

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE FINOS DE PEDREIRAS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E NA MICROESTRUTURA DO CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL

ARAÚJO, Janaína (1); **GEYER**, André (2)

(1) Engenheira Civil, mestranda em Engenharia Civil. Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, jaraujo@cultura.com.br

(2) Doutor, professor/pesquisador da Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, ageyer@eec.ufg.br

Palavras-chave: Concreto auto-adensável, finos de pedra, propriedades mecânicas, microestrutura

Órgão financiador: CAPES

1. JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TEMA

Paralelamente ao crescimento do consumo de concreto está a extração de areia natural, atualmente 90% da produção nacional é extraída em leito de rios (ALMEIDA; SILVA, 2005). A exaustão de áreas próximas aos grandes centros e a restrição da atividade extrativa pelos órgãos ambientais tem resultado na exploração de areia em locais cada vez mais distantes, aumentando seu custo final. Uma alternativa econômica e sustentável seria a utilização de areia artificial, também conhecida como finos de pedra, resultante do processo de produção de brita. Esses finos, que totalizam 10 a 15% do volume de brita produzida (D'AGOSTINO; SOARES, 2003), geram transtornos às pedreiras, pois estão sujeitos à ação dos ventos, liberando material particulado provocando poluição do ar e à chuvas, que provocam o carreamento dos finos, entupindo tubulações, assoreamento de drenagens e turvamento das águas.

Visando obter alta trabalhabilidade, evitando o uso de adensamento mecânico, sem, no entanto, aumentar a relação água/cimento, com grande resistência à segregação, surge o concreto auto-adensável.

Apesar de estar se difundindo por vários países e estar ampliando o seu potencial de aplicação, este material ainda carece de muitas pesquisas. Portanto, com o intuito de poder acrescentar maiores conhecimentos neste assunto, a dissertação em questão visa apresentar um estudo das propriedades mecânicas e da micrografia do concreto auto-adensável produzido com finos de pedra.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Gerais

Constituem objetivos gerais da dissertação, estudar as características e propriedades do concreto auto-adensável, avaliando a influência da adição de finos de pedra.

1.2.2. Específicos

- Análise das propriedades mecânicas do concreto auto-adensável, como resistência à compressão, resistência à tração por compressão diametral, tração na flexão, módulo de elasticidade;
- Análise da influência da adição de finos de pedra na zona de transição agregado-pasta;
- Estudo da viabilidade de uso dos finos de pedra em substituição a areia natural.

2. CONCRETO AUTO-ADENSÁVEL (CAA)

Foi primeiramente desenvolvido no Japão há aproximadamente 10 anos (BARBOSA; BOSCO; BERTO; SALLES, 2002; HOLSCHEMACHER; KLUG, 2002; ARAÚJO et al, 2003; ROLS; AMBROISE; PÉRA, 1999). Na China, em 1995, o nível de resistência usado no lançamento de peças pré-moldadas de concreto para construção de um túnel, foi de 50 a 60 Mpa (XIE; LIU; YIN; ZHOU, 2002). Países como Canadá, França, Escócia, entre outros, têm buscado melhor conhecer as propriedades desse concreto (BARBOSA; BOSCO; BERTO; SALLES, 2002). No Brasil, até a década de 70, o concreto auto-adensável era utilizado somente em concretagens submersas, por exemplo, a fundação da ponte Rio Niterói e as paredes diafragmas da Estação São Bento do metrô paulistano. Atualmente, há outras utilizações para este tipo de concreto, tais como concretagens onde há excesso de armaduras ou fundações de difícil acesso para vibração (GEYER; SENA, 2002).

A respeito de sua composição, o concreto auto-adensável é composto de alguns componentes do concreto convencional tradicionalmente vibrado, como cimento, agregado, água, aditivos químicos e adições minerais. Entretanto, há uma alta dosagem de superplastificante para reduzir a quantidade de água e melhorar a trabalhabilidade, o alto teor de finos como lubrificantes dos agregados graúdos, bem como o uso de agentes modificadores de viscosidade para aumentar a viscosidade do concreto (DEHN; HOLSCHEMACHER; WEIßE, 2000). Os índices elevados de pó são necessários no concreto auto-adensável para aumentar a coesão. Escória granulada de alto-forno, cinza volante, ou um material inerte tal como pó de pedra calcária são, geralmente, utilizados. É possível, entretanto, produzir um concreto auto-adensável sem adicionar nenhum material fino extra (GOODIER, 2003).

