



## Viabilização técnica do reuso do resíduo de calcário laminado na fabricação de tijolos solo-cimento

*Technical feasibility of reuse of laminated limestone waste in the manufacture of soil-cement bricks*

Sara Oliveira Santos<sup>1</sup>  
Danilo Acácio Pereira<sup>2</sup>  
Alex Jussileno Viana Bezerra

**Resumo:** Nas cidades de Nova Olinda e Santana do Cariri, localizadas no interior do Ceará, a atividade mineralógica de calcário laminado, comercialmente chamado de Pedra de Santana ou Pedra Cariri, encontra-se como uma importante atividade econômica do estado. A atividade de extração e beneficiamento da pedra causam impactos ambientais e geram diversas categorias de resíduos, um deles é o resíduo da serragem da Pedra Cariri (RSPC). Esse artigo apresenta resultados de ensaios de laboratório, através dos quais se objetivou buscar a viabilização do reuso do RSPC, como substituto parcial do solo que será utilizado na fabricação dos tijolos solo-cimento (tijolo ecológico). Foram realizados ensaios com o solo, com o resíduo e com as composições feitas com 10%, 15%, 20%, 30%, 40% e 50% de resíduo passante na peneira 600 µm, sendo a substituição feita em massa do solo, a fim de melhorar as características técnicas deste material, obedecendo aos requisitos estabelecidos na norma NBR 10833 (ABNT, 2012), que especifica qual o solo ideal a ser utilizado na fabricação de tijolo deste tipo. Verificou-se que o solo utilizado não cumpre um dos requisitos, assim, todas as substituições de resíduo, exceto de 5%, proporcionaram melhoria na granulometria do solo, portanto, tornando viável sua utilização.

**Palavras-chave:** Destinação do resíduo. Sustentabilidade. Calcário laminado. Tijolo solo-cimento.

**Abstract:** In the cities of Nova Olinda and Santana do Cariri, located in the interior of Ceará, the mineralogical activity of laminated limestone, commercially called Pedra de Santana or Pedra Cariri, is an important economic activity in the state. The activity of extracting and processing the stone causes environmental impacts and generates several categories of waste, one of which is the sawdust residue from Pedra Cariri

<sup>1</sup> Tecnóloga em construção de edifícios. IFCE - Juazeiro do Norte. E-mail: saraifcejn@gmail.com

<sup>2</sup> Tecnólogo em construção de edifícios. IFCE - Juazeiro do Norte. E-mail: acacioaquarium@hotmail.com



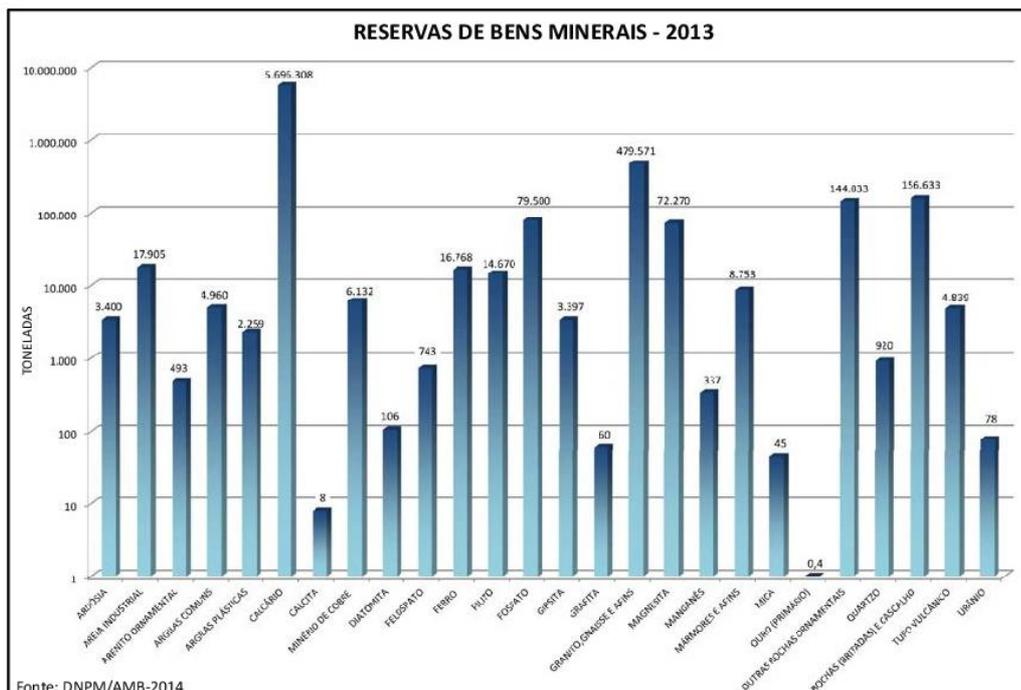
(RSPC). This article presents results of laboratory tests, through which the objective was to seek the viability of the reuse of the RSPC, as a partial substitute for the soil that will be used in the manufacture of soil-cement bricks (ecological brick). Tests were carried out with the soil, with the residue and with the compositions made with 10%, 15%, 20%, 30%, 40% and 50% of residue passing through the 600 µm sieve, the substitution being made in mass of the soil, in order to improve the technical characteristics of this material, obeying the requirements established in standard NBR 10833 (ABNT, 2012), which specifies the ideal soil to be used in the manufacture of this type of brick. It was found that the soil used does not meet one of the requirements, thus, all waste substitutions, except 5%, provided an improvement in soil granulometry, thus making its use viable.

