

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BLOCOS INTERTRAVADOS COM RESÍDUO DE PNEU RECICLADO

Anaaiara Varela dos Santos

Aluna de Iniciação Científica do Curso de Tecnologia em Construção de Edifícios
aninha.varela@hotmail.com

Edilberto Vitorino de Borja

Professor do Departamento de Construção Civil do CEFET-RN
edilberto@cefetrn.br

RESUMO

Pavimentos intertravados de concreto são peças pré-moldadas que surgiram visando desenvolver a estrutura de estradas e vias urbanas. As peças pré-moldadas de concreto possuem dimensões e qualidades padronizadas, exigindo alto controle no processo de fabricação. No entanto, sua aplicação é de fácil manuseio, não necessitando de mão de obra especializada. O principal objetivo desta pesquisa foi o de estudar a viabilidade da utilização de resíduos de pneus reciclados em blocos para pavimentos intertravados para calçadas. Partindo-se de um traço de referência, fez-se a caracterização dos materiais componentes da mistura (cimento, areia média e pedrisco) para a confecção de corpos-de-prova cilíndricos de 10x20cm. Em seguida, procedeu-se a moldagem de corpos de prova com a substituição do agregado miúdo por adições do resíduo de pneu nas porcentagens de 10%, 20% e 30%, em massa. Investigou-se nas amostras os parâmetros de Massa Específica e Resistência à Compressão. Analisou-se, de forma comparativa, os resultados obtidos nos corpos-de-prova de referência com os confeccionados com pneu. Verificou-se que até o limite de 30% de resíduo de pneu, a mistura apresentou trabalhabilidade e coesão, atingindo uma resistência à compressão de 12MPa. Tal valor pode ser considerado elevado em se tratando de blocos que serão usados apenas em calçadas, onde o tráfego será exclusivo de pedestres.

Palavras-chaves: pavimentos intertravados, reciclagem, resíduos de pneus e concretos pré-moldados.

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE BLOCOS INTERTRAVADOS COM RESÍDUO DE PNEU RECICLADO

1. INTRODUÇÃO

Desde a década de 1980, com a disponibilidade no mercado de equipamentos de grande produtividade e com elevado grau de precisão dimensional, a indústria de pavimentos de peças pré-moldadas de concreto – PPC – vem crescendo em grandes proporções em todo o mundo, inclusive no Brasil. O que era um tipo de material utilizado apenas em áreas que demandavam efeitos arquitetônicos ou paisagísticos, deu lugar a um material único e extremamente versátil para harmonizar qualquer tipo de pavimento, inclusive o industrial e rodoviário, tanto esteticamente quanto estruturalmente, o **pavimento intertravado**.

Outra característica de destaque neste tipo de pavimento é sua manutenção, que ao contrário de outros tipos de pavimento que demandam equipamentos dispendiosos, pode ser realizada com uma pequena equipe e ferramentas manuais.

O pavimento de peças pré-moldadas de concreto (designado por PPC), hoje denominado de pavimento intertravado, é uma nova técnica de pavimentação e é uma opção para o desenvolvimento do setor rodoviário e urbano do país. Pavimentos, como o intertravado, que necessitam de mão de obra não especializada para a confecção de sua estrutura e, principalmente, da sua camada de revestimento, devem começar a ser vistos com outros olhos pelos órgãos públicos, responsáveis pela pavimentação de vias. Além de proporcionarem melhorias estéticas, técnicas e de redução de custos para os transportes, em vias não pavimentadas, geram a utilização intensa de mão de obra local, proporcionando um aumento da receita familiar com a geração de novos empregos.

À medida que este tipo de pavimento deixou de ser uma opção somente arquitetônica e paisagística, foi necessário o desenvolvimento de novos estudos e pesquisas sobre o mesmo, inclusive em relação à utilização de novos materiais que podem ser adicionados durante o processo de preparação das peças pré-moldadas de concreto.

Percebendo a importância deste tipo de pavimento aliada a necessidade de promover um destino nobre ao resíduo de pneu reciclado, que já vem sendo objeto de estudo em outros trabalhos do Núcleo Pesquisa de Construção Civil do CEFET/RN, surgiu a possibilidade de se estudar a utilização desse resíduo em pavimentos intertravados, como uma alternativa para minimizar os impactos ambientais advindos do pneu. A pesquisa está voltada para o uso de blocos de pavimentos intertravados para uso exclusivo em calçadas, cujo tráfego predominante será o de pedestres, uma vez que não se exige grandes valores de resistências mecânicas, porém serão observadas as exigências normativas para as demais propriedades do material. Nesta etapa inicial, moldou-se corpos-de-prova cilíndricos de 10x20cm para todos os traços estudados (com e sem resíduo de pneu) analisando-se comparativamente os resultados de absorção de água, massa específica, porosidade e resistência à compressão. Salienta-se que a pesquisa terá continuidade com a moldagem de blocos em formato usual de utilização, para análise das demais propriedades necessárias para sua completa caracterização e conclusão do estudo.

2. METODOLOGIA

O trabalho foi iniciado com a realização de pesquisas bibliográficas (livros e páginas de internet), sobre os materiais que seriam utilizados: cimento, areia, pedrisco, resíduos de pneu e água, relacionