

Adição de resíduo de manta cerâmica em argamassa

Addition of ceramic blanket waste in mortar

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo estudar a influência da substituição de cimento por resíduo de manta cerâmica na resistência à compressão e no índice de consistência da argamassa. Após a determinação do traço a ser utilizado, o resíduo foi usado na preparação da argamassa, juntamente com os outros materiais (areia, cimento, cal hidratada e água), em substituição ao cimento, nas proporções de 0%, 2%, 4% e 6% em massa. Foram realizados ensaios de resistência à compressão e determinação do índice de consistência das diferentes argamassas preparadas. Os resultados dos ensaios mostraram que o melhor valor de resistência a compressão médio foi para a substituição de 2% em massa de cimento com 10,2 MPa, porém em todos os teores adicionados houve aumento na resistência a compressão. O índice de consistência diminuiu com a substituição de 2% em massa de cimento e aumentou com a substituição de 4% e 6%. Estes resultados indicam a viabilidade técnica da utilização do resíduo de manta cerâmica na fabricação de argamassa. **Palavras chaves:** resíduo de manta cerâmica, argamassa, resistência à compressão, índice de consistência.

ABSTRACT

The goal of this study is to assess the influence of replacement of cement by ceramic blanket waste in the compression strength and consistency index of the mortar. After the trace determination, the waste was used on the mortar preparation with other materials (cement, sand, hydrated lime and water), replacing the cement, at proportions of 0%, 2%, 4% and 6% in weight. Tests were realized to determine the compression strength and consistency index of the different mortars prepared. The test results showed that the best value of average compressive strength was for the replacement of 2% of cement with 10.2 MPa, but at all levels added there was an increase in compressive strength. The consistency index decreased with the replacement of 2% by weight of cement and increased with the replacement of 4% and 6%. These results indicate the feasibility of using waste in the manufacture of ceramic blanket mortar.

Key words: waste, ceramic blanket, mortar, compression strength, consistency index.

Luiz Alberto Baptista Pinto Junior

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais- Propemm- Instituto Federal do Espírito Santo - Ifes

Mônica Catoldi Borline

Pesquisadora do CETEM-ES

Ricardo André Fiorotti Peixoto

Professor do Departamento de Engenharia Civil da UFOP

José Roberto de Oliveira

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais- Propemm: Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes;
E-mail jroberto@ifes.edu.br

INTRODUÇÃO

As mantas, ou lãs, cerâmicas são produzidas a partir da fusão a 2.400°C de grãos de alumina e de quartzo, das quais se gera filamentos que recebem sopro de ar para uma maior formação de fibras, processo denominado “*Radial Blowing*” (Sopro Radial). Normalmente, faz parte da formulação a zirconita, para aumentar a refratariedade da fibra (acesso em 11 nov. 2009, UNIFRAX). O resultado é um produto leve, flexível e totalmente inorgânico, obtido através de entrelaçamento argamassa ou ao concreto convencional reduz a sua trabalhabilidade e esta redução é proporcional à concentração volumétrica de fibras. Segundo o autor essa limitação pode ser contornada por meio de uma correta seqüência de preparo da argamassa ou do concreto com adição de aditivos incorporadores de ar, plastificantes e um maior teor de pasta. O autor estudou o comportamento das fibras de vidro adicionadas em argamassa e em concreto, e afirmou que estas fibras, cuja composição química assemelha-se às fibras cerâmicas, apresentam problemas quanto à corrosão no meio alcalino das argamassas e do concreto, devido às reações de hidratação do cimento, o que provoca perda das propriedades desses materiais. Para resolver esse problema, o autor afirma que foram desenvolvidas fibras de vidro álcalis resistente (AR), com a presença de cerca de 16% de zircônio ZrO_2 , que é o caso da manta cerâmica usada no presente trabalho.

Laguna e Almaraz (1978), Ma, Zu e Ian (2004) relatam que a adição de fibra em compósitos de cimento, produz uma melhoria no desempenho das argamassas e

dos filamentos das fibras. Este produto é usado como isolante térmico nas indústrias metalúrgicas, de cimento e química, e como isolante acústico.

