



# Caracterização de resíduos da reciclagem de postes de concreto e sua utilização na fabricação de pisos intertravados

Gisleiva C. Ferreira<sup>1,a</sup>; Leandro Shiroma<sup>2,b</sup>; Antonio L. Beraldo<sup>3,c</sup>, Marco. T. Ospina<sup>2,d</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia - FT - Limeira - SP

<sup>2</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI - Campinas - SP

<sup>3</sup>Pesquisador Nível 2 do CNPq, Brasília - DF

<sup>a</sup>gisleiva@ft.unicamp.br, <sup>b</sup>leandro@recicon.com.br, <sup>c</sup>to.beraldo@gmail.com,  
<sup>d</sup>ospina@feagri.unicamp.br

**Palavras-chave:** materiais não convencionais, ultrassom, agregados reciclados.

**Resumo.** Dentre os materiais descartados pelas empresas de distribuição de energia elétrica destacam-se os postes de concreto. O procedimento atual consiste em fragmentar manualmente os postes de concreto, recuperando-se apenas a armadura metálica de reforço. As demais partes são então descartadas, pois ainda não existe uma política empresarial voltada para a sua utilização. No entanto, visando atender às exigências da Lei Federal 12.305, as empresas não mais poderão continuar utilizando tal procedimento. Dessa forma, uma das possibilidades vislumbradas seria então, após ser efetuada a moagem das partes dos postes de concreto descartados, serem utilizados os resíduos devidamente fragmentados em substituição parcial da areia e/ou da brita. Inicialmente, realizou-se a determinação da granulometria do material fornecido pela empresa após britagem primária (manual) para retirar a armadura metálica. Após esta fase, realizou-se a britagem secundária, para obter-se uma granulometria compatível com as faixas utilizadas para caracterizar agregados miúdo e graúdo. Foram confeccionados pisos intertravados (pavers), substituindo-se parcialmente os agregados convencionais por aqueles obtidos da reciclagem dos postes de concreto. Os teores de substituição de areia ou de pedrisco, em massa, foram de 10%, 20% e 30%. O endurecimento das misturas utilizadas na confecção dos pavers foi acompanhado por meio de ultrassom. Os pavers foram avaliados em ensaio de compressão simples nas idades de 7, 28 e 91 dias. Os resultados obtidos indicaram que os teores máximos de substituição de areia e pedrisco foram de, respectivamente, 20% e 30%.

## 1. Introdução

A atual Política Nacional de Resíduos Sólidos [1] é criteriosa e exigente, propondo maneiras de se efetuar o gerenciamento correto dos resíduos sólidos gerados nas diversas atividades (industrial, serviços, doméstico, etc.). Com o crescimento imobiliário, a quantidade de resíduos produzidos principalmente pelo setor da construção vem aumentando, o que preocupa os órgãos ambientais mundiais.

Entretanto, deve-se ficar atento às propriedades físico-químicas destes resíduos minerais, os quais não devem ser utilizados sem a adoção de determinados critérios. Como exemplo, Carneiro e Cincotto [2] citaram a influência das curvas granulométricas dos agregados na dosagem do aglomerante em argamassas.

Dentre os diversos resíduos disponíveis, encontram-se bem avançados os estudos sobre aplicação de resíduos da construção civil (RCC). No entanto, este tipo de resíduo apresenta a heterogeneidade como principal desvantagem. O RCC é composto principalmente por materiais silicosos (areia, solo, cerâmicos e concretos), mas também contém restos de materiais indesejáveis, tais como madeira, gesso, metais e poliméricos em geral.

Neste contexto de reutilizar o RCC também se encaixam as concessionárias de distribuição de energia elétrica, devido o descarte de postes e cruzetas de concreto. Atualmente, empresas terceirizadas se ocupam da recepção, triagem e descarte parcial destes resíduos. Logo após uma operação manual, apenas as armaduras metálicas destes componentes são separadas, devido ao valor agregado obtido por tal componente. Por sua vez, os resíduos silicosos são geralmente descartados em aterros sanitários ou, então, são retirados por terceiros para serem utilizados em obras de pavimentação, sobretudo no meio rural. No entanto, conforme especificado pela Lei 12.305 [1], embora tais resíduos não sejam considerados perigosos, sob o ponto de vista ambiental, sendo enquadrados na Classe II-B (Não Perigoso e Inerte), deve-se evitar o seu descarte de forma indiscriminada no meio ambiente [3].

Como um aspecto positivo em relação ao RCC, deve-se destacar que parte do cimento constituinte dos elementos descartados ainda se encontra em estado latente sendo passível de, após uma nova hidratação, continuar a contribuir com a melhoria estrutural de artefatos à base de cimento.

No que diz respeito à caracterização física dos resíduos de artefatos de cimento, Paula [4] estudou resíduos de postes de concreto (RPC), classificando-os como agregado com granulometria de 2,36 mm de diâmetro máximo, massa específica real de 2,52 g/cm<sup>3</sup> e massa específica aparente de 1,34 g/cm<sup>3</sup>. Ulsen [5] também estudou resíduos de concreto, obtendo, após a moagem, 47% de agregados miúdos com massa específica real de 2,50 g/cm<sup>3</sup>. Já Silva et al. [6] estudaram a distribuição granulométrica de amostras de RCD após fragmentação e concluíram que as curvas de areias de RCD apresentam teores mais elevados de finos menores que 100 µm e menores possibilidades de combinação entre eles, de forma a aumentar o empacotamento e reduzir a porosidade na mistura de agregados.

De forma geral, os concretos com incorporação de RCD apresentam resistência mecânica inferior em relação aos concretos com agregados convencionais. Cumpre ressaltar que os resultados dos ensaios dependem da origem do resíduo, da taxa de substituição, das condições de umidade e da relação água/cimento [7].

Celestino et al. [8] estudaram a aplicação de resíduos oriundos da fabricação de artefatos de concreto como agregado tendo utilizado o método de moldagem de corpos de prova proposto por [9]. Após a comparação da resistência à compressão obtida em corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, com a de blocos moldados em uma indústria de artefatos, concluíram que seria possível utilizar até 25% do resíduo estudado em substituição da areia.

Cachimet al. [10] estudaram o comportamento de concretos com substituição do agregado graúdo por resíduos de poste de concreto (RPC). Os autores concluíram que seria viável a substituição total do agregado, a partir dos resultados de trabalhabilidade e de resistência mecânica.

Considerando os estudos sobre incorporação de RCD verificou-se que o desempenho mecânico dos materiais deles constituídos já foi consolidado; entretanto, ainda são

necessários estudos para definir a durabilidade destes materiais tendo sido obtidos dados sobre parâmetros relacionados a esta questão [11, 12,13].

Em outro contexto, diversas pesquisas foram desenvolvidas sobre a possibilidade de aplicação de técnicas não destrutivas, por exemplo, o ensaio de ultrassom, como método de caracterização de matrizes cimentícias. Além disso, esta técnica permite avançar na compreensão da etapa de endurecimento de misturas cimentícias sem alterar as propriedades físicas do material analisado, o que confere a possibilidade de se repetir os ensaios ou de efetuar o monitoramento de estruturas e o acompanhamento de seu comportamento ao longo do tempo [14,15,16]. Entretanto, ao aplicar ensaios de ultrassom é importante considerar os fatores que podem interferir na velocidade do pulso ultrassônico (VPU) como a relação água/cimento, o tamanho e o tipo de agregado, o tipo de cimento e as dimensões da amostra [17].

## 2. Materiais e Métodos

### 2.1 Desintegração dos postes de concreto, moagem e separação dos resíduos

Conforme informações fornecidas pela Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), são descartadas, em média, cerca de 1.000 t/mês de postes de concreto. Atualmente apenas se recuperam as armaduras metálicas, podendo-se então se perceber o importante montante que estaria disponível para a reciclagem de agregados minerais.

Os postes de concreto descartados foram pré-processados (britados manualmente) com os objetivos de retirada da armadura de aço e de redução do volume dos mesmos. Após esta etapa, os resíduos de postes de concreto (RPC) foram classificados principalmente como brita 0 e 1 e areia grossa. Esta etapa, denominada de primária, foi desenvolvida em empresa terceirizada.

No entanto, apenas este processo não viabilizaria a utilização do RPC como agregado para artefatos de concreto, devido às dimensões dos resíduos obtidos após esta etapa inicial (britagem primária). Desta forma, foram avaliadas duas possíveis opções de se efetuar a britagem secundária de forma a serem obtidos também agregados miúdos:

- a) processar o RPC em moinho-de-martelos, marca Piacentini, modelo BI 22/21 CD (Fig. 1);
- b) processar o RPC em moinho-de-mandíbulas, empresa de reciclagem de resíduos da construção civil (Fig. 2).



Figura 1: Moinho-de-martelos utilizado para a britagem secundária do RPC pela equipe técnica do projeto.

Figura 2: Moinho-de-mandíbulas utilizado para a britagem secundária do RPC por empresa de reciclagem.

Para o processamento dos resíduos de acordo com a opção “a”, o RPC foi obtido com as dimensões que a empresa terceirizada disponibilizou (Fig. 3a), e, depois de processado, foram obtidos agregados nas faixas granulométricas classificadas como pedrisco (pedra 0), areia grossa, areia média e areia fina (Fig. 3b e 3c). Na Fig.3d, apresentam-se a classificação granulométrica porcentual dos agregados obtidos.



