

Aproveitamento de agregados regionais da jazida de prospecção às margens do rio Paraná

Regional aggregates of utilization of prospecting deposits on the banks of the Parana River

Uso de los agregados regionales de prospección de depósitos en las orillas del río Paraná

João Victor Fazzan

Professor Adjunto, IFSP – Câmpus Avançado Ilha Solteira/SP, Brasil.
jvfazzan@hotmail.com

Adriana Maria Pereira

Professora Auxiliar, IFSP – Câmpus Presidente Epitácio/SP, Brasil.
adrianapereiradu@gmail.com

Wilson José da Silva

Professor Adjunto, IFSP – Câmpus Avançado Ilha Solteira/SP, Brasil.
engewill@gmail.com

RESUMO

A exaustão prematura de algumas jazidas tem se tornado algo cada vez mais inevitável no Brasil e no mundo, colocando em risco a disponibilidade de agregados para a produção de concretos e argamassas da construção civil. Entretanto, atualmente tem se buscado medidas que possam evitar a falta de disponibilidade dos materiais responsáveis pelo empacotamento e pela garantia de resistência mecânica em compostos cimentícios, dentre eles investimentos em novas jazidas, bem como a redução do consumo de materiais por meio da utilização de materiais alternativos oriundos da reciclagem e substituição. Neste contexto, a pesquisa visa o estudo de um agregado disponível comercialmente e economicamente no município de Presidente Epitácio-SP, conhecido popularmente como "Areião", sendo que o material tem sido empregado em concretos para fins estruturais em diversas obras de pequeno vulto. Foram produzidos corpos de prova de concreto adicionados de "Areião", sendo realizados os ensaios de Abatimento do Tronco de Cone (Slump Test), Absorção de Água e Resistência Mecânica à Compressão Axial. A dosagem racional obtida foi comparada com a dosagem empírica utilizada nas obras de pequeno vulto da região, por meio da proporção de agregados, consumo de água e de cimento. Os resultados obtidos mostraram que o grau de empacotamento dos agregados e alterações no consumo de cimento e de água tem influência direta nas propriedades mecânicas de concretos estruturais, de modo que os dados obtidos poderão contribuir para a garantia dos requisitos de desempenho das estruturas edificadas na região de Presidente Epitácio-SP.

PALAVRAS-CHAVE: Agregados. Jazidas. "Areião".

ABSTRACT

Premature exhaustion of some deposits has become something increasingly inevitable in Brazil and in the world, jeopardizing the availability of aggregates for the production of concrete and mortar construction. However, currently it has pursued measures that can prevent the lack of availability of the materials responsible for the packaging and the mechanical strength warranty on cement composites, including investments in new deposits, as well as reducing the consumption of materials through the use of materials alternative coming from recycling and substitution. In this context, the research aims to study a commercially available aggregate and economically in the municipality of Presidente Epitácio, SP, popularly known as "Areião", and the material has been used in concrete for structural purposes in several small buildings. Concrete samples were produced added "Areião" for testing of Slump Test, Water Absorption and Compressive Strength. The mixtures proportions was compared with empirical dosage in several small buildings, through the proportion of aggregates, and water and cement consumption. The results showed that packing density of the aggregates and changes in consumption of cement and water has a direct influence on the mechanical properties of structural concrete, so that the data obtained may contribute to ensure the performance requirements of structures in the Presidente Epitácio region.

KEY-WORDS: Aggregates. Deposits. "Areião".

RESUMEN

El agotamiento prematuro de algunos depósitos se ha convertido en algo cada vez más inevitable en Brasil y en el mundo, poniendo en peligro la disponibilidad de agregados para la producción de la construcción de hormigón y mortero. Sin embargo, en la actualidad se ha llevado a cabo medidas que pueden prevenir la falta de disponibilidad de los materiales responsables de los envases y la garantía de resistencia mecánica de materiales compuestos de cemento, incluyendo inversiones en nuevos depósitos, así como reducir el consumo de materiales a través de la utilización de materiales de desecho procedente de reciclaje y la sustitución. En este contexto, la investigación tiene como objetivo estudiar un agregado disponible comercialmente y económicamente en el municipio de Presidente Epitácio-SP, popularmente conocido como "Areião", y el material se ha utilizado en concreto para fines estructurales en diversas obras pequeñas. Muestras de hormigón fueron producidos añaden "Areião" para evaluar las propiedades de resistencia a la compresión axial y absorción de agua. La dosificación racional obtenida se comparó con la dosis empírica utilizada en obras pequeñas de la región, a través de la proporción de los agregados, el consumo de agua y cemento. Los resultados mostraron que el grado de llenar de los agregados y los cambios en el consumo de cemento y el agua tiene una influencia directa sobre las propiedades mecánicas del hormigón estructural, de modo que dichos datos pueden contribuir a la garantía de los requisitos de rendimiento de las estructuras construidas en la región Presidente Epitácio-SP.

