

**Análise comparativa de resistência à compressão de concretos
produzidos com duas marcas de cimento portland encontradas no
mercado de Manaus-AM**

Daniel Wilson Gomes Matos, Acadêmico de Engenharia Civil
Centro Universitário do Norte – UNINORTE

Orientador: Prof. José Cláudio Moura Benevides

Manaus
2018

RESUMO

Esta pesquisa apresentará os resultados de comparação, no que diz respeito à resistência à compressão, de duas amostras de concreto produzidas com dois tipos diferentes de cimento portland encontrados no mercado de Manaus, no Estado do Amazonas (AM). Serão apresentados resultados de ensaios de ruptura à compressão realizados no Laboratório de Resistência dos Materiais do UNINORTE, indicando, assim, qual das duas marcas apresenta a maior resistência característica aos 28 dias no concreto produzido com determinado traço preestabelecido e utilizado nas duas amostragens. As marcas de cimento portland utilizadas nesta pesquisa foram das que mais se destacam em volume de vendas no mercado varejista de materiais de construção em Manaus. As marcas utilizadas foram Cimento Forte, do tipo CP III-40 RS e Cimento Mizu, do tipo CP IV-32 RS. O traço utilizado nas duas amostras de cimento foi 1:2:3, com o fator água-cimento de 0,5. O agregado graúdo utilizado foi o seixo rolado e o agregado miúdo foi a areia não peneirada, bastante comuns nas lojas especializadas da capital amazonense.

Palavras-chave: Concreto, Resistência à compressão, Cimento Portland

ABSTRACT

This research will present the results of a comparison, in terms of compressive strength, of two concrete samples produced with two different types of portland cement found in the market of Manaus, State of Amazonas (AM). It will be presented results of compression rupture tests performed in the UNINORTE's Materials Resistance Laboratory, indicating, therefore, which of the two marks shows the highest characteristic strength at 28 days in the concrete produced with a predetermined trace and used in the two samplings. The portland cement brands used in this research were the ones that stand out most in terms of sales volume in the construction materials retail market in Manaus. The brands used were Cement Forte, type CP III-40 RS and Mizu Cement, type CP IV-32 RS. The traces used in the two cement samples were 1: 2: 3, with the water-cement factor of 0.5. The large aggregate used was the rolled pebble and the small aggregate was the unselected sand, very common in the specialized stores of the Amazonian capital.

Keywords: Concrete, Compressive strength, Portland cement

1- INTRODUÇÃO

O concreto é um material amplamente utilizado nas construções por todo o mundo. É basicamente constituído de cimento Portland, agregado graúdo, agregado miúdo e água de amassamento, nas proporções adequadas e definidas em laboratório, a fim de atingir determinado grau de resistência desejado.

Segundo Petrucci (1978), quando recém-misturados, tais materiais devem oferecer condições de plasticidade que permitam com facilidade as operações de manuseio indispensáveis ao lançamento nas formas, adquirido com o tempo, pelas reações que estão se processando entre aglomerante e água, coesão e resistência.

De acordo com Helene e Andrade (2007), o concreto de cimento Portland é o material estrutural e de construção civil de maior importância nos dias de hoje. Ainda que sua descoberta seja considerada recente, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

O cimento Portland é insumo básico e primordial na produção do concreto.

O cimento é um aglomerante hidráulico e quando entra em contato com a água gera uma reação exotérmica de cristalização de produtos hidratados e com isso ganha resistência mecânica. O cimento é considerado o principal material de construção empregado como aglomerante. Quase nunca é utilizado sozinho e quando misturado com água e agregados miúdos produz uma massa chamada de argamassa e quando a essa massa é adicionado o agregado graúdo, tem-se o concreto.

O cimento é tido como uma das principais commodities mundiais e em vários países serve até mesmo como indicador econômico.

Até chegar ao material que conhecemos nos dias de hoje, o cimento como material de construção passou por grandes transformações e evoluções.