Figura 3a: RPC após o processamento primário, realizado manualmente.

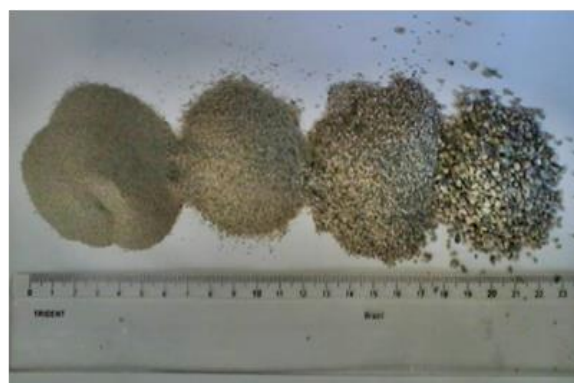


Figura 3b: RPC após processamento secundário, realizado em moinho-de-martelos.



Figura 3c: RPC após pré-processamento.

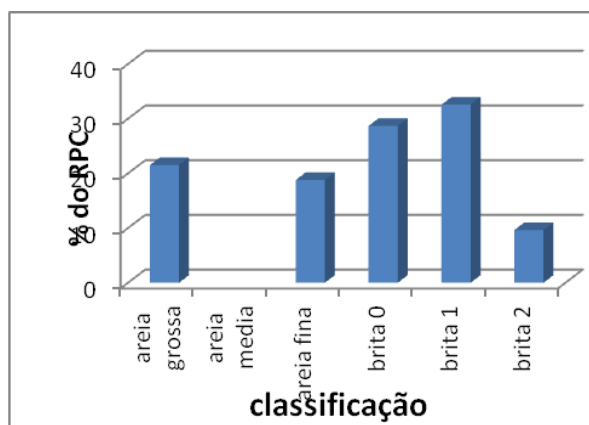


Figura 3d: Classificação do RPC.

Para a opção “b”, entrou-se em contato com uma empresa de reciclagem de resíduo da construção civil (RCC), da região de Campinas, para britar uma amostra original do RPC fornecido pela empresa terceirizada. O sistema de britagem desta empresa é composto por britador-de-mandíbulas, conjunto de peneiras para segregação (classificação) e esteiras transportadoras do RPC (Fig. 4). A britagem foi realizada em duas amostras de RPC, as quais foram obtidas de dois lotes distintos, identificadas como RPC 1 e RPC 2.



Figura 4: Processo de britagem do RPC com britador-de-mandíbulas e utilização de esteiras para classificação do tamanho dos agregados.

Nas Tabelas 1 e 2 e nas Fig. 5 e 6, apresentam-se os parâmetros obtidos com relação à granulometria das amostras (índices físicos e curvas granulométricas), respectivamente, [18, 19, 20]. Também estão apresentados os parâmetros relativos aos demais materiais utilizados neste trabalho (cimento Portland, areia e pedrisco).

Tabela 1. Caracterização física dos materiais (cimento Portland, areia, pedrisco e RPC).

AMOSTRA	Ensaio		
	Massa específica aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	Massa específica [g/cm <sup>3</sup> ]	Massa unitária [g/cm <sup>3</sup> ]
Cimento Portland		3,15	
Areia	2,50	2,58	1,46
Pedrisco	2,62	2,68	1,35
RPC 1	2,05	2,69	2,22
RPC 2	1,93	2,68	2,21

Tabela 2. Classificação dos materiais conforme granulometria (areia, pedrisco e RPC).

	MF	DM [mm]	Classificação
Areia comum	1,93	1,2	Zona utilizável inferior
Pedrisco	2,83	4,8	Zona ótima
RC1	2,78	4,8	Zona ótima
RC2	3,27	4,8	Não classificado

MF- módulo de finura; DM - diâmetro máximo do agregado.

