

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR RESÍDUO DE CAULIM EM CONCRETO.

Luísa Thaynara Muricy de Souza Silva (1); Ulisses Alencar Bezerra (2); Cibelle Guimarães Silva Severo (3)

¹ *Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande. luisataynara12@hotmail.com*

² *Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande. ulisses_hand_13@hotmail.com*

³ *Professora da Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande. cibelle.guimaraes@ccta.ufcg.edu.br*

RESUMO: A reciclagem e a reutilização estão entre as principais alternativas na busca pelo desenvolvimento sustentável. A indústria do beneficiamento do Caulim é conhecida pela elevada quantidade de resíduo gerado, visto que, as perdas estão na ordem de 70%. Diante do exposto, este trabalho busca a incorporação deste resíduo na indústria da construção civil, a partir da produção de um concreto estrutural com substituição parcial de 5%, 10% e 15% do cimento Portland. O resíduo foi beneficiado através de secagem em estufa e peneiramento, realizado a caracterização química, mineralógica e térmica. A dosagem foi feita para concretos estruturais com fck de 25MPa. Foram moldados corpos de prova cilíndricos e submetidos à cura hídrica por períodos de 7 e 28 dias e por fim, submetidos à compressão simples. Foi realizado uma análise estatísticas dos resultados, onde foi observado o melhor comportamento mecânica para amostras de 15% de substituição atingindo 24 MPa aos 28 dias.

Palavras Chaves: Reciclagem, Resíduo Mineral, Incorporação Parcial e Compressão Simples.

INTRODUÇÃO

A evolução da população e a forte industrialização ocorrida no século passado determinaram o crescimento vertiginoso de resíduos das mais diversas naturezas, biodegradáveis, não-biodegradáveis, recalcitrantes ou xenobióticos, que determinaram um processo contínuo de deterioração ambiental com sérias implicações na qualidade de vida do homem (Bidone & Povinelli, 1999).

De acordo com a Lei 12.305, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Sendo assim a destinação final dos resíduos deve ser proposta apenas quando a capacidade de reutilizar e reciclar for esgotada.

No caso da reciclagem de resíduos industriais, a proximidade das instalações de processamento, custo de transportes, volume disponível para o processamento e custo de

estocagem, são fatores importantes a ser analisado. A recuperação de um resíduo está intrinsecamente associada ao preço de mercado e será justificada caso resulte em um produto mais barato ou se for econômico recuperar que transportar e tratar, ou dispor adequadamente. O que ressalta a importância de estudos sistemáticos visando o seu reaproveitamento de forma economicamente viável e ecologicamente correta (Menezes et al. 2002, 2005)

Tradicionalmente, os resíduos são descartados em aterros, todavia deve-se investigar alternativas de reuso ou reciclagem que, mesmo eventualmente implementadas podem contribuir em muito, para a redução do volume de resíduos acondicionados em aterros (Tulyabganov et al. 2002, Souza & Souza.2004, Rauupps-Pereira et al. 2006).

O aproveitamento dos resíduos através de estudos capazes de detectar suas potencialidades e viabilizar sua seleção preliminar é encarado hoje como atividade complementar ao sistema produtivo, podendo contribuir para a diversificação dos produtos, diminuição dos custos finais, além de resultar em “novas” matérias-primas para uma série de setores industriais (Menezes et al. 2005).

Por outro lado, estudos (Sauterey, 1978; Menezes et al. 2002) evidenciam que a construção civil é o ramo da atividade tecnológica, que pelo volume de recursos naturais consumidos, parece ser o mais indicado para absorver rejeitos sólidos. O reaproveitamento de resíduos em ramos industriais cerâmicos, que englobam em grande parte a construção civil, pode contribuir para diversificar a oferta de matérias-primas para a produção de materiais e reduzir os custos da construção civil, o que é de vital importância, principalmente em um país com elevado déficit habitacional como o Brasil.

O Brasil é o sexto maior produtor de Caulim, com aproximadamente 2.400 milhões de toneladas em 2010, cerca de 7,8% da produção mundial, que é de 31 milhões de toneladas. Os Estados Unidos são os maiores produtores globais com 17% do total. As reservas de Caulim são abundantes, quatro países detêm 95% de um total estimado em 15 bilhões de toneladas: EUA 53%, Brasil 28%, Ucrânia 7% e Índia 7% (IBRAM,2011).