Historiadores demonstraram que há 4.000 anos os egípcios utilizavam um material feito com gesso calcinado como aglomerante em suas obras. Os romanos e gregos utilizavam solos vulcânicos que endureciam depois de misturados com água.

No ano de 1786, um inglês chamado John Smeaton criou uma mistura muito resistente através da queima de calcários argilosos e moles. Pode-se dizer que esse é o ponto inicial da criação do cimento artificial. Já em 1818, o francês Louis Vicat obteve resultados parecidos com os de Smeaton, pela mistura de componentes argilosos e calcário.

Alguns anos depois, em 1824, outro inglês, o construtor Joseph Aspdin queimou pedras calcárias e argilas conjuntamente, transformando-as em um pó muito fino. Percebeu, então, que quando misturadas com água e após secar, obtinha um material tão resistente quanto as pedras utilizadas nas construções daquela época. Descobriu, também, que após secar, a mistura não se dissolvia em contato com a água. Aspdin patenteou sua descoberta naquele mesmo ano e a chamou de cimento Portland. O nome Portland se deu por aquele material apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland.

No Brasil, a história da produção do cimento começou em 1924, com a implantação pela Companhia Brasileira de Cimento Portland de uma fábrica na cidade de Perus, Estado de São Paulo, cuja construção pode ser considerada como o marco da implantação da indústria brasileira de cimento. As primeiras sacas de cimento foram produzidas e colocadas no mercado em 1926. Até aquele ano, o cimento vendido no país era em sua totalidade produto importado.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2018), o cimento é um material pulverulento que tem propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que enrijece sob a ação de água. Quando feito concreto, torna-se em pedra artificial, que pode ser moldada em várias formas e volumes, de acordo com as necessidades do construtor. Por conta dessas características, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, perdendo apenas pela água.

O cimento é composto por clínquer, com acréscimo de outros materiais que diferenciam os vários tipos existentes, conferindo diferentes propriedades mecânicas e químicas a cada tipo disponível. Tais materiais acrescidos também são ou não utilizados de acordo com a sua disponibilidade geográfica.

Além do clínquer, o gesso, a escória siderúrgica, a argila pozolânica e o calcário são utilizados na fabricação do cimento.

Na tabela a seguir, estão indicados os vários tipos de cimento fabricados no Brasil, bem como a sua composição em percentuais e as resistências atingidas com 28 dias.

Tabela 1: Tipos de cimento portland fabricados no Brasil

Cimentos no Brasil	Tipo	Clínquer + Gesso (%)	Escória Siderúrgica (%)	Material Pozolânico (%)	Calcário (%)	Resistência (Mpa)
CP I	Comum	100	-	-	-	25,32,40
CP I - S	Comum	95-99	1-5	1-5	1-5	25,32,40
CP II - E	Composto	56-94	6-34	-	0-10	25,32,40
CP II - Z	Composto	76-94	6-14	15-50		
CP II - F	Composto	90-94	-	-	6-10	25,32,40
CP III	Alto-forno	25-65	35-70	-	0-5	25,32,40
CP IV	Pozolânico	45-85	-	15-50	0-5	25,32
CP V - ARI	Alta resistência inicial	95-100	-	-	0-5	26 MPa a 1 dia de idade e de 53 MPa aos 28 dias

Fonte: Própria autoria, 2018.

Nesta pesquisa, procurou-se utilizar os cimentos mais comumente encontrados no mercado na cidade de Manaus. Portanto, optou-se por adquirir duas marcas de cimento, a saber, o Cimento Forte, do tipo CP III-40 RS e Cimento Mizu, do tipo CP IV-32 RS. As letras RS são indicação de que o cimento em questão é resistente a sulfatos.

Além do cimento, o concreto produzido para esta pesquisa contou com o agregado graúdo do tipo seixo rolado, largamente utilizado em obras na cidade de Manaus e abundante na natureza, sendo facilmente encontrado nas mais diversas lojas de materiais de construção de Manaus.