Os equipamentos isolados com manta cerâmica são 75% mais leves que os refratários isolantes e 90 à 95% mais leves que os refratários densos; resistência a choques mecânicos; excelente estabilidade química, não sendo afetada pela maioria dos produtos químicos, com exceção dos ácidos fluorídricos, fosfóricos e álcalis concentrados (acesso em 11 nov. concretos, conferindo um ganho nas resistências mecânicas, minimização de custos e também utilização de materiais disponíveis no mercado.

Já Aitcin (2000) e Grande (2003), estudaram a adição de resíduos contendo fibras cerâmicas na fabricação de materiais de construção, e concluíram que o aumento na resistência mecânica que ocorre nestes produtos, se deve à atividade pozolânica destas fibras.

A norma NBR 12653/1992, estabelece as condições para que um material seja considerado pozolânica. Pozolanas são materiais silicosos ou sílico-aluminosos, sem ou com pouco valor como aglomerante que, finamente moídos e em presença de água, reagem com o hidróxido de cálcio liberado na hidratação do cimento e formam compostos com propriedades aglomerantes.

Além da ação química, as pozolanas possuem ação física, atuando como material de enchimento (filler), produzindo um arranjo mais eficiente na interface agregado-pasta de cimento, reduzindo a segregação e aumentando a densidade e homogeneidade dessa zona de

2009, MORGANITE).

O estudo apresentado no presente trabalho foi feito com o resíduo de manta cerâmica fabricada pela empresa Morganite, e foi gerado em um processo de lingotamento contínuo de aço, onde a manta é usada como isolante térmico. Porém devido às condições do processo, sua capacidade de isolamento térmico diminui, e esta precisa ser substituída de tempo em tempo, gerando assim o resíduo em questão.

Para Peruzzi (2002), a adição de qualquer tipo de fibra à transição (Petrucci, 1993). Ou de outra forma, por materiais pozolânicos entende-se aqueles que possuem em sua composição silicatos ou sílico-aluminatos amorfos com nenhuma ou pouca atividade aglomerante mas que, quando em contato com a água e em temperatura ambiente, reagem com o hidróxido de cálcio, formando componentes com propriedades cimentantes (Lea, 1971).

Os principais produtos da reação entre a pozolana e o hidróxido de cálcio são o silicato de cálcio e o aluminato de cálcio hidratados. A precipitação de CSH ocorre pela dissolução da pozolana em meio alcalino com sua combinação com os íons Ca^{2+} presentes na solução (John et al., 2003).

As pozolanas, segundo Petrucci (1993) possuem a propriedade de fixar a cal liberada na hidratação do cimento, desenvolvendo-se então suas propriedades hidráulicas. Esse seria o papel da pozolana, fixar a cal sob uma forma insolúvel para impedi-la de reagir ou dissolver-se, melhorando assim a resistência a compressão da argamassa ou do concreto (Petrucci, 1993).

Vários estudos mostram que a pozolana natural tem sido amplamente usada como substituto ao cimento em muitas aplicações por suas vantajosas propriedades inclusive benefícios econômicos e ambientais, redução de permeabilidade, aumento de resistência química e melhoria das propriedades do concreto fresco (Mehta, 2008; Ghrici, 2006).

Este trabalho, portanto, tem o objetivo de estudar a influência da adição de resíduo de manta cerâmica, aproveitando suas propriedades pozolânicas, na resistência a compressão e consistência das argamassas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Aquisição e Caracterização dos Materiais

Os materiais usados neste trabalho foram: manta cerâmica, cimento, cal hidratada, areia (agregado miúdo), água e resíduo.

A manta cerâmica usada foi fabricada pela empresa Morganite, e possui as seguintes características: ponto de fusão de 1760 °C; diâmetro das fibras de 2,5 a 3,5 micrometros; densidade 2,7 g/cm³; calor específico de 1130 J/kg.K. A composição química da manta utilizada antes de virar resíduo era: Al₂O₃= 35%; SiO₂=50%; ZrO₂=15% (acesso em 11 nov. 2009, MORGANITE). Esta manta é usada como isolante térmico em válvulas tubulações que são submetidas a temperaturas acima de 500 °C.

O cimento utilizado foi da marca Nassau tipo CPII-E (com adição de escoria granulada de alto forno), e areia foi caracterizado como agregado miúdo comum fino, como será mostrado adiante. A cal utilizada foi da marca Massical tipo CHI.

