

Estudo da viabilidade da utilização da rocha dunito, proveniente de Catas Altas - MG, como agregado para concreto

Luciano Garcia de Assis
lucianogarc@gmail.com

Fabrcio Moura Dias
fmdias2@hotmail.com

Centro Universitrio do Leste de Minas Gerais – UnilesteMG, Coronel Fabriciano, MG, Brasil.

RESUMO

A empresa Pedreira Um Valemix, concreteira e mineradora com matriz instalada na cidade de Timoteo, possui vrias filiais, instaladas em Catas Altas, Monlevade, Teofilo Otoni e Santana do Paraíso. Especificamente na regio de Catas Altas a empresa possui uma mineradora da rocha dunito, rocha esta que tem sua utilizao difundida nas indústrias refratárias, siderúrgicas e ornamentais. Visto que a regio de Catas Altas a demanda por obras de construo civil est crescendo, tornou-se conveniente estudar a viabilidade da utilizao da rocha dunito como agregado para o uso em concreto. Sendo assim, este trabalho foi desenvolvido para a empresa Pedreira Um Valemix com o objetivo de avaliar mecanicamente a rocha dunito, para o uso como agregado de concreto em comparao com a tradicional, gnaisse. A resistncia mecânica do concreto foi verificada no ensaio de compresso, aos 28 dias de cura. Para a dosagem adotou-se 2 traos, um utilizando Brital(B1) de dunito e outro utilizando B1 de gnaisse, segundo os documentos da Associao Brasileira de Normas Técnicas. Os resultados mostraram que a resistncia à compresso do dunito em comparao com o gnaisse foi satisfatória e este se encaixa para uso em concreto.

Palavras-Chave: Concreto. Resistência. Dunito.

1. INTRODUÇÃO

No geral, a busca incessante de alternativas tais como o menor custo de transporte, disponibilidade na regio, rochas com melhores propriedades e a viabilidade, tem-se tornado um dos principais focos de empresas concreteiras.

A empresa Pedreira Um Valemix, com 35 anos de mercado, atua nos segmentos de minerao (dunito e gnaisse) e produtos de construo civil (concreto, blocos, pisos), possui matriz instalada em Timoteo e filiais na regio de Catas Altas, Monlevade, Teofilo Otoni e Santana do Paraíso.

Em especial na regio de Catas Altas, a empresa possui uma mineradora da rocha dunito, rocha esta que não tem sua aplicao principal difundida no uso como agregado para concreto, sendo atualmente comercializada para usinas siderúrgicas como fundente, em empresas de ornamentao e em usinas refratárias.

Catas Altas, é um municpio brasileiro do estado de Minas Gerais, situado a 130 Km da capital Belo Horizonte, com área de 240,223 km². Sua populao estimada em 2007 é em torno de 4.700 habitantes. Dentre os aspectos econmicos relacionados ao ecoturismo, produtos artesanais, agricultura, pecuária e comrcio, destaca-se a indústri destinada à extrao mineral que contribui de forma expressiva para a arrecadao municipal. A principal empresa que atua na regio é a CVRD (Companhia Vale do Rio Doce).

Visto que na região, a demanda por obras de construção civil está em constante crescimento, a Pedreira Um Valemix decidiu avaliar a utilização da rocha em concreto e posteriormente estudar a viabilização da disposição deste produto no mercado, visando economia com o transporte local, instalação de uma nova estrutura de mineração, enfim, de aproveitar os recursos exclusivos da região e ampliar seu mercado e gama de produtos.

Os agregados são materiais geralmente sem forma e volumes definidos, inertes e com propriedades adequadas para o uso em engenharia. Atualmente, a rocha mais tradicionalmente utilizada como agregado é o gnaiss, devido sua grande facilidade de obtenção e ótimas propriedades.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a resistência à compressão do concreto, utilizando a rocha dunito como agregado e comparar com valores de resistência em concreto manufaturado com agregado mais comumente utilizado, o gnaiss. Através dos resultados obtidos, estudar a viabilidade do aproveitamento deste material proveniente da jazida da empresa Pedreira Um Valemix, na produção de concreto, aplicável a qualquer tipo de estrutura de concreto.