O agregado miúdo utilizado foi a areia comum e não peneirada, também fartamente encontrada na região.

Por fim, utilizou-se água como material de amassamento na proporção de 0,5 no fator água-cimento (AC).

2- OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa de resistência à compressão de concretos dosados e produzidos em ambientes de laboratório com diferentes marcas de cimento facilmente encontradas no comércio varejista de materiais de construção da cidade de Manaus, Estado do Amazonas por meio de ensaios de resistência à compressão estudando dois tipos de cimento: o Cimento Forte, do tipo CP III-40 RS e Cimento Mizu, do tipo CP IV-32 RS para atingir resultados satisfatórios de ordem econômica e sustentável, além de avaliar o desempenho dos produtos, observando as propriedades e requisitos exigidos pela norma NBR 6136 (ABNT, 2014): resistência à compressão simples e análise dimensional, a partir dos ensaios estabelecidos na NBR 12118 (ABNT, 2014).

3- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar e identificar qual marca e tipo de cimento atinge a maior resistência ao fim de 28 dias;
- b) Caracterizar o cimento e agregados;
- c) Analisar o comportamento das propriedades físico-mecânicas do concreto, com relação à compressão simples.

4- METODOLOGIA

Os métodos de análise do objeto deste trabalho abordaram produção de concreto em ambiente de laboratório, realização de teste tipo *slump*, moldagem de corpos de prova (CP) e ensaio de resistência à compressão axial. Contudo, o início desta pesquisa deu-se com a realização de pesquisa bibliográfica acerca dos assuntos aqui tratados.

4.1- Escolha dos tipos de cimento

Existem várias marcas e tipos de cimento fabricados e vendidos no Brasil; alguns importados. No entanto, como critério adotado, decidiu-se por duas marcas de cimento facilmente encontradas em Manaus e que possuem grande volume de vendas no comércio varejista.

Após realizar pesquisa em 8 grandes lojas especializadas em materiais de construção em Manaus: Aladim Materiais de Construção, Loja Constroi, Júnior Materiais de Construção, Castelinho Materiais de Construção, Força Construtiva – MAESB, Depósito do Cimento, Toca da Karol e Força Construtiva – São Joaquim, optou-se por realizar a pesquisa com as duas marcas mais vendidas nas referidas lojas.

Os cimentos e tipos escolhidos foram o Cimento Forte, do tipo CP III-40 RS e Cimento Mizu, do tipo CP IV-32 RS.

4.2- Escolha dos agregados

O critério utilizado para escolher os agregados foi o semelhante à escolha dos tipos de cimento, a farta comercialização e facilidade de encontro nas lojas do ramo.

O agregado graúdo escolhido foi o seixo rolado, fartamente extraídos dos leitos dos rios da região amazônica e amplamente comercializado na cidade de Manaus.

O agregado miúdo escolhido foi a areia, visto que é o tipo de agregado miúdo mais utilizado na produção de concreto no Brasil e é amplamente extraída dos leitos dos rios ou de jazidas na cidade ou em seu entorno.

A água de amassamento utilizada é a água fornecida pela Concessionária local.

4.3- Escolha do traço

O traço escolhido para a produção do concreto é um traço considerado padrão. O traço é 1:2:3. Que corresponde a uma parte de cimento, 2 partes de agregado miúdo e 3 partes de agregado graúdo.

O fator água cimento escolhido foi de 0,5, em relação ao cimento.

4.4- Produção do concreto

Primeiro, foi necessário quantificar a massa dos componentes do concreto.

Para o cimento foi quantificado 7 quilos de massa. Para o agregado miúdo, areia, foi quantificado 14 quilos e para o agregado graúdo, 21 quilos de seixo rolado.

