

# Utilização de agregados reciclados em pavimentos intertravados

Daniel Simieli

Mestrando em Engenharia Civil (PP GEC) – Unesp.  
Ilha Solteira – SP [Brasil]  
dsimiele@aluno.feis.unesp.br

Camilo Mizumoto

Mestrando em Engenharia Civil (PP GEC) – Unesp.  
Ilha Solteira – SP [Brasil]  
mizueng@yahoo.com.br

Antônio Anderson da Silva Segantini

Professor Doutor em Engenharia Civil (PP GEC) – Unesp.  
Ilha Solteira – SP [Brasil]  
anderson@dec.feis.unesp.br

Flávio Moreira Salles

Engenheiro Civil (CESP) – Núcleo de Tecnologia do Concreto.  
Ilha Solteira – SP [Brasil]  
flavio.salles@cesp.com.br

A destinação dos resíduos de construção é um problema que se agrava com o passar do tempo e afeta as condições ambientais, com conseqüências para toda a sociedade. Neste trabalho, visando minimizar o impacto ambiental desses resíduos, estudou-se a utilização de agregados reciclados na composição do concreto para a confecção de peças destinadas a pavimento intertravado. Realizaram-se ensaios de laboratório para avaliar o comportamento do concreto produzido com os agregados reciclados, além das análises dos parâmetros de resistência mecânica, considerando-se os padrões definidos nas normas brasileiras.

**Palavras-chave:** Agregados reciclados. Pavimento intertravado. Resíduos de concreto.



## 1 Introdução

Na maioria das cidades brasileiras, a situação das calçadas é bastante precária. Como consequência do crescimento da quantidade de veículos em circulação nos grandes centros urbanos, as calçadas têm sido reduzidas para dar lugar a ruas e avenidas mais largas. Além disso, não há um padrão definido para execução, o que resulta em diferentes tipos de pavimento, inclinações inadequadas, degraus, buracos e tantos outros obstáculos. Isso acontece porque, em geral, as prefeituras deixam a construção e a manutenção das calçadas por conta dos proprietários dos imóveis. Como consequência, algumas estão abandonadas, cheias de buracos, sem qualquer padronização na execução. Assim, pode-se afirmar que as condições são precárias, prejudicando a fluidez, o conforto e a segurança dos pedestres.

Nos últimos anos, porém, tem-se observado que muitas prefeituras começaram a investir em novos modelos de espaço urbano, muitas vezes substituindo os pavimentos existentes por outros intertravados. Em Ilha Solteira – SP, por exemplo, no centro da cidade, a Praça dos Paiaguás está sendo totalmente remodelada. O projeto urbanístico prevê a substituição das calçadas de concreto desempenado por pavimento intertravado. Faz parte do projeto também substituir todo o calçamento ao longo da Avenida Brasil, com extensão de mais de 5 km. Em várias outras cidades da região, movimentos semelhantes são igualmente observados.

Nesse contexto, visando propor uma alternativa que possibilite uma destinação adequada para o material resultante da demolição dos pavimentos hoje existentes, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a possibilidade de aproveitamento dos resíduos produzidos na demolição das calçadas, incorporando-os na fabricação dos pavimentos intertravados. Foram realizados estudos para definir uma composição que propiciasse condições

favoráveis de trabalhabilidade, resistência, durabilidade e aproveitamento máximo dos resíduos gerados na demolição.

## 2 Pavimento intertravado

O piso intertravado de concreto, por sua versatilidade e facilidade de aplicação, tem sido bastante utilizado na construção de pavimentos urbanos. Em Piracicaba – SP, destaca-se o projeto de requalificação da Rua do Porto, às margens do Rio Piracicaba. Inicialmente, pavimentaram-se cerca de 800m, mas o projeto previa a reurbanização de mais de 6km. Em Formiga – MG, a praça central na cidade, com área de 2.012m<sup>2</sup>, foi totalmente remodelada. Em Itajaí – SC, executaram-se mais de 16 mil m<sup>2</sup> de pavimento intertravado, além de um piso permeável no porto de Itajaí, onde foram utilizadas juntas abertas e sistema de drenagem na sub-base.

Em Santa-Fé do Sul, também na região oeste do Estado de São Paulo, obras semelhantes foram realizadas. Com sua equipe de aplicadores, a prefeitura já realizou cerca de 30 mil m<sup>2</sup> de pavimentação, com custo médio de R\$ 28,00/m<sup>2</sup>. De acordo com o prefeito da cidade, as vantagens do piso intertravado são: o baixo custo de manutenção; os benefícios sociais do projeto, entre os quais a geração de empregos; e a valorização da relação dos cidadãos com a cidade. Nas Figuras 1 e 2, ilustra-se o pavimento intertravado utilizado na cidade de Santa-Fé do Sul. Nas Figuras 3 e 4, mostra-se a execução do pavimento intertravado em Ilha Solteira – SP.