**Keywords:** Waste destination. Sustainability. Laminated limestone. Soil-cement brick.

## 1 Introdução

De acordo com o atlas geológico e de mineração do Ceará (ADECE, 2017), no estado, as maiores reservas de minerais são de calcário, contabilizadas em 2013 em 5.696.308 toneladas (Gráfico 1).

**Gráfico 1 - Reservas de bens minerais do Ceará**



Fonte: DNPM/AMB-2014

Fonte: (ADECE, 2017).



O calcário laminado é utilizado na fabricação da Pedra Cariri (Pedra de Santana), entretanto, não é totalmente aproveitado. De acordo com Vidal e Padilha (2003), desde o processo de lavra até o beneficiamento, cerca 70% de material são perdidos devido a uma lavra realizada de forma rudimentar e sem estudos prévios, causando assim grandes impactos ambientais.

Apesar da importância econômica dessa atividade na região do Cariri, o desperdício torna-se um problema ambiental, por isso é de grande interesse pesquisar formas de reuso desse material, que é descartado em grande quantidade e pouco utilizado.

Com o avanço do desenvolvimento sustentável aliado à industrialização, a procura por materiais e métodos que não agridam o meio ambiente tem se tornado uma responsabilidade, principalmente na indústria da construção civil, por ser uma atividade que polui em todos seus processos, desde a extração da matéria-prima até uma futura demolição.

Com o aumento do conhecimento em relação a utilização de produtos sustentáveis surge o tijolo solo-cimento, também conhecido como tijolo ecológico, que de acordo com Grande (2013), possui diversas vantagens, pois além de serem produzidos por prensas manuais, possui um baixo custo e boa durabilidade, sendo seu processo de fabricação isento de queima, diferente dos tijolos convencionais, anulando as emissões de gases tóxicos e a degradação ambiental.

Segundo Gonçalves (2012), a fabricação do tijolo consiste em fazer a mistura de solo e cimento peneirados com adição da água para uma melhor compactação, logo após esse material é prensado e curado por 28 dias através da molhagem (hidro cura).

A escolha do tijolo solo-cimento para realizar o estudo da incorporação do resíduo da serragem da Pedra Cariri (RSPC), como substituto parcial do solo, veio com a proposta de dar uma destinação diferente para um material que antes não teria outra utilização. Além disso, a inserção de um resíduo em sua composição poderá aumentar a contribuição ecológica deste material.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a viabilidade de reutilizar o resíduo de serragem de Pedra Cariri (RSPC) como substituto parcial do solo a fim de melhorar sua granulometria e torná-lo utilizável na produção dos tijolos solo-cimento.

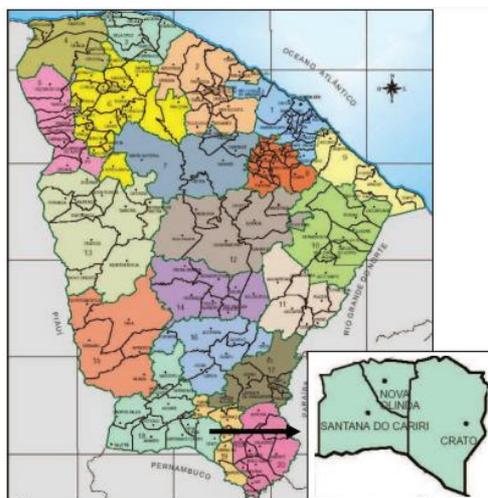


## 2 Material e métodos

### 2.1 Coleta dos materiais

No Ceará, as cidades que são caracterizadas pela atividade de extração de calcário laminado são Nova Olinda e Santana do Cariri (Figura 1), situadas ao sul do estado, as lavras nas pedreiras ocorrem a céu aberto e em sua maioria de forma rudimentar.

