

## ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE CAULIM EM ARGAMASSA ALTERNATIVA

**Raquel Ferreira do Nascimento (\*), Bruno de Souza Santos, Suelen Silva Figueiredo Andrade, Larissa Santana Batista**

\*Universidade Federal de Campina Grande, raquelfn96@hotmail.com

### RESUMO

A fim de aliar o progresso da indústria da construção com a preservação do meio ambiente, têm-se desenvolvido estudos entre os quais, o estudo da produção de materiais alternativos constitui-se em uma vertente promissora. Entre os materiais cujas pesquisas tem sido desenvolvidas, está a argamassa, material bem presente ao longo de todo o processo construtivo, composto, de forma geral, por aglomerante, agregado miúdo e água. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo seguir a linha de pensamento supracitada, produzindo argamassa alternativa de assentamento e revestimento incorporadas com resíduo de caulim, em substituição parcial ao agregado miúdo natural, verificando o seu desempenho através da análise da propriedade mecânica de resistência à compressão simples. Para tanto realizou-se a caracterização física dos materiais (granulometria, massa unitária, massa específica e finura do cimento) e em seguida a moldagem dos corpos de prova. Foram moldados 5 corpos de prova para cada composição do traço 1:4 (em volume) e para cada idade de cura (7, 14 e 28 dias). Após a cura dos corpos de prova, realizou-se o ensaio mecânico de resistência à compressão simples para análise do desempenho da argamassa alternativa. Verificou-se que aos 28 dias a composição com 30% de caulim apresentou melhor desempenho.

**PALAVRAS-CHAVE:** argamassa, caulim, resíduo, construção.

### ABSTRACT

In order to ally the progress of the construction industry with the preservation of the environment, studies have been developed among which, the study of the production of alternative materials is a promising aspect. Among the materials whose research has been developed, is the mortar, a very present material in the construction process, composed, in general, of binder, small aggregate and water. The objective of this work was to follow the aforementioned line of thought, producing alternative mortar of settlement and coating incorporated with kaolin residue, in partial substitution to the natural small aggregate, verifying its performance through the analysis of the mechanical property of resistance to compression. For this purpose, it was made the physical characterization of the materials (granulometry, unit mass, specific mass and fineness of the cement) and then the molding of the specimens. 5 specimens were molded for each composition of trace 1: 4 (by volume) and for each age of cure (7, 14 and 28 days). After the curing of the test specimens, the mechanical test of resistance to compression were performed to analyze the performance of the alternative mortar. It was verified that at 28 days the composition with 30% of kaolin presented better performance.

**KEY WORDS:** mortar, kaolin, waste, construction.

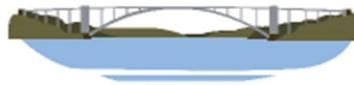
### INTRODUÇÃO

A busca por materiais alternativos no setor construtivo tem crescido, especialmente com o agravamento da problemática ambiental e o desenvolvimento da ideia de construção sustentável. Dessa forma, novos materiais cuja fabricação incorpora resíduos que seriam lançados na natureza, estão sendo estudados e produzidos (NÓBREGA, 2007).

Entre os resíduos mais abundantes, encontra-se o originado do beneficiamento do caulim que tem sido empregado em vários setores industriais e atualmente tem aplicação na construção civil. No processo de beneficiamento são produzidos dois tipos de resíduos: o grosso, que não possui valor comercial e dificilmente é incorporado na fabricação de algum elemento e o fino, mais utilizado e incorporado nos processos produtivos dada a sua característica pozolânica (DIAS, 2010).

Percebe-se então, que o maior desafio está relacionado a retirada do resíduo grosso do caulim da natureza e a realização do seu reaproveitamento. Diante disso, o estudo da viabilidade de incorporação desse resíduo em materiais da indústria da construção se constitui uma medida promissora.

Dentre os materiais mais comuns, a argamassa utilizada para assentamento de tijolos e para revestimento (chapisco, emboço e reboco), é um material composto por agregado miúdo, aglomerante e água, em que a incorporação do resíduo



de caulim se torna viável. A maior parte dos estudos realizados apresentam a incorporação do resíduo fino em substituição de parcela do aglomerante visto a propriedade pozolânica do mesmo. O presente trabalho propõe o estudo da argamassa produzida com substituição parcial do agregado miúdo por resíduo grosso de caulim, verificando sua resistência à compressão simples.

