

# ESTUDO DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE CAULIM DO SERIDÓ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO

**Kayrone Marvila de Almeida**

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas do 6º período, IFES

Período PIBIC/CETEM : agosto de 2015 a julho de 2016,

[kalmeida@cetem.gov.br](mailto:kalmeida@cetem.gov.br)

**Francisco Wilson Hollanda Vidal**

Orientador, Eng. Minas, D.Sc.

[fhollanda@cetem.gov.br](mailto:fhollanda@cetem.gov.br)

**Nuria Fernández Castro**

Coorientadora, Eng. Minas, M.Sc.

[ncastro@cetem.gov.br](mailto:ncastro@cetem.gov.br)

## Resumo

O caulim é um agregado mineral que possui ampla utilidade na indústria, cujas principais aplicações são a carga no preparo de papel e produtos cerâmicos. Estima-se que cerca de 75 % do caulim extraído na região do Seridó (PB/RN) resulte em resíduo que se acumula nos pátios das empresas, ocupando espaço e provocando a emissão de material particulado ao ambiente. Buscando a diminuição da quantidade de resíduo gerado e acumulado, estudou-se a adição de uma etapa de cicloneagem prévia ao descarte dos resíduos e a aplicabilidade do resíduo em concreto convencional, substituindo 30% do cimento do traço. O ensaio de recuperação com hidrociclone mostrou a recuperação de 99,69% do material fino inferior a 0,045 mm, granulometria do caulim, e com alvura suficiente para seu uso industrial. Isso indica a possibilidade de se obter uma maior recuperação de caulim, no beneficiamento, acrescentando-se mais uma etapa de classificação. O concreto com substituição de 30% do cimento por resíduo atingiu com 7 dias a resistência mínima C15, indicada para fundações e obras provisórias. O trabalho está em andamento, a cura continua e outras misturas devem ser feitas em busca de melhores resultados para sua aplicação em concreto.

**Palavras chave:** caulim, caracterização, aproveitamento de resíduo.

## STUDY OF KAOLIN SERIDÓ WASTE RECOVERY IN CONCRETE PRODUCTION

### Abstract

Kaolin is a mineral aggregate that has broad utility in the industry, and whose main applications are as filler in the preparation of paper and ceramics. About 75% of Kaolin extracted on the region of Seridó (PB / RN) becomes waste that accumulates on the yards of companies, occupying space and causing emission of particulate matter to the environment. Seeking to reduce the amount of generated and accumulated waste, it was studied the addition of a cyclone step prior to disposal of waste and the applicability of the residue in conventional concrete, replacing 30% of stroke cement. The recovery test with hydrocyclone showed recovery of 99.69% of the thin material under 0.045 mm, kaolin usual particle size and with sufficient brightness for its industrial use. This indicates the possibility of improving kaolin recovery by adding a further classification

step. The concrete prepared with the residue reached the minimum compression strength, on day 7, of class C15, suitable for temporary works, and foundations. The work is in progress, concrete curing is still in progress and other mixtures should be made for better results for their application in concrete mixtures.

**Keywords:** kaolin, characterization, waste utilization.

## 1. INTRODUÇÃO

Caulim é o termo que denomina a rocha, de granulometria fina, constituída de material argiloso, com baixo teor de ferro, de cor branca ou quase branca que contém a caulinita e o também denomina o produto (LUZ *et al.*, 2005). Possui ampla aplicação industrial e, constantemente, são descobertos novos usos. As principais aplicações do caulim são carga de papel e das pastas cerâmicas. A região do Seridó (PB/RN), possui uma vasta reserva de caulim proveniente de pegmatitos. O beneficiamento do caulim é realizado por empresas da própria região. Aproximadamente 75% do caulim extraído são, de certa forma, desperdiçados, o que gera pilhas de resíduos finos e grosseiros — respectivamente denominados na região como “siri” e “sarrabulho” —, que são depositados nos pátios das empresas onde ocupam grande espaço e causam impactos ao meio ambiente pela emissão de particulados quando secos (CASTRO, 2010). Estudar melhorias no processo de beneficiamento do caulim para reduzir a geração de resíduos assim como encontrar uma finalidade para o resíduo é importante para a diminuição desses impactos bem como para a valorização econômica do material extraído. Apresentam-se aqui os resultados obtidos em laboratório, da avaliação da possibilidade de recuperação do caulim perdido no beneficiamento e também da viabilidade de aproveitamento do resíduo como material com características cimentícias. Este trabalho integra os estudos desenvolvidos pelo projeto Entidades Associadas CETEM-UFCG.