A indústria da mineração e beneficiamento de caulim do Estado da Paraíba produz milhares de toneladas de caulim por ano, sendo um importante segmento econômico em várias regiões do Estado (DNP, 2008). Entretanto, observa-se que as indústrias do Estado da Paraíba produzem enormes quantidades de resíduos, com o volume de resíduo gerado superando 70% do volume total extraído e atingindo valores superiores a 35 mil toneladas ao ano. No beneficiamento do caulim a matéria-prima passa por um processo de separação gravimétrica do mineral caulinita, em tanques de

decantação, seguindo-se dos processos de peneiramento a úmido e da secagem. Deste último, origina-se a “torta” de caulim que, depois de moída, constitui o material a ser comercializado. Paralelamente este processo promove a geração de grandes quantidades de resíduos, que são depositados, em muitos casos, aleatoriamente na natureza, com grande impacto ao meio ambiente.

Embora haja uma exigência normativa do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) no tocante a correta destinação de seus resíduos, os rejeitos de caulim ainda não possuem tecnologia de reciclagem reconhecidamente desenvolvida e validada. Esses resíduos são geralmente descartados a céu aberto e em leitos e várzeas de riachos e rios, causando danos à fauna, à flora e à saúde da população (Menezes, et al. 2005). Por conta disso, os resíduos do caulim vêm sendo alvo de várias pesquisas com o objetivo de explorar o potencial de reciclagem de resíduos industriais paraibanos para a aplicação na construção civil (Dantas, 1983). Estudos mostram suas alternativas de emprego tanto como pozolana quanto como agregado no desenvolvimento de argamassas de múltiplo uso (Nóbrega et al. 2005a, 2005b; Nóbrega, 2007), na fabricação de cimentos e adições minerais na produção de concretos (Barata & Dalmolin, 2002; Souza, 2003).

Diante do exposto este trabalho relata a experiência de utilizar o resíduo do beneficiamento do Caulim em substituição parcial ao cimento Portland em concretos estruturais.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados no trabalho foram o resíduo do beneficiamento do caulim fornecido pela Caulisa/AS no município de Juazeirinho-PB, a areia, brita e cimento obtidos no comércio local do município de Pombal-PB.

O resíduo de Caulim (fração grossa) utilizado na pesquisa é proveniente da primeira etapa de beneficiamento do Caulim e apresenta uma granulometria maior que 200 μ m. O resíduo não precisou passar por destorroamento, secagem em estufa e peneiramento para retirada da fração à ser utilizada.

Caracterização do resíduo de Caulim

Análise química

A análise química foi realizada a partir da espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX). Esta técnica baseia-se no princípio de que a absorção de raios-X pelo material provoca a ionização interna dos átomos, gerando uma radiação característica conhecida como “fluorescência”. Nesta análise são obtidos os óxidos presentes (SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Ti₂O, entre outros).

Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada para determinação da distribuição granulométrica do resíduo de caulim na fração grossa, o qual foi realizado de acordo com a NBR 7217(ABNT,1987). É representada pela curva de distribuição granulométrica (percentual de material passando na peneira x logaritmo do diâmetro da abertura da peneira).

Análise mineralógica

A análise dos minerais presentes nos resíduos foi feita através do ensaio de difração de raios X. Na execução do ensaio foi utilizada amostra passada em peneira ABNT #200, utilizando o método conhecido como método do pó. O aparelho utilizado para realização do ensaio, foi o Difratômetro SHIMADZU XRD-6000 com radiação CuK, tensão de 40kV, corrente de 30 mA, modo fixe time, com passo de 0,02 e tempo de contagem de 0,6 s, com ângulo percorrido de 5° a 60°.

Caracterização dos agregados

Granulometria

A análise granulométrica nos agregados foi feita de acordo com a NBR 7217(ABNT, 1987). Após feita a Análise Granulométrica dos agregados obtém-se a curva granulométrica e o módulo de finura da areia e da brita. Sendo a curva granulométrica a representação gráfica das percentagens retidas acumuladas em cada peneira em relação à dimensão de sua malha. E o módulo de finura sendo a soma das percentagens retidas acumuladas em massa de agregado em todas as peneiras da serie normal, dividida por 100.