**Figura 1** - Mapa do Ceará



Fonte: Vidal e Padilha (2003).

O pó do beneficiamento da Pedra Cariri foi coletado em uma pedreira localizada em Nova Olinda-CE, o material estava seco durante a coleta (Figura 2) e encontrava-se endurecido pela reação de evaporação da água que foi jogada durante o corte das pedras.



**Figura 2** - Coleta do resíduo



Fonte: Elaborada pela autora (2018).

O solo utilizado foi coletado no campo experimental da Universidade Federal do Cariri (UFCA), situada em Juazeiro do Norte- CE. As amostras coletadas foram caracterizadas quanto a sua granulometria por peneiramento, limite de liquidez e limite de plasticidade.

A análise granulométrica foi realizada de acordo com o procedimento utilizado com solos, seguindo a norma NBR 7217 (ABNT, 1987) que determina a distribuição dos tamanhos dos grãos para fazer representação em uma curva e realizar a caracterização física do resíduo.

Os ensaios do limite de liquidez e limite de plasticidade foram realizados, respectivamente, de acordo com NBR 6459 (ABNT, 2016) e a NBR 7180 (ABNT, 2016) e vão determinar o teor de umidade das amostras. A recomendação da norma diz que o material utilizado deve ter o limite de liquidez menor que 45% e o índice de plasticidade deve ser menor que 18%. Os ensaios foram executados no laboratório de Mecânica dos solos do IFCE – *campus* Juazeiro do Norte.

## 2.2 Caracterização do solo

De acordo com o ensaio de granulometria, o solo possui módulo de finura de 1,40 e dimensão máxima de 1,18mm. Com a realização do ensaio de limite de plasticidade e limite de liquidez, foi classificado como não plástico (NP), já que a ranhura sempre fechava com menos que 25 golpes.



**Tabela 1** – Características do solo em estudo

<b>Propriedades</b>	<b>Valor</b>
Dimensão máxima	1,18 mm
Módulo de Finura	1,40
%Passante na peneira 0,075mm	8,75%
%Passante na peneira 4,75mm	100%
LL/LP/IP	NP

Fonte: Elaborada pela autora (2018).

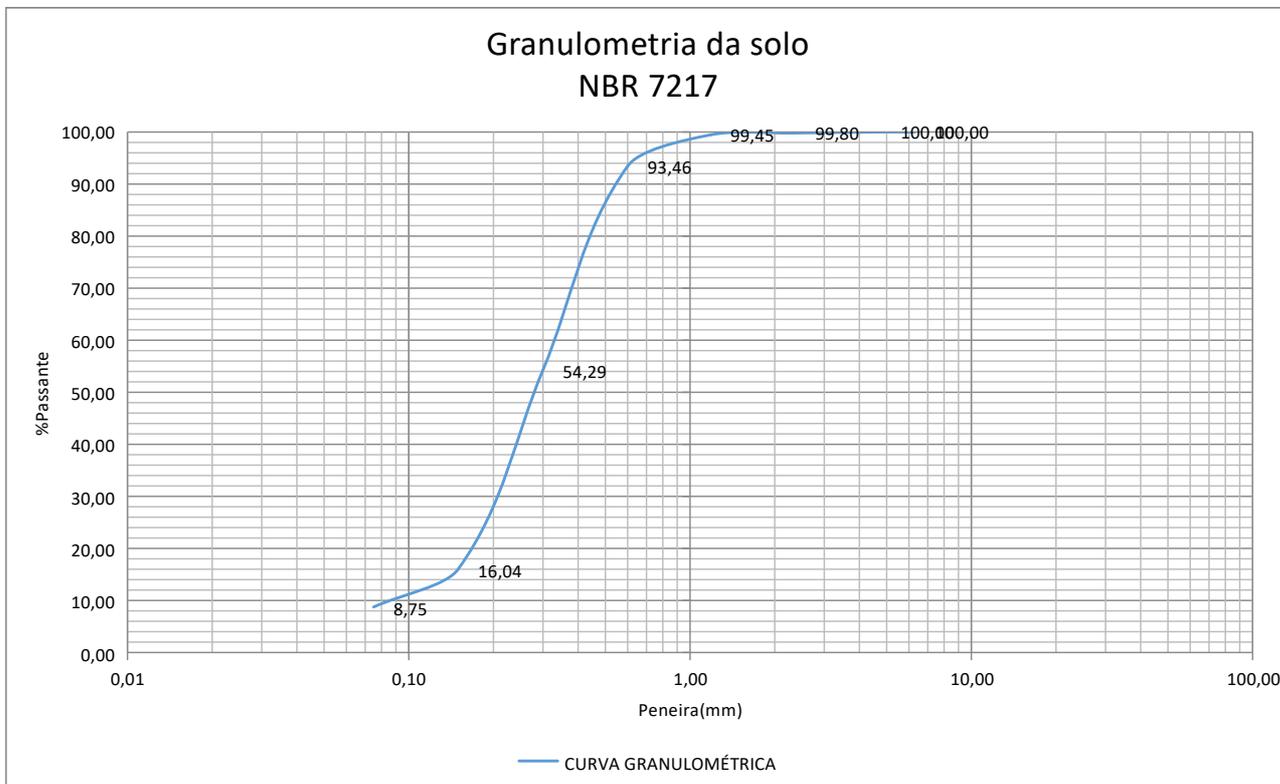
De acordo com a NBR 10833 (ABNT, 2012), os requisitos do solo ideal para fazer parte da mistura utilizada para fabricar o tijolo solo-cimento são:

- 100% passante na peneira de **4,75** mm;
- 10% a 50% passante na 0,075 mm;
- Limite de liquidez  $\leq 45\%$ ;
- Índice de plasticidade  $\leq 18\%$ .

Fazendo o comparativo com esta norma, verificamos que o solo obedece a todos os requisitos, com exceção de ter 10% a 50% passante na peneira de 0,075 mm (Gráfico 2).



**Gráfico 2** – Granulometria do solo em estudo



Fonte: Elaborada pela autora (2018).

### 2.3 Caracterização do resíduo

O resíduo coletado possui incidências de partículas maiores, logo foi preparado previamente através do descarte do material retido da peneira de 0,6 mm para cima, para fim de outros estudos, onde cabe o uso de materiais com granulometria maior, assim, para esse estudo, foi aproveitada a parte fina do material.

De acordo com o ensaio de granulometria, o resíduo possui módulo de finura de 0,70 e dimensão máxima de 0,6mm. Com a realização do ensaio de limite de plasticidade e limite de liquidez, foi classificado como não plástico (NP), já que, assim como o solo, a ranhura sempre fechava com menos que 25 golpes.



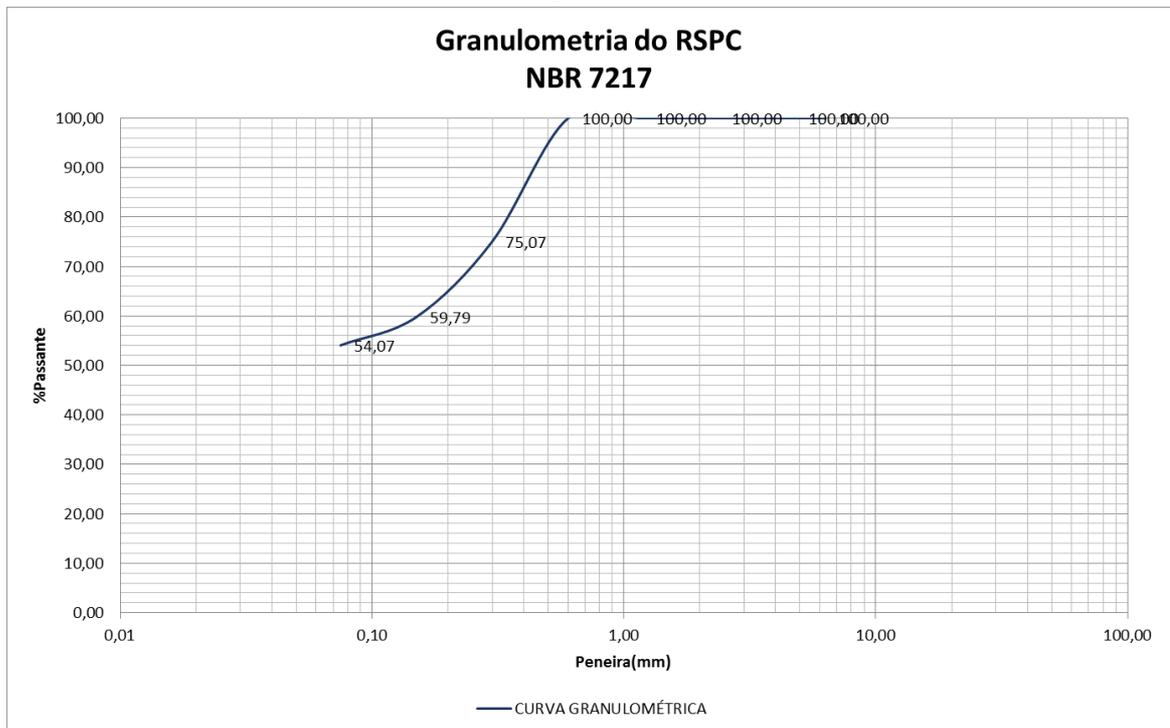
**Tabela 2** – Características do RSPC

Propriedades	Valor
Dimensão máxima	0,6 mm
Módulo de Finura	0,70
%Passante na peneira 0,075mm	54,07%
%Passante na peneira 4,75mm	100%
LL/LP/IP	NP

Fonte: Elaborada pela autora (2018).

Como o resíduo apresentou grande quantidade de finos, verificou-se que seria possível utilizá-lo para a correção da granulometria do solo, além de que seu índice de plasticidade também se apresentou como não plástico, com isso a plasticidade de uma mistura solo-resíduo não mudaria.