PALABRAS CLAVE: Agregados. Depósitos. "Areião".

1. INTRODUÇÃO

Uma das necessidades básicas do ser humano é a habitação. O déficit habitacional, as ampliações e reformas de escolas, hospitais, centros comerciais, ampliação da rede viária, entre outros, requerem a utilização de um elemento básico, o concreto, a pedra artificial, que demanda grandes quantidades de agregados naturais como a areia e a brita (AGUIRRE E HENNIES, 2010). As pedreiras e os portos de areia são um caso particular de escavação a céu aberto, estando associados à natureza do produto explotado, o qual é usado sem transformações químicas (HENNIES, 2005). Ainda segundo Aguirre e Hennies (2010), com o crescimento das cidades, as pedreiras cederam lugar à chegada dos novos habitantes, passando a operar em lugares mais distantes. E os portos de areia de muitas cidades estão operando com as suas reservas exauridas. Como consequência direta, aumentam os custos de transporte do local de origem do agregado para os locais de destino, onde será realizado a construção, além de provocar congestionamentos no trânsito e poluição ambiental. Portanto é imperativo que, tanto os portos de areia, como as pedreiras se situem o mais perto possível de seus locais de consumo, preferencialmente dentro do perímetro urbano. Isso é possível com um planejamento do uso e ocupação do solo, com zonas específicas, definidas por parte da administração municipal.

A falta de planejamento e a falta de investimento na infraestrutura tem levado à adoção de medidas paliativas para minimizar o uso da areia média natural, como é o caso da cidade de Presidente Epitácio – SP, nas quais vem utilizando em suas obras um determinado tipo de agregado miúdo, com características superiores à areia grossa. Devido à crença popular de que ocorre um incremento da resistência, o ‘areião’, como é conhecido o agregado na cidade, vem apresentando uma grande aceitação no mercado da construção civil, porém é extremamente necessária a busca de fórmulas e dosagens que comprovem a eficiência do material.

Segundo Isaia (2011), um estudo de dosagem deve ser realizado visando obter a mistura ideal e mais econômica, numa determinada região e com os materiais ali disponíveis, para atender uma série de requisitos. Essa série será maior ou menor, segundo a complexidade do trabalho a ser realizado e segundo o grau de esclarecimento técnico e prático do usuário do concreto que demandou o estudo.

Por outro lado, Barbosa e Bastos (2008) menciona que os traços de concreto constantes em tabelas antigas, ainda hoje muito utilizados na confecção de concretos para obras de pequeno porte, não atendem aos requisitos de qualidade hoje exigidos. Em muitos casos, observa-se que os concretos são produzidos com base na tradição construtiva local, sem qualquer preocupação quanto ao atendimento das prescrições de normas. O teor de argamassa é alto, superior a 55 %, o que diminui a possibilidade de nichos de concretagem. O abatimento médio é de 173 mm, e mostra que, em geral, os pedreiros preferem trabalhar com concretos de alta fluidez, para possibilitar sua penetração em fôrmas estreitas e envolver as barras da armadura, sendo obtida com adição de grande quantidade de água. Como consequência, os concretos apresentam baixa resistência e alta porosidade.

Segundo Fazzan et al. (2013), o estudo do proporcionamento e empacotamento dos agregados

são de extrema importância para caracterização do agregado regional. Os dados mostraram que a inserção de areia média natural em misturas compostas de “areião” e brita influenciou na redução expressiva da porcentagem de vazios, além de proporcionar um ligeiro aumento da massa específica das misturas e redução do consumo de areia.

Com base nos ensaios de empacotamento das misturas de agregados, de forma a se determinar a massa unitária compactada e índice de vazios, este projeto vem de encontro à necessidade de que construtores, técnicos e engenheiros possam estabelecer diretrizes que possam garantir o desempenho e redução dos custos na produção das misturas de agregados, que serão objeto de estudo para a produção de concretos mais trabalháveis, duráveis e econômicos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Estudar os traços de concreto para fabricação de elementos estruturais, por meio da aplicação de agregados disponíveis na cidade de Presidente Epitácio-SP.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização e classificação dos agregados regionais, disponíveis na cidade de Presidente Epitácio – SP;
- Determinar a proporção ótima das misturas dos agregados para a produção de concreto;
- Efetuar uma análise comparativa das propriedades físicas e mecânicas entre as dosagens de concreto racionais e empíricas, por meio dos dados obtidos do proporcionalmente de agregados regionais.