Materiais Pulverulentos (areia)

O teor de materiais pulverulentos foi feito de acordo com a NBR NM 46 (ABNT, 2003)

Caracterização do cimento

O módulo de finura foi determinado a partir da NBR 11579 (ABNT, 1991), com peneiramento manual.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, observa-se o resultado da análise química do resíduo de Caulim verifica-se que é constituído basicamente por SiO₂, Al₂O₃.

Tabela 1: Composição química das matérias primas.

Composto	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	Fe ₂ O ₃	Outros
Teor (%)	52.50	45.00	0,80	1,10	0.40	0.20

A Figura 1 apresenta a análise granulométrica dos resíduos caulim que apresenta 50% das partículas com diâmetro menor que 3,3µm, e cerca de 30% apresentou uma fração de partículas com diâmetros inferiores a 2µm, e entre 2 µm e 20 µm foi de aproximadamente 66%.

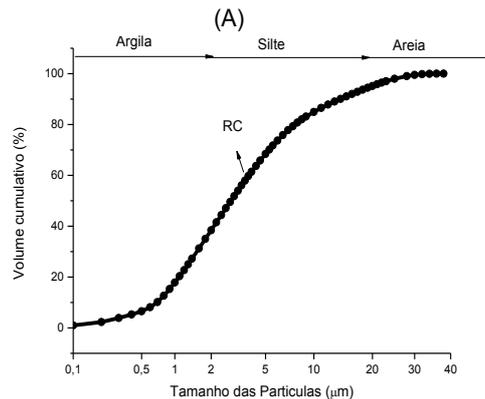


Figura 1: Análise granulométrica das matérias primas utilizadas.

No ensaio de materiais pulverulentos o resíduo passou 100% na malha 200 tendo e apenas 2% retido na malha 325 .

A Figura 2 apresenta os padrões de difração de raio X do resíduo de Caulim. Sendo constituído por mica (KAl₂Si₃AlO₁₀(OH,F)₂ PCDF 46-1409), caulinita (Al₂Si₂O₅(OH)₄ PCDF 29-1488) e quartzo (KAl₂Si₃AlO₁₀(OH,F)₂ PCDF 46-1409); esses resultados justificam o alto teor de alumina e sílica observado a análise química (Tabela 1).

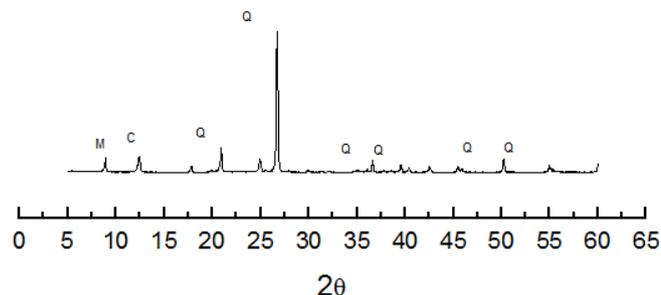


Figura 2: Difração de raio X do Resíduo de Caulim .

A Figura 3 apresenta as curvas correspondentes às análises térmicas do resíduo de Caulim. Observa-se nas curvas da análise térmica diferencial, os picos endotérmicos em aproximadamente 100°C correspondente a perda de água livre, os picos aproximadas a 500°C para o resíduo de

Caulim. O pico exotérmico na temperatura aproximada de 998°C corresponde possivelmente à formação da mulita e está presente em todos os materiais.

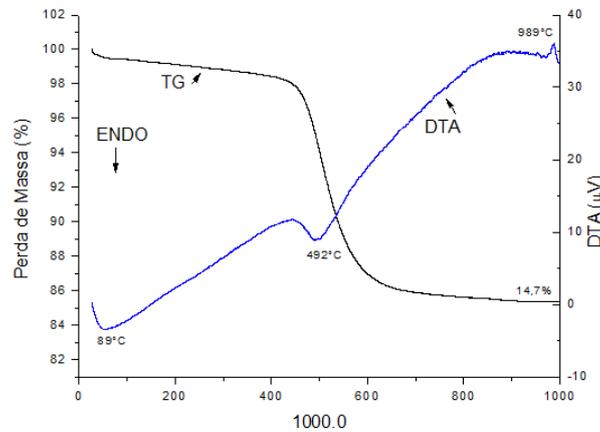


Figura 3: Análise Térmica do resíduo de caulim.