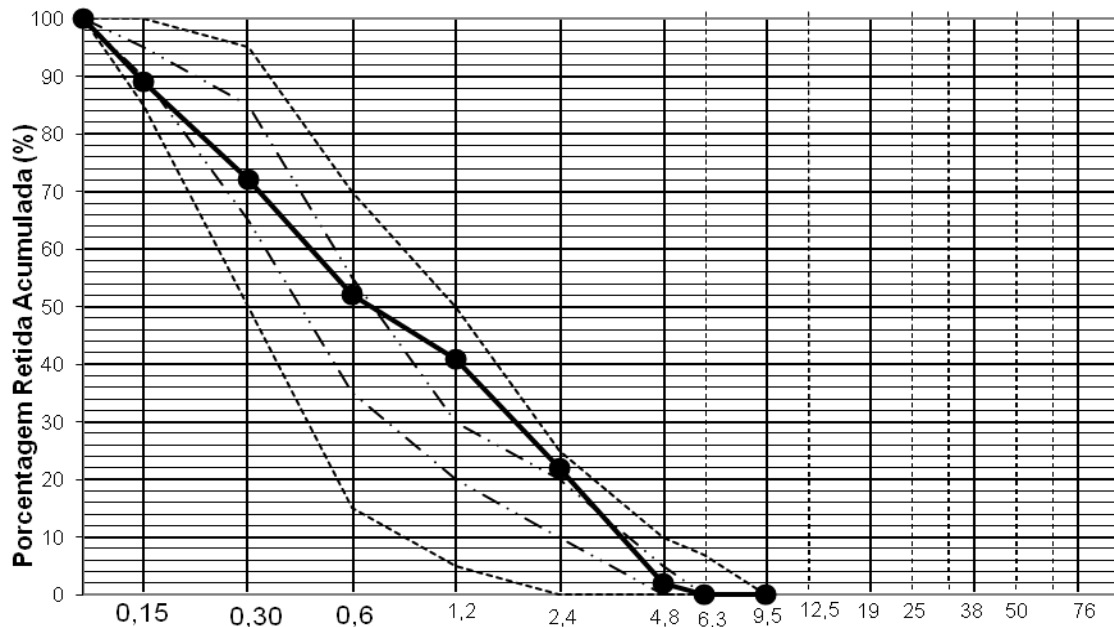


Figura 5: Curva granulométrica obtida para a amostra RPC1 após processo de britagem.

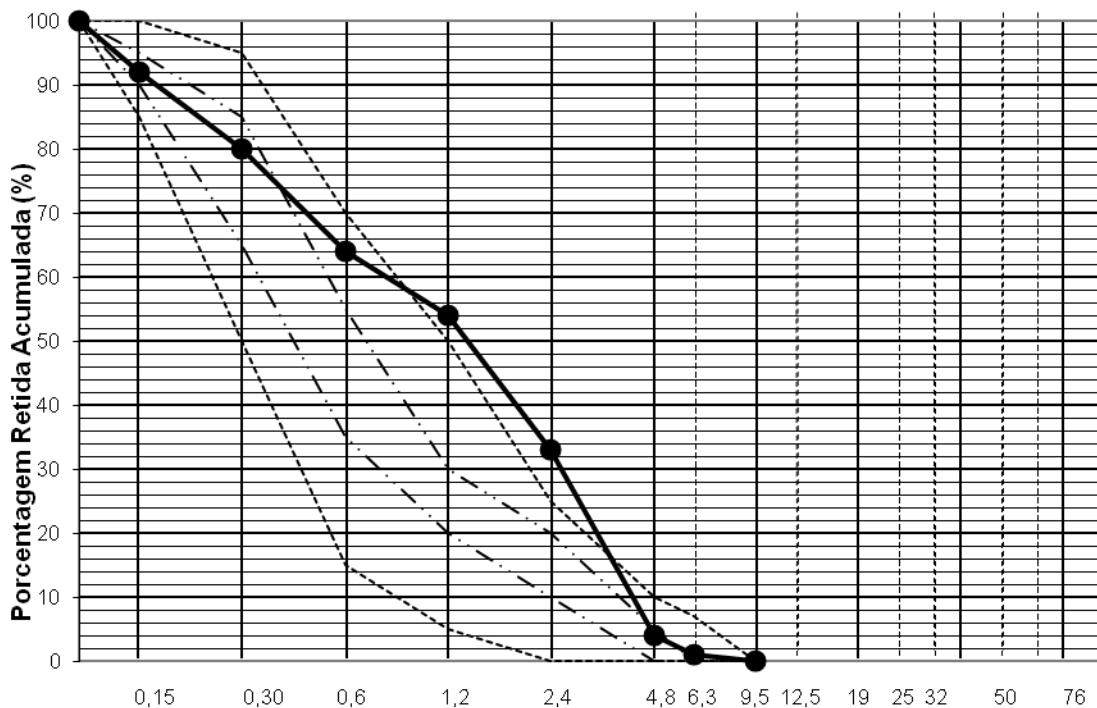


Figura 6: Curva granulométrica obtida para a amostra RPC2 após processo de britagem.

Os dados obtidos na caracterização física dos agregados indicaram que os dois materiais utilizados como agregado miúdo (areia e RPC) são praticamente similares em relação às densidades. Entretanto, para a granulometria, verificou-se que as duas amostras de RPC alcançaram classificações diferentes, sendo o RPC1 classificado na faixa ótima enquanto que o RPC2 não pode ser classificado. Portanto, para a moldagem dos pavers utilizou-se apenas a amostra RPC1.