**Gráfico 3** – Curva granulométrica do RSPC



Fonte: Elaborada pela autora (2018).



### 3 Resultados e discussões

Com a realização dos ensaios de caracterização dos materiais, viu-se que o solo não cumpre o requisito de ser 10% a 50% passante na peneira de 0,075mm. O resíduo utilizado é bastante pulverulento, tendo mais de 50% passante na peneira requerida. Foi decidido realizar composições de solo + resíduo em porcentagens de 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% e 50% de resíduo como substituto em massa do solo, a fim de melhorar a granulometria deste, saber qual melhor porcentagem para sua correção e torná-lo ideal para confecção do tijolo solo-cimento. Abaixo estão as proporções utilizadas.

**Tabela 3** – Proporções utilizadas para mistura solo-resíduo

<b>Massa de solo (g)</b>	<b>Porcentagem de resíduo (%)</b>	<b>Proporção (solo + resíduo) (g)</b>
<b>500</b>	<b>10</b>	<b>450 / 50</b>
<b>500</b>	<b>15</b>	<b>425 / 75</b>
<b>500</b>	<b>20</b>	<b>400 / 100</b>
<b>500</b>	<b>30</b>	<b>350 / 150</b>
<b>500</b>	<b>40</b>	<b>300 / 200</b>
<b>500</b>	<b>50</b>	<b>250 / 250</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2018).

Com as proporções pesadas foram realizados ensaios de granulometria. Conforme as porcentagens de resíduo são adicionadas, a quantidade de material passante na peneira 0,075 mm também aumenta, como visto na tabela e gráfico abaixo.