2. COMPONENTES DO CONCRETO

2.1. CIMENTO

De acordo com MEHTA E MONTEIRO (1994), o cimento é obtido pela moagem e mistura de calcário e argila em proporções adequadas, formando uma farinha que, aquecida até o início do ponto de fusão, produz o clínquer. Ele é moído com pó de gesso resultando no cimento. A hidratação deste produz uma massa gelatinosa, cristalina, conhecida como gel, que, após contínuo processo de cristalização, endurece, oferecendo então elevada resistência mecânica. Os principais tipos estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1 Tipos mais comuns de cimento.

Nome	Sigla
CIMENTO PORTLAND comum	CP I
CIMENTO PORTLAND comum com adição	CP I-S
CIMENTO PORTLAND composto com escória	CP II-E-32
CIMENTO PORTLAND composto com pozolana	CP II-Z-32
CIMENTO PORTLAND composto com filer	CP II-F-32
CIMENTO PORTLAND de Alto Forno	CP III
CIMENTO PORTLAND Pozolânico	CP IV
CIMENTO PORTLAND de Alta Resistência Inicial	CP V – ARI

Fonte: MEHTA e MONTEIRO (1994).

2.2. AGREGADOS

De acordo com SILVA JR (1956), os agregados são materiais granulares, sem forma e volume definidos, geralmente inertes, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia. Devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, duráveis, limpos e não devem conter substâncias que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento. São classificados em naturais e artificiais. Os naturais podem ser areias, pedregulhos, cascalhos ou seixos rolados. Os artificiais geralmente são pedras britadas procedentes de jazidas naturais, materiais processados termicamente tais como argila, escória de alto-forno, cinza volante e folhelho expandidos, que são usados para a produção de concreto leve. A figura 1 ilustra os exemplos mais comuns de agregados naturais e artificiais.

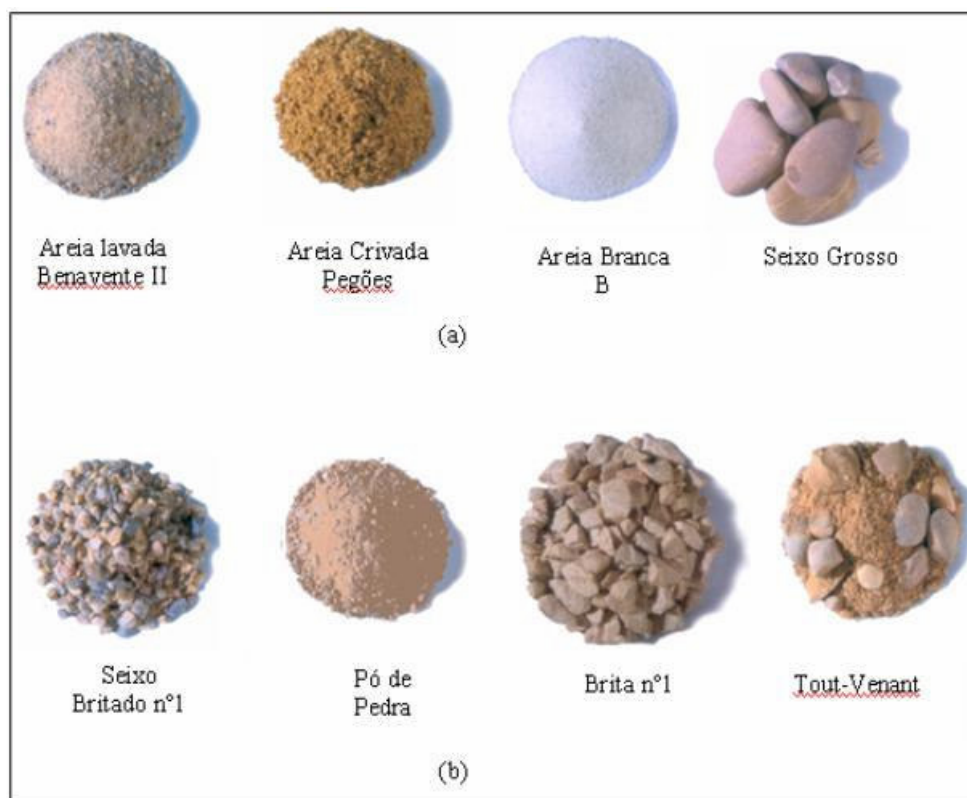


Figura 1. Tipos comuns de agregados utilizados em concreto. (a) Naturais, (b) Artificiais. Fonte: Adaptado de DURANTE.