3. METODOLOGIA

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

3.1.1 Agregados

O agregado miúdo usado foi a areia média natural, sendo que esta passou pelos seguintes ensaios de caracterização conforme a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): Composição granulométrica pela NBRNM 248 (ABNT, 2003), Teor de materiais pulverulentos pela NBRNM 46 (ABNT, 2003), Massa específica e massa específica aparente pela NBRNM 52 (ABNT, 2009), Absorção de água pela NBRNM 30 (ABNT, 2001) e Teor de matéria orgânica pela NBRNM 49 (ABNT, 2001).

O agregado disponível comercialmente e economicamente na cidade de Presidente Epitácio-SP foi denominado “Areião”, nas quais passou pelos ensaios de caracterização conforme a

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT): Composição granulométrica pela NBRNM 248 (ABNT, 2003), Massa específica e massa específica aparente pela NBRNM 52 (ABNT, 2009) e Absorção de água pela NBRNM 30 (ABNT, 2001).

Utilizou-se como agregado graúdo a brita de origem basáltica conhecida como brita 1, conforme sua granulometria comercial. Trata-se de um agregado que apresenta partículas de características lamelares. Os ensaios de caracterização realizados de acordo com a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) foram: Composição granulométrica segundo a NBRNM 248 (ABNT, 2003), Massa unitária pela NBRNM 45 (ABNT, 2006), Massa específica, massa específica aparente seguindo as recomendações da NBRNM 53 (ABNT, 2009), Absorção de água pela NBRNM 30 (ABNT, 2001) e Quantidade de materiais pulverulentos, segundo NBR 7218 (ABNT, 2010). A Figura 1 ilustra os agregados utilizados.

Figura 1 – Agregados



(a) Areia Média Natural (b) "Areião" e (c) Brita 1

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

3.1.2 Cimento

Nesta pesquisa, utilizou-se o cimento CP II Z 32 (Cimento Portland Composto) para a elaboração dos concretos, pelo fato de seu emprego ser em larga escala para obras residenciais. Além disso, trata-se do cimento comercialmente vendido na região noroeste do Estado de São Paulo.

O cimento utilizado nas composições de concreto foi caracterizado tanto física quanto quimicamente, devendo atender os requisitos especificados pela ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) Determinação da finura pelo Método de Blaine segundo a NBRNM 76 (ABNT, 1998), Determinação do tempo de pega pela NBRNM 65 (ABNT, 2003), Massa específica pela NBRNM 23 (ABNT, 2001), Resistência à compressão do cimento pela NBR 7215 (ABNT, 1997) e Análise química segundo a NBR 11578 (ABNT, 1997). Na Tabela 1 estão os ensaios realizados para o cimento CP II Z 32.

Tabela 1 - Caracterização do cimento CP II Z 32

			Especificações	
			NBR 5736/NBR 11578	
			min.	máx.
Finura Peneira 200	(% retida)	0,53	-	12,0
Finura Peneira 325	(% retida)	3,98	-	-
Superfície específica Blaine	(cm ² /g)	4298	2600	-
Densidade aparente	(g/cm ³)	1,09	-	-
Densidade absoluta	(g/cm ³)	3,12	-	-

Fonte: COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO – CESP

3.2 DETERMINAÇÃO DA MASSA UNITÁRIA COMPACTADA (MUCm)

Para a determinação da massa unitária compactada, procedeu-se de acordo com a norma NBRNM 45 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2006). Segundo esta norma, os agregados são colocados em um recipiente cilíndrico, dividindo em três camadas, sendo cada uma dessas camadas adensadas com 25 golpes, através de uma barra de aço de 16 mm de diâmetro, sendo o último golpe no centro do recipiente (Figura 2). Após encher o recipiente, determina-se a massa do mesmo. Descontando o valor da tara do recipiente, encontra-se assim a massa do material, nas quais fornece o valor da Massa Compactada Unitária dividindo a massa do material pelo volume do recipiente, de valor já conhecido.

Figura 2 - Ensaio de massa unitária compactada



Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

3.3 PROPORÇÃO ÓTIMA DA MISTURA DOS AGREGADOS

As misturas foram preparadas considerando as proporções em massa para as frações:

- Areia Média Natural + Brita 1
- “Areião” + Brita 1
- Areia Média Natural + “Areião” + Brita 1

De acordo com o trabalho de Fazzan et al. (2013), as misturas compostas por Areia Média Natural + Brita 1 e “Areião” + Brita 1 apresentaram relação ótima de 52:48 (52% de agregado miúdo e 48% de agregado graúdo), por meio da interpolação dos resultados entre a proporção 50:50 e 55:45. Para as misturas Areia Média Natural + “Areião” + Brita 1, considerando a inserção de 50% de areia natural média e 50% de “areião”, a relação ótima obtida foi de de 25:25:50 (25% de areia média natural, 25% de “areião” e 50% de agregado graúdo). Dessa forma, os resultados obtidos foram inseridos em planilhas de dosagem para a definição do método que traduzisse em misturas mais trabalháveis e econômicas.