## 2.2 Fabricação de pavimentos intertravados (pavers)

Os pavimentos intertravados ou “pavers” podem ser produzidos em equipamentos automatizados, porém, em empresas de pequeno porte, se utiliza o método conhecido como “dormido”, cuja produtividade é muito baixa, e apresentando elevado consumo de cimento. Tal método é utilizado apenas por pequenos fabricantes, que investem em fôrmas de plásticos e uma mesa vibratória, caracterizando, portanto, um baixo investimento.

Com o objetivo de viabilizar a aplicação do RPC, desenvolveram-se traços para a fabricação de peças de concreto para pavimentação, comercialmente denominados de “pavers”. Para isso, considerou-se a produção destes pavers em fôrmas metálicas, em processo “dormido”, buscando-se a resistência característica mínima  $[f_{bk}]$  de 35 MPa, conforme especificado pela [21].

Os pavers foram moldados em fôrmas plásticas e adensados em uma mesa vibratória. A produção dos pavers foi realizada na empresa Padovani Artefatos de Concreto, situada em Paulínia – SP (Fig. 7, 8, 9 e 10). A empresa utiliza um traço básico de 1 : 3 : 3 (cimento:areia:pedrisco, em volume), traço esse adotado como referência no presente trabalho. A desmoldagem ocorreu após 24 h, sendo os pavers curados em câmara úmida até a data de realização do ensaio de compressão.



Figura 7: Betoneira utilizada.



Figura 8: Fôrmas hexagonais para pavers.



Figura 9: Moldagem dos pavers.



Figura 10: Pavers moldados.

A partir dos dados preliminares, obtidos durante o estudo de dosagem e da definição dos teores de RPC, foi adotada a seguinte metodologia:

a) Substituição parcial de agregados minerais: foram confeccionados pavers com os seguintes tipos de misturas:

- referência (T);
- substituições parciais, em massa, da areia por RPC nos teores de 10%, 20% e 30%;
- substituições parciais, em massa, do pedrisco por RPC nos teores de 10%, 20% e 30%

b) Ensaio de caracterização físico-mecânica: Para cada mistura foram confeccionados 11 pavers, sendo que 8 deles receberam marcações em três de suas faces laterais diametralmente opostas, para se efetuar o acompanhamento da etapa de endurecimento da mistura por meio da aplicação do ensaio não destrutivo por ultrassom. Para tal, utilizou-se um paquímetro digital Mitutoyo, com sensibilidade de 0,01 mm, para a medida da distância entre os pontos de colocação dos sensores eletroacústicos. O tempo de propagação da onda ultrassônica foi obtida por meio da utilização do equipamento UsLab (Agricef, Brasil), com transdutores de seção exponencial de 45 kHz de frequência de ressonância (Fig. 11 e 12). A velocidade do pulso ultrassônico (VPU) foi obtida por meio da média das leituras realizadas nas superfícies correspondentes às larguras dos pavers, totalizando 24 leituras para cada traço. Posteriormente, três pavers de cada traço estudado foram ensaiados à compressão nas idades de 7, 28 e 91 dias.



Figura 11: Determinação das dimensões dos pavers para cálculo da VPU.



Figura 12: Ensaio de ultrassom com transdutores exponenciais.

Nas respectivas idades, efetuou-se o capeamento da superfície de topo dos pavers com pasta de cimento (Fig. 13a). Após 24 h, os pavers foram imersos em água durante 24 h antes da realização do ensaio de compressão (Fig. 13b). O ensaio foi conduzido conforme a [21], em máquina universal de ensaios modelo DL30000 (EMIC, Brasil). Adotou-se a velocidade de deslocamento do cabeçote de 1 mm/s.





Figura 13a: Copeamento dos pavers para ensaios de compressão

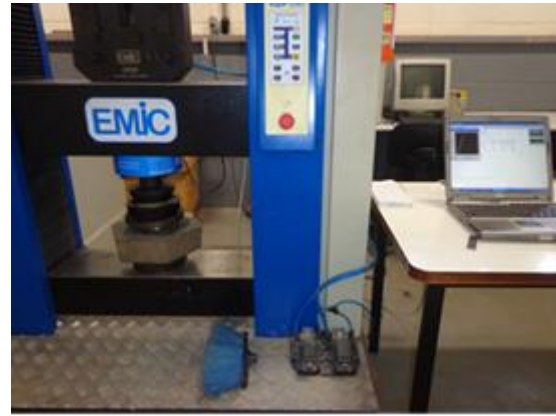


Figura 13b: Máquina de ensaios utilizada para os ensaios de compressão dos pavers.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Ensaio não destrutivo (END) por ultrassom

Substituição parcial da areia por RPC: De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar que a velocidade do pulso ultrassônico (VPU) estabilizou-se em torno do sétimo dia, sofrendo leve declínio a partir dessa idade, provavelmente devendo-se à concomitante secagem dos pavers com prováveis incertezas na medição do tempo de propagação. Observando-se a VPU máxima, de acordo com a Fig. 14, os pavers com 10% de substituição de areia por RPC comportaram-se de forma similar à testemunha (T), enquanto que os pavers com 30% de substituição mostraram leve predominância quando comparados com aqueles nos quais se utilizou 20% de substituição de areia por RPC.