## 2. OBJETIVOS

Este estudo visa, por um lado, diminuir a quantidade de resíduo do beneficiamento do caulim mediante a inclusão de uma etapa adicional de ciclonagem no processo e, por outro, incorporar o resíduo já existente na formulação de concreto.

## 3. METODOLOGIA

Após pesquisa bibliográfica sobre o caulim, os depósitos do Seridó e suas aplicações industriais, foram coletados resíduos grosseiros denominados localmente de “sarrabulho” em duas empresas de beneficiamento de caulim, JMS e JPR, ambas no município de Equador-RN. Em seguida, no NRES/CETEM foram separadas alíquotas para a caracterização, após identificação e secagem. A caracterização consistiu em análise granulométrica, por peneiramento, determinação da densidade, por picnometria, análise química por fluorescência de raio X (FRX) e mineralógica por difração de raio X (DRX) em equipamento Bruker-D4 Endeavor. Foi realizada uma classificação do resíduo < 0,841 mm, em hidrociclone Avaflex 1/1/2”, com vortex de 1/1/2” e pressão 10psi por 30s., buscando recuperar parte do caulim contido nele. Na alimentação foi realizado teste de alvura e nos produtos do underflow e overflow foram também realizadas análises químicas por FRX. Com base nos dados da caracterização foi formulado um traço experimental de concreto, e analisadas suas propriedades mecânicas básicas: *slump test* conforme a ABNT NBR NM 67:1998 e resistência a compressão ABNT NBR 5739:2007 e os resultados comparados com os de um traço padrão usado na região de Cachoeiro de Itapemirim (Tabelas 1 e 2). Os traços de concreto e os ensaios de resistência foram realizados na empresa Minerasul Indústria e Comércio de Agregados, Ltda.

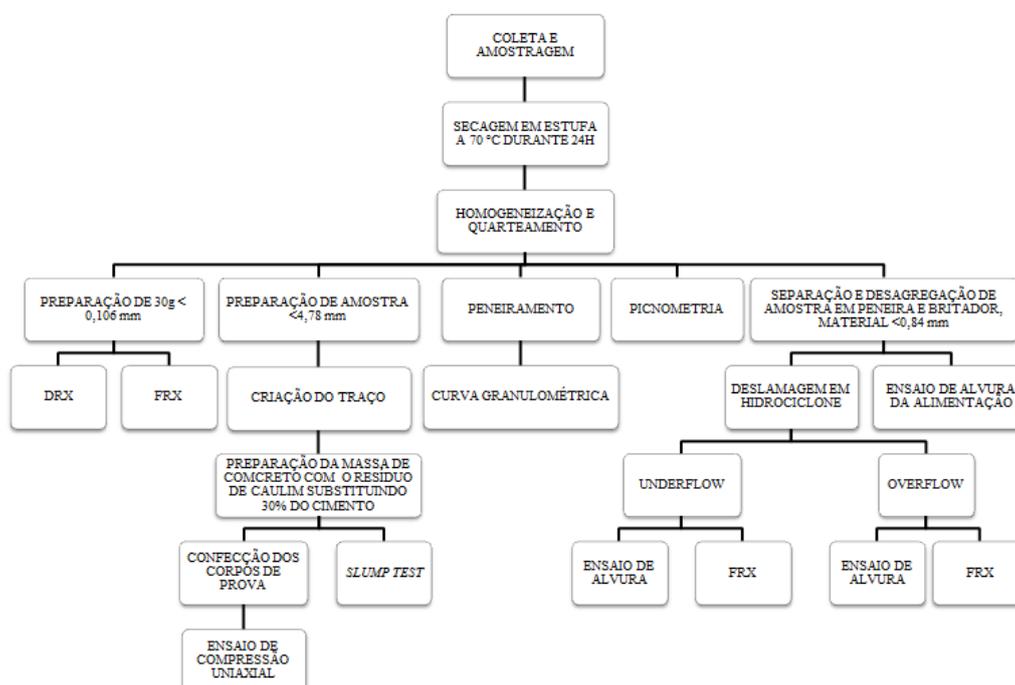
**Tabela 1:** Traço com 30% de substituição de cimento por resíduo de caulim