A água de amassamento, primeiramente, foi quantificada a massa de 3,5 quilos de água, coletada diretamente da torneira, fornecida pela concessionária pública.

Para quantificar toda essa massa, foi utilizada uma balança eletrônica.

Após quantificar a quantidade dos materiais, os mesmos foram misturados mecanicamente, com o uso de uma betoneira.

Após a mistura mecanizada, foi realizado *slump-test*, com resultado de 7, considerado satisfatório.

O próximo passo foi moldar os corpos de prova.

Foram escolhidos a quantidade de 6 CP's (corpo de prova) de prova para cada amostra de concreto. Sendo um par para ser rompido aos sete dias, outro para 14 dias e a última dupla para rompimento no ensaio de resistência à compressão axial aos 28 dias.

O procedimento foi repetido com a outra marca de cimento, com as mesmas quantidades de materiais.

Após a mistura da segunda amostra, foi realizado o *slump-test* e o resultado foi de 7, tal como na primeira amostra.

Feito isso, outros 6 corpos de prova foram moldados, para os mesmos testes da primeira amostra.

O primeiro cimento a ser utilizado foi o Mizu e o segundo foi o Forte.

4.5- Moldagem dos Corpos de Prova (CP)

A moldagem dos corpos de prova, apesar de não requerer muito conhecimento técnico, deve ser feita com muito esmero, de acordo com os procedimentos estabelecidos na Norma NBR 7215/1996.

Primeiramente é necessário aplicar um material na parte interna do CP para facilitar a desforma, chamado de desmoldante.

O CP usado foi o de dimensões 15cm de diâmetro por 30cm de altura.

A colocação do concreto no CP é feito em duas camadas. A primeira camada é colocada até a metade do CP. Após isso, usa-se uma haste de metal, a mesma utilizada no *slump-test* e aplica-se 25 golpes no concreto para adensar o concreto e eliminar os vazios entre os componentes. Feito isso, completa-se o CP com concreto e aplica-se mais 25 golpes com cuidado para que os golpes não atinjam a primeira metade.

O processo foi repetido em todos os CP's.

Após 24 horas da moldagem dos CP's, os mesmos foram desmoldados e mergulhados em água, esperando completarem a idade para serem rompidos no ensaio de resistência à compressão axial.

4.6- Resistência à Compressão

A resistência à compressão das duas marcas de cimento utilizados na pesquisa foi determinada de acordo com a NBR 7215- Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão, de 1996.

A resistência à compressão axial do compósito foi determinada de acordo com os indicado na NBR 5739- Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, de 2007 e NBR 7215- Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão, de 1996. O rompimento foi realizado nas idades de 7 dias, 14 dias e 28 dias.

5- RESULTADOS

Os resultados obtidos no ensaio de determinação da resistência à compressão encontram-se nas diversas tabelas abaixo.

Primeiramente, as informações obtidas com os ensaios realizados com as amostras de concreto feito com o Cimento Forte:

Tabela 2: Resistência à Compressão – CIMENTO FORTE (7 dias)

Identificação CP	Seção	Idade	Tensão de Ruptura
CP 01-F	78,54 cm ²	7 dias	18,77 MPa
CP 02-F	78,54 cm ²	7 dias	18,15 MPa
Data da moldagem:	25/09/2018	Média:	18,46 MPa

Fonte: Própria autoria, 2018.

Tabela 3: Resistência à Compressão – CIMENTO FORTE (14 dias)

Identificação CP	Seção	Idade	Tensão de Ruptura
CP 03-F	78,54 cm ²	14 dias	23,56 MPa
CP 04-F	78,54 cm ²	14 dias	26,28 MPa
Data da moldagem:	25/09/2018	Média:	24,92 MPa

Fonte: Própria autoria, 2018.