### 2.1 Vantagens do uso do pavimento intertravado

O pavimento intertravado com peças de concreto é de fácil execução e rapidamente assimilado pelos operários da construção. Não precisa de



**Figura 1: Calçada em Santa-Fé do Sul**

Fonte: <<http://www.revistaprisma.com.br>>.



**Figura 2: Calçada em Santa-Fé do Sul**

Fonte: <<http://www.revistaprisma.com.br>>.



**Figura 3: Execução de calçada em Ilha Solteira - SP**

Fonte: Os autores.



**Figura 4: Execução de calçada em Ilha Solteira - SP**

Fonte: Os autores.

equipamentos especiais e permite várias frentes de trabalho, economia no tempo de construção e utilização imediata. Outras vantagens podem ser destacadas (ABCP, 2002):

- Não há propagação de eventuais trincas das camadas de base para a superfície;
- Há facilidade de reparação e de reutilização das peças de concreto, possibilitando acesso às instalações de serviços subterrâneos;
- Apresenta capacidade estrutural, durabilidade, resistência à abrasão, ao ataque de óleos e ao derramamento de combustíveis, conferindo maior valor paisagístico e visibilidade superior, tanto à luz do dia quanto sob luz artificial;
- Propicia a microdrenagem do pavimento, possibilitando infiltração de água no subsolo.

## 2.2 Execução dos pavimentos intertravados

A construção de pisos intertravados é simples. Assentam-se os blocos sobre uma camada de areia grossa, compacta-se a superfície; em seguida, espalha-se areia fina para o preenchimento das juntas e faz-se novamente a compactação,



até que as juntas fiquem totalmente preenchidas. Consegue-se, assim, o intertravamento das peças, que proporciona resistência a esses pavimentos e os diferencia dos demais. Recomenda-se que as peças tenham espessuras mínimas de 6 cm para pavimentos com tráfego leve; de 8 cm, para pisos submetidos ao tráfego de veículos comerciais, e de 10 cm, para casos especiais, e que a camada de areia tenha de 3 cm a 4 cm de espessura após a compactação das peças.

### 2.3 Resistência mecânica e durabilidade

A norma brasileira NBR 9781 (ABNT, 1987b) estipula que a resistência estimada à compressão das peças, calculada de acordo com a NBR 9780 (ABNT, 1987a), deve ser de 35 MPa para as solicitações de veículos comerciais de linha ou 50 MPa, quando houver tráfego de veículos especiais ou solicitações capazes de produzir acentuados efeitos de abrasão. A propriedade de distribuição das cargas vai melhorando com a utilização do pavimento, que produz progressivamente um estado de travamento total chamado intertravamento (*lock up*). A camada de rolamento adquire maior rigidez com o passar do tempo, e as peças pré-moldadas de concreto deixam de constituir mera camada de rolamento para transformar-se em uma camada estrutural.

A durabilidade das peças de pavimento intertravado está relacionada com sua resistência à abrasão e com a capacidade de suportar ciclos de gelo e degelo nos países de clima frio. Na Inglaterra e na Holanda, segundo Cruz (2003), apesar de situadas em regiões frias, considera-se que a durabilidade pode ser controlada pela especificação de resistência à compressão ou flexão e pela relação água/cimento. De acordo com Shakel (1990), citado por Cruz (2003), entre 1970 e 1980, foram observadas várias patologias de desgaste nos pisos, independentemente do tipo de clima do país, ou

mesmo da resistência das peças do pavimento. Em decorrência disso, as revisões das normas internacionais, em geral, têm indicado a necessidade de realizar ensaios de abrasão. A NBR 9781 (ABNT, 1987b), nas condições específicas para as peças de concreto destinadas a pavimentação, prescreve apenas os valores mínimos de resistência à compressão, não mencionando, portanto, os ensaios de desgaste por abrasão.

Cruz (2003) acrescenta que, na América do Sul, a Colômbia vem-se destacando como bom exemplo de atendimento às exigências atuais dos pavimentos intertravados. A sua nova norma, NTC 2 017 – *Adoquines de Concreto para Pavimentos*, contempla vários ensaios relacionados à durabilidade, como abrasão e absorção, além de adotar os critérios de resistência à tração na flexão em vez de compressão.