Material	Cimento Mizu Portland CII-E-40	Resíduo de caulim	Areia natural	Pó de pedra	Brita 0	Brita1	Água
Densidade[g/cm <sup>3</sup> ]	3	2,71	2,72	2,72	2,70	2,68	1
Massa[kg]	3,81	1,635	4,25	6,30	6,57	10,13	3,55

**Tabela 2:** Traço padrão para comparação e análise

Material	Cimento	Areia natural	Pó de pedra	Brita 0	Brita1	Água
Densidade[g/cm <sup>3</sup> ]	3	2,72	2,72	2,70	2,68	1
Massa[kg]	5,44	4,25	6,30	6,57	10,13	3

A sequência de execução deste trabalho é mostrada no fluxograma da Figura 1.

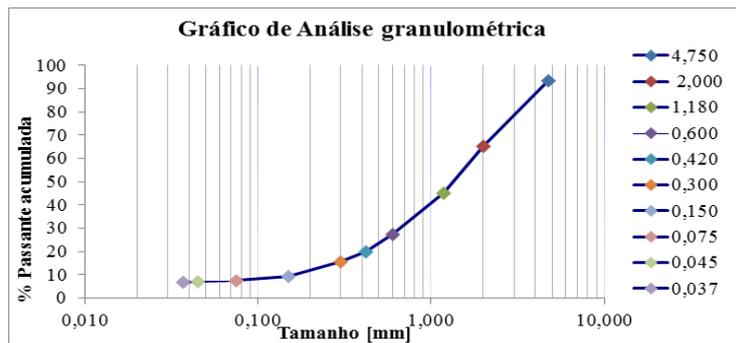


**Figura 1:** Fluxograma da caracterização e ensaios com o resíduo de caulim

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização do resíduo

A análise química mostrou que a soma dos teores de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> é superior a 70%, o que atende ao mínimo requerido na NBR 12653:1992, da ABNT, para que um material seja considerado pozolânico, com boas propriedades para o concreto. A análise granulométrica mostrou que o resíduo possui 7,05% de grãos abaixo de 0,045 mm, 93,42% de grãos menores que 4,75 mm e 65,27% inferior a 2,0 mm (Figura 2). Segundo Oliveira e Barbosa (2016, p.492), abaixo da granulometria 0,045 mm encontra-se alto teor de caulim.



**Figura 2:** Análise granulométrica do resíduo de caulim da empresa JPR

A análise mineralógica mostrou que o resíduo é composto por minerais de caulinita, quartzo e muscovita. Segundo Rocha (2008, p. 508), o  $K_2O$  é prejudicial na composição da massa porque pode reagir com a água e causar eflorescência e subeflorescência nas estruturas de concreto, exceto quando pertence aos minerais feldspato ou mica, uma vez que estará imobilizado na estrutura desses minerais. O resultado do DRX indica que esse pode ser o caso e a adição do resíduo no concreto não teria essa reação.

#### 4.2 Recuperação com hidrociclone

Os resultados mostraram que a recuperação de material fino inferior a 0,045 mm no overflow foi de 99,69%, o que corresponde a 65,04% de massa da alimentação, uma recuperação satisfatória referente à massa total. O material maior que 0,045 mm, obtido no overflow, foi 0,31%, correspondendo a 0,20% da alimentação, o que indica uma classificação eficiente. A fração fina menor que 0,045 mm, no underflow, foi de 58,53%, correspondendo a 20,46% da alimentação, portanto, a perda de material fino que sai no underflow poderia ser reduzida com uma segunda operação de ciclonagem. Isso mostra que a ciclonagem é uma opção para recuperação de caulim ainda presente no resíduo. Os produtos da ciclonagem apresentaram um percentual elevado de  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ , indicando a existência de caulim, ainda presente no resíduo, que pode ser aproveitado adicionando uma etapa de hidrociclone ao beneficiamento. Todos os testes obtiveram alvura satisfatória, segundo Silva (2011, p. 263) para uso como carga de papel: 86,10% (<0,841mm), 86,70% (>0,045 mm - <0,841mm) e 87,20% (<0,045mm).