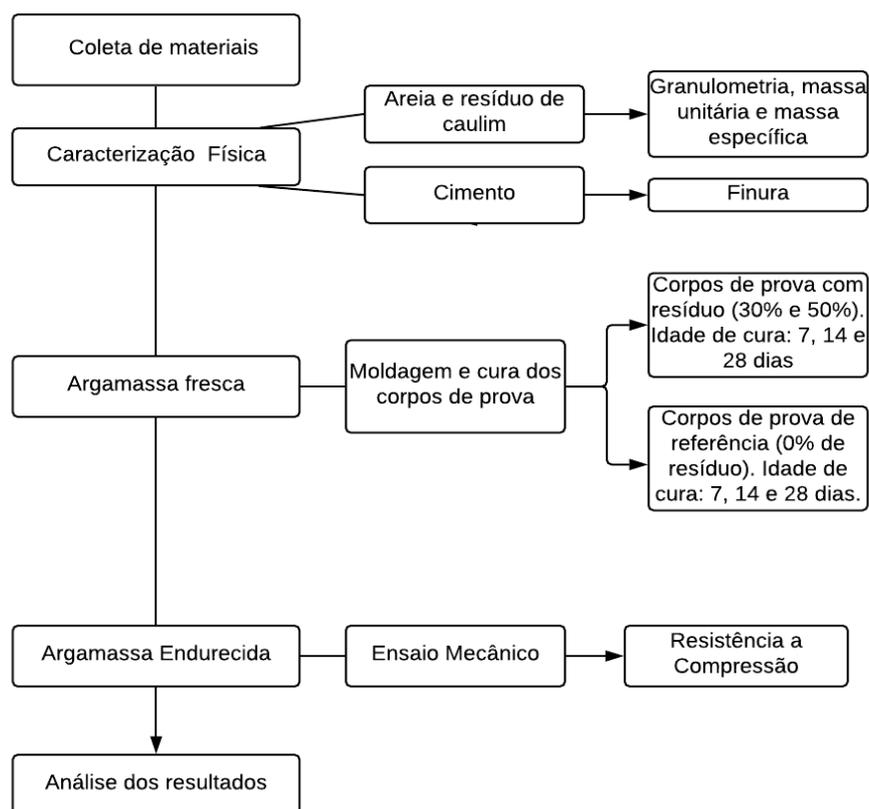
## OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo geral estudar a viabilidade de utilização do resíduo grosso de caulim incorporado às argamassas de assentamento e revestimento. Assim descreve-se os objetivos específicos:

- Caracterizar as matérias primas convencionais e alternativas, quanto aos aspectos físicos.
- Caracterizar tecnologicamente as propriedades físico-mecânicas da argamassa incorporada com o resíduo por meio do ensaio de resistência a compressão simples.
- Comparar os resultados obtidos da argamassa incorporada com o resíduo, com os convencionais e os valores estabelecidos em normas.

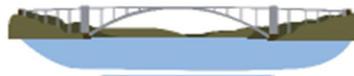
## METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta o fluxograma das atividades desenvolvidas.



**Figura 1: Fluxograma das atividades desenvolvidas**

Inicialmente foi realizada a coleta do resíduo grosso de caulim, no município de Junco do Seridó – PB que foi, então, beneficiado de forma física por peneiramento na malha 2,4 mm. Com base nas normas da ABNT, foram realizados os ensaios de caracterização física do resíduo e dos demais materiais – areia e cimento - (análise granulométrica e determinação das massas unitária e específica). Em seguida determinou-se o traço e realizou-se as moldagens dos corpos de prova. As substituições parciais da areia pelo resíduo no traço (1:4 – em volume) foram feitas nas proporções de 30% e 50%. Após a cura úmida dos mesmos (7, 14 e 28 dias), deu-se início ao ensaio de resistência à compressão simples, a fim de verificar o desempenho da argamassa alternativa.



**Caracterização física:** A determinação da massa unitária dos materiais foi realizada segundo a ABNT NBR NM 45/06. Utilizando-se um recipiente com volume conhecido, pesou-se três amostras dos materiais e fez-se a média dos valores encontradas, subtraindo-se a massa do recipiente. A massa unitária foi obtida pela divisão da média das massas pelo volume do recipiente. A massa específica da areia e do resíduo foi obtida segundo a DNER – ME 084/95 e a do cimento baseou-se na ABNT NBR 16605/17. A finura do cimento foi determinada de acordo com a ABNT NBR 11579/13.