A curva granulométrica do agregado miúdo está representada na Figura 4, onde mostra a relação da média de massa retida, das amostras, com o tamanho das peneiras.

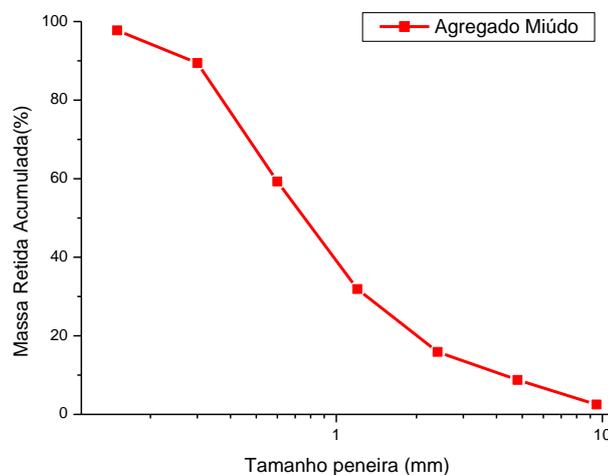


Figura 4: Curva Granulométrica da Areia.

A areia utilizada apresentou módulo de finura igual a 3,06, estando assim na classificação de areia grossa. A partir desse resultado classifica-se a areia de acordo com a tabela de Limites granulométricos de agregado miúdo (NBR 7211), observando-se que está na Faixa da Zona utilizável Superior.

A Tabela 2 apresenta o resultado da Análise Granulométrica do Agregado Graúdo.

Tabela 2: Granulometria do Agregado Graúdo.

Peneiras ABNT(mm)	Massa Retida(g)		% retida individual			%retida Acumulada
	M1	M2	M1	M2	Md	
76	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0
19	75,01	80,22	7,5	8,02	7,76	7,76
9,5	909,4 8	901,06	90,94	90,08	90,51	98,27
-	15,61	19	1,56	1,90	1,73	

A partir dos resultados da granulometria da brita pode-se perceber, de acordo com a tabela de Limites granulométricos de agregado graúdo (NBR 7211), que está na coluna 9,5/25, que corresponde à menor dimensão e à maior dimensão do agregado graúdo, respectivamente.

O Módulo de Finura (MF) do agregado Graúdo é 1,06.

O teor de materiais pulverulentos da areia, que é de 1,47%, está dentro das especificações estabelecidas de acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009). O índice de finura do cimento é de 1,652%.

A influência dos resíduos no concreto foi analisada a partir da análise estatística pela ANOVA, no programa Assistat 7.7. Os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4 onde, apenas para idades de 7 e 28 dias. Observa-se na Tabela 3, que a resistência de referência foi diferente das demais misturas, mas entre essas não houve diferença significativa. E para idade de vinte e oito dias apenas a substituição parcial de 10% apresentou diferença significativa da mistura de referência. Sendo esse um resultado satisfatório quando relacionando a mistura de referência e as substituições de 5 e 15%.

Tabela 3: Resultado da ANOVA em relação à resistência para o resíduo de caulim.

Mistura	Idade (dias)	
	7	28
Ref	25,5 a	27,5 a
5%RC	16,5 b	20,5 ab

10%RC	17,5 b	17,0 b
15%RC	16,5 b	24 ab

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa através do teste de Tukey a 5% de significância.

O resultado do ensaio de resistência mecânica é mostrado na Tabela 4, sendo fcm a resistência média e o C.Ve o coeficiente de variação dentro do ensaio, calculado e avaliado a partir da NBR 5739 (ABNT, 2007).

Tabela 4: Resultado do ensaio de resistência dos corpos de prova para o resíduo de caulim.