3.4 DEFINIÇÃO DOS MÉTODOS DE DOSAGEM

Inicialmente, foram avaliados dois métodos de dosagens para a elaboração dos traços de concreto. Considerou-se que, de acordo com a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2003), os traços elaborados deveriam fornecer resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade, correspondente a uma classe de agressividade ambiental II.

Analisou-se o teor de argamassa das misturas de concreto com base no proporcionamento de agregados, por meio do método proposto por O'Reilly Díaz (1998), para a determinação da relação ótima de agregados miúdos e graúdos.

Por meio dos dados de proporção ótima, foram obtidos os teores de argamassa das misturas. A partir dos dados obtidos, foram feitos estudos para a obtenção de um consumo médio de cimento para concretos convencionais, da ordem de 350 kg/m^3 ou 7 sacos de cimento por m^3 . Para o método proposto por O'Reilly Díaz (1998), não houve uma redução significativa do consumo de cimento, se comparado com o concreto que serve como base para a aplicação de suas formulações. Portanto, decidiu-se por aplicar o método IPT/EPUSP Helene & Terzian para as misturas de concreto, considerando o método da massa unitária compactada encontrada pelo método proposto por O'Reilly Díaz (1998).

O consumo de água dos concretos foi definido com base no valor do abatimento do tronco de cone (Slump Test), definido em $170 \pm 10 \text{ mm}$. Embora trata-se de um valor superior de abatimento em relação aos valores definidos por norma, o abatimento escolhido reflete o valor estimado médio dos abatimentos encontrados em concretos para obras de pequeno porte, garantindo a trabalhabilidade necessária para concretagem dos elementos estruturais. A seguir, na Tabela 2, apresentam-se os traços finais de concreto, considerando o consumo de "areião" nas misturas:

Tabela 2 – Descrição dos traços

Composição	
C0	Brita + Areia média natural
C100	Brita + Areião
C50	Brita + Areia média natural + Areião

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

Definem-se as composições finais dos concretos na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição final dos traços experimentais

Materiais	Traço C0	Traço C100	Traço C50
	Consumo (kg/m^3)		
Água	230,0	230,0	230,0
Cimento	325,0	325,0	325,0
Areia	810,0	870,0	405,0
Areião	---	---	437,0
Brita	990,0	984,0	990,0
Relações	Índices		
Relação (1:m)	6,19	6,19	6,19
Teor de Argamassa Seca (%)	55,2	55,2	55,2
Relação Água/Cimento (A/C)	0,70	0,70	0,70

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

As composições acima mostram que, para a dada consistência requerida dos concretos, definida pelo abatimento de $170 \pm 10 \text{ mm}$, o fator água/cimento obtido (0,70) se encontra ligeiramente superior ao fator água/cimento máximo definido pela NBR 6118, sendo dado por 0,65.

3.5 PROCEDIMENTOS APLICADOS ÀS COMPOSIÇÕES DOS CONCRETOS

3.5.1 mistura

Para os traços elaborados experimentalmente, a ordem de colocação dos materiais na betoneira seguiu algumas recomendações:

- 1 minuto batendo na betoneira o agregado graúdo, agregado miúdo e aproximadamente 50% da água de amassamento. Com a conclusão da etapa anterior, adicionou-se o cimento e o restante da água de amassamento, ligando a betoneira por mais três minutos. Após este processo, seguiu-se mais três minutos de descanso, onde se raspou a betoneira para evitar partes não homogêneas e verificou-se, de maneira apenas visual, a consistência do concreto. Por fim, ligou-se a betoneira por mais três minutos para realizar a mistura final.

3.5.2 determinação do índice de consistência

Após a retirada do concreto da betoneira, realizaram-se os ensaios de Abatimento do Tronco de Cone. O ensaio seguiu as recomendações da NBRNM 67 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1998).

3.5.3 adensamento e cura

Moldaram-se os corpos de prova com as dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura, estes fabricados em material PVC (Cloreto de Polivinila), seguindo as recomendações da NBR 5738 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2008). No dia seguinte, os CP's foram desmoldados e levados para a câmara úmida para permanecerem em processo de cura até o dia agendado para cada um dos ensaios de resistência à compressão.

3.5.4 ensaio de resistência à compressão axial e de absorção de água

A determinação da resistência à compressão axial foi efetuada aos 7, 28 e 365 dias de acordo com a NBR 5739 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2007), com a realização do capeamento dos CP's por meio de um composto de enxofre e pozolanas. Para cada traço, foram utilizados três corpos de prova, tomando-se como resistência final a média aritmética das tensões.