### 2.4 Desenvolvimento sustentável e gestão de resíduos

Segundo Santos (2005), a construção civil é o maior gerador de resíduos de toda a sociedade, além de ser responsável por cerca de 40% do consumo de recursos naturais extraídos do planeta. Entre os resíduos gerados, os de concreto são aqueles que apresentam maior potencial de reciclagem, pelo conhecimento de suas propriedades básicas e pela menor heterogeneidade e contaminação com outros materiais. A utilização de agregados reciclados de concreto na produção de novos concretos contribuirá para preservar os recursos naturais e para diminuir o volume de resíduos depositados em aterros.

A metodologia proposta por Pinto (1999) baseia-se na facilitação do descarte, com diferenciação dos resíduos captados, e na alteração de seu destino. O trabalho apresenta experiências de alguns municípios brasileiros, demonstrando, pela redução de problemas ambientais e excelência dos

resultados, o potencial e a sustentabilidade da metodologia de gestão proposta.

Partindo do conceito de desenvolvimento sustentável e de suas conseqüências para a construção civil, John (2000) discute a questão do impacto ambiental causado por esse segmento e a importância da reciclagem de resíduos de construção para o desenvolvimento sustentável. O trabalho apresenta uma metodologia multidisciplinar de pesquisa e desenvolvimento para transformação de um resíduo em material de construção civil, envolvendo aspectos técnicos, ambientais e econômicos. Segundo o autor, a metodologia compreende as seguintes etapas:

- Seleção do resíduo a ser estudado e levantamento de dados sobre sua produção;
- Caracterização detalhada da composição química do resíduo, microestrutura e características físicas;
- Inventário das alternativas de reciclagem, seleção da alternativa para pesquisa e desenvolvimento do produto, a partir de aspectos de mercado, meio ambiente, técnicos e sociais;
- Avaliação do produto do ponto de vista de seu desempenho técnico e ambiental;
- Estudo da viabilidade econômica e transferência de tecnologia para o mercado.

Atualmente, em países como Holanda e Japão, a sustentabilidade é amplamente aplicada na produção de materiais reciclados, sobretudo dos resíduos de construção, visto que a escassez progressiva de materiais e a redução de áreas para disposição de resíduos contribuem para essa iniciativa.

No Brasil, a produção de entulhos é da ordem de 0,55t por hab./ano. A cidade de São Paulo, que gera 0,5t por hab./ano, recicla apenas 10% desse total. Esses índices demonstram a necessidade de investimentos para que se aumente a porcentagem

efetiva reciclada, diminuindo, assim, os problemas causados à população e ao meio ambiente (BUTTLER, 2005).

O processo seletivo dos resíduos de construção varia de acordo com sua origem. Os obtidos de demolições e atividades relacionadas a obras civis são bastante heterogêneos, o que dificulta sua classificação e separação. Esses resíduos de demolição, em alguns países, são aplicados nas atividades de pavimentação, prática conhecida como *Dow Cycling* (BUTTLER, 2005).

## 2.5 Agregados reciclados e as propriedades dos concretos

Butler (2003) diz que os resíduos de concreto apresentam grande potencial para reciclagem. O autor desenvolveu estudos para caracterizar algumas de suas propriedades, avaliando a influência do período de tempo decorrido entre a moldagem e a reciclagem do concreto nas propriedades dos agregados e dos concretos. Os resultados indicaram que os resíduos reciclados após a sua geração contribuem, de forma positiva, para as propriedades do concreto. Por possuírem grande quantidade de partículas de cimento não hidratadas, obtiveram resultados de resistência à compressão e à tração superiores aos conseguidos com agregados naturais.

Leite (2001) estudou a influência de agregados reciclados para produção de concretos, avaliando propriedades no estado fresco (massa específica e trabalhabilidade) e no estado endurecido (resistência à compressão; resistência à tração na flexão e por compressão diametral, e no módulo de deformação). Os resultados mostraram que existe viabilidade para a utilização do agregado miúdo e graúdo reciclado na produção de concreto.

A durabilidade de concretos produzidos com resíduos de alvenaria foi estudada por Levy (2001). As técnicas empregadas no estudo da durabilidade foram as mesmas utilizadas para concretos com



agregados convencionais. O estudo aponta que a substituição progressiva de agregados reciclados altera o comportamento do concreto, sendo a substituição de 50% dos agregados miúdos naturais pelo reciclado de alvenaria considerada ideal para algumas das propriedades analisadas. O trabalho permite comparar durabilidade de concretos produzidos com os agregados reciclados de concreto e de alvenaria e a dos agregados convencionais.

Santos (2005) estudou as características de resistência e deformabilidade do concreto produzido com agregados grossos reciclados de concreto. O autor diz que em termos das propriedades estudadas, o emprego de agregados grossos reciclados é viável para a produção de concretos estruturais, embora, com relação ao módulo de elasticidade, dependendo da estrutura, seja melhor a utilização de teores de agregados reciclados inferiores a 50%.

Oliveira (2002) realizou estudo comparativo entre o resíduo de concreto convencional e o produzido com agregado reciclado, de consistências e resistências mecânicas semelhantes, analisando a influência da ação das chuvas ácidas, comuns nas regiões urbanas e industrializadas. Por meio de ensaios químicos, micrografia, microscopia eletrônica de varredura e difração de raios-x, efetuou-se uma previsão da durabilidade do concreto produzido a partir do agregado reciclado. Concluiu-se que os compostos lixiviados desse concreto provocam sua deterioração e contribuem para a mineralização dos aquíferos. Nesses casos, segundo o autor, há necessidade de classificar o rejeito de concreto como resíduo “não inerte”, diferente do previsto na NBR 10004, e de incentivar sua reciclagem para minimizar os impactos ambientais.

Embora seja objeto de pesquisas em várias universidades, salienta-se que o aproveitamento dos RCDs em novos materiais é algo muito recente e, por isso, deve ser feito de forma cuidadosa, sen-

do natural que haja algum preconceito no início. Os resíduos de construção devem, portanto, ser valorizados; é necessário que se façam pesquisas, para que seu aproveitamento seja eficaz, seguro e tenha credibilidade.

### 3 Metodologia

Avaliou-se, neste trabalho, a possibilidade do uso do concreto de consistência plástica, que permite a fabricação das peças em formas de plástico, propiciando sua confecção sem a necessidade das vibroprensas, em geral utilizadas na produção das peças de pavimento intertravado. O uso das formas plásticas tem por finalidade viabilizar uma alternativa às pequenas empresas de artefatos de cimento e também às pequenas prefeituras, que não dispõem de recursos para a aquisição desses equipamentos.

Os materiais empregados no desenvolvimento dos traços de concreto foram os seguintes:

- Aglomerante: cimento CP V ARI, por ser o mais utilizado em fábricas de artefatos de cimento na produção de blocos para pavimentação e por possuir propriedades satisfatórias para confecção de peças pré-moldadas de concreto;
- Água: Proveniente do sistema de abastecimento público da cidade de Ilha Solteira – SP;
- Agregados: utilizou-se pedrisco ( $D < 7,0$  mm) da Pedreira de Três Fronteiras – SP e areia média e fina lavada, ambas do Porto de areia de Ilha Solteira – SP;
- Resíduo: agregado reciclado de concreto foi proveniente da britagem de blocos de concreto, comuns nos entulhos de construção em Ilha Solteira.

Os materiais foram avaliados segundo os procedimentos para ensaios de caracterização granulométrica para agregados (NBR NM 248 e NBR 7211), determinação da umidade (NBR 9775) e massa unitária (NBR 7251). Para o agregado fino foram realizados ensaios de absorção (NBR NM 30), análise das impurezas orgânicas (NBR NM 45) e da massa específica, e para o agregado graúdo, determinadas a massa específica aparente e a absorção, de acordo com a NBR NM 53.

Realizaram-se também ensaios de análise de sais cloretos e sulfatos e de atividade pozolânica, prescritos na NBR 9781/87. Os resultados obtidos estão nas Tabelas 1 e 2, e os perfis granulométricos, nas Figuras 5 e 6.

Na produção do concreto para uso em peças de pavimento intertravado, foi necessário realizar estudo de dosagem (HELENE; THERZIAN, 1999) para definir um traço padrão com resistência mínima de 35 MPa, conforme previsto na NBR 9781.

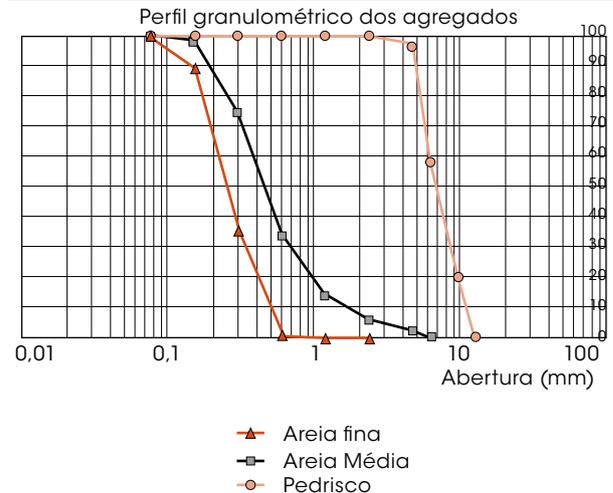
Assim, definiu-se o traço 1:2,36:1,81, com 0,8% de aditivo. Nos traços subsequentes, foi feita a substituição do agregado natural pelo reciclado, até atingir 80% de substituição. Na Tabela 3, são apresentados os traços estudados.