Tabela 4: Resistência à Compressão – CIMENTO FORTE (28 dias)

Identificação CP	Seção	Idade	Tensão de Ruptura
CP 05-F	78,54 cm ²	28 dias	39,80 MPa
CP 06-F	78,54 cm ²	28 dias	40,50 MPa
Data da moldagem:	25/09/2018	Média:	40,15 MPa

Fonte: Própria autoria, 2018.

A seguir, as transcrições dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à compressão dos concretos produzidos com o cimento Mizu:

Tabela 5: Resistência à Compressão – CIMENTO MIZU (7 dias)

Identificação CP	Seção	Idade	Tensão de Ruptura
CP 01-M	78,54 cm ²	7 dias	19,24 MPa
CP 02-M	78,54 cm ²	7 dias	18,98 MPa
Data da moldagem:	25/09/2018	Média:	19,11 MPa

Fonte: Própria autoria, 2018.

Tabela 6: Resistência à Compressão – CIMENTO MIZU (14 dias)

Identificação CP	Seção	Idade	Tensão de Ruptura
CP 03-M	78,54 cm ²	14 dias	25,40 MPa
CP 04-M	78,54 cm ²	14 dias	25,96 MPa
Data da moldagem: 25/09/2018		Média:	25,68 MPa

Fonte: Própria autoria, 2018.

Tabela 7: Resistência à Compressão – CIMENTO MIZU (28 dias)

Identificação CP	Seção	Idade	Tensão de Ruptura
CP 05-M	78,54 cm ²	28 dias	41,31 MPa
CP 06-M	78,54 cm ²	28 dias	40,85 MPa
Data da moldagem: 25/09/2018		Média:	41,08 MPa

Fonte: Própria autoria, 2018.

6- DISCUSSÃO

Analisar e entender a resistência à compressão do concreto, além de garantir qualidade na execução dos serviços realizados, garante que vidas não sejam perdidas por conta do emprego de concreto de má qualidade.

Existem várias marcas de cimento à venda no Brasil. Saber como cada uma delas se comporta em conjunto com os agregados disponíveis no mercado naquele momento é de crucial importância.

Saber qual marca de cimento atende melhor as expectativas do projetista, além de dar segurança, pode gerar economia de recursos financeiros.

Pode-se imaginar uma obra grandiosa, do tipo uma ponte ou uma barragem, onde a quantidade de concreto a ser empregada será da ordem de milhões de toneladas, saber que determinada marca de cimento atende as especificações indicadas no projeto e que aquele cimento custa alguns reais mais baratos a saca, em relação ao cimento mais vendido, pode gerar uma economia de alguns milhões de reais. Um consumo de um milhão de sacos de cimento e um cimento que atenda

às especificações técnicas definidas em projeto e em Norma que custe um real menos, gera, nesse exemplo, uma economia de um milhão de reais.

Não é objetivo desta pesquisa definir qual é o melhor cimento, a melhor marca. O objetivo é saber qual das duas marcas atingiu a maior resistência ao fim de 28 dias.

Ficou demonstrado que ambas as marcas atingiram as resistências esperadas e definidas pelo fabricante, especificadas na embalagem (tipo do cimento).

Isso nos leva a crer que a fabricação e armazenamento dos cimentos analisados estavam de acordo com as Normas que versam sobre o tema.

Com relação aos índices atingidos, verificamos que houve uma ligeira sobressalência para a marca de cimento Mizu, em relação ao cimento Forte, com o cimento Mizu atingindo, em média, 41,08 MPa aos 28 dias. Em contraposição ao cimento Forte, que aos 28 dias atingiu, em média, 40,15 MPa.

Isso não significa em definitivo que o cimento Mizu é melhor que o cimento Forte, mesmo porque as duas marcas de cimento atingiram as expectativas, em relação ao que se esperava, sendo que deveria ser o mínimo estabelecido pelo fabricante e Normas, de acordo com o tipo de cimento.

Deve-se salientar que em quaisquer resultados obtidos faz-se necessário levar em conta também a qualidade dos demais componentes da mistura do concreto, citamos o agregado miúdo e o agregado graúdo.