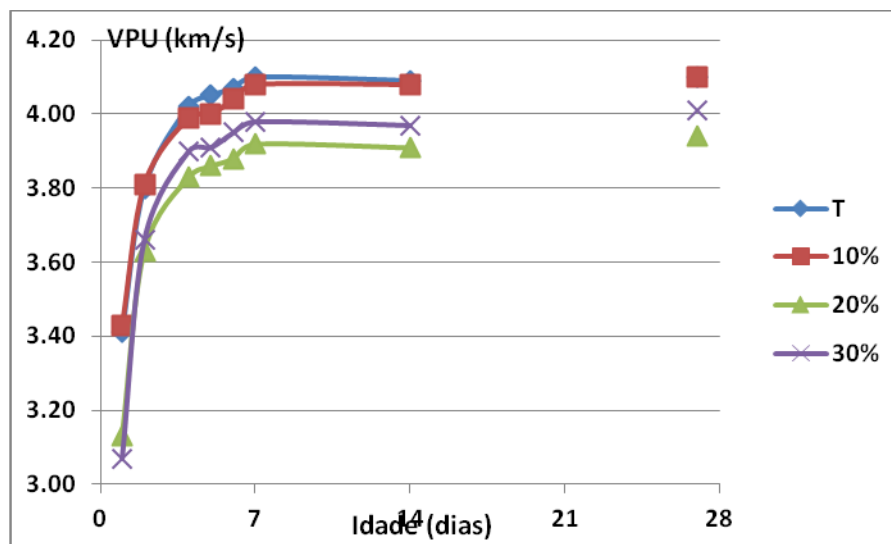


Figura 14: Velocidade do pulso ultrassônico (VPU) para misturas com substituição parcial da areia por RPC.

Substituição parcial do pedrisco por RPC: Observou-se um comportamento similar para todos os traços estudados, tendo se observado a estabilidade no valor da VPU aos 7 dias de idade sendo os valores de VPU máxima praticamente similares na idade de 28 dias para os teores de substituição de 10% e 20% de pedrisco por RPC (Fig. 15). De acordo com essa avaliação, o teor de substituição de 30% implicou em diminuição no valor da VPU nas idades iniciais, sendo esta ligeiramente inferior na idade de 28 dias em relação às demais substituições.

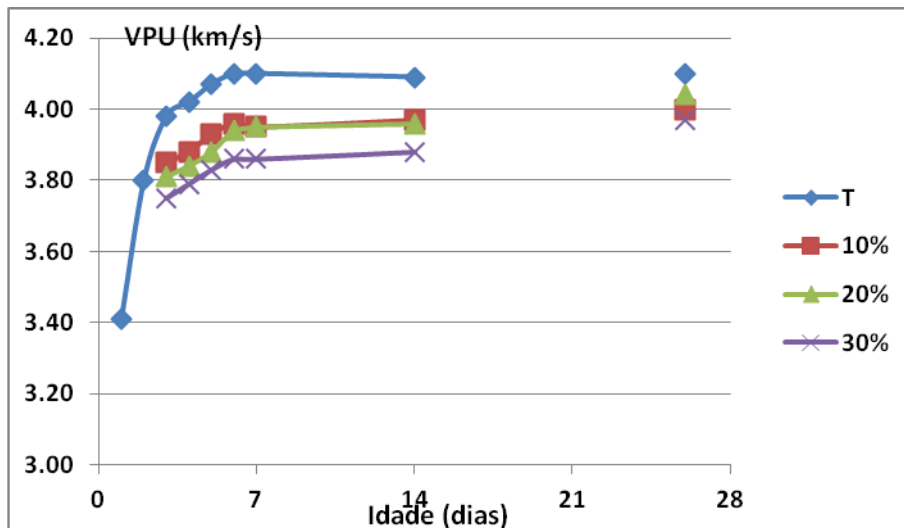


Figura 15: Velocidade do pulso ultrassônico (VPU) para misturas com substituição parcial do pedrisco por RPC.