**Moldagem e cura dos corpos de prova:** Os corpos de prova foram moldados conforme previsto na norma ABNT NBR 7215/97 utilizando-se moldes cilíndricos, com dimensões básicas de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. Durante a moldagem, cada corpo de prova foi formado a partir de quatro camadas. O adensamento das mesmas foi realizado pela aplicação de 30 golpes em cada uma, golpes estes executados pelo manuseio de um soquete.

O traço utilizado para a confecção desses corpos (1:4 – em volume) foram feitos com os materiais comuns a composição da argamassa (cimento + areia + água) e com o resíduo grosso de caulim que foi utilizado em substituição parcial à areia, em duas proporções: 30% e 50%, sendo também confeccionados corpos de prova convencionais, sem adição do resíduo, a fim de servir como parâmetro de comparação e verificação das propriedades pretendidas neste trabalho. Foram moldados 5 corpos de prova para cada composição de cada traço e para cada idade de cura.

O tipo de cura utilizada foi a cura úmida, na qual os corpos de prova, após moldados, foram colocados submersos em água durante 7, 14 e 28 dias (idades de cura).

**Análise da resistência à compressão simples:** após a moldagem e cura dos corpos de prova para estudo, foi realizado o ensaio de resistência a compressão simples. Para tanto, os corpos de prova foram rompidos em prensa hidráulica manual SKAY de acordo com a ABNT NBR 7215/97.

## RESULTADOS

**Análise Granulométrica:** o procedimento foi realizado em conformidade com a ABNT NM 248/03. A Figura 1 apresenta as curvas granulométricas do resíduo de caulim e da areia. É possível perceber, então, semelhanças entre as curvas granulométricas, da areia e do resíduo de caulim (Figura 2) de modo que apresentam quantidade próxima de grãos no intervalo compreendido entre 1,2 mm e 0,30 mm. Há, entretanto, maior quantidade de partículas de diâmetro igual a 1,2 mm no resíduo de caulim em relação a areia o que pode proporcionar preenchimento de vazios com tais dimensões, não supridos totalmente apenas pelo agregado natural.

O agregado natural, por sua vez, contém maior quantidade de grãos com dimensões iguais a 0,60 mm e 0,30 mm, quando comparado ao resíduo, o que em conjunto com as partículas de caulim proporcionam preenchimento mais eficaz dos vazios. Percebe-se ainda que o resíduo apresenta uma quantidade maior de finos que a areia (material passante na peneira 0,15 mm), que apesar de proporcionar maior trabalhabilidade, exige maior quantidade de água na mistura e pode tornar o material menos resistente.

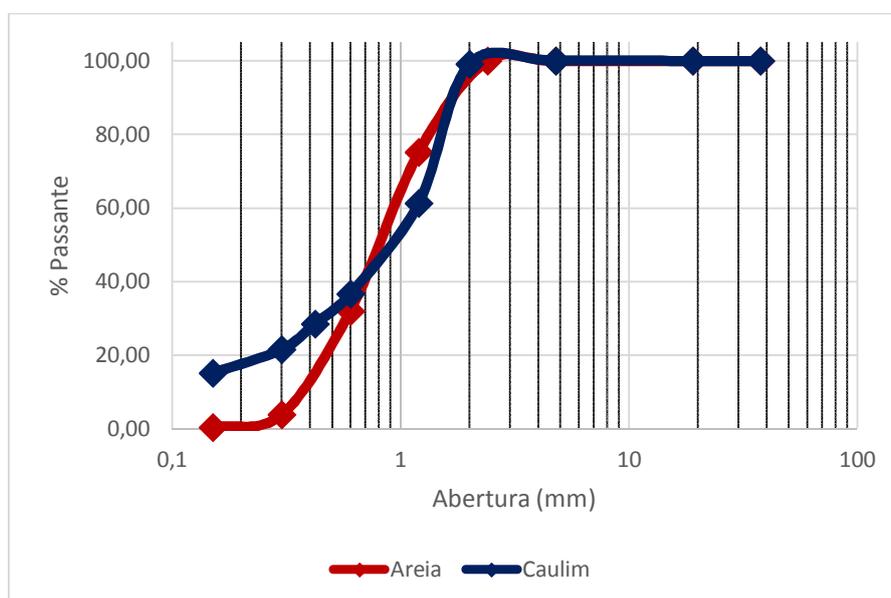


Figura 2: Curvas granulométricas caulim x areia. Fonte: Autor do Trabalho.