O ensaio de absorção de água foi realizado aos 28 dias, seguindo os procedimentos descritos na norma NBR 9778 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2009). O valor final de absorção foi encontrado através da média aritmética dos valores de absorção encontrados para cada corpo de prova.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

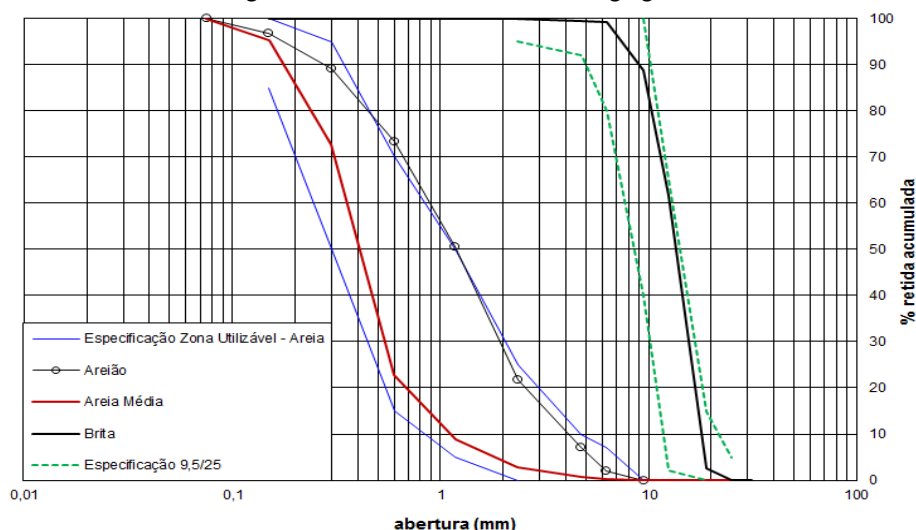
A Tabela 4 a seguir mostra os resultados de caracterização dos agregados, enquanto que a Figura 3 ilustra a comparação da curva granulométrica dos três tipos de agregados utilizados.

Tabela 4 – Caracterização dos Agregados Miúdo e Graúdo

	Ø máx (mm)	Módulo de Finura	Massa Específica S.S (g/cm³)	Massa Específica Aparente (g/cm³)	Absorção (%)	Pulverulento (%)	Matéria Orgânica
Areia Média	2,36	2,03	2,600	1,492	0,34	0,48	+ clara
“Areião”	6,3	3,39	2,621	2,615	0,22	---	---
Brita	19,0	6,91	2,929	1,595	1,22	0,36	---

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

Figura 3 – Curva Granulométrica dos Agregados



Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

Analisando a caracterização do agregado do tipo “Areião”, pode-se observar que 70% de agregado apresenta granulometria próxima da areia grossa, enquanto que 30% apresenta granulometria ligeiramente superior à da areia grossa, no intervalo de 50% a 80% da porcentagem retida acumulada. Além disso, de acordo com a Tabela 4, observa-se um valor do módulo de finura (MF) de 3,39. Para valores de MF maiores que 3,2, o material é classificado como “Areia Grossa”, de acordo com a NBR 7211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2009). Entretanto, considerando que o diâmetro máximo do agregado miúdo está em 4,8 mm, pode-se inferir que o “Areião” trata-se de uma composição de agregados miúdos e graúdos, por apresentar diâmetro máximo referente a 6,3 mm.

4.2 ABATIMENTO

Considerando a fixação do abatimento em 170 ± 10 mm, a Tabela 5 fornece os dados de abatimentos para os traços referência.

Tabela 5 - Abatimento dos concretos

Traço	Abatimento (mm)
C0	160,0
C100	173,0
C50	180,0

Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

Pode-se observar que todas as misturas apresentaram abatimentos coerentes com os definidos em projeto, para a relação água/cimento definida nas composições dos traços. Entretanto, fica evidente que o fator água/cimento obtido (0,70) se encontra ligeiramente superior ao fator água/cimento máximo definido pela NBR 6118, sendo dado por 0,65.

Os métodos de dosagem utilizados explicam a correlação entre as resistências à compressão do concreto e a compacidade dele quando fresco. Para isso, foi obtido por meio da determinação da relação ótima de agregados miúdos e graúdos, um teor de argamassa ideal de 55%, sendo o teor usualmente utilizado em obras de pequeno porte, garantindo que a argamassa pudesse envolver adequadamente o agregado graúdo (Figura 4). Considerando o consumo de cimento de 325 kg/m³ de concreto, a trabalhabilidade do mesmo também se mostrou adequada para tais fins de aplicação.