### 3.2 Ensaios de compressão

Substituição parcial da areia por RPC: Corroborando com o ensaio de ultrassom (Fig. 14), observa-se que a mistura com 20% de substituição de areia por RPC mostrou um comportamento inferior ao dos demais teores de substituição (10 e 30%). Pode-se atribuir tal discrepância ao processo produtivo ou à preparação do agregado reciclado, embora o fato mais importante a ser destacado seja que, aos 28 dias, todas as substituições efetuadas atenderam às especificações técnicas, pois todos os pavers ensaiados atingiram resistência à compressão superior a 35 MPa (Fig. 16), conforme preconiza a norma [21].

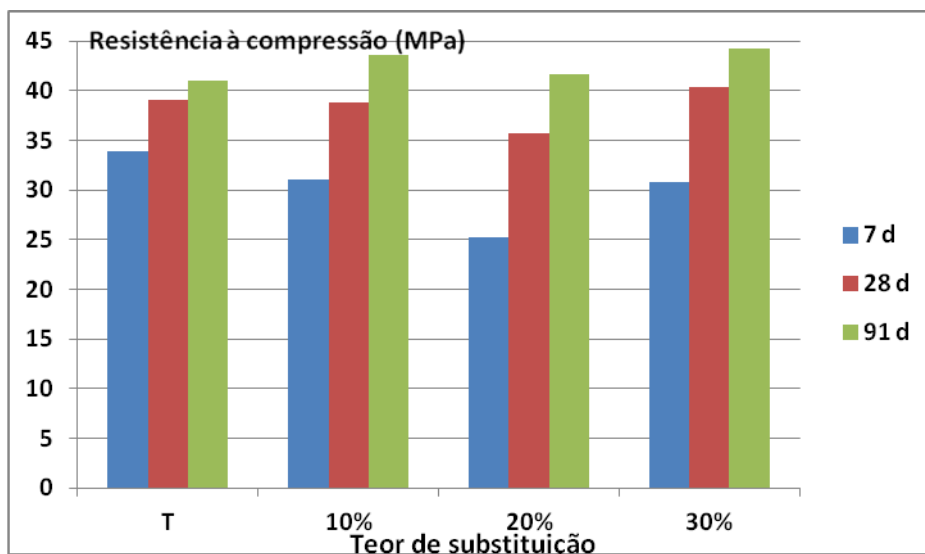


Figura 16: Resistência à compressão dos pavers em função da idade e do teor de substituição parcial da areia por RPC.

Substituição parcial do pedrisco por RPC: Os resultados obtidos confirmaram as previsões do ensaio não destrutivo por ultrassom (Fig. 15), indicando que houve uma pequena redução na resistência à compressão quando da substituição de 30% de brita por RPC. Na idade de

28 dias, para as substituições de 10% e 20%, a resistência à compressão dos pavers foi superior a 35 MPa atendendo, portanto, às especificações da norma [21] (Fig. 17).

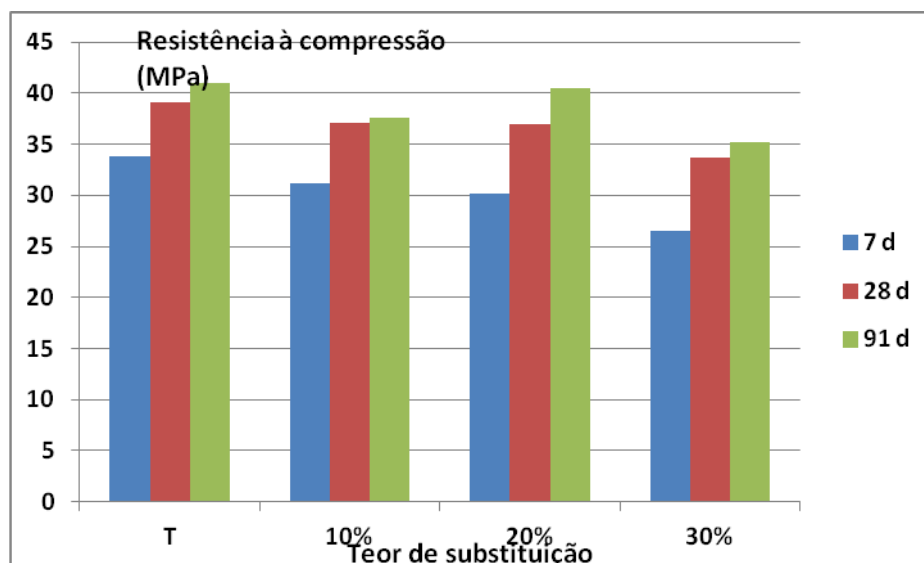


Figura 17: Resistência à compressão dos pavers em função da idade e do teor de substituição parcial da brita por RPC.