Foram utilizadas três porcentagens de resíduo na argamassa; 2%, 4% e 6% em massa em substituição ao cimento e

% Resíduo	Cimento (g)	Resíduo (g)	Cal (g)	Areia (g)	Água (mL)	R*
0% (T _{ref})	157	-	445	1649	549,75	3,50
2% (T ₂)	153,86	3,14	445	1649	544,96	3,54
4% (T ₄)	150,72	6,28	445	1649	542,10	3,60
6% (T ₆)	147,58	9,42	445	1649	539,23	3,65

*R = massa de água/ massa de cimento

Tabela 1 - Quantidade dos materiais utilizados nos diferentes traços para fabricação das argamassas

comparados com uma amostra padrão sem resíduo. Para cada porcentagem foram realizados quatro ensaios de resistência a compressão e de determinação do índice de consistência.

Uma vez executados os ensaios de determinação da resistência à compressão, granulometria do agregado miúdo e determinação do índice de consistência das diferentes argamassas, os resultados foram comparados entre si.

Determinação dos traços e preparação das misturas

Foram preparados 4 diferentes tipos de traços; T_{ref} (0% de resíduo), T₂ (2% de resíduo), T₄ (4% de resíduo) e T₆ (6% de resíduo), conforme mostrado na tabela 1, sendo T_{ref} o traço de referência (fabricado com matérias primas convencionais). O resíduo foi adicionado em substituição ao cimento

Como o cimento e a cal são os aglomerantes das argamassas usados neste trabalho, a massa de água foi variada para manter a relação água/aglomerante constante igual a 0,91, uma vez que a massa de cimento variou.

As misturas foram preparadas em um misturador do tipo Batedeira Eletrônica da marca EMIC modelo AG-5, Nº 1048, NS-111, com duas velocidades, conforme estabelecido na NBR 7215/1996.

Determinação do índice de consistência e da resistência à compressão.

Índice de consistência

O ensaio para determinação do índice de consistência seguiu os procedimentos da ABNT NBR 13276:2002, utilizando a mesma quantidade de material utilizado no ensaio de resistência à compressão. Os materiais foram pesados na balança onde se procedeu a pesagem dos materiais para o ensaio de determinação da resistência à compressão.

A mistura foi preparada em um misturador do tipo Batedeira Eletrônica, a mesma que foi usada na preparação da mistura para determinação da resistência à compressão. Ao final de cada mistura de argamassa, foi executado o ensaio para determinação de sua consistência.

Foram moldados 3 corpos de prova para os traços T_{ref}, T₂, T₄, T₆, totalizando 12 corpos de prova

Resistência à compressão

Para a realização destes ensaios foram preparados corpos-de-prova em moldes cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura de acordo com a ABNT NBR 13279:1995 e 7215: 2002. As misturas foram preparadas em um misturador do tipo Batedeira Eletrônica da marca EMIC modelo AG-5, Nº 1048, NS-

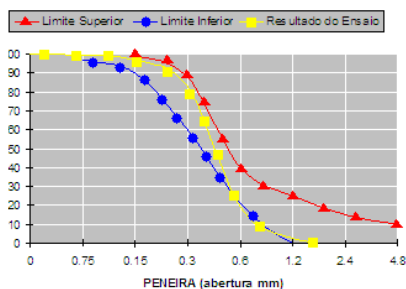


Figura 1 - Classificação granulométrica da areia.

111, com duas velocidades, conforme NBR 7215, (1996).

Foram produzidas misturas de areia e cal, que permaneceram em repouso por 24h. Após esse período foram determinados os teores de umidade das misturas e procedidas a preparação das argamassas com adição de cimento, manta cerâmica e água de amassamento.

Foram moldados 4 de corpos de prova para cada traço T_{ref} , T_2 , T_4 , T_6 , totalizando 16 corpos de prova. Os moldes receberam tratamento para que o material não aderisse às paredes da forma, guardando integridade dos corpos de prova desmoldados com 24h para cura. Os moldes metálicos permaneceram cobertos por uma placa de vidro a fim de evitar perda de água de amassamento.