O uso do aditivo fez-se necessário para favorecer a trabalhabilidade e reduzir o fator *a/c* da mistura. Foi utilizado um aditivo fluidificante à base de policarboxilato.

**Tabela 2: Características químicas do resíduo de concreto**

| Sais (%) | Cloretos (%) | Sulfatos (%) | Atividade   |           | Água requerida (%) |
|----------|--------------|--------------|-------------|-----------|--------------------|
|          |              |              | Cimento (%) | Cal (MPa) |                    |
| 0,33     | 0,0024       | 0,064        | 44,8        | 0,3       | 110,4              |

Fonte: Os autores.



**Figura 5: Curva granulométrica dos agregados naturais**

Fonte: Os autores.

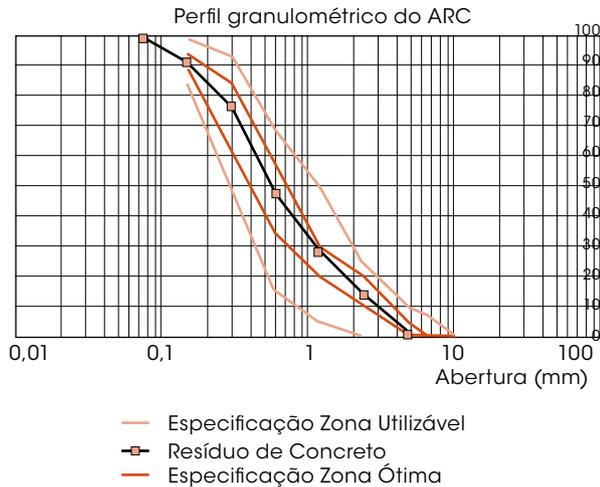
No estado fresco, foram realizados ensaios de massa específica e de determinação do teor de ar incorporado, sendo a trabalhabilidade fixada pelos ensaios de espalhamento diametral – “*slump-flow*” e caixa L – “L box” (Figura 7). Foram confeccionados 3 corpos-de-prova de 10x20 cm<sup>2</sup> para ensaio nas idades de 7, 14 e 56 dias.

Os ensaios realizados no estado endurecido serviram para avaliar a resistência à compressão e

**Tabela 1: Características físicas dos agregados**

| Agregado    | $\phi$ máximo (mm) | Módulo de finura | Massa específica  |      |          | Absorção (%) | Material Pulverulento (%) | Massa unitária             |   |
|-------------|--------------------|------------------|-------------------|------|----------|--------------|---------------------------|----------------------------|---|
|             |                    |                  | s.s.s.            | Seca | Aparente |              |                           | Solta (g/cm <sup>3</sup> ) | Solta a 4% umidade (g/cm <sup>3</sup> ) |
|             |                    |                  | g/cm <sup>3</sup> |      |          |              |                           |                            |   |
| Pedrisco    | 9,51               | 5,53             | 2,90              | 2,84 | 3,02     | 2,08         | 0,95                      | —                          | —                                       |
| Areia fina  | 1,18               | 2,14             | 2,62              | 2,62 | 2,62     | 0,34         | 0,88                      | 1,47                       | 1,18                                    |
| Areia média | 1,90               | 2,27             | 2,37              | 2,65 | 2,63     | 0,34         | 0,19                      | 1,46                       | 1,10                                    |
| Resíduo     | 4,75               | 2,60             | 2,63              | 2,70 | 2,63     | 1,71         | 5,63                      | 1,44                       | 1,39                                    |

Fonte: Os autores.



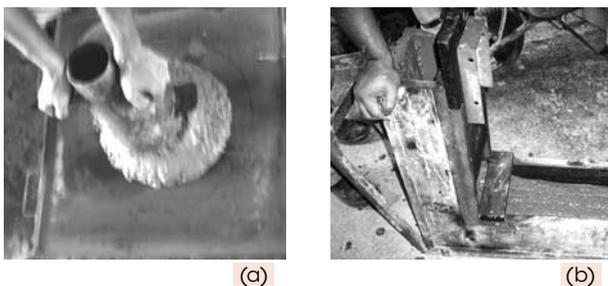
**Figura 6: Curva granulométrica do resíduo**

Fonte: Os autores.

