setor da construção e das indústrias que atendem suas demandas. Essa fez aumentar o interesse por estudos sobre tijolos ecológicos, que são materiais compostos pela mistura de solo, aglomerante e água, sem passar pelo processo de queima. Como o solo é o elemento em maior quantidade na mistura, torna-se essencial dar ênfase ao mesmo, no que se refere aos parâmetros que devem apresentar para serem usados na fabricação de tijolos de solo-cimento e/ou solo-cal. Nesse contexto, surgiu o interesse de verificar se o solo utilizado para produzir os tijolos tradicionais pelas indústrias da cerâmica vermelha pode ser matéria prima para os tijolos ecológicos. Assim, o objetivo desse trabalho é realizar a caracterização física do solo coletado em uma das indústrias de cerâmica vermelha do município de Itajá/RN, verificando se pode ser utilizado na confecção de tijolos ecológicos. A caracterização física foi realizada fazendo uso das seguintes técnicas: análise granulométrica por peneiramento; limites de Atterberg; determinação da umidade ótima e peso específico seco máximo do solo coletado. Os resultados indicaram que o solo não atende a todas as especificações técnicas exigidas para uso em tijolos de solo-cimento e/ou solo-cal, logo não sendo adequado para este fim.

Palavras-chave: tijolos convencionais, solos argilosos, caracterização física.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil existem grandes extensões de jazidas de solos argilosos, sendo o Rio Grande do Norte uma região rica em depósitos de argilas sedimentares, que faz com que o Estado seja um dos maiores produtores de cerâmica vermelha, destacando-se o município de Itajá/RN [1, 2, 3, 4, 5].

As argilas usadas pelas indústrias da cerâmica vermelha apresentam uma grande variedade de substâncias minerais e elementos químicos na sua composição que lhes configuram diferentes propriedades físicas e colorações. Quanto às propriedades físicas ou de engenharia, destaca-se os diferentes graus de plasticidade, que gera grande variedade de peças cerâmicas, além da trabalhabilidade e resistência a verde, a seco e após o processo de queima [5].

Itajá/RN é um município rico em depósitos de argilas pretas e brancas. A argila preta possui maior plasticidade e na sua composição química maior teor de óxido de alumínio (Al_2O_3) e menor percentagem de óxido de silício (SiO_2) do que a argila branca, sendo amplamente distribuída e de fácil localização. Fato que faz com que seja utilizada sem muita especificação técnica e normativa por essas indústrias [4].

As indústrias da cerâmica vermelha apresentam grande importância para o desenvolvimento sócioeconômico do município de Itajá/RN, sendo responsável por grande parte dos empregos gerados no município, que exporta tijolos e telhas para outras regiões [5,6]. Porém, como a maior parte delas ainda faz uso dos fornos à lenha denominados de Paulistinha (retangulares), que causam impactos negativos ao meio ambiente, atualmente, com a responsabilidade ambiental, despertou o interesse pela verificação da viabilidade técnica da produção de tijolos ecológicos com esses solos utilizados por essas indústrias.

Devido à sustentabilidade no processo de fabricação e a facilidade em ser produzido, diminuindo bastante os impactos ao meio ambiente já que dispensa a queima de lenha, evitando a emissão de gases poluentes. É de suma importância à investigação das características dos solos utilizados pelas indústrias de cerâmica vermelha do município de Itajá/RN se adequam as especificações técnicas para confecção de tijolos ecológicos, e caso atendam os requisitos, difundir a cultura da produção desses na região rica nesses solos [4]. E a divulgação dessa cultura pode contribuir para minimizar os impactos ambientais negativos oriundos do processo de fabricação dos tijolos tradicionais.

Como a qualidade final das obras de engenharia também depende da qualidade dos materiais fornecidos e utilizados durante todas as fases de execução das mesmas, e há a necessidade do setor da construção civil se tornar sustentável fazendo uso de produtos ambientalmente “limpos” essa pesquisa se justifica por verificar a viabilidade técnica dos solos da região mencionada ser adequados para fabricação desses produtos.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar se os solos utilizados por essas indústrias atendem as especificações técnicas da NBR 10833 [7].

