

Artigo Científico

DESENVOLVIMENTO DE ARGAMASSAS DE REBOCO COM A INCORPORAÇÃO DE CAULIM

Development of plaster mortars with the incorporation of kaolin

**Beatriz Rocha Silva, Hudson Santos Menezes Júnior,
Any Manuela Soares Santos, Antônio José da Silva Filho, Herbet Alves de Oliveira ***

Instituto Federal de Sergipe *campus* Estância, Rua João café filho, 260, Bairro Cidade Nova,
Estância SE, CEP 49200-000.

Submetido em: 08-01-2021. Aceito em: 25-04-2021. Publicado em: 08-05-2021.

***Autor para correspondência:** herbet.oliveira@ifs.edu.br

RESUMO

O caulim é um silicato de alumínio hidratado isento de plasticidade, de cor branca ou levemente bege ou rósea, usado para diversas aplicações, entre elas na fabricação de papel, tinta e outros. Portanto, o caulim é um material nobre de importante valor agregado. Na produção de argamassa normalmente o material é pouco utilizado devido à carência de jazidas no Brasil, ou cuja distância das jazidas existentes inviabiliza os custos de processamento para produção de argamassas. Nesse trabalho a proposta é avaliar o uso do caulim na produção de argamassa de reboco. O caulim foi submetido aos ensaios de caracterização: difratometria de raios X (DRX), análise química por fluorescência de raios X (FRX) e análise de distribuição granulométrica. A partir de um traço de 1:5 em massa (cimento: areia) utilizado para reboco, o mesmo foi utilizado para substituir a areia, de 20 a 80% em massa. Foram produzidos corpos de prova cilíndricos de ($\phi 10 \times 5$) cm os quais foram imersos em água potável contendo cal e deixados curando por 28 dias. Após cura, os mesmos foram submetidos aos ensaios de resistência mecânica à compressão, absorção de água e massa específica aparente. Os resultados apresentados indicam que, à medida que o caulim foi incorporado, houve melhora na trabalhabilidade no estado fresco. Após a cura, houve acréscimo da resistência e da massa específica e redução da absorção de água. A argamassa foi aplicada numa parede-teste e foi observada uma melhora exponencial na textura, mas houve retração diferencial que pode promover fissuração, portanto, deve ser utilizado de forma moderada.

Palavras-chave: Argamassa; Caulim; Reboco; Minério.

ABSTRACT

Kaolin is a hydrated aluminum silicate free of plasticity, white or slightly beige or pink in color, used for several applications, among them in the manufacture of paper, ink and others. Therefore, kaolin is a noble material of important added value. In the production of mortar, the material is usually little used due to the lack of deposits in Brazil, or whose distance from existing deposits makes processing costs for mortar production unfeasible. In this work, the proposal is to evaluate the use of kaolin in the production of plaster mortar. Kaolin was subjected to characterization tests:

X-ray diffraction (XRD), chemical analysis by X-ray fluorescence (FRX) and particle size analysis. From a mix of 1: 5 by mass (cement: sand) used for plastering, it was used to replace sand, from 20 to 80% by mass. Cylindrical specimens of ($\Phi 10 \times 5$) cm were produced which were immersed in drinking water containing lime and left to cure for 28 days. After curing, they were subjected to tests of compressive strength, water absorption and apparent specific mass. The results presented indicate that, as kaolin was incorporated, there was an improvement in workability in the fresh state. After curing, there was an increase in strength and specific mass and a reduction in water absorption. The mortar was applied to a test wall and an exponential improvement in texture was observed, but there was a differential shrinkage that can promote cracking, therefore, it should be used in a moderate way.

Keywords: Mortar; Kaolin; Plastering.

INTRODUÇÃO

Caulim é um minério composto de silicatos hidratados de alumínio, como a caulinita e a haloisita, que apresenta características especiais que permitem sua utilização na fabricação de papel, cerâmica e tintas. Este apresenta baixa plasticidade e resistência mecânica a seco. O mineral é formado pela caulinita, em geral de cor branca ou quase branca, devido ao seu baixo teor de óxido de ferro. É um dos seis minerais mais abundantes da crosta terrestre e ocorre à profundidade até 10 metros. Funde-se a 1800 °C, o caulim é um bem mineral que apresenta inúmeras propriedades tecnológicas: quimicamente inerte; macio e não abrasivo; apresenta cor branca ou quase branca; tem capacidade de cobertura quando usado como pigmento; reforçador para as aplicações de carga; apresenta baixa condutividade térmica e elétrica (DA LUZ & DAMASCENO 1987).