#### 4. Conclusões

Resíduos do descarte de postes de concreto mostram potencial para serem utilizados na confecção de artefatos de concreto, contribuindo, desta forma, para minimizar o impacto ambiental causado pela sua deposição no meio ambiente. Baseado na análise dos resultados experimentais concluiu-se que, na confecção de pavers, a substituição parcial, em massa, de areia ou de pedrisco por resíduos provenientes do processamento de postes de concreto descartados seria de 30% e 20%, respectivamente.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL, pelo suporte financeiro do projeto Matriz *High Tech* para Reúso e Descarte Limpo na CPFL, financiado pela Agência Nacional de Energia e Eletricidade – ANEEL.

#### 6. Referências Bibliográficas

- [1] LEI FEDERAL 12305 **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, 2010.
- [2] CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A. **Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas. BT/PCC/237-** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo: Universidade Estadual de São Paulo (ISSN 0103-9630), 18 p., 1999.
- [3] MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, E. D. Construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

- [4] PAULA, P. R. F. **Utilização de resíduos de construção civil na produção de blocos de argamassa sem função estrutural**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco. Pernambuco, 2010.
- [5] ULSEN, C. **Caracterização tecnológica de resíduos de construção e demolição**. São Paulo: Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006.
- [6] SILVA, R. B.; ÂNGULO, S. C.; PILEGGI, R. G.; SILVA, C. O. Concretos secos produzidos com agregados reciclados de RCD separados por densidade. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 335-349, 2015.
- [7] FRANKLIN, S. O.; GUMEDE, M. T. Studies on strength and related properties of concrete incorporating aggregates from demolished wastes: **Part 1 – A global perspective**, v. 4, p. 311-317, 2014.
- [8] CELESTINO, P. H. M.; ARAÚJO, R. C.; CARASEK, H. **Produção de blocos de concreto contendo resíduos de artefatos de cimento**. In: ANAIS DO 54º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Outubro, Maceió, AL, 2012.
- [9] ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto**. Campinas: Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, 156 p., 1997.
- [10] CACHIM, P.; ROCHA, B.; RESENDE, C. **Propriedades de betão com resíduos de postes de electricidade**. In: Anais do VI SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo, SP, abril, 2006.
- [11] OLIVEIRA, V. S.; SANTOS, V. S.; LIRA, H. L.; MELO, A. B.; NEVES, A. Durabilidade de Compósitos de Concreto de Cimento Portland Produzidos com Agregados Reciclados da Construção Civil. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 1 e 2, p. 30-36, 2006.
- [12] SARTORI, B. R. C.; FEDUMENTI, M. B.; SILVA, R. KULAKOWSKI, M. P.; KAZMIERCZAK, S. Estudo da carbonatação em concretos com adição de cinza de casca de arroz e agregado reciclado de concreto. In: Anais do ENARC 2013 – II ENCONTRO NACIONAL SOBRE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 10 a 12 de julho, São Leopoldo, RS, 2013.
- [13] BRAVO, M.; BRITO, J.; PONTES, J.; EVANGELISTA, L. Mechanical performance of concrete made with aggregates from construction and demolition waste recycling plants. **Journal of Cleaner Production**, v. 99, p. 59-64, 2015.
- [14] LORENZI, A.; CAETANO, L. F.; DRUNN, M. T.; SILVA FILHO, L. C. P. **Utilização de ultrassom para o monitoramento de estruturas de concreto**. In: Annals of the PANAMERICAN CONFERENCE FOR NON DESTRUCTIVE TESTING - PANNDT. Rio de Janeiro, RJ, 2003.
- [15] FERREIRA, G. C. S.; GONÇALVES, R.; CAMPANHOLI, A. R. **Caracterização mecânica de argamassas de rejunte a partir do ensaio de ultrassom**. In: ANAIS DO X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, Fortaleza, CE, 2013.
- [16] RODRIGUES, M. S.; FERREIRA, G. C. S.; SHIROMA, L.; BERALDO, A. L. Avaliação de blocos de concreto vazados não convencionais por ensaios não destrutivos e destrutivos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 6, p. 392-398, 2013.
- [17] BERALDO, A.; FERREIRA, G. C. S.; MESQUITA, V. H. L. **Porcelain waste as a partial Portland cement replacement**. In: ANNALS OF THE ACCTA – INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN CEMENT AND CONCRETE TECHNOLOGY IN AFRICA, Johannesburg, Africa, 2013.

- [18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52. **Agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente**. Rio de Janeiro, 6p., 2003.
- [19] \_\_\_\_\_. NBR NM 45. **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 8p., 2006.
- [20] \_\_\_\_\_. NBR NM 248. **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 6p., 2003.
- [21] \_\_\_\_\_. NBR 9781. **Peças de concreto para pavimentação- Especificação e método de ensaio**. Rio de Janeiro, 21p., 2013.