#### 4.3 Incorporação do resíduo em concreto

A textura da mistura resultou um pouco ressecada, o que é conhecido na obra como “concreto farofa” e que dificulta sua trabalhabilidade. O *slump test* do traço experimental foi de 8 cm com o corpo formado por faces paralelas. Concreto convencional com *slump* de 3 a 10 cm é aplicável a fundações, tubulações, parede grossa, vigas, lajes e paredes finas (ANDOLFATO, 2002). O resultado de compressão uniaxial para o concreto com resíduo foi de 7,72 MPa com 3 dias de cura e 17,20 MPa com 7 dias. O tipo de ruptura foi o colunar com formação de cones. Mesmo com resultado inferior comparado ao padrão (30 Mpa), o traço experimental atingiu com 7 dias a resistência mínima da classe C15, indicada para fundações e obras provisórias, (ABNT NBR 6122:1996). A pesquisa está em andamento, faltando concluir o ensaio de resistência com 28 dias.

### 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que existe a possibilidade de recuperação de caulim perdido no beneficiamento. O ensaio de hidrociclone apresentou uma recuperação de finos significativa. O teste de alvura do material do overflow apontou uma porcentagem

de 87%, sendo ela satisfatória para seu uso como carga e a análise química dos produtos da ciclonagem indicou a existência de caulim ainda presente no resíduo. Acredita-se que se acrescentado mais uma (e até duas) etapa de classificação aumentaria a recuperação de caulim no beneficiamento. A partir dos resultados da caracterização química e mineralógica, pode-se concluir que o resíduo de caulim atendeu aos requisitos da norma que trata de matérias pozolânicas. A sua composição mineralógica apresentou argilomineral, que é essencial para um composto pozolânico e o somatório do conteúdo em  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  do resíduo enquadra-se na porcentagem mínima de 70% especificada na norma. O resultado de compressão uniaxial para o concreto com resíduo foi de 17,20 Mpa com 7 dias de cura enquadrando-se na classe C15 (mín. 15 Mpa) de concretos aplicáveis a fundações e obras provisórias. Os resultados, até o momento, apresentaram-se aceitáveis. O concreto com aplicação do resíduo no traço está se comportando de forma resistente. O valor de resistência é comparável ao de alguns tipos de concreto utilizados na construção civil. Sugere-se continuar o estudo incorporando o resíduo não só como substituto do cimento, mas também da areia, de forma a verificar a melhora de trabalhabilidade.

#### 4 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida, à equipe do núcleo regional do CETEM/ES, a empresa Minerasul Industria e Comercio de Agregados Ltda pelo apoio, a minha mãe Ana Lúcia Marvila de Almeida e meu irmão Thayrone Marvila de Almeida que sempre me apoiaram. Aos meus orientadores Francisco Wilson Hollanda Vidal e Nuria Fernández Castro e também ao meu amigo e eterno professor Fábio Pereira Xavier.

#### 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67 Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR 5739 Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122 Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 12653 Materiais pozolânicos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. **Controle tecnológico básico do concreto**. Unesp: Ilha Solteira, 2002. Disponível em: <[http://sinop.unemat.br/site\\_antigo/prof/foto\\_p\\_downloads/fot\\_7351contbole\\_tecnolygico\\_bysico\\_do\\_concbeto\\_pdf.pdf](http://sinop.unemat.br/site_antigo/prof/foto_p_downloads/fot_7351contbole_tecnolygico_bysico_do_concbeto_pdf.pdf)>. Acesso em: 20 junho 2016.

CASTRO, R. J. S. **Efeito da adição de feldspato e/ou resíduo de caulim em formulações à base de argila ílítica**. 2010. 140f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

LUZ, A. B. *et al.* Caulim. In: LUZ, A. B.; LINZ, F. A. F. (Eds). **Rochas & Minerais Industriais - Uso e Atribuições**. 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, 2005, p. 231-262.

OLIVEIRA, M. P.; BARBOSA, N. P. Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento Portland em argamassas. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.490–496, 2006.

ROCHA, A. K. A.; MENEZES, R.R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C.; MELO, W. A. Argamassas mistas para alvenaria utilizando resíduo de caulim: comportamento mecânico. **REM: Revista Escola de Minas - Ouro Preto**, v. 61, n. 4, p.508, 2008.