As reservas de caulim no mundo são consideradas abundantes e bem distribuídas geograficamente. Cerca de 95% das reservas estão concentradas em apenas quatro países, um total de aproximadamente 15 bilhões de t: Estados Unidos (53%), Brasil (28%), Ucrânia (7%) e Índia (7%). As reservas brasileiras concentram cerca de 24,5 bilhões de t, no qual 9,4 bilhões são medidas. Os Estados do Pará, Amazonas e Amapá são as Unidades da Federação com maior destaque, participando, respectivamente, com 56%, 41% e 2% do total. Esses são depósitos do tipo sedimentar, sendo assim grandes reservas com propriedades para diversas aplicações industriais.

O caulim tem muitas aplicações industriais e constantemente novas formas de utilização estão sendo pesquisadas e desenvolvidas. É considerado um mineral de características especiais, por ser quimicamente inerte em uma ampla faixa de pH; quando usado como pigmento ou como extensor em aplicações de cobertura e carga, apresenta um ótimo poder de cobertura, conduz pouco calor e eletricidade e tem um baixo custo comparado com maioria dos materiais concorrentes.

O caulim é um mineral de várias aplicações em diferentes segmentos, no entanto em argamassas existem poucos relatos da sua utilização na forma natural, porém o caulim calcinado (metacaulim) é amplamente estudado devido a sua atividade pozolânica; que é a capacidade de se combinar com o hidróxido de cálcio (OLIVEIRA e BARBOSA, 2005; ARAUJO, 2004). Nóbrega (2007) estudou *in natura* o resíduo de caulim argiloso como material plastificante em argamassas de múltiplos uso, e quanto às propriedades mecânicas avaliadas ele se mostrou satisfatório.

Independente da origem do caulim, é possível obter um metacaulim de boa qualidade usando um tratamento adequado, como moagem e calcinação com temperaturas entre 700°C e 900°C, segundo estudos realizados por Péra e Amrouz (1998), Oliveira e Barbosa (2005) e Shwarzman et al. (2003) *apud* NÓBREGA (2012).

Segundo a NBR 7200, a argamassa é definida como mistura de aglomerante e agregados com água, possuindo capacidade de endurecimento e aderência. As funções das argamassas estão diretamente associadas ao fim que se destinam. Segundo Nascimento (2008) as funções podem ser definidas como: unir com solidez elementos de alvenaria e ajudar a resistir a esforços horizontais; absorver deformações que ocorrem naturalmente nas alvenarias; selar as juntas contra infiltrações de água; colar materiais de revestimento; dar acabamento em tetos e paredes, em regularização de pavimentos, na reparação de obras de concreto, etc. Sua denominação é em função do aglomerante utilizado. Assim têm-se argamassas de cimento, cal ou misturas de cimento e cal (Fiorito, 2005). Existem pesquisas de argamassas, com adição de outros materiais com o objetivo de melhorar determinadas características, e para tanto se adicionam na composição de outros produtos como polímeros, vermiculitas, rejeitos de caulim, carvão vegetal, entre outros.

Nesse trabalho foi estudado a incorporação de caulim no estado natural em uma argamassa de reboco com objetivo de melhorar suas propriedades e encontrar uma aplicação para o caulim existente na região.

MATERIAL E MÉTODOS

Matérias primas

O caulim utilizado neste trabalho é originado de depósitos, no município do Cabo de Santo Agostinho – Pernambuco, Nordeste brasileiro. O caulim é um material argiloso de granulometria fina, de baixo teor de ferro, de cor branca ou quase branca passante na peneira de abertura de malha de 100 μm . O agregado miúdo foi a areia adquirida em uma jazida localizada no entorno do município de Estância/SE. A areia foi passada na peneira de abertura de malha de 2 mm. O cimento utilizado foi do tipo CPIIF-32RS. Esse tipo de cimento foi escolhido por aceitar menor relação água/cimento, por ter resistência a sulfatos e ter uma estrutura mais compacta, reduzindo assim, a incidência de fissuras.