Os corpos de prova foram ensaiados em máquina de compressão da marca WPM – VB – Werkstoffprüfmaschinen, com calibração executada pela Dinateste Ind. Com. Ltda (Certificada DNTT 7270/05) em 26/08/05. Os ensaios foram executados de acordo com a norma ABNT NBR 13279:1995.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos Materiais

De acordo com a análise do gráfico apresentado na figura 1 e pela ABNT, NBR 7217: 1982, o agregado (areia) utilizado, define-se como sendo agregado miúdo de graduação fina, apresentando uma

% Resíduo	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Média	D P
0	312	312	311	312	0,5 0
2	297	298	295	297	1,2 6
4	305	309	307	307	1,6 3
6	313	325	320	319	4,9 2

Tabela 2. Valores dos índices de consistência obtidos (mm).

granulometria com 100% das partículas abaixo de 1,2 mm.

Os limites de distribuição granulométrica para os agregados miúdos, segundo a NBR 7211, estabelecem as classificações dos agregados miúdos em função dos módulos de finura (MF) da seguinte forma:

$-2,20 < MF < 2,90 \rightarrow$ areia média;

– Origem aluvionar.

Os limites definem a granulometria máxima e mínima que o material pode ter para cada faixa do módulo.

Análise da Determinação do Índice de Consistência

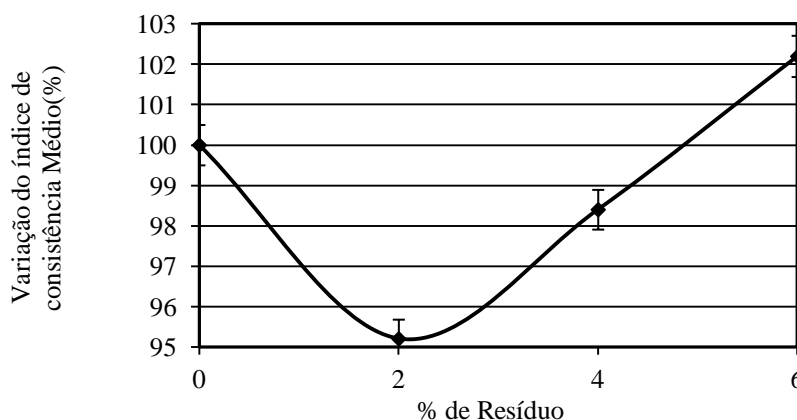


Figura 2 - Variação o valor médio do índice de consistência (%) em função do teor de resíduo adicionado.

$-1,5 < MF < 2,20 \rightarrow$ areia fina;
 $-2,9 < MF < 3,5 \rightarrow$ areia grossa.

De acordo com o resultado da classificação granulométrica da areia, obtiveram-se as seguintes características do agregado:

- Módulo de finura= 2,02(agregado fino);
- Diâmetro máximo = 1,2 mm;
- Materiais pulverulentos = 0,44%;

A tabela 2 mostra os resultados das três medidas individuais, as médias e o desvio padrão (DP) dos ensaios realizados para determinação do índice de consistência para cada tipo de argamassa, e a figura 2 mostra o gráfico com a variação do valor médio do índice de consistência em porcentagem em função do teor de resíduo adicionado.

De acordo com a tabela e figura 2, o índice de consistência diminui 4,8% com a adição de 2% em massa do resíduo. A partir deste ponto o índice passa a aumentar, proporcionando maior trabalhabilidade. Mas mesmo assim com adição de 4% de resíduo, o índice de consistência ainda é 1,6% menor que do traço de referência. Somente com a adição de 6% em massa do resíduo em substituição ao cimento, é que o índice de consistência aumenta 2,2% em relação ao traço de referência. Este comportamento, está de acordo com Peruzzi(2002), que diz que a adição de qualquer tipo de fibra à argamassa ou ao concreto convencional reduz a sua trabalhabilidade. Porém á medida que vai aumentando a porcentagem de resíduo ocorre um aumento da relação água/cimento, como é mostrado na tabela 1, com a utilização do resíduo em substituição ao cimento, o que causa um aumento no índice de consistência da argamassa, e consequentemente uma melhor trabalhabilidade. Isto por que uma maior relação água/cimento implica em uma maior fluidez da mistura e consequentemente em um maior índice de consistência (Peruzzi 2002).