Segundo DURANTE (2000), com relação ao tamanho de grãos, os agregados podem ser divididos em graúdos, que são partículas maiores do que 4,8 mm, e miúdos, que são partículas menores do que 4,8 mm. Quando a dimensão máxima é acima de 38mm em concretos de elevada resistência à compressão, se vê presente riscos da ocorrência de resultados desfavoráveis, pois grãos maiores têm menor área de contato agregado/pasta e propiciam tensões de contato mais elevadas. Também, agregados mais resistentes produzem, para uma mesma relação água/cimento, concretos mais resistentes.

RIBEIRO (2002) classifica as rochas de acordo com a origem em três grupos principais: ígneas, sedimentares e metamórficas; estes grupos são ainda subdivididos de acordo com a composição química e mineralógica, textura ou granulação, e a estrutura cristalina. Dentre as rochas utilizadas como agregado para concreto, destaca-se o gnaisse.

2.2.1. GNAISSE

Um gnaisse é uma rocha de origem metamórfica, resultante da deformação de sedimentos arcóicos ou de granitos. Sua composição é de diversos minerais, mais de 20% de feldspato potássico, plagioclásio, e ainda quartzo e biotita. Possui grande variação mineralógica e grau metamórfico, é hoje amplamente empregada como brita na construção civil e pavimentação, além do uso ornamental.

As rochas metamórficas são o produto da transformação de qualquer tipo de rocha levada a um ambiente onde as condições físicas (pressão, temperatura) são muito distintas daquelas onde a rocha se formou. Nestes ambientes, os minerais podem se tornar instáveis e reagir formando outros minerais estáveis, nas condições vigentes. A figura 2 ilustra a rocha gnaisse de procedência da Pedreira Um Valemix que foi utilizada para comparar com o dunito.



Figura 2. Rocha Gnaisse - Pedreira Um Valemix.

2.2.2. DUNITO

O dunito é uma rocha ígnea, sendo essencialmente um peridotito, magmática ou eruptiva que resultou da formação devida a resfriamento de magma derretido ou semiderretido. É constituído na maior parte por olivina, $(Mg,Fe)_2SiO_4$, que geralmente apresenta-se na cor verde-oliva, apesar de poder apresentar uma cor avermelhada devido à oxidação do ferro. Contém aproximadamente 49% MgO e 39% de SiO_2 . São rochas ultrabásicas, significando baixa composição de sílica (<45%) e alto teor de magnésio (>54%) aproximadamente.

O magma que a originou formou-se em grande profundidade, e foi resfriado a uma velocidade baixa, formando mineral completamente cristalino com granulação grosseira. Com base na classificação das rochas ígneas, com base no teor de SiO_2 presente, temos ácidas, intermediárias e básicas que contêm, respectivamente, mais de 65% de SiO_2 , 55 a 65 % de SiO_2 e menos de 55% de SiO_2 . Esta classificação é importante, porque é a combinação do

caráter ácido e da granulação fina ou a textura vítrea da rocha que determina a vulnerabilidade do agregado ao ataque de álcalis no concreto.

O dunito pode transformar-se em serpentinito, que é uma rocha composta de minerais hidratados de magnésio e sílica, formados pelo processo de serpentização, porém com as mesmas características químicas e algumas diferenças na estrutura. Este processo de serpentização ocorre, quando mais de 90% dos minerais de magnésio e sílica do dunito sofrem variações de temperatura abaixo de 400°C, o que causa a hidratação desses minerais. Atualmente suas principais aplicações são em siderúrgicas e refratários e também utilizada como pedras ornamentais. A figura 3 ilustra a rocha dunito que foi utilizada para o estudo.



Figura 3. Rocha Dunito Pedreira Um Valemix.

2.3. ADITIVOS

Os aditivos são produtos químicos adicionados ao concreto com a finalidade de melhorar suas propriedades. Podem ser aceleradores, retardadores, plastificantes, superplastificantes ou incorporadores de ar. Dentre os aditivos, o TEC Mult 440, é um plastificante multifuncional para o concreto. Este reduz os picos térmicos, mantém a plasticidade por períodos mais longos, melhora o bombeamento, aumenta a resistência final, melhora a impermeabilidade e aumenta a durabilidade do concreto (RHEOTEC, 2007).