Ensaio tecnológicos de caracterização das matérias primas

- **Distribuição do tamanho de partículas**

O agregado miúdo (areia) e o caulim foram caracterizados por peneiramento seguido de sedimentação para determinação da distribuição de tamanhos das partículas, em conformidade com a NBR 7181:2016.

- **Massa específica aparente (MEA)**

As matérias primas foram ensaiadas segundo procedimento de Amoros (2011), utilizando uma proveta.

- **Massa específica real (MER)**

O ensaio com areia foi realizado pelo método de Chapman segundo NBR NM 52:2009. Já o cimento, a medida representativa da densidade real foi determinada utilizando o picnômetro de hélio, modelo AccuPyc II 1340, da Micromeritics.

Análise mineralógica

A difratometria de raios-X (DRX) foi utilizada para a identificação das fases cristalinas do caulim, de acordo com os padrões obtidos no banco de dados do ICSD (*Inorganic Crystal Structure Database*) cuja análise foi realizada utilizando-se o *software Match*. Os padrões de difração foram obtidos em um equipamento Rigaku D-MAX 100 usando radiação Cu K α 1 ($\lambda=1,5418 \text{ \AA}$).

Análise química

Os percentuais dos óxidos constituintes das amostras foram determinados através de medidas semiquantitativas pela técnica de fluorescência de raios-X (FRX). As medidas foram realizadas em vácuo, no equipamento da marca Bruker, modelo S4 Pioneer, utilizando amostras com massa em torno de 10 g, que foram prensadas no formato de corpos cilíndricos com diâmetro de 20 mm e espessura de 3 mm, aproximadamente.

Preparação das formulações e argamassas

As argamassas utilizadas neste estudo foram produzidas no Laboratório de Materiais de Construção Civil do IFS/SE. Conforme apresentado na Tabela 1, inicialmente foi produzida uma argamassa padrão, utilizando traço 1:5 (cimento e areia) e, posteriormente, foram produzidas as demais argamassas, introduzindo o caulim em substituição à areia, de forma gradual (25%, 40%, 60% e 80%) em massa. Para o cálculo do consumo de materiais utilizados, foi utilizado a fórmula, representada na Eq 1 (GOMES, 2002), onde C é consumo de cimento por metro cúbico de argamassa, expresso em quilogramas, Y_c , Y_a e Y_b são as massas específicas do cimento, da areia e caulim, a e b representam as proporções em massa de areia e caulim, enquanto x representa a relação água/cimento. O valor 1000 é correspondente ao volume de argamassa produzido em Litros (1,0 m 3). Esse volume pode ser alterado conforme o número de corpos de prova que se deseja conformar.

Com a argamassa no estado fresco mediu-se a massa específica aparente, e a consistência. Os traços apresentados na Tabela 1 foram definidos em massa e a relação água/cimento foi definida inicialmente como 1,1 para obter o índice de consistência (IC) de $210 \pm 10 \text{ mm}$, segundo a NBR 13276:2002.

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{Y_c} + \frac{a}{Y_a} + \frac{b}{Y_b}} \quad (1)$$

Tabela 1. Formulações de argamassa, traço em massa.

Matérias Primas	Padrão	A	B	C	D
Cimento	1	1	1	1	1
Areia	5	4	3	2	1
Caulim	-	1	2	3	4
a/c*	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2

*a/c-relação água cimento. Fonte: dados do autor

Na produção das argamassas, os materiais utilizados foram apropriadamente pesados. Na pesagem dos constituintes, foi feito o uso de uma balança com capacidade de carga de 2100 g e resolução de 0,01 g, marca Bioprecisa, modelo JH2102. Neste experimento, as argamassas foram produzidas utilizando-se o misturador mecânico planetário (argamassadeira) de eixo vertical com capacidade para 5 litros, da marca Edutec, ilustrado na Figura 1.



Figura 1. Argamassadeira. Fonte: dados do autor.

O princípio do ensaio consiste em medir o espalhamento da argamassa após ser submetida a 30 golpes na mesa de consistência. A Figura 2, ilustra as etapas do ensaio.