Figura 4 – Análise visual da consistência dos concretos

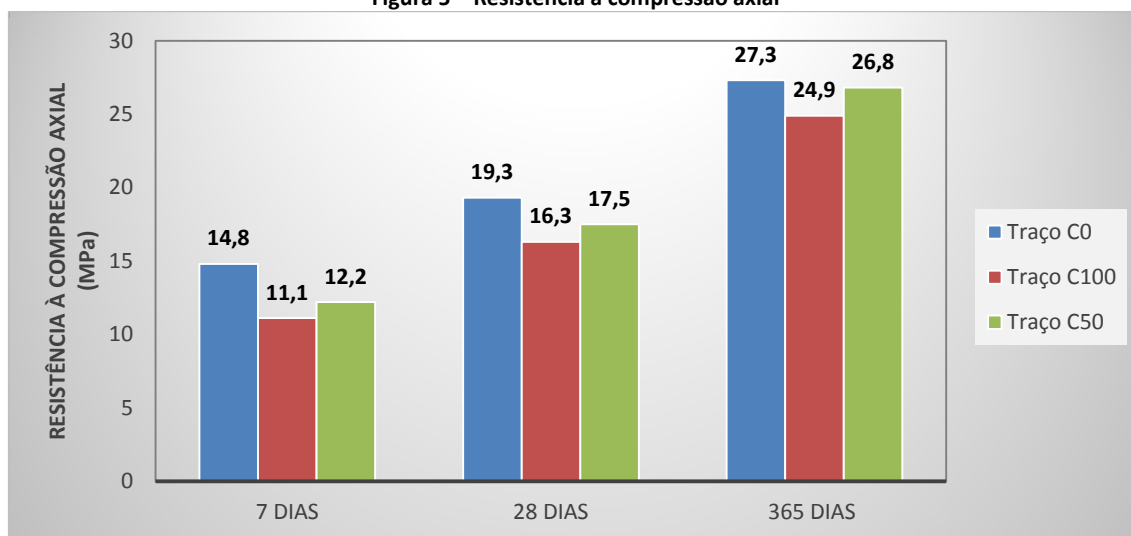


Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

4.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

O ensaio de resistência à compressão axial foi feito para acompanhar o desempenho dos traços realizados, visando fornecer uma resistência característica à compressão (fck) mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade, correspondente a uma classe de agressividade ambiental II. A Tabela 5 abaixo fornece os resultados de resistência à compressão axial para os traços.

Figura 5 – Resistência à compressão axial



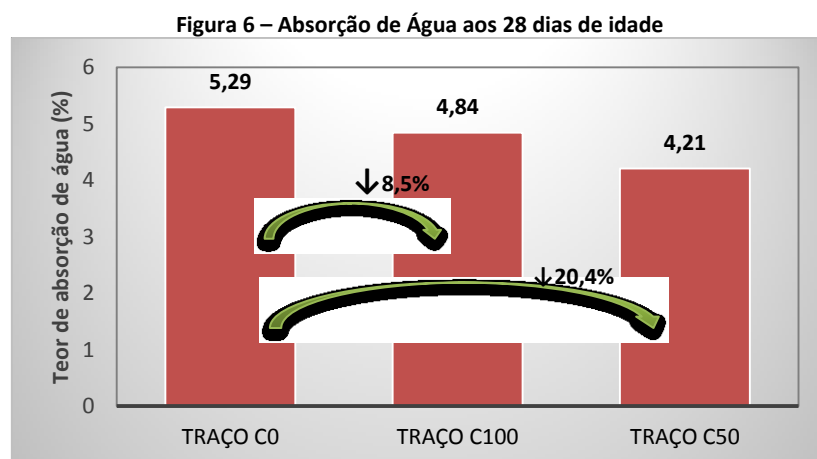
Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

Os dados mostram que a adição de areia média nas misturas com “Areião” (traço C50) proporcionou um ligeiro aumento da resistência à compressão aos 7, 28 e 365 dias de idade, em relação aos traços constituídos somente de “Areião” (traço C100). Entretanto, a inserção de “Areião” (Traço C100) nas misturas mostrou que a resistência mecânica também é ligeiramente inferior à resistência dos concretos com adição de areia média (Traço C0), sendo esta diferença menor para longas idades de cura, aos 365 dias. A longas idades, pode-se observar que os traços C50 apresenta resistências próximas do traço constituído somente de areia média (Traço C0).

De maneira geral, pode-se observar que a resistência média não chega a atingir 20 MPa aos 28 dias de idade, atingindo tal resistência somente aos 365 dias de cura. Tal fato pode estar associado à relação água/cimento utilizada em obras de pequeno, visto que, quando se trabalha com traços com a/c de 0,6, chega-se a atingir 20 MPa aos 7 dias e 25 MPa aos 28 dias de idade.