**Massa unitária, massa específica e finura do cimento:** para a determinação da massa específica foram adotados os procedimentos descritos na ABNT NBR NM 52/03. A massa unitária foi determinada no estado solto utilizando um recipiente de massa e volume conhecidos, no qual se fez três leituras para cada material e as médias dessas leituras foi o valor considerado. A finura do cimento foi determinada pela ABNT NBR 11579/12. Os valores obtidos para cada material estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1. Características físicas dos materiais. Fonte: Autor do Trabalho.**

| Material          | Massa Unitária (g/cm <sup>3</sup> ) | Massa específica (g/cm <sup>3</sup> ) | Finura (%) |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------|
| Areia             | 1,53                                | 2,60                                  | -          |
| Resíduo de caulim | 1,32                                | 2,59                                  | -          |
| Cimento           | 1,40                                | 2,96                                  | 2,7        |

**Relações água/cimento:** A Tabela 2 apresenta as relações água/cimento utilizadas em cada proporção de substituição de resíduo. Verifica-se que há uma relação direta entre o aumento da quantidade de resíduo incorporado e a elevação da relação água/cimento. Isso ocorre devido a maior quantidade de finos do resíduo que reflete em maior trabalhabilidade, porém, indica também partículas com maiores áreas específicas em relação ao agregado natural e uma consequente elevação da absorção de água no material. Assim, com o aumento da proporção de resíduo na argamassa, a quantidade de água requerida também aumentou.

**Tabela 2. Relações água/cimento. Fonte: Autor do Trabalho.**

| Traço 1:4                |             |
|--------------------------|-------------|
| Proporção de resíduo (%) | Relação a/c |
| 0%                       | 0,80        |
| 30%                      | 1,10        |
| 50%                      | 1,20        |

**Resistência à compressão simples:** a Tabela 3 e a Figura 3 apresentam os resultados de resistência à compressão simples para as argamassas do traço 1:4 para as três idades de cura (7, 14 e 28 dias).

**Tabela 3. Resultados do ensaio de resistência à compressão – Traço 1:4. Fonte: Autor do Trabalho.**

| Resistência a compressão (MPa) – Traço 1:4 (em volume) |             |             |             |
|--|-------------|-------------|-------------|
| Cura/proporção   | 0%          | 30%         | 50%         |
| 7 dias   | 4,10 ± 0,28 | 3,12 ± 0,37 | 2,14 ± 0,02 |
| 14 dias  | 6,18 ± 1,24 | 3,75 ± 0,27 | 3,31 ± 0,27 |
| 28 dias  | 6,96 ± 0,87 | 5,19 ± 0,64 | 4,98 ± 1,08 |

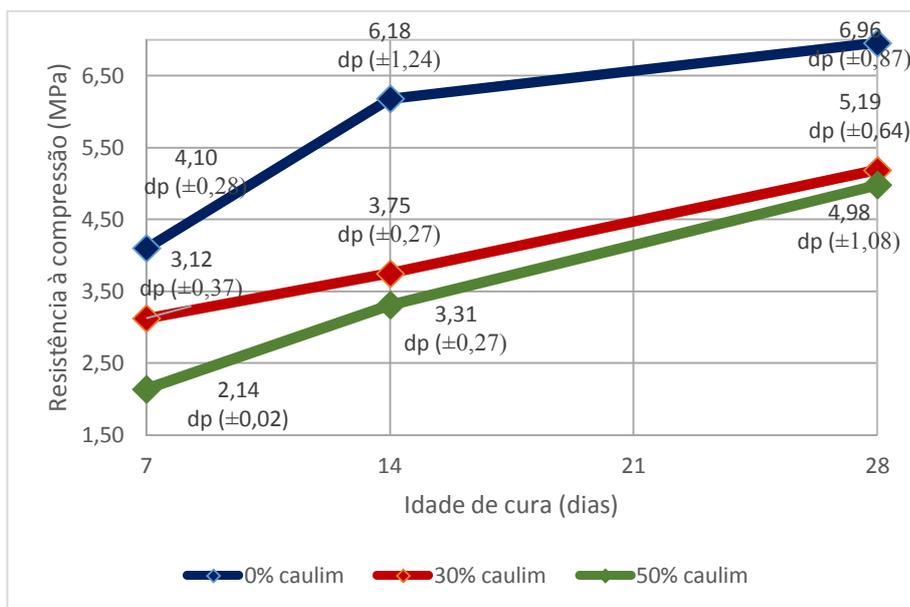


Figura 3: Resultados do ensaio de resistência à compressão – Traço 1:4. Fonte: Autor do Trabalho