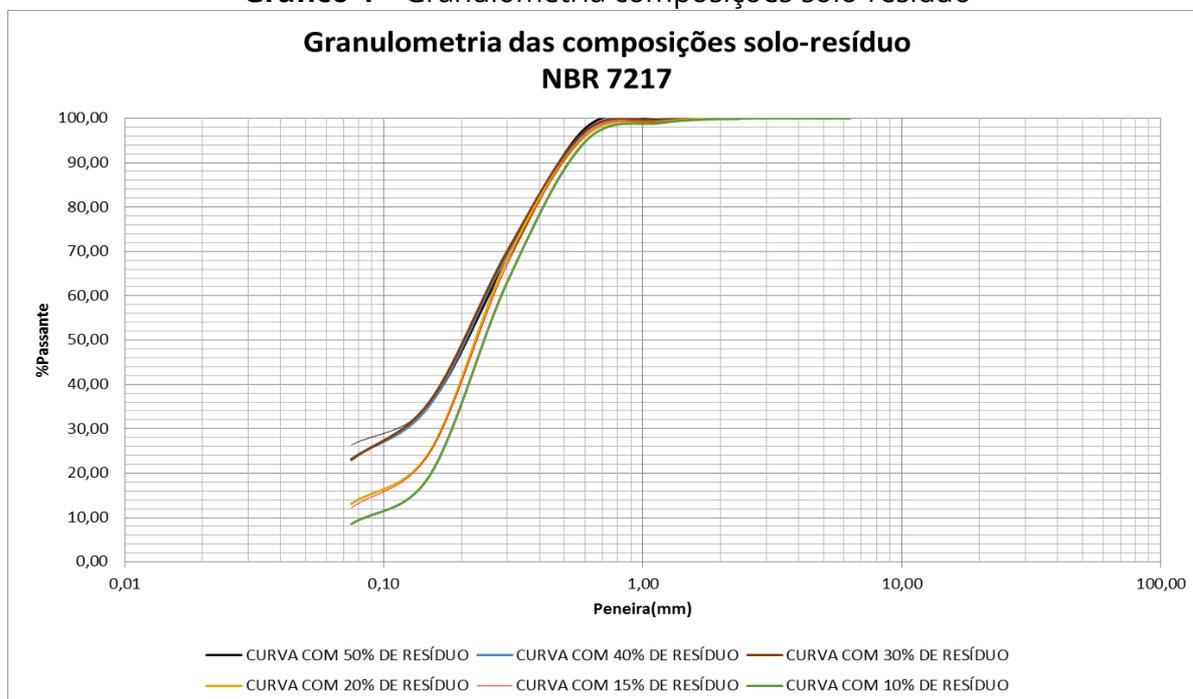


**Tabela 4** – Resumo das porcentagens passantes na peneira 0,075mm

Porcentagem do resíduo (%)	Porcentagem passante em 0,075mm (g)
10	8,55
15	12,19
20	13,10
30	23,01
40	23,22
50	26,33

Fonte: Elaborada pela autora (2018).

**Gráfico 4** – Granulometria composições solo-resíduo



Fonte: Elaborada pela autora (2018).



#### 4 Conclusão

Com essa pesquisa foi possível concluir que a adição do pó da serragem do resíduo de tamanho <0,6 mm em proporções de 30%, 40% e 50% obteve os melhores resultados, e tornaram o solo compatível com os requisitos da NBR 10833 (ABNT, 2012), podendo assim viabilizar a utilização do resíduo como matéria-prima alternativa e ecológica. O estudo foi para a caracterização dos materiais e melhoria com o resíduo, logo para saber se os tijolos feitos com esse solo-resíduo teriam boas resistências, é preciso analisar ensaios de resistência à compressão e absorção de água com corpos de provas.

##### SUGESTÕES TRABALHOS FUTUROS:

- Realizar a confecção de corpos de provas com as composições de solo-resíduo para verificar sua atuação física e mecânica;
- Realizar ensaios de resistência à compressão e absorção de água;
- Realizar estudo de substituição do cimento pelo resíduo;
- Utilizar o material >0,6 mm para outros fins de pesquisa.

#### Referências

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ - ADECE. **Atlas Geológico e da Mineração do Estado do Ceará**. Disponível em:

<https://www.adece.ce.gov.br/2017/06/02/governo-lanca-atlas-geologico-e-da-mineracao-do-estado-do-ceara/>. Acesso em: 15 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7217: **Solo – determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: **Solo – determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: **Determinação do limite de liquidez – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10833: **Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica -**



**Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 3 p.

GONÇALVES, Jailson dos Santos. **Confecção de tijolos ecológicos com adição de pó da pedra cariri.** 2012. TCC (Graduação) – Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Juazeiro do Norte, 2012.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa.** 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2003.

VIDAL, Francisco Wilson Holanda; PADILHA, Manoel William Montenegro. A indústria extrativa da pedra Cariri no estado do Ceará: problemas x soluções. *In: ANAIS DO IV SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 4., 2003, Fortaleza. Anais [...].* Rio de Janeiro: CETEM/SBG, 2003. p. 199-210. Disponível em: [http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1489/1/26-IV\\_simposio\\_de\\_rochas\\_ornamentais\\_do\\_nordeste.pdf](http://mineralis.cetem.gov.br/bitstream/cetem/1489/1/26-IV_simposio_de_rochas_ornamentais_do_nordeste.pdf). Acesso em: 02 jul. 2018.