4.4 ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção de água foi realizado, aos 28 dias de cura, para analisar o desempenho dos concretos em relação à durabilidade, analisando os efeitos de porosidade influenciada pela inclusão do “Areião” nas misturas de concreto. A Figura 6 abaixo fornece os resultados de absorção de água para os três traços estudados.



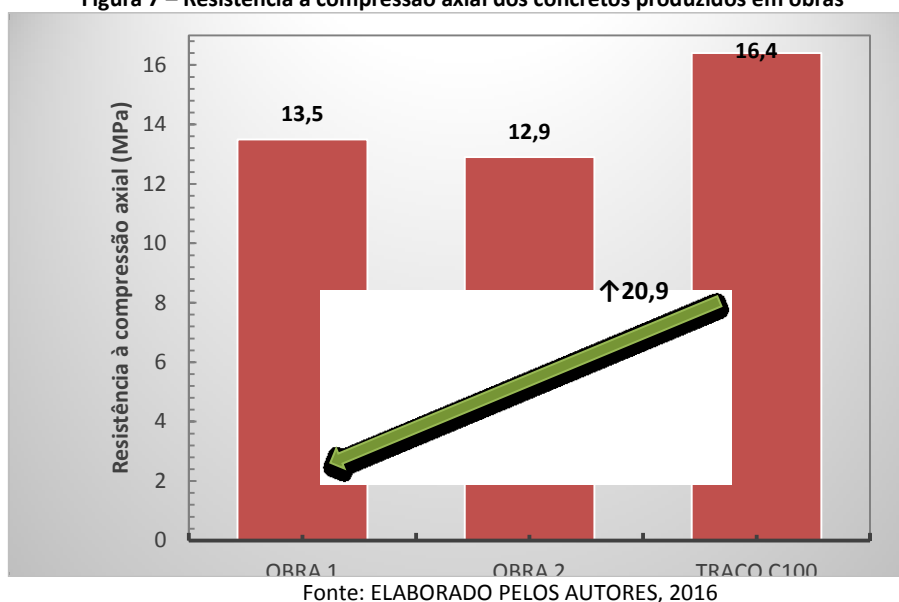
Fonte: ELABORADO PELOS AUTORES, 2016

Os dados mostram que a inclusão do “Areião” nas misturas de concreto tendem a produzir misturas com menor porcentagem de absorção, da ordem de 8,5%. Tal fato pode ser atribuído em função da maior absorção da areia média em relação à absorção do “Areião”, de tal forma que os agregados mais finos produzem maior grau de absorção. Tais conclusões podem ser obtidas de tal forma que o grau de finura da areia média teve uma maior influência em relação aos espaços vazios deixados pelos grãos de “Areião”, conduzindo a valores maiores de absorção para os agregados com maior grau de finura. Entretanto, a adição de 50% de areia média e 50% de “Areião” produz misturas com porcentagens de absorção ligeiramente menores em relação às misturas produzidas somente com “Areião”. Tal fato pode estar relacionado com o maior grau de preenchimento por parte da areia média em relação aos espaços deixados pelos grãos de “Areião”.

4.5 CARACTERIZAÇÃO DOS CONCRETOS DE OBRAS DE PEQUENO PORTE

Foram visitadas duas obras no município de Presidente Epitácio-SP, de forma a coletar corpos de prova cilíndricos 10 X 20 cm para análise da resistência à compressão axial dos concretos com emprego do "Areião" como agregado miúdo. Em relação à consistência dos concretos, pode-se observar uma aparência fluida, com abatimento do tronco de cone (Slump Test) da ordem de 200 mm. A Figura 7 abaixo fornece os resultados de resistência à compressão axial para os traços.

Figura 7 – Resistência à compressão axial dos concretos produzidos em obras



Os dados mostram que, da mesma forma que a dosagem racional, os resultados da dosagem de concreto empírica apresentam resistência inferior à definida por norma, para uma resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade.

Entretanto, para as condições propostas, a dosagem empírica tem conduzido a uma resistência mecânica inferior à resistência obtida pela dosagem racional, mostrando reduções de até 20,9% nos valores de resistência à compressão axial dos traços obtidos empiricamente, em relação aos métodos de dosagem racionais.

Isto indica que uma das maiores influências nas misturas empíricas é o controle do fator água/cimento e não o consumo de cimento, visto que, na maioria das obras de pequeno porte, os profissionais também utilizam cerca de 7 sacos de cimento por metro cúbico de concreto produzido, correspondente a aproximadamente 350 kg/m³ de cimento.