**Tabela 3: Traços estudados**

| Teor de substituição (%) | Traço<br>1 : AMN : AGN : ARC |
|--------------------------|------------------------------|
| 0                        | 1 : 2,36 : 1,81 : 0,00       |
| 20                       | 1 : 1,17 : 1,48 : 0,66       |
| 40                       | 1 : 0,86 : 1,08 : 1,29       |
| 60                       | 1 : 0,56 : 0,69 : 1,88       |
| 80                       | 1 : 0,27 : 0,33 : 2,43       |

AMN – Agregado miúdo natural; AGN – Agregado graúdo natural; ARC – Agregado reciclado de concreto.  
 Fonte: Os autores.



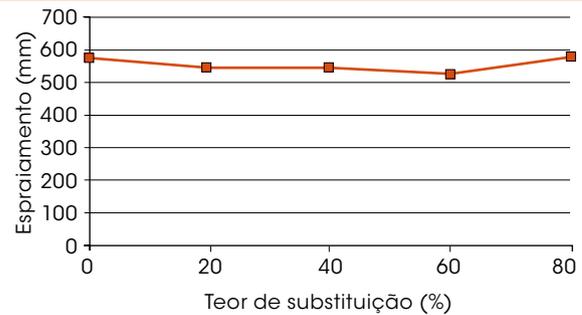
**Figura 7: Ensaio de espalhamento (a) e caixa L (b)**

Fonte: Os autores.

o módulo de elasticidade, segundo as prescrições da NBR 5739/94 e NBR 8522/03.

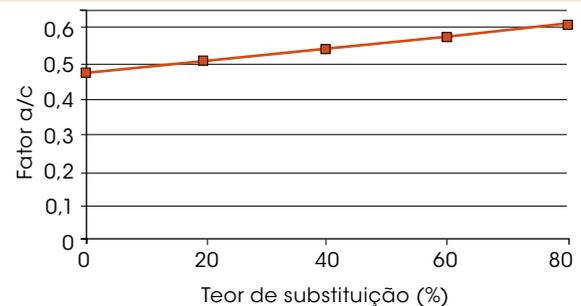
## 4 Resultados e discussões

A consistência e a viscosidade, segundo o ensaio da Caixa L (alturas  $h_2/h_1$ ), mostraram-se dentro dos padrões estabelecidos (igual a 0,8). O desenvolvimento da fluidez (*slump-flow*) é apresentado graficamente na Figura 8, e na Figura 9, mostra-se a variação da relação a/c em função da quantidade de resíduos utilizada.



**Figura 8: Espraiamento x teor de substituição**

Fonte: Os autores.



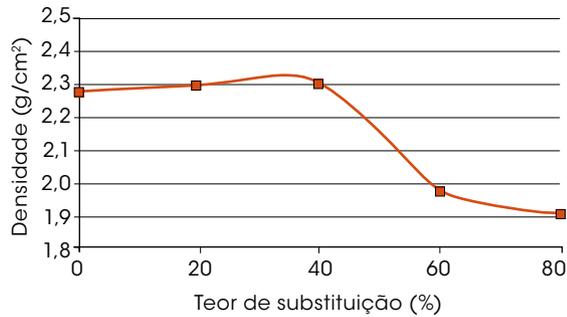
**Figura 9: Fator a/c x teor de substituição**

Fonte: Os autores.

O espraiamento diametral manteve-se dentro dos padrões estabelecidos, entre 500 e 600 mm. A crescente adição de resíduo ocasionou aumento no consumo de água, confirmando a necessidade de uso do aditivo.

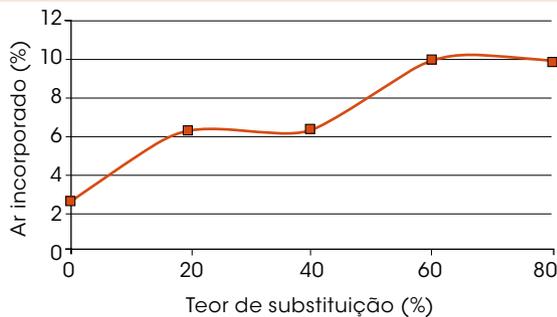
O concreto em estudo visou facilitar a produção de peças de pavimento em formas plásticas, simplificando o processo e dispensando o uso de mesa vibratória. Dessa maneira, os parâmetros de fluidez foram fixados de forma semelhante ao

especificado para um concreto auto-adensável. As características do concreto no estado fresco, como massa específica e teor de ar incorporado, podem ser observadas nas Figuras 10 e 11.