3. METODOLOGIA

Para a verificação da resistência à compressão foram dosados os concretos utilizando dunito e gnaiss no laboratório da Pedreira Um Valemix. A caracterização de cada um dos materiais que constituem o concreto foi realizada em laboratório (conforme normas da ABNT). Em todos os constituintes do concreto foi feito ensaio de massa específica, utilizando o picnômetro para os agregados areia e britas através da NBR9776 (1986), conforme ilustram as Figuras 4 e 5.



Figura 4. Picnômetro utilizado para ensaio da areia.



Figura 5. Picnômetro utilizado para ensaio das britas.

Para caracterizar o pó de dunito, o recipiente utilizado foi o frasco de chapman que também segue a NBR9776 (1986), ilustrado na figura 6. Para obter a massa específica do cimento e escória, utilizou-se o frasco de Le Chatelier por meio da NBR7215 (1986), ilustrado na Figura 7.



Figura 6. Frasco de Chapman utilizado para o ensaio do pó de dunito.



Figura 7. Frasco de Le Chatelier utilizado para o ensaio do cimento e escória.

Também foi realizado o ensaio de granulometria com o conjunto de peneiras, para saber se todos os materiais estavam respeitando as faixas estabelecidas pela norma NBR7217 (1986). A Figura 8 ilustra as peneiras que foram utilizadas para a confecção deste ensaio.



Figura 8 Conjunto de peneiras utilizadas nos ensaios granulométricos.

Após a caracterização física dos constituintes, os valores de massa específica do cimento, e dos agregados miúdos e graúdos, fator água/cimento (a/c), teor de argamassa, quantidade de água e aditivo foram aplicados ao cálculo de dosagem, segundo o método da American Concrete Institute (ACI), adaptado pela Pedreira Um Valemix. A relação a/c, foi determinada seguindo o modelo da curva de Abrams. Modelo este que possibilita obter uma aproximação da durabilidade e resistência mecânica final do concreto, relacionando com o fator a/c previamente estabelecido. Para este fator, foi adotado o valor intermediário de 0,550, para simular um concreto com propriedades básicas.

Então, foram obtidos os valores reais de dosagem de cada material detalhados nas tabelas 1 e 2. Para efeito de comparação foram mantidas as mesmas relações água cimento, 0,550, e teor de argamassa, 0,530, para os dois concretos.

Tabela 1. Dosagem utilizada para o concreto com dunito.

Materiais	Agregados Secos (Kg)	Teor de Umidade (%)	Agregados Úmidos (Kg)	Massa Específica a (g/cm^3)
CIMENTO ARI RS	5,647			2,985
ESCÓRIA OURO BRANCO	4,620			2,990
AREIA	17,902	2,3 %	18,314	2,672
PÓ DE DUNITO	1,989	3,2 %	2,053	2,681
BRITA 1 DUNITO	26,744	1,4 %	27,118	2,543
ÁGUA	5,647	0,475 Kg	5,171	1,000
ADITIVO TEC MULT 440	82,14			1,200

Traço: 1 (cimento) : 1,937 (miúdo) : 2,641 (graúdo) : 0,55 (a/c).

Tabela 2. Dosagem utilizada para o concreto com gnaiss.

Materiais	Agregados Secos (Kg)	Teor de Umidade (%)	Agregados Úmidos (Kg)	Massa Específica (g/cm^3)
CIMENTO ARI RS	5,720			2,985
ESCÓRIA OURO BRANCO	4,680			2,990
AREIA	21,041	2,0 %	21,462	2,672
PÓ DE DUNITO	2,338	3,9 %	2,429	2,681
BRITA 1 GNAISSE	29,955	0,1 %	29,985	2,751
ÁGUA	5,720	0,542	5,178	1,000
ADITIVO TEC MULT 440	83,20			1,200

Traço: 1 (cimento) : 2,248 (miúdo) : 2,880 (graúdo) : 0,55 (a/c)

Os materiais foram espalhados no chão, secos e estocados em suas baias. Foi feita a pesagem de cada material e em ordem foram adicionados à betoneira: a brita; aditivo; cimento; água; areia e pó. As figuras 9 e 10 ilustram a betoneira iniciando o processo de mistura do concreto e este com a mistura homogeneizada respectivamente.