5. CONCLUSÃO

Em função do crescente aumento da demanda na construção civil, observa-se que o mercado nacional poderá passar por um processo de exaustão das reservas de areia natural, principalmente próximas às grandes metrópoles. Isso mostra que a utilização demasiada dos recursos naturais na construção civil poderá impactar de forma expressiva nos custos de execução do concreto. Dessa forma, novas alternativas de aproveitamento de materiais de construção alternativos e regionais tem sido objeto de estudo para caracterizar novas misturas de argamassas e concretos, por meio de técnicas que garantam os requisitos mínimos de desempenho para as estruturas em geral.

Neste contexto, a pesquisa visa o estudo de um agregado disponível comercialmente e economicamente no município de Presidente Epitácio-SP, conhecido popularmente como "Areião", sendo que o material tem sido empregado em concretos para fins estruturais em diversas obras de pequeno vulto. O principal objetivo da pesquisa é caracterizar o material regional, além de efetuar uma análise comparativa entre dosagens de concreto racionais e empíricas, por meio dos dados obtidos de proporcionamento de agregados, consumo de cimento, resistência à compressão axial e absorção de água.

Em resultados obtidos mostram a viabilidade da utilização do agregado disponível na cidade de Presidente Epitácio-SP, visto que a propriedades mecânicas e de durabilidade dos concretos obtidos são similares às propriedades dos concretos constituídos de areia média natural.

Em relação aos dados de resistência à compressão axial, os dados mostram que, para os traços desenvolvidos, torna-se fundamental a redução da relação água/cimento, de tal forma a ser obter concretos com resistência característica à compressão (f_{ck}) mínima de 20 MPa aos 28 dias de idade. Para fatores água/cimento elevados, os dados de resistência à compressão axial se tornam efetivos para as previsões mínima somente quando curados à longas idades.

De maneira geral, alterando-se a proporção de agregados na mistura e adicionando-se uma parcela de areia média nas misturas, se obtém concretos com melhores propriedades mecânicas e de durabilidade das misturas.

A redução dos valores de absorção de água torna-se evidente quando se utiliza o agregado "Areião" nas misturas de concreto, podendo se tratar de um indicativo de viabilidade do uso do material quanto à durabilidade dos concretos.

A utilização da dosagem empírica proporcionou a obtenção de corpos de prova com resistência mecânica inferior à resistência obtida pela dosagem racional, mostrando ser necessário um controle mais efetivo do fator água/cimento das misturas por meio de cursos de capacitação, bem como da influência de profissionais no meio profissional da construção civil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem:

- ao Laboratório de Engenharia Civil da UNESP-FEIS, pelos ensaios experimentais realizados;

REFERÊNCIAS

AGUIRRE, Alberto de Barros; HENNIES, Wildor Theodoro. Logística para agregados (brita e areia) em grandes centros urbanos. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 639-644, Dec. 2010 .

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5738**: concreto - procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5739**: concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos concreto. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 221 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: cimento portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1997. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7218**: agregados – determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. Rio de Janeiro, 2010. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778**: argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água por imersão, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: cimento portland composto: especificação. Rio de Janeiro, 1997. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 23**: cimento portland e outros materiais em pó – determinação de massa específica. Rio de Janeiro, 2001. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM 30**: agregado miúdo – determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM 45**: agregados - determinação da massa unitária, massa unitária compactada e seca e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM 46**: agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 49**: agregado fino – determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM 52**: agregado miúdo – determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM 53**: agregado graúdo - determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 65**: cimento portland – determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM 76**: cimento portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de blaine). Rio de Janeiro, 1998. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBRNM 248**: agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BARBOZA, Marcos R.; BASTOS, Paulo Sérgio. Traços de concreto para obras de pequeno porte. **Concreto e Construção**, v. 36, p. 32-36, 2008.

FAZZAN, J. V.; Teodoro, J. M.; PEREIRA, A. M.; FREITAS, V. ; AKASAKI, J. L. Estudo da distribuição granulométrica e densidade de empacotamento dos agregados disponíveis no município de Presidente Epitácio-São Paulo-Brasil. In: 55º Congresso Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2013, Gramado - RS. 55º Congresso Brasileiro do Concreto. São Paulo: v. 1. p. 1-13.

HELENE, P.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1993. 349 p.

HENNIES, W.T. et al. Pedras e pedreiras: fundamentos. **Revista Brasil Mineral**, São Paulo, n. 238, p. 64-70, maio 2005.

ISAIA, G.C. **Concreto: Ciência e tecnologia**, v. I-II. São Paulo, INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, IBRACON, 2011.

O'REILLY DÍAZ, VITERVO. **Método de dosagem de concreto de elevado desempenho**. São Paulo: Pini, 1998. 122 p.