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TIPOS DE ARGILAS

Existem vários tipos de argilas comerciais e aproximadamente 90% são usadas para atender às demandas do setor da construção civil, que são classificados em diversos grupos. Sendo os principais tipos: argilas refratárias (argilas sedimentares que suportam temperaturas superiores a 1500°C e tem a cor castanho claro); argilas em bola (argilas muito plásticas, com granulometria inferior a 1µm e muito coesiva e tem a cor marfim ou creme claro após queimadas); argilas fibrosas (argilas constituídas por minerais fibrosos e desenvolvem alta viscosidade nas suspensões ou dispersões aquosas em que participam); argila comum (argila mais abundante na natureza e servem para produzir material cerâmico de baixo valor comercial); caulim (argila primária, utilizada na fabricação de massas para porcelanas. É de coloração branca e funde a 1800°C - pouco plástica, deve ser moldada em moldes ou formas); argilas para grês (argila de grão fino, plástica, sedimentária e refratária - que suporta altas temperaturas); argilas vermelhas (são plásticas com alto teor de ferro, resistem a temperaturas de até 1100°C, porém fundem em uma temperatura maior e podem ser utilizadas com vidrados para grês, e sua coloração é avermelhada escuro quando úmida chegando quase ao marrom); argilas bentonita (argila vulcânica muito plástica, contém mais sílica do que alumínio, se origina das cinzas vulcânicas. Apresenta uma aparência e tato gorduroso, pode aumentar entre 10 e 15 vezes seu volume ao entrar em contato com a água. Adicionada a argilas para aumentar sua plasticidade. Funde por volta de 1200°C) e os outros 10% são definidas como argilas especiais que são para usos diversos como: absorventes; tintas; papeis; borrachas; decolorantes; na indústria petrolífera; na agricultura e como produtos químicos e farmacêuticos, principalmente na área da estética [8,9].

A argila preta utilizadas na indústria do município de Itajá/RN é constituída por sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃) e óxido de ferro (Fe₂O₃), apresentando óxido de silício provavelmente devido a caulinita, a mica e o quartzo. O alto teor de ferro proporciona tom avermelhado após a mesma passar por processo de queima, e o óxido de alumínio é atribuído ao argilomineral caulinita e ao feldspato, e são levemente ácidas [4,10].

As argilas são solos e esses classificados como solos finos. Solo é definido como o produto resultante do intemperismo das rochas, que ocorre ora por desintegração mecânica ora por decomposição química [9].

Desde as civilizações mais antigas o solo vem sendo utilizado para construção civil como matéria prima para produção de materiais de construção, a exemplo das peças cerâmicas e mais recentemente em tijolos ecológicos [11].

2.2 CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS ARGILOSOS

Os solos argilosos apresentam uma granulometria com predominância da fração fina e compacta, impermeabilidade, elevada plasticidade, coesão, entre outras propriedades. E na sua composição química apresentam uma grande quantidade de óxido de ferro e alumínio. A predominância dos óxidos de ferro confere a esses solos a coloração avermelhada. Enquanto, sua composição mineralógica encontram-se os argilominerais como caulinitas, ilitas, montmorilonita e outras [12].

A plasticidade é a propriedade que os solos argilosos apresentam de serem moldados quando é acrescentada água até o limite de não alterar seu volume. Já a permeabilidade é a propriedade que não permite a água escoar através do solo, e que as argilas são impermeáveis [12].

Os solos argilosos, em função do índice de plasticidade que apresentam, se comportam de maneira plástica. Logo, são classificados quanto ao índice de plasticidade que apresentam em: solos de baixa plasticidade ($IP < 7$), solos de plasticidade média ($7 \leq IP \leq 17$) e solos de alta plasticidade ($IP > 17$) [13]. Esse parâmetro é utilizado como um dos critérios utilizados pela NBR 10833 [7] para dizer se o solo pode ser utilizado na confecção de tijolos de solo-cimento.

2.3 TIJOLOS ECOLÓGICOS

A palavra tijolo define um artefato estrutural obtido com matéria-prima como solo e são fabricados através de diferentes processos, os convencionais passam por processos de moldagem e queima em fornos, enquanto os tijolos ecológicos são livres da queima [14].

Os tijolos ecológicos recebem essa denominação porque não precisam passar pelo processo de queima, além disso, podem conter na sua constituição resíduos sólidos, logo evita a emissão de gases poluentes e destruição das florestas, além da deterioração do meio ambiente por promover uma destinação aos resíduos nele incorporados. Ainda, ao contrário dos tijolos cerâmicos tradicionais, quando quebram, podem ser reaproveitados, depois de moídos e prensados novamente [14].