Figura 9. Inicialização do processo de mistura do concreto.



Figura 10. Homogeneização da mistura do concreto

Estes foram mantidos por agitação constante durante 5 minutos. Depois de misturado, o concreto foi despejado no carrinho e submetido a um teste de abatimento de cone para a análise da sua consistência, pela norma NBR7223. Conferido sua consistência, os CP's foram moldados, pela norma NBR9941 (1989).

Após um dia de moldagem, os CP's foram retirados da forma e levados ao tanque de cura, onde foram mantidos durante 28 dias. A figura 11 ilustra o tanque de cura utilizado neste processo.



Figura 11 Tanque de cura dos CP's.

Após a idade de 28 dias de cura, os CP's foram retirados do tanque e capeados. O capeamento permite que a superfície que ficará em contato com os pratos da prensa ficará plana e normal à geratriz do cilindro. Pode-se obter este acabamento utilizando-se uma mistura de enxofre e caulim ou cimento e 5% a 10% de negro-de-fumo. A figura 12 ilustra o capeador utilizado no processo de capeamento.



Figura 12. Capeador para corpos de prova cilíndricos.

Depois de concluída a etapa de preparação da superfície, os CP's foram rompidos seguindo a norma NBR5739 (1986). A figura 15 ilustra a realização do ensaio na prensa hidráulica.



Figura 13. Disposição do CP na prensa utilizada no ensaio de resistência à compressão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3, estão detalhados os resultados dos ensaios de massa específica e absorção realizados nos constituintes: cimento, areia e britas.

Tabela 3 Resultados de absorção de água e massa específica dos constituintes.

Amostra	Massa Específica (g/cm ³)	Absorção de Água (%)
Cimento ARI RS	2,985	----
Escória	2,990	----
Areia	2,672	0,651
Dunito	2,543	2,133
Gnaisse	2,751	0,559

--- Absorção próxima de zero.

Para a areia, a absorção foi baixa, porém como a sua umidade apresenta variações dependentes das condições climáticas, o ensaio para verificação da umidade da areia foi realizado antes da mistura, estando esta com 2,9% de umidade. Verificou-se nos valores apresentados pelas britas, uma diferença de 74% de absorção a mais para o dunito explicando assim seu maior consumo de água.

Em relação aos resultados de massa específica, verificamos um valor levemente superior do gnaïsse comparado com o dunito.

Na tabela 4 são apresentados os valores de resistência à compressão aos 28 dias de cura para os concretos manufaturados com o agregado dunito e gnaïsse.

Tabela 4. Resultados dos ensaios de resistência à compressão.

Amostras	Resistência à Compressão (Mpa)	
	Dunito	Gnaïsse
1	38,7	43,2
2	38,2	45,5
3	37,2	44,6
4	40,8	44,5
5	38,6	48,8
6	39,4	45,8
7	38,8	48,1
8	37,6	45,8
9	38,5	45,8
10	41,7	45,8
11	36,1	45,8
12	38,8	46,6
Média (Mpa)	38,7	45,8
Desvio Padrão	1,49	1,5
Coefficiente de Variação	3,85	3,27

No gráfico 1 são apresentados os resultados médios obtidos pelo resultado do ensaio de resistência compressão dos concretos com gnaïsse e dunito.