dp: desvio padrão

Ao analisar os resultados referentes à resistência à compressão, percebe-se que as argamassas de 30% e 50% de resíduo de caulim para o traço estudado obtiveram resistência superior à mínima estabelecida pelas normas americana ASTM C 270-82 e ABNT NBR 13281/05 igual a 2 Mpa, desde os 7 dias de cura, sendo o menor valor inicial igual a 2,14 MPa, referente ao traço 1:4 com 50% de resíduo. Aos 28 dias de cura as resistências obtidas foram maiores que as constatadas por Nóbrega (2007), para os traços com cimento e resíduo de caulim grosso que foi incorporado 100% em substituição ao agregado natural. As duas composições apresentaram valores de resistência próximos aos da argamassa de referência, havendo, no entanto, pequeno acréscimo de resistência entre 7 e 28 dias.

A redução da resistência do material mediante o acréscimo de resíduo na mistura pode ser explicada, entre outros fatores, além da maior quantidade de finos em relação a areia, pela estrutura lamelar de suas partículas e pela forte presença de mica que, por possuir textura mais lisa, apresenta tensão de ruptura mais baixa, maior ductilidade e maior porosidade, fatores que diminuem a rigidez da argamassa (NÓBREGA, 2007 *apud* MEHTA e MONTEIRO, 1994). Contudo, os valores de resistência ainda se mantêm dentro do estabelecido pelas normas e, portanto, há viabilidade de aplicação do resíduo em argamassas alternativas.

De acordo a ABNT NBR 13281/05, pode-se, pelos resultados obtidos de resistência, classificar as argamassas com incorporação de caulim para 28 dias, de forma resumida na Tabela 4.

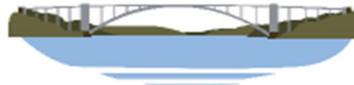
Tabela 41. Classificação e nomenclatura das argamassas com incorporação de caulim, baseada na resistência à compressão, segundo a ABNT NBR 13281/05. Fonte: Autor do Trabalho.

| Traço 1:4                |              |
|--------------------------|--------------|
| Proporção de resíduo (%) | Nomenclatura |
| 0%                       | P5           |
| 30%                      | P4           |
| 50%                      | P4           |

## CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a incorporação de caulim em argamassas alternativas, em substituição parcial à areia, nas composições de 30% e 50% para o traço de 1:4 em volume, é viável, já que apresentou valores de resistência superiores a norma e próximos à argamassa de referência.

A massa específica da areia e do resíduo grosso de caulim apresentam valores semelhantes, permitindo a substituição de um pelo outro, sem prejuízo ao material. Quanto a granulometria, o resíduo apresenta grãos de tamanhos semelhantes a areia, porém possui uma quantidade maior de finos se comparado ao agregado natural, característica essa que torna o material mais trabalhável, porém exige maior quantidade de água na mistura. Além disso, a estrutura lamelar do resíduo dificulta a sua acomodação, proporcionando uma quantidade maior de espaços vazios, reduzindo a resistência. Esta, porém, encontra-se dentro de valores admissíveis pela norma americana ASTM C 270-82 e a ABNT NBR 13281/05.



Entre as composições de rejeito estudadas, a argamassa com 30% de resíduo apresentou o melhor desempenho no que diz respeito às propriedades mecânicas de resistência à compressão, obtendo, aos 28 dias o valor de 5,19 Mpa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American society for testing materials. **ASTM C 270: Mortar for Unit Masonry**. EUA, 1982.
2. Associação brasileira de normas técnicas - ABNT. **Conjunto de Normas**.
3. Dias, S. L. **Incorporação de resíduos de caulim em argamassas de assentamento e revestimento para uso em construção civil- avaliação da atividade pozolânica**. 2010. 36 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2010.
4. Instituto Brasileiro de Mineração. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira**. p.22 – 23. 7ª Edição. Brasília: IBRAM, 2012.
5. Leoni, G. L. Direito minerário: responsabilidade, jurisdicionalidade e recuperação ambiental. In: congresso brasileiro de processo coletivo e cidadania universidade de Ribeirão Preto, 4., 2016, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto, 2016. p. 624 - 643.
6. Menezes, R. R., et al. Análise da co-utilização do resíduo do beneficiamento de caulim e serragem de granito para produção de blocos e telhas cerâmicos. *Cerâmica* vol. 53, n. 326, Abril/Junho, 2007.
7. Nóbrega, A. F. da. **Potencial de aproveitamento de resíduos de caulim paraibano para o desenvolvimento de argamassas de múltiplo**. 2007. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.