Esses tijolos apresentam como vantagens, em relação aos tijolos convencionais, os benefícios que ocasionam a natureza a exemplo da diminuição da exploração de madeira e diminuição da emissão de gases poluentes; proporcionam baixo custo, durabilidade e conforto no que infere as construções de moradias populares. Outra grande vantagem dos tijolos sustentáveis tem sido a reutilização de resíduos sólidos em sua composição [14].

Os principais tipos de tijolos ecológicos são os tijolos de solo-cimento e solo-cal. Os mesmos apresentam um processo de fabricação denominado limpo e sustentável [15].

2.3.1 Tijolos de solo-cimento

O tijolo solo-cimento começou a ser utilizado em larga escala em moradias no Brasil por volta de 1978, quando o antigo Banco Nacional de Habitação (BNH) aprovou a técnica para construções de habitações populares. Na época, estudos feitos pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pelo Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (Ceped) comprovaram que, além do bom desempenho em termos de acústica, o solo-cimento aplicado em construções levava a uma redução de custos de 20% a 40% quando comparado com a alvenaria tradicional de tijolos de barro ou cerâmico [16].

O solo-cimento é uma mistura homogênea, compactada e curada de solo, cimento e água. O produto tem boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade. Onde a proporção de cimento varia de 5% a 10% do peso do solo, o suficiente para estabilizá-lo e atribuir as propriedades de resistência ao agregado [16].

O desempenho técnico dos tijolos solo-cimento depende do tipo de solo e das características tecnológicas dos processos de compactação e cura [17]. Logo, a qualidade dos tijolos de solo-cimento se encontra vinculada a caracterização do solo, no sentido de utilizar solos que atendam aos valores descritos pela NBR 10833 [7] que regulamenta o processo de fabricação desses tijolos.

Tabela 1 – Parâmetros que o solo deve apresentar para ser usado em tijolos de solo-cimento.

Parâmetros	Valores
4,8 mm	100 %
0,075 mm	10% a 50%
Limite de Liquidez	≤ a 45%;
Índice de Plasticidade	≤ a 18%.

Fonte: Adaptado da NBR 10833 [7]

Para produzir tijolos de solo-cimento ideais deve-se existir uma maior atenção e experiência do fabricante, pois de acordo com [18], quando estes são prensados com densidade seca máxima e umidade ótima, logo após a idade mínima de sete dias, devem apresentar melhor estética. Destaca ainda que quando esses atendem as especificações da norma, se tornam viáveis para uso na construção porque são espontaneamente encaixados, garantindo segurança, reduzindo tempo de execução e quantia de cola manipulada.

2.3.2 Tijolos de solo-Cal

Apesar de ser usado desde a década de 50 na construção de estradas o tijolo solo-cal ainda não dispõe de uma normatização específica, sendo utilizada a norma do solo-cimento. E o mesmo é definido como sendo um produto resultante de uma mistura bem compactada de solo, cal e água, em proporções estabelecidas através de dosagem [14].

O processo de fabricação dos tijolos de solo-cal não precisa de mão de obra especializada, nem de muito espaço físico para sua produção, tampouco de queima, e sua resistência é semelhante ao tijolo convencional. Quando se mistura o solo com a cal há reações químicas que promovem o surgimento de novos compostos, permitindo melhorar a expansividade, a plasticidade e reter a umidade do material. Além disso, a médio e em longo prazo, surgem reações pozolânicas como silicatos e aluminatos de cálcio que conferem a melhora das propriedades mecânicas do produto [14].

Enquanto o tijolo solo-cimento reage melhor, químicamente e fisicamente, com o solo arenoso, o tijolo solo-cal alcança bons resultados com solos argilosos, uma vez que, a cal penetra com mais facilidade nesses solos. O percentual da cal a ser adicionado ao solo argiloso está sujeito aos critérios técnicos (resistência e durabilidade) que se deseja obter. Para alvenarias, usa-se de 5% a 10% de cal no solo argiloso [19].

Na produção dos tijolos de solo-cal, deve-se verificar a dosagem de água, solo e cal que vai compor a mistura, pois este é o fator preponderante para esses obterem boas propriedades e bons resultados quando forem realizados ensaios de RCS e absorção de água [19].

3 METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS

Os materiais usados nesse trabalho foram: solos argilosos (argila gorda, argila magra e a mistura de ambas) cedidos por uma indústria de cerâmica vermelha do município de Itajá/RN e água potável fornecida pela Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte (CAERN).

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Beneficiamento do solo

Após coletado, o solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em peneira ABNT nº 4 (4,8 mm) para realizar os ensaios de caracterização física do solo, e assim obter os parâmetros necessários à investigação.