De acordo com a norma ABNT NBR 13276:2002, o valor de consistência padrão é de no mínimo 255 mm +/-10; portanto os valores de todos os índices de consistência obtidos estão dentro da norma.

Análise da Determinação da resistência à compressão

A tabela 3 mostra os resultados de todos os testes para a determinação da resistência à compressão feitos, o valor médio e o desvio padrão (DP). Já a figura 3 mostra o gráfico com a variação do valor médio da resistência à compressão em porcentagem em

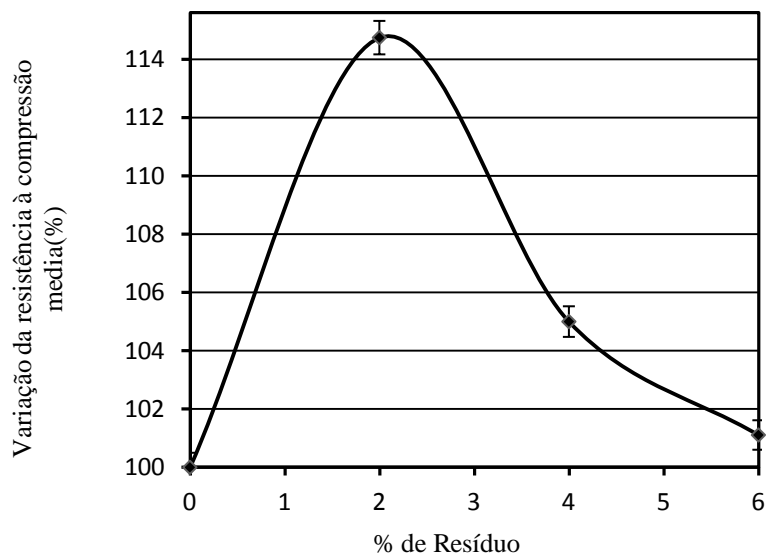


Figura 3. Variação do valor médio da resistência à compressão (%) em função do teor de resíduo adicionado.

Portanto, para a adição de 2% em

% Resíduo	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Média	DP
0	9,1	8,9	8,8	9,3	9,02	0,22
2	10,2	10,4	10,1	10,7	10,35	0,26
4	9,4	9,6	9,3	9,6	9,47	0,15
6	9,1	9,0	9,2	9,2	9,12	0,10

Tabela 3. Resultados dos ensaios de resistência à compressão (MPa)

adicionado.

De acordo com os dados apresentados, a média da resistência à compressão da argamassa teve um aumento nos corpos de prova de 14,74% que usaram 2% em massa do resíduo em substituição ao cimento em relação à argamassa sem adição de resíduo. Porém este aumento é de 5% na argamassa com 4% em massa do resíduo, e de somente 1% na argamassa com 6% em massa do resíduo, chegando a valores praticamente iguais às da resistência à compressão argamassa feita sem a adição de resíduo, com um valor somente 1,1% maior.

Isto pode ter ocorrido provavelmente, de acordo com Aïtcin (2000) e Grande (2003), devido ao fato do resíduo apresentar características físico-químicas semelhantes aos materiais pozolânicos, como citado anteriormente (Petrucci 1993).

massa do resíduo, possivelmente houve a combinação do resíduo com o hidróxido de cálcio e com os diferentes componentes do cimento, formando compostos estáveis (silicatos de cálcio hidratado), materiais estes mais resistentes e refinadores de poros que proporcionaram um aumento na resistência a compressão da argamassa (Petrucci,1993; Mehta, 1981; Ghrici, 2006).

Já para a adição de 4% e 6% em massa do resíduo, ocorreu uma diminuição maior da quantidade de cimento, uma vez que adição do resíduo era acompanhada por uma diminuição na quantidade de cimento na mesma proporção. Isto pode ter feito com que o aumento na resistência a compressão da argamassa, devido às características pozolânicas do resíduo, fosse anulada pela diminuição da quantidade de cimento, que tem

propriedades aglomerantes.

Devido a isto, os produtos de sua hidratação formam complexos hidratados que também causam um aumento na resistência a compressão da argamassa (Aïtcin,2000;Grande,2003).