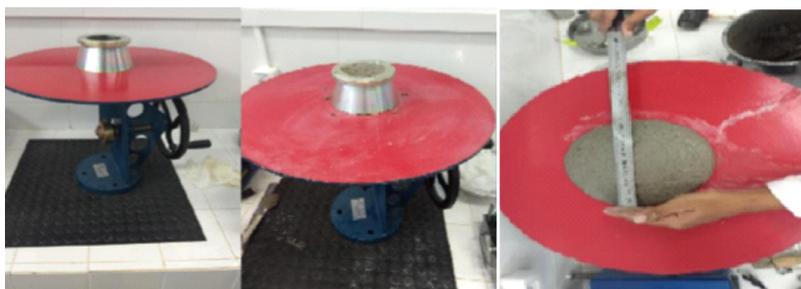


Figura 2. Ensaio de índice de consistência (IC) da argamassa no estado fresco.
Fonte: dados do autor.

- **Massa específica aparente no estado fresco**

Realizado conforme a NBR 13278:2005.

Ensaio com os corpos de prova no estado endurecido

Absorção de água

Para realização deste ensaio seguiu-se o método de ensaio descrito na NBR 15259 (ABNT, 2005).

Resistência mecânica à compressão

A resistência à compressão foi determinada na idade de 28 dias, conforme procedimento descrito na NBR 13279:2005 (ABNT, 2005).

- **Massa específica aparente no estado endurecido**

O ensaio de densidade de massa aparente no estado endurecido foi realizado na idade de 28 dias, em conformidade com a NBR 13280:2005 (ABNT, 2005).

RESULTADOS

De acordo com, o espectro de DRX do caulim (Figura 3), o mesmo é constituído de feldspato, muscovita, quartzo e o argilomineral caulinita, característico dos caulins (MENEZES, 2009). Os valores percentuais foram calculados utilizando o *software Match* versão demo.

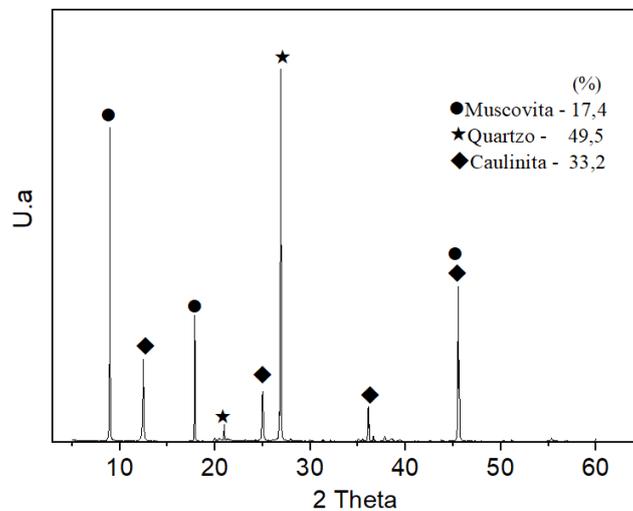


Figura 3. Difratograma de raios X (DRX) da amostra de caulim. Fonte: dados do autor.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise química por FRX realizada no caulim utilizado nas formulações de argamassa. O caulim apresenta composição química com a presença de óxidos, SiO_2 , Al_2O_3 , além de apreciável quantidade de K_2O característico dos caulins (KONAN,2009).

Tabela 2. Análise química do caulim por FRX (% óxidos).

Matéria prima	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	TOTAL
Caulim	55,1	27,0	-	2,9	13,8	-	100,00

Fonte: dados do autor.

Na Figura 4 são apresentadas as curvas granulométricas da areia e do caulim. De acordo com o coeficiente de uniformidade (Cu) ambos são uniformes, ou seja, apresentam faixa estreita de granulometria. Com relação ao coeficiente de concavidade (Cc), a areia é bem graduada e o caulim mal graduado, ou seja apresenta desordem da distribuição de partículas (CAPUTO, 2012).