3.2.2 Limites de consistência

Os limites de consistência do solo foram determinados de acordo com as metodologias propostas pelas normas NBR 6459 [20] e NBR 7180 [21], respectivamente.

3.2.3 Análise granulométrica

A análise granulométrica ocorreu por peneiramento, de acordo com a norma da NBR 7181 [22].

3.2.4 Compactação do solo

O ensaio foi realizado conforme o procedimento proposto pela norma NBR 7182 [23].

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÕES FÍSICA DO SOLO

4.1.1 Limites de Consistência e fração passante na peneira da ABNT número 200

A Tabela 2 apresenta os limites de Atterberg e a fração que passa na peneira da ABNT Nº 200 dos solos estudados nessa pesquisa.

Tabela 2 – Limites de Atterberg

DETERMINAÇÕES (%)	Argila gorda	Argila magra	Argilas Misturadas	LIMITES NBR 10833 (2013)
Limite de Liquidez (LL)	34,19	24,89	30,38	≤ a 45%
Limite de Plasticidade (LP)	18,44	17,67	17,96	-
Índice de Plasticidade (IP)	15,75	7,22	12,42	≤ a 18%
Passando na peneira ABNT Nº 200 (0,0074mm)	79,30	100	83,31	10% a 50%

Fonte: Autoria própria (2019)

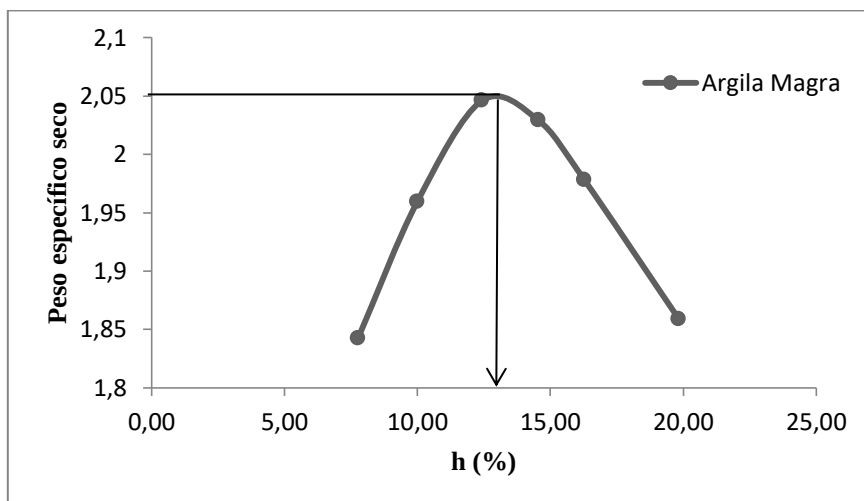
Percebe-se nos resultados apresentados na Tabela 2 que a argila gorda (15,75%) e a argila magra (7,22%), de acordo com a classificação em função do índice de plasticidade [13], são classificadas como argilas de média plasticidade. Assim como a argila obtida da mistura delas (12,42%).

O IP obtido para os solos estudados atende ao valor exigido pela norma da ABNT NBR 10833 [7] no qual deve ser $\leq 18\%$, e os valores do LL encontrados para os solos ($\leq 45\%$) atendem a norma, porém como os solos apresentaram sua fração passante na peneira da ABNT número 200 fora do intervalo especificado por essa norma não podem ser utilizados na confecção de tijolos ecológicos.

4.1.2 Compactação do solo

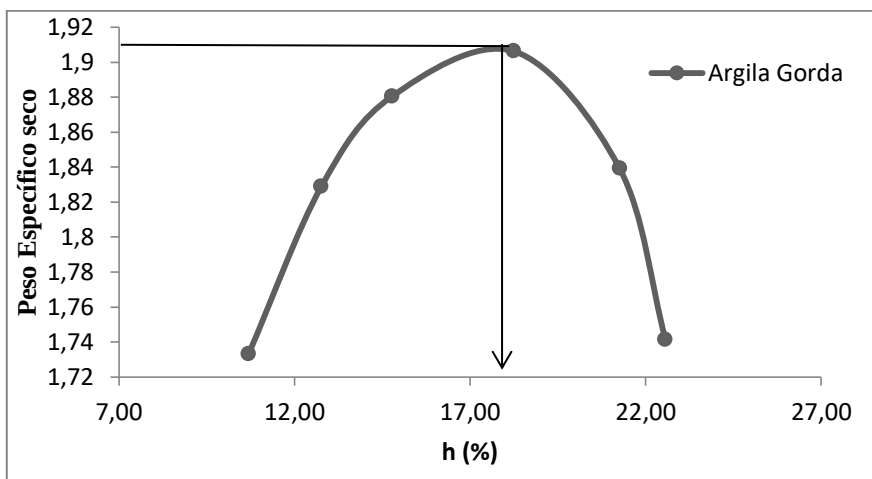
A Figura 1 apresenta a curva de compactação obtida para a argila magra

Figura 1 – Curva de compactação da argila magra.