Provavelmente, a resistência aumentaria caso a quantidade de cimento não fosse alterada e fossem adicionados os mesmos valores de resíduo. Porém todas as argamassas produzidas estão dentro da Norma ABNT NBR 13279:1995 e estão de acordo com os resultados encontrados na literatura (Petrucci,1993; Santos 2010; Araújo, 2004).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas condições experimentais do presente trabalho possibilitam as seguintes conclusões:

-A adição do resíduo de manta cerâmica em argamassa proporcionou um aumento da resistência à compressão dos corpos de prova com a utilização do resíduo em substituição ao cimento em comparação com uma argamassa padrão, da seguinte forma:

- aumento de 9,02 MPa para 10,35 MPa, (14,78%), para utilização de 2% do resíduo, sendo este o melhor resultado obtido;

- aumento de 9,02 MPa para 9,47 MPa,(5%), para utilização de 4% do resíduo;

- aumento de 9,02 MPa para 9,12 MPa,(1%), para utilização de 6% do resíduo.

-O índice de consistência das argamassas variou de diferentes maneiras com a adição do resíduo, em relação a argamassa padrão, se comportando da seguinte forma:

- diminuição de 312 mm para 297 mm, (4,8%), para utilização de 2% do resíduo,

- diminuição de 312 mm para 307 mm, (1,6%), para utilização de 4% do resíduo,;

- aumento de 312 mm para 319 mm, (2,2%), para utilização de 6% do resíduo, sendo este o maior valor do índice de consistência.

-Todos os valores obtidos para o índice de consistência estão de acordo com a norma ABNT NBR 13276:2002.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR 7217: Determinação da composição granulométrica dos agregados. Rio de Janeiro, 1982.

____ NBR 7211 – Agregados para concreto – Especificação. 2005.

____ NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão. 1996.

____ NBR 12653 – Materiais pozolânicos. 1992.

____NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 1995.

____NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo de mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2002.

AGUNA,O.L.,ALMARAZ,J.S. Reciclado de resíduos sólidos urbanos. Revista de Plásticos Modernos, v. 1, n. 36, (1978), p.491-498.

AÏTCIN,P.C.Concreto de Alto Desempenho. 2ª Edição, Editora Pini, São Paulo, 2000, 274p.

ARAÚJO JÚNIOR, J.M. Contribuição ao estudo das propriedades físico-

mecânicas das argamassas de revestimento. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GHRICI M., KENAI, S. MEZIANE, E. Mechanical and durability properties of cement mortar with Algerian natural pozzolana J Mater Sci. 41:6965–6972. 2006.

GRANDE, F.M. 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, Departamento de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

JOHN, V.M.; CINCOTTO, M.A.; SILVA, M.G. Cinzas e aglomerantes alternativos. In: Wesley Jorge Freire e Antônio Ludovico Beraldo. Tecnologias e materiais alternativos de construção. Campinas: Editora Unicamp. 2003.

LEA, F.M. The chemistry of cement and concrete. 3ª Edition. Chemical Publishing Company Inc. 1971.727p.

MA, Y.; ZHU, B.; IAN, M. Properties of ceramic fiber reinforced cement composites – Cement and Concrete Research, State Key Laboratory of Concrete Materials Research. Tongji University, 2004.

MEHTA, K.; MONTEIRO, P. Concreto. Propriedades, microestrutura e materiais. São Paulo: Ibracon, 2008.

MORGANITE LTDA. Contém informações institucionais, técnicas, e serviços. Disponível em: <<http://www.morganitethermal.co.m.br>> Acesso em: 11 de novembro 2009.

PERUZZI, A.P. Comportamento das fibras de vidro convencionais em matriz de cimento portland modificada com látex e adição de

sílica ativa. 2002. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Departamento de Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PETRUCCI, E.G.R. Materiais de Construção. Porto Alegre: Ed. Globo, 1993.

UNIFRAX BRASIL LTDA. Contém informações institucionais, técnicas, e serviços. Disponível em: <<http://www.unifrax.com.br>> Acesso em: 11 de novembro 2009.

SANTOS, M.L.L.O. Aproveitamento de resíduos minerais na formulação de argamassas para a construção civil. Tese (Doutorado) – UFRN, Natal, 2008.