O custo do concreto auto-adensável é mais alto do que de um concreto convencional equivalente vibrado normalmente. Porém quando o concreto auto-adensável é utilizado criteriosamente, a redução de custo como consequência da alta produtividade, tempo de construção mais curto e melhores condições de trabalho, compensarão os custos dos materiais mais altos e, em muitos casos podem resultar em um preço mais favorável do produto final (HOLSCHEMACHER; KLUG; 2002).

Erro! A origem da referência não foi encontrada. **FINOS DE PEDREIRA**

Erro! A origem da referência não foi encontrada. DEFINIÇÃO

No processo de britagem da rocha para produção dos agregados também é produzido o pó de pedra, nesta dissertação denominado finos de pedreira, cuja quantidade irá depender da dureza da rocha e dos equipamentos utilizados na britagem. Esse material, passante na peneira ABNT N° 200 (0,075 mm) e com finura próxima à do cimento, foi eliminado do processo de produção dos concretos durante um longo tempo, sendo lançado no leito dos rios ou deixado sobre o solo, trazendo dessa forma uma agressão ao meio ambiente, pois o seu lançamento nos rios contribui principalmente para o assoreamento.

Erro! A origem da referência não foi encontrada. UTILIZAÇÃO NO CONCRETO

O emprego dos finos de pedreira para concretos e argamassas tem sido investigado por vários pesquisadores, tanto no sentido do aproveitamento do resíduo indesejado para o meio ambiente, bem como na utilização de um novo material que melhore as propriedades dos concretos nos seus estados fresco e endurecido e,

finalmente para a redução dos custos de produção do concreto, através da diminuição do consumo de cimento (BATISTA, 2004).

Segundo MUNIZ et al. (2001), Ossipov, em estudos realizados para a construção da barragem de Capanda, observou que os agregados, após a sua moagem, poderiam apresentar características pozolânicas. Almeida (1991) citado por Muniz et al. (2001) complementa observando que no processo de britagem, a rocha libera energia eletrostática durante a quebra de suas moléculas, o que tornaria os agregados pulverizados pozolanas.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL – METODOLOGIA

A pesquisa está sendo realizada nos laboratórios do Centro Tecnológico de Furnas Centrais Elétricas S. A., em Aparecida de Goiânia – GO, bem como os ensaios de caracterização.

3.1 VARIÁVEIS DO EXPERIMENTO

As variáveis do estudo são os três tipos de finos de pedreira empregados na elaboração dos concretos, sendo eles:

- micaxisto;
- gnaisse;
- granito.

3.2 MATERIAIS

A pesquisa contempla 15 traços de concreto, considerando três pontos para composição de curva de cada material fino, uma curva com sílica ativa e a curva de referência.

Os materiais constituintes desses traços são os seguintes:

- Cimento Portland CP V - ARI;
- Agregado miúdo: areia de quartzo natural oriunda de leito de rio, classificada como areia fina pela NM 248/2001;
- Agregado graúdo: pedra de granito britada número 0, segundo a NM 248/2001;
- Aditivo superplastificante a base de policarboxilato.

A caracterização dos materiais individuais constituintes dos concretos está sendo executada de acordo com os seguintes métodos:

- *Cimento* - resistência à compressão (NBR 7215/1996), finura (NBR 11579/1991), massa específica (NBR NM 23/1998), superfície específica Blaine (NBR NM 76/1998), tempos de pega (NBR 11580/1991 e NBR 11581/1991) e distribuição granulométrica através de granulômetro a laser;
- *Sílica ativa* – análise química e índice de atividade pozolânica (IAP) cimento/cal;
- *Areia* - composição granulométrica (NBR NM 248/2003), absorção (NBR NM 30/2001), módulo de finura (NBR NM 248/2003), massa unitária (NBR 7251/1982), massa específica (NBR NM 52/2003);
- *Brita* - composição granulométrica (NBR NM 248/2003), absorção (NBR NM 53/2003), massa específica SSS (NBR NM 53/2003), materiais pulverulentos (NBR NM 46/2003), módulo de finura (NBR NM 248/2003), massa unitária (NBR 7251/1982), índice de forma (NBR 7809/1983) e análise petrográfica (NBR 7389/1982);

- *Finos de pedreira* - massa específica (NBR NM 23/98), massa unitária (NBR 7251/82), difração de raios X e distribuição granulométrica através de granulômetro a laser.

3.2 MÉTODO DE DOSAGEM

O método proposto por Tutikian (2004) tem como base o método de dosagem para concretos convencionais descrito por Helene e Terzian (1992). Seu princípio básico é a obtenção de um CAA a partir de um CCV com teor de argamassa pré-determinado.