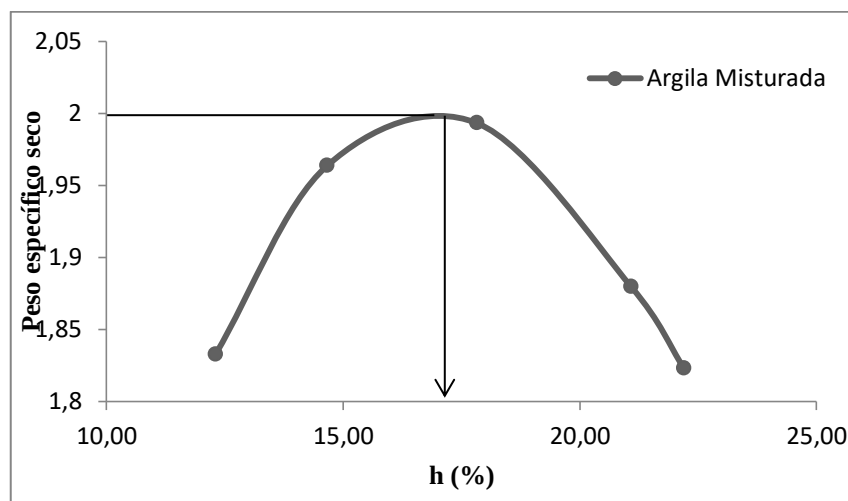
A Figura 2 apresenta a curva de compactação obtida para a argila gorda.

Figura 2 – Curva de compactação da argila gorda.



A Figura 3 apresenta a curva de compactação obtida para a mistura das argilas.

Figura 3 – Curva de compactação da argila misturada.



Analisando os resultados dos ensaios de compactação, conforme a energia do ensaio de Proctor Normal, verificou-se que o comportamento das curvas está de acordo com as curvas encontradas na literatura para solos argilosos. Consequentemente as umidades ótimas e os pesos específicos ficaram com valores aproximados. A realização desse ensaio ocorreu com a finalidade de determinar o teor de umidade ótima dos solos para caso tivessem atendido a faixa de valor para o parâmetro da fração passante na peneira ABNT nº 200, pois a partir da curva encontrada no gráfico, se determina a quantidade de água necessária para moldar os tijolos ecológicos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final da presente pesquisa foi possível concluir:

- Os solos utilizados pelas indústrias da cerâmica vermelha do município de Itajá/RN apresentam plasticidade média, que infere melhor trabalhabilidade no seu uso.
- Os parâmetros de limite de liquidez e índice de plasticidade atendem a norma da NBR 10833[7] na fabricação de tijolos solo-cimento.
- Não podem ser utilizados na confecção de tijolos ecológicos porque a porcentagem passante na peneira 0,0074 mm não atende a norma da NBR 10833 [7] para uso na confecção de tijolos de solo-cimento.

BIBLIOGRAFIA

- [1] JUNIOR, Marsis Cabral; MOTTA, José Francisco Marciano; ALMEIDA, Amilton dos Santos; TANNO, Luiz Carlos (2005). **Argilas para Cerâmica Vermelha**. Disponível em: <http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1085/1/28.ARG.%20CER.VERM%20.pdf>. Acesso em: 29 Jan. 2019.
- [2] SILVEIRA, G. C. Luna da; SALLET, R. Guimarães (2002). **Caracterização físico-química de argilas do município de Itajá-RN para utilização em indústria cerâmica vermelha**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/43001350-Characterizacao-fisico-quimica-de-argilas-do-municipio-de-itaja-rn-para-utilizacao-em-industria-ceramica-vermelha.html>. Acesso em: 30 Jan. 2019.
- [3] CARVALHO, Otacílio Oziel de (2003). **O polo cerâmico do seridó, no rio grande do norte – características e peculiaridades**. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbc/2003/artigos/47cbc-5-58.doc>. Acesso em: 07 Fev. 2019.