**Figura 10: Densidade x teor de substituição**

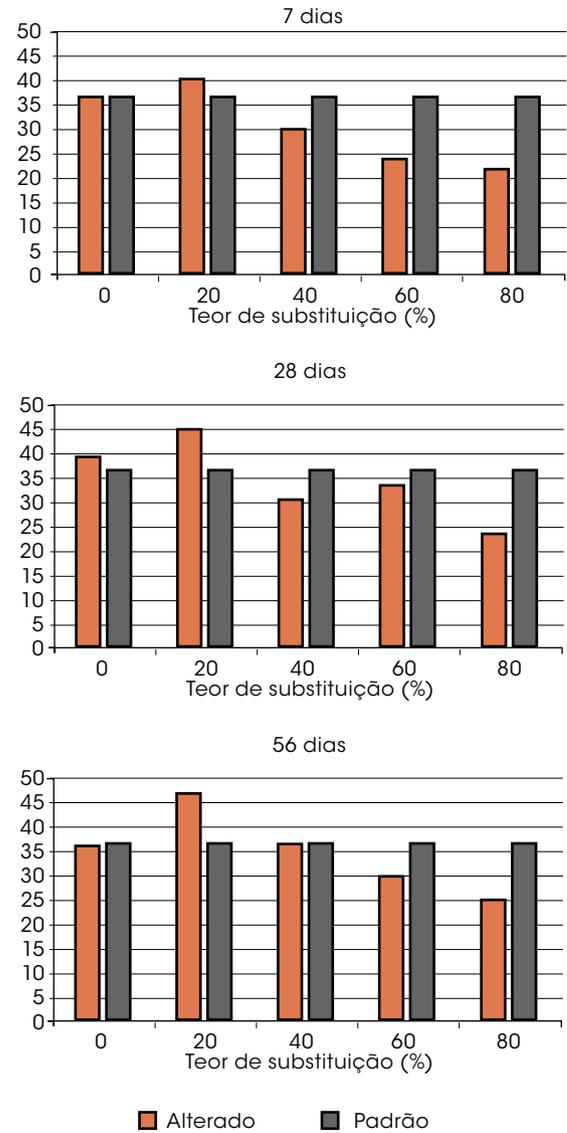
Fonte: Os autores.



**Figura 11: Ar incorporado x teor de substituição**

Fonte: Os autores.

A taxa de ar incorporado aumentou de forma proporcional à substituição dos agregados naturais pelo reciclado. Os valores de densidade obtidos se aproximam de 2,2 a 2,3 kg/dm<sup>3</sup>, até 40% de substituição, e de 2,0 kg/dm<sup>3</sup>, nas demais substituições. Em concretos convencionais, a densidade mantém-se na faixa de 2,3 a 2,5 kg/dm<sup>3</sup>, quando empregados agregados naturais (PETRUCCI, 1995). Assim, até 40% de substituição do agregado natural pelo reciclado, a resposta obtida se encontra dentro dos padrões estabelecidos para um concreto comum. Na Figura 12, constam os resultados de resistência à compressão média no 7°, 28° e 56° dia.



**Figura 12: Resistência à compressão**

Fonte: Os autores.

O melhor resultado foi obtido no 56° dia, para a dosagem com 20% de substituição dos agregados naturais. Nas dosagens com 40%, os valores ficaram próximos dos valores do concreto de referência. Nas demais substituições, são inferiores. No estado endurecido, avaliou-se também o módulo de elasticidade no 7°, 28° e 56° dia (Tabela 4).

Conforme se observa, houve aumento nos valores de módulo de elasticidade para as dosagens com 20% de resíduos. No entanto, com valores



maiores de substituição, os resultados não foram favoráveis, com redução da ordem de 40 a 60% em relação ao valor de referência.

**Tabela 4: Módulo de elasticidade**

| ARC (%) | Módulo de elasticidade (GPa) |         |         |
|---------|------------------------------|---------|---------|
|         | 7° dia                       | 28° dia | 56° dia |
| 0       | 24,37                        | 28,23   | 39,01   |
| 20      | 28,91                        | 35,94   | 31,32   |
| 40      | 19,17                        | 20,05   | 23,06   |
| 60      | 15,70                        | 18,93   | 20,50   |
| 80      | 15,81                        | 14,10   | 16,02   |

ARC - Agregado reciclado de concreto.  
Fonte: Os autores.

## 5 Conclusão

Os resultados foram satisfatórios em termos de resistência mecânica e de módulo de elasticidade para os concretos produzidos com 40% de agregados reciclados, sempre com valores de resistência à compressão simples superiores aos 35 MPa recomendados pela normalização brasileira.