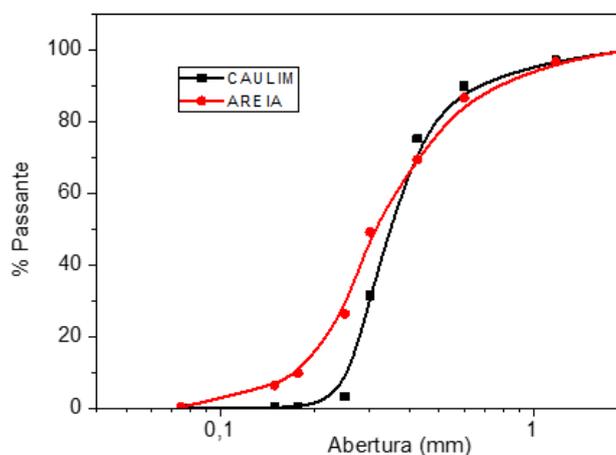


Figura 4: análise granulométrica. Fonte: dados do autor.

Na Tabela 3 é apresentada a caracterização das matérias primas. De acordo com a massa específica aparente, o caulim apresenta-se mais leve do que o cimento e a areia (PETRUCCI, 2012).

Tabela 3. Caracterização das Matérias primas

Matérias Primas	MEA* (g/cm ³)	MER(g/cm ³)	Finura (%)	MF
Cimento	1,19	3,26	0,96	-
Caulim	0,84	2,60	0,80	-
Areia	1,52	2,61	-	2,54

*MEA - massa específica aparente; MER - massa específica real; MF - módulo de finura.

Os resultados das formulações no estado fresco estão apresentados na Tabela 4. O índice de consistência permaneceu constante em todas as formulações. Com relação à massa específica aparente, a formulação C apresentou o valor mais baixo, provavelmente devido a maior quantidade de caulim, que apresenta menor massa específica aparente.

Tabela 4. Resultados de ensaios no estado fresco.

Formulações	Padrão	A	B	C	D
I.C. (mm)*	200	210	201	196,5	200
M.E.A. (g.cm ⁻³)	1,97	2,08	2,09	2,00	1,95

*I.C- Índice de consistência

Na Figura 5 é apresentada a resistência à compressão das formulações. O caulim incorporado melhorou esta propriedade, provavelmente por ser mais fino e melhorar o empacotamento.

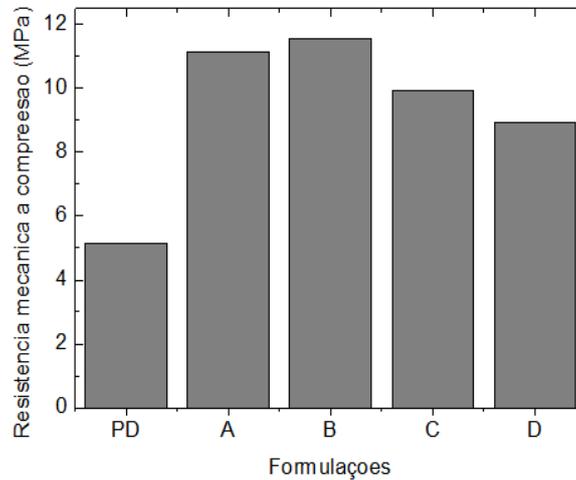


Figura 5: Resistência mecânica das formulações com caulim.
Legenda: PD - padrão. Fonte: dados do autor.

Os resultados da caracterização da absorção de água e massa específica aparente dos corpos de prova curados estão apresentados na Figura 6. A absorção de água foi mais baixa na formulação B, assim como a maior resistência e maior massa específica aparente.

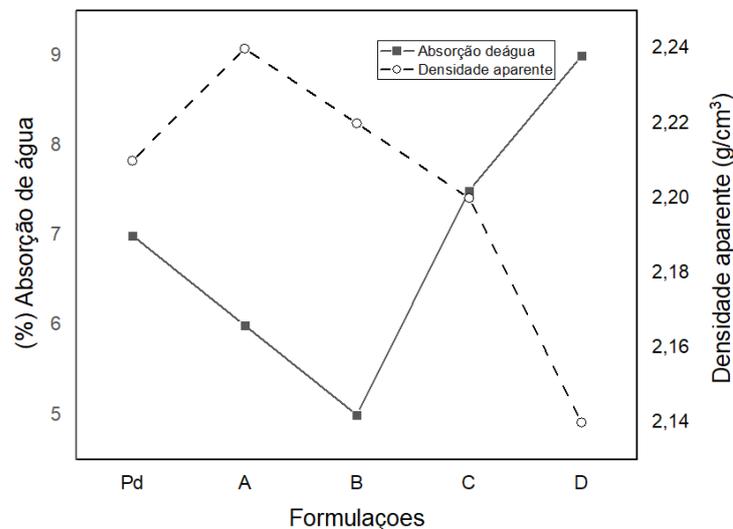


Figura 6: Variação da absorção de água e da massa específica aparente para as diferentes formulações de argamassa, aos 28 dias de idade. Fonte: dados do autor.