- [4] COELHO, José Mário (2009). **Perfil de argilas para Cerâmica Vermelha**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P23_RT32_Perfil_da_Argila.pdf/b6fc71dc-3c0a-4eb1-b2a5-df62b2c3bec0. Acesso em: 07 Fev. 2019.
- [5] SILVEIRA, Luna da, G. C; SALLET, R; ACCHAR, W; GOMES, U. U. (2007). **Análise química das argilas dos municípios de São Gonçalo do Amarante/RN e Itajá/RN utilizadas na indústria de cerâmica estrutural**. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/12/12-486-180.htm>. Acesso em: 30 Jan. 2019.
- [6] MEIRA, J. M. L. (2011). **Argilas: o que são, suas propriedades e classificação**. Disponível em: http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com09.pdf. Acesso em: 05 Fev. 2019.
- [7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10833: Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2013.
- [8] SANTOS, Ártano Silva do (2009). **As argilas como materias-primas cerâmicas**. Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAah5cAE/as-argilas-como-materias-primas-ceramicas>. Acesso em: 05 Fev. 2019.
- [9] BRANCO, Pércio de Moraes (2014). **Minerais Argilosos**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Minerais-Argilosos-1255.html>. Acesso em: 30 Jan. 2019.
- [10] SOUSA, R. F; ASSIS, R. B; MENDES, J. U. L; PASKOCIMAS, C. A; MOTTA, F. V. (2012). **Estudo das propriedades pré e pós queima da mistura de argilas da região de boa saúde e do município de itajá (rn) objetivando a obtenção de tijolos cerâmicos de encaixe**. Disponível em: arquivos.info.ufrn.br/arquivos/2014207004e3ce216842510e152100b8f/102-275.pdf. Acesso em: 05 Jan. 2019.
- [11] ANGST, Eliana Reis (2013). **Análise comparativa entre tijolos cerâmicos e tijolos de solo - cimento**. Disponível em: <file:///C:/Users/Antonio/OneDrive/Documents/BCT/7%C2%BA%20Per%C3%ADodo/TCC/Artigos%20para%20TCC/An%C3%A1lise%20comparativa%20entre%20tijolos%20cer%C3%A2micos%20e%20tijolos%20de%20solo%20-%20cimento.pdf>. Acesso em: 22 Dez. 2019.
- [12] PINTO, C. D. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 367 p. ISBN 978-85-86238-51-2.
- [13] CAPUTO, H. P. **Mecânica dos Solos e Suas Aplicações**. rev. e ampl. - [Reimpr.] 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2013. 234 p.
- [14] FIGUEIREDO, Suélen Silva (2011). **Estudo da durabilidade de tijolos solo-cal incorporados com resíduos de demolição da construção civil**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/7985836-Estudo-da-durabilidade-de-tijolos-solo-cal-incorporados-com-residuos-de-demolicao-da-construcao-civil.html>. Acesso em: 31 Jan. 2019.
- [15] WEBER, Eduardo; CAMPOS, Roger Francisco Ferreira de; BORGA, Tiago (2017). **Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil**. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/ignis/article/download/1178/706>. Acesso em: 08 Fev. 2019.
- [16] FIQUEROLA, Valentina (2004). **Alvenaria de solo-cimento**. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/85/artigo286284-1.aspx>. Acesso em: 23 Jan. 2019.
- [17] ALCANTARA, Marco Antônio de Moraes; SANTOS, Lucas Pereira dos; LIMA, Dario Cardoso de; SILVA SEGANTINI, Antônio Anderson da; AKASAKI, Jorge Luís (2011). **O uso de cinzas de casca de arroz como aditivo auxiliar na produção de tijolos de solo-cal**. Disponível em: <file:///C:/Users/Antonio/Downloads/15723-Texto%20do%20artigo-68855-1-10-20120108.pdf>. Acesso em: 25 Fev. 2019.
- [18] SILVA, Sandra Regina da (2005). **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. Disponível em: <http://pos.dees.ufmg.br/defesas/239M.PDF>. Acesso em: 25 Fev. 2019.
- [19] SILVA MILANI, Ana Paula da (2005). **Avaliação físico-mecânica de tijolos de solocimento e de solo-cal adicionados de casca de arroz**. Disponível em: http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257511/1/Milani_AnaPauladaSilva_M.pdf. Acesso em: 08 Fev. 2019.
- [20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6459: Determinação do Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro, 1988.
- [21] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7180: Determinação do Limite de Plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984.
- [22] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7181: Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984.
- [23] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1986.