Mistura	a/c	Idade (dias)			
		7		28	
		fcm(Mpa)	C.V.e.(%)	fcm(Mpa)	C.V.e.(%)
Referência	0,2	25,5	3,37	27,5	4,69
5%RC	0,2	16,5	1,3	20,5	5,24
10%RC	0,2	17,5	2,46	17	3,79
15%RC	0,2	16,5	5,21	24	2,69

CONCLUSÃO

O presente trabalho procurou investigar o potencial do uso dos resíduos do processo de beneficiamento do caulim do Estado da Paraíba como materiais constituintes em concreto. A incorporação de 5% e 15% do resíduo de caulim pelo cimento Portland, observou-se que não houve diferença significativa em relação à mistura de referência no tempo de cura de 28 dias, obtendo resultados prósperos. Entretanto houve uma redução no comportamento quando comparado as substituições de 5%, 10% e 15% à referência nas curas de 7 e 28 dias, não atingindo o valor da moldagem que seria 25Mpa. Contudo, é importante avaliar outros aspectos referentes à durabilidade e variação dos parâmetros mecânicos ao longo tempo, tendo em vista a consolidação de tecnologia alternativa com uso destes tipos de materiais residuais.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. O agradecimento vai para ao CNPq pela manutenção das bolsas, PIBIC a UFCG pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARATA, M. S; DALMOLIN, D. C. C. Avaliação preliminar do resíduo caulínico das indústrias de beneficiamento de caulim como matéria-prima na produção de uma metacaulinita altamente reativa. Ambiente Construído, v. 2. n° 1, ANTAC, PortoAlegre, 2002.

BIDONE, F. R. A; POVINELLI, J; Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos, EESC-USP, 1999, São Carlos.

MENEZES, R. R; NEVES, G. A; FERREIRA; H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.6, n.2, p. 303, 2002.

MENEZES, R. R; FERREIRA, H. S; NEVES, G. A; LIRA, H. L; FERREIRA, H. C; Use of granite sawing wastes in the production of ceramic bricks and tiles, Journal of the European Ceramic Society, n. 25, p1149, 2005.

NÓBREGA, A.F. Potencial de aproveitamento de resíduos de caulim paraibano para desenvolvimento de argamassas de múltiplo uso. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2007.

NÓBREGA, A.F; DANTAS, K.C.B.; OLIVEIRA, M.P.;TORRES, S.M.; BARBOSA, N.P. Avaliação do desempenho de Argamassas com o uso de Rejeito de Caulim Industrial como Material de Substituição do Cimento Portland. NOCMAT 2005–Rio de Janeiro, RJ, 2005a

NÓBREGA, A.F; OLIVEIRA, M.P; TORRES, S.M; PPLARI FILHO, R.S.;A.S.; BARBOSA, N.P.; ARAÚJO, J.L. Potencial do Uso do Rejeito de Caulim Industrial como Material de Substituição de Cimento Portland. In: 47º Congresso Brasileiro do Concreto, 2005, Recife. Anais do 47º Congresso Brasileiro do Concreto, 2005b.

RAUUPP-PEREIRA, F; HOTZA D; SEGADÃES, A. M; LABRINCHA, J. A; Ceramic formulations prepared with industrial wastes and natural sub-products Ceramics International, n. 32, p.173, 2006.

SAUTEREY, R; Allocucion d'ouverture in colloque international sur l'utilisation des sous: produits et déchets dans le genie civil Proceeding Aaieenpc, Paris, vol. 1,p.37,1978.

SOUZA, L. P; SOUZA, H; Production and characterization of ceramic pieces obtained by slip casting using powder wastes. Journal of Materials Processing Technology, n.145, p. 14–20,2004.

SOUZA, P.S.L. Verificação da influência do uso de metacaulim de alta reatividade nas propriedades mecânicas do concreto de alta resistência. 2003. Tese de doutorado em Engenharia Civil, UFRG, Porto Alegre, 2003.

TULYABGANOV, D. U; OLHERO, S. M. H; RIBEIRO, M. J; FERREIRA, J. M. F; LAMBRINCHA, J. A. Labrincha; Mullite-alumina refractory ceramics obtained from mixtures of natural common materials and recycled Al-rich anodizing sludge. Journal of Materials Syntheses and Processing, n.10, p. 311-318, 2002.