O concreto produzido com os agregados reciclados apresentou trabalhabilidade adequada para a confecção das peças de pavimento intertravado, com utilização das formas de plástico. Obtiveram-se peças com excelente acabamento, possibilitando a execução de um pavimento diferenciado e de aspecto arquitetônico bastante agradável, ideal para confecção de calçadas, pavimentação de quintais e espaços urbanos.

O aproveitamento dos agregados reciclados de concreto na confecção de peças para pavimento intertravado é uma boa alternativa para o aproveitamento dos resíduos gerados na demolição das calçadas, possibilitando menor consumo de agregados naturais e redução do impacto ambiental muitas vezes causado pela deposição inadequada desses materiais.

## Utilization of recycled aggregate in interlocking pavement

The destination of the construction waste is a problem that becomes worse as the time goes by, and that affects the environmental conditions, with consequences for whole society. In this work, aiming to minimize the environmental impact caused by these residues, it was studied the use of recycled aggregates in the composition of interlocking pavement. Laboratory rehearsals were performed to evaluate the behavior of this concrete manufactured with recycled aggregates. Analyses of the mechanical resistance parameters were made and, the defined standards according to the Brazilian norms, considered.

**Key words:** Concrete waste. Interlocking pavement. Recycled aggregates.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Manual Técnico para Implementação da Habitação 1.0. São Paulo, 2002. 88p. [http://www.abcp.org.br/downloads/arquivos\\_pdf/Manual\\_Habitacao\\_10.pdf](http://www.abcp.org.br/downloads/arquivos_pdf/Manual_Habitacao_10.pdf).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR-9780. Peças de concreto para pavimentação, determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1987a, 4p.
- \_\_\_\_\_. NBR-9781. Peças de concreto para pavimentação, especificação. Rio de Janeiro, 1987b, 4p.
- \_\_\_\_\_. NBR-NM 248. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- \_\_\_\_\_. NBR-7211. Agregado para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.
- \_\_\_\_\_. NBR-9775. Agregados – Determinação da umidade superficial em agregados miúdos por meio do frasco de Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
- \_\_\_\_\_. NBR-7251. Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- \_\_\_\_\_. NBR-NM 30. Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2000.
- \_\_\_\_\_. NBR-NM 45. Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: NBR-NM 53. Agregado graúdo – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR-5739. Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.

\_\_\_\_\_. NBR-8522. Concreto – Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação e da curva tensão-deformação. Rio de Janeiro, 2003.

BUTTNER, A. M. *Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados*. São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos – EESC- Universidade de São Paulo – USP, 2003, 220p.

BUTTNER, A. M.; CORREA, M. R. S.; RAMALHO, M. A. Agregados reciclados na produção de artefatos de concreto. São Paulo. *Revista Concreto*, n. 37, 2005, p. 24-27.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA-SP. Impermeabilização indiscriminada: A grande vilã das enchentes? São Paulo. *Revista CREA-SP*, p. 27-29, jan./fev. 2005.

CRUZ, L. O. M. *Pavimento intertravado de concreto: estudo dos elementos e métodos de dimensionamento*. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 2003. 281 p.

FERRAZ, A. L. N. *Análise da adição de resíduos de construção em tijolos prensados de solo-cimento*. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual Paulista – Unesp, Ilha Solteira – SP, 2004. 98p.

HELENE, P. R. L.; TERZIAN, P. *Manual de dosagem e controle do concreto*. São Paulo, Pini, 1992. 225p.

JOHN, W. M. *Reciclagem de resíduos na construção: Contribuição à metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento*. Tese de Livre Docência, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo, 2000. 102p.

LEITE, M. B. *Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição*. Porto Alegre, RS. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 2001, 290p.

LEVY, S. M. *Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria*. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, 2001, 208p.

OLIVEIRA, M. J. E. *Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem*. Tese (Doutorado)- Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Rio Claro, SP, 2002, 211p.

PETRUCCI, E. G. R. *Concreto de Cimento Portland*. 12. ed. São Paulo: Globo, 1998. 307p.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. São Paulo, SP. Tese (Doutorado), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo EPUSP, 1999, 218p.

SANTOS, J. R. Betão com agregados grossos reciclados de betão. São Paulo, SP. *Revista Concreto*, ISSN 1806-9673, IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, 2005, p.10-14.

SHACKEL, B. *Design and construction of interlocking concrete block pavement*. First Edition and Reprinted 1991. New York / London: Elsevier, 1990.

Recebido em 18 set. 2007 / aprovado em 6 nov. 2007

#### Para referenciar este texto

SIMIÉLI, D. et al. Utilização de agregados reciclados em pavimentos intertravados. *Exacta*, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 231-241, jul./dez. 2007.