A qualidade dos agregados é fator crucial no resultado obtido ao fim dos 28 dias.

Há casos na literatura técnica especializada que as amostras de concreto não atingiram a resistência desejada, bem como há outros casos em que a resistência atingida foi muito além da esperada.

Vale lembrar que cada amostra de concreto é individual e duas amostras nunca darão o mesmo resultado. Por isso a necessidade de se fazer um controle tecnológico com responsabilidade.

Como descrito no item anterior, aos 28 dias, o cimento Mizu atingiu a resistência de 41,08 MPa e o cimento Forte chegou à marca de 40,15 MPa, com uma diferená de 0,93 MPa em favor do cimento Mizu.

7- CONCLUSÃO

- Após o ensaio de ruptura, analisou-se o agregado graúdo e foi percebido que o mesmo atendeu a expectativa no que diz respeito ao encobrimento dos grãos.
- Após o ensaio de ruptura, verificou-se que o agregado miúdo cumpriu a contento com a função que dele se esperava. Percebeu-se uma homogeneidade no material misturado e houve grande encobrimento dos grãos, não percebendo-se vazios nos CP's.
- Os valores de resistência encontrados estavam dentro do padrão esperado e amplamente mencionado nas literaturas técnicas a respeito do tema.

8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 49: Agregado fino- Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001. 11 p.

_____. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 8 p.

_____. NBR 12653: Materiais pozolânicos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2014. 6 p.

_____. NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 9 p.

_____. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 9 p.

_____. NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005. 4 p.

_____. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

_____. NBR 7222: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011. 5 p.

_____. NBR 5732: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991. 8 p.

_____. NBR NM 43: Cimento portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2003. 8 p.

_____. NBR NM 65: Cimento portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

_____. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

_____. NBR 5674: Manutenção de edificações, Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 6023: Informação e documentação, referências, elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

_____. NBR 6028: Informação e documentação – resumo – apresentação. Rio de Janeiro, 2003c.

_____. NBR 6024: Informação e documentação – numeração progressiva das seções de um documento escrito – apresentação. Rio de Janeiro, 2003a.

_____. NBR 10520: Apresentação de citação em documentos. Rio de Janeiro, 2002b.

_____. NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR15575-2 : Requisitos para os sistemas estruturais, Rio de Janeiro, 2013.

DEMO, Pedro. Introdução à metodologia da ciência. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1987.

SILVA, José Maria da; SILVEIRA, Emerson Sena da. Apresentação de trabalhos acadêmicos: normas e técnicas. Petrópolis RJ: Vozes, 2007.

ACANTHE, Thierry. Polo Mineral do Amazonas. 2014. Disponível em: <http://www.ahkbrasilien.com.br/fileadmin/ahk_brasilien/portugiesische_seite/departamentos/Cooperacao_e_Desenvolvimento/Polo_Mineral_do_Amazonas.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.

AITCIN, P.C. Concreto de Alto Desempenho. São Paulo: Pini, 2000.

BAUER, L.A.F. Materiais de construção. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC), 1994. 435 p.

CALLISTER, William D. Jr. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 5ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

HELENE, Paulo; Terzian, Paulo. Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: PINI, 1992. 349p.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. 1 ed. São Paulo: PINI, 1994. 581 p

NAVARRO, R. F. . A Evolução dos Materiais, Parte 1: da pré-história ao início da era moderna. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 2006.

NETTO, Rafael Mantuano. Materiais Pozolânicos. 2006. 149 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em:<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Monografia_Materiais_Pozolanicos.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2016.

Petrucci, E.G.R. Concreto de cimento portland. Porto Alegre: Globo (1978).

STACHERA JUNIOR, Theodozio. Avaliação de emissões de CO² na construção civil: Um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná. In: 28º ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro. Anais... . Rio de Janeiro: Enegep, 2008. p. 4. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_090_554_12351.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2016.