3.2 ENSAIOS NOS ESTADOS FRESCO E ENDURECIDO

Os concretos no estado fresco serão caracterizados mediante as determinações da habilidade de preenchimento do concreto auto-adensável utilizando-se o cone de Abrams (Slump flow test – FURNAS, 2005a), determinação da habilidade passante do concreto auto-adensável pelo método da caixa U (FURNAS, 2005b), massa específica (NBR 9833/1987) e do teor de ar (NM 47/1998).

No estado endurecido, os concretos serão caracterizados quanto à resistência à compressão (NBR 5739/1994), resistência à tração por compressão diametral (NBR 7222/1994), tração na flexão (NBR 12142/1991), módulo de elasticidade (NBR 8522/1984), nas idades previstas de 3, 7, 28 e 56 dias. Análise da estrutura microscópica aos 28 dias através de microscopia eletrônica de varredura.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, S. L. M.; SILVA, V. S. Areia artificial: uma alternativa econômica e ambiental para o mercado nacional de agregados. In: II SUFFIB – SEMINÁRIO: O USO DA FRAÇÃO FINA DA BRITAGEM, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2005.
- ARAÚJO, J. L. et al. Concreto Auto-Adensável com Materiais Locais no Nordeste Brasileiro. In: 45º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2003, Vitória. **Anais...** Vitória, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova Cilíndricos – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.
- _____. **NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. **NBR 7222**: Argamassa e Concreto – Determinação da Resistência à Tração por compressão Diametral de Corpos-de-prova Cilíndricos – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1994.
- _____. **NBR 7251**: Agregados em estado solto – Determinação da massa unitária – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1982.
- _____. **NBR 7389**: Apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização como agregado em concreto. Rio de Janeiro, 1982.
- _____. **NBR 7809**: Agregado graúdo – Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1983.
- _____. **NBR 8522**: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensãodeformação – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1984.

- _____. **NBR 12142**: Concreto – Determinação da resistência à Tração na Flexão em Corpos-de-prova Prismáticos – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO - **NM 23**: Cimento portland e outros materiais em pó - Determinação da massa específica. 2000.
- _____. **NM 30**: Agregado miúdo – Determinação da abo Teor de Ar em Concreto Fresco – Método Pressométrico. Rio de Janeiro, 2001.
- _____. **NM 47**: Concreto – Determinação do Teor de Ar em Concreto Fresco – Método Pressométrico. Rio de Janeiro, 1998.
- _____. **NM 52**: Agregado Miúdo – Determinação de Massa Específicsorção de água – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2001.
- _____. **NM 53**: Agregados – Determinação da Absorção e da Massa Específica de Agregado Graúdo - Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NM 76**: Cimento Portland – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine). 1996.
- _____. **NM 248**: Agregados – Determinação da Composição Granulométrica – Método de Ensaio. 2001.
- BARBOSA, M. P.; BOSCO, A. R. C.; BERTO, R. B.; SALLES, F. M.. Um Estudo das Características e Propriedades do Concreto Auto-Adensável (CAA). In: 44º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2002.
- BATISTA, E. L. Estudo da influência do tipo e teor de agregado pulverizado e do consumo de água nas propriedades do concreto compactado com rolo para barragens. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás. Goiânia. 2004.
- D'AGOSTINO, L. Z.; SOARES, L. O uso de finos de pedra de rocha granítico-gnáissica em substituição às areias naturais na elaboração de argamassa. **Geociências**. V. 22, n. 1, p. 65-73, 2003.
- DEHN, F.; HOLSCHEMACHER, K.; WEIßE, D. Self-compacting concrete (SCC): Time development of the material properties and the bond behaviour. **Lacer**, n. 5, p. 115-124, 2000.
- GEYER, A. L. B., SENA, A. M.. Avaliação do Comportamento Mecânico do Concreto Auto-Adensável com Relação ao Concreto Convencional In: 44º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2002.
- GOODIER, C. I. Development of self-compacting concrete. In: PROCEEDINGS OF THE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. **Structures & Buildings**, v. 156, n. SB4, p. 405-414, novembro, 2003.
- HOLSCHEMACHER, K.; KLUG, Y. A database for the evaluation of hardened properties of SCC. **Lacer**, n. 7, p. 123-134, 2002.
- ROLS, S.; AMBROISE, J.; PÉRA, J. Effects of different viscosity agents on the properties of self-leveling concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 29, p. 261-266, 1999.
- TUTIKIAN, B. F. **Método para dosagem de concretos auto-adensáveis**. 2004. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- XIE, Y.; LIU, B.; YIN, J.; ZHOU, S.. Optimum Mix Parameters of High-Strength Self-Compacting Concrete With Ultrapulverized Fly Ash. **Cement and Concrete Research** 32 (2002) 477-480.