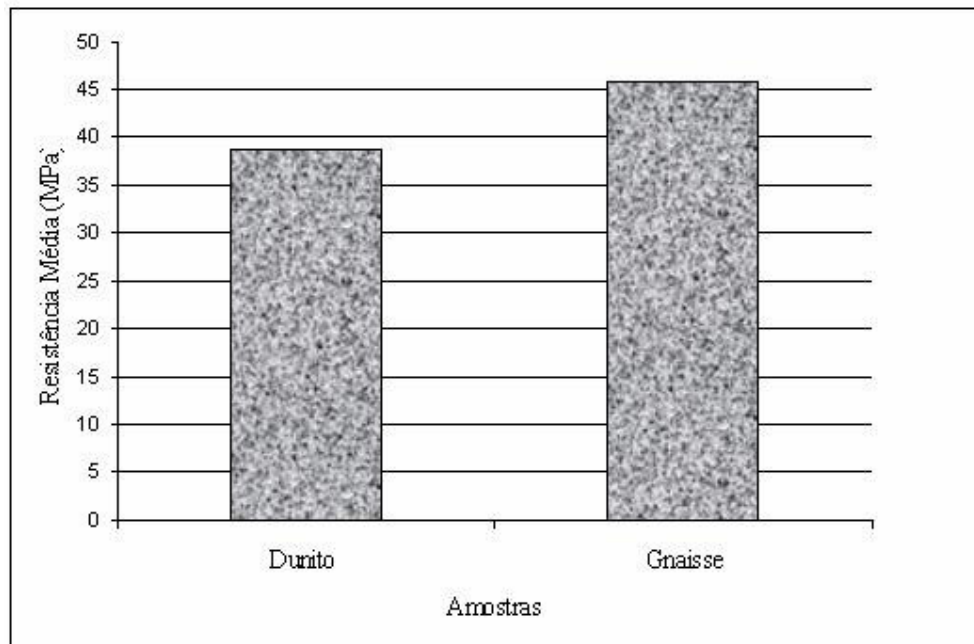


Gráfico 1 Comparação entre os valores médios obtidos no ensaio de resistência à compressão.

Na tabela 8 e no gráfico 1, observa-se que os concretos manufaturados com a rocha gnaisse apresentaram valores levemente superiores aos concretos com dunito. Esta diferença de resistência pode ser explicada pelo fato do dunito ser uma rocha mais porosa, menos resistente que o gnaisse, visto que a absorção de água do dunito é maior e a massa específica menor em comparação com a rocha gnaisse. Com isso a presença de vazios no concreto com o dunito é maior. Vale ressaltar também, que a composição química das duas rochas são diferentes.

Outro fator relevante foi com relação à forma do agregado. O dunito é mais angular do que o gnaisse, que apresenta forma mais cúbica e esférica. Visto que, rochas esféricas e cúbicas exigem menos água para uma mesma consistência, o concreto com gnaisse ficou mais compacto, menos poroso, e mais resistente.

Apesar disso, os resultados foram satisfatórios e possibilita o uso desta rocha respeitando todas as exigências dos documentos normativos. Os coeficientes de variação, para ambos os concretos, foram baixos. Isto indica a homogeneidade do conjunto de dados. Indicativo também da boa condução no processo de fabricação dos concretos e na realização dos ensaios.

5. CONCLUSÃO

O concreto manufaturado com a rocha dunito, apresentou valores de resistência à compressão levemente inferiores ao concreto com a rocha tradicional, gnaisse, em torno de 15,5%. Vale destacar, que o dunito é uma rocha que apresenta maior quantidade de vazios internos, menor densidade e forma mais angular.

Sendo assim, o dunito se enquadra nas especificações exigidas para concretos, tornando-o um agregado promissor, e também alternativo a rochas tradicionais, tal como o gnaisse. Os valores obtidos nos diversos ensaios indicam a possibilidade da utilização do dunito como agregado para concretos pela empresa Pedreira Um Valemix, na região de Catas Altas, região com predominância dessa rocha.

6. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação da composição granulométrica, NBR 7217, 1986 6p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação da resistência à compressão, NBR 5739, 1986, 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação da massa específica do cimento. NBR 7215, 1986 4p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Determinação da consistência pelo abatimento de cone, NBR 7223, 1986, 3p.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto, NBR 9941, 1989, 4p.

DURANTE, Rogério. Concreto – Qualidade, Classificação e Propriedades. São Paulo, CESET/UNICAMP, 2000.

MEHTA, P. Kumar, MONTEIRO, Paulo J. M.. Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais. São Paulo: PINI, 1994.

RHEOTEC. Catálogo TECMULT440. Disponível em <http://www.rheotec.com.br/arquivos/tec-mult440.htm>. Acesso em 21 de maio de 2007.

RIBEIRO, Carmem Couto; PINTO, Joana Darc da Silva; STARLING, Tadeu. Materiais de construção civil. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

SILVA JR, Jayme Ferreira da. Dosagem dos concretos. Belo Horizonte, 1956.