CONCLUSÕES

O Caulim se caracterizou mais leve do que o cimento e a areia. A presença, no caulim, do argilomineral caulinita, conferiu trabalhabilidade e liga suficiente à argamassa para não necessitar de CaO para promover plasticidade na areia para aplicação como argamassa de revestimento de paredes.

O Caulim é uma opção para aplicação em argamassas, sobretudo em regiões onde a matéria prima está disponível. Por ser uma matéria prima de diversas aplicações, o uso de caulim como adição mineral em argamassa fica normalmente para casos excepcionais. Assim ela é somente viável quando está próximo de jazidas, para que o custo final se torne viável.

O caulim incorporado em argamassas de reboco, melhora a textura, aumenta a resistência mecânica à compressão e reduz a absorção de água. No entanto, a plasticidade pode aumentar de forma a dificultar a aplicação e promover fissuras por retração, se o caulim não foi utilizado na forma adequada e em proporção moderada.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, JM. Contribuição ao Estudo das Propriedades Físico Mecânicas das Argamassas de Revestimento. **Dissertação (Mestrado)** – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, 2004, 175p.
- AMOROS, JL, SANCHES, G, JAVIER, MM. “**Manual para el control dela calidad de materias primas arcillosas**, ITC Instituto de Tecnologia Cerámica, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT NBR 7181 - Determinação do índice de granulometria.2016.
- _____**NBR 13278** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.
- _____**NBR 13279** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.
- _____**NBR 13276** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.
- _____**NBR 7200** - Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.
- CAPUTO, HP. **Mecânica dos solos e suas aplicações. Mecânica das Rochas, Fundações e Obras da Terra** - Vol. 2 - 7ª Ed. 2015.
- CELIK, H. “Technological characterization and industrial application of two Turkish clays for the ceramic industry”, **Appl. Clay Sci** **50**, 245, 2010.
- DA LUZ, AB; DAMASCENO, EC. Caulim, um mineral industrial importante. CETEM/CNPq, **Série Tecnologia Mineral** **65**, Rio de Janeiro, RJ. 1993, 29p.
- FIORITO, AJS. **Manual de argamassas de revestimento: estudos e procedimento de execução**. 2ª ed. São Paulo, Pini, 2005.
- GOMES, AO; NEVES, CMM. Proposta de Método de Dosagem Racional de Argamassas Contendo Argilominerais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre **2**(2), p. 19-30, 2002.
- KONAN, KL, PEYRATOUT, C, SMITH, A, BONNET, J *et al.* Comparison of surface properties between kaolin and metakaolin in concentrated lime solutions. **J. Colloid Interface Sci.** **339**(1), 103-109, 2009.
- NÓBREGA, A. F., Potencial de aproveitamento de resíduo de caulim paraibano para o desenvolvimento de argamassas de múltiplo uso. *In: Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal da Paraíba, 2007.
- NASCIMENTO, MCB. Argamassa térmica produzida com resíduos da exploração e processamento mineral de caulim e vermiculita expandida. *In: Trabalho de Conclusão de curso de Pós-Graduação*, Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

OLIVEIRA, M. P. e BARBOSA, N. P., Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição do cimento Portland em argamassas. **Rev. Bras. de Eng. Agrícola e Ambiental** 10, p. 490-496, 2005.

PERA, J.; AMROUZ, A. Development of Highly Reactive Metakaolin from Paper Sludge. **Advanced Cement Based Materials** 7, 1998.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**, editora globo, Rio de Janeiro, 2011.

SHVARZMAN, A; KOVLER, K; GRADER, GS; SHTER, GE. The effect of dehydroxylation/amorphization degree on pozzolanic activity of kaolinite. **Cement and Concrete Research** 33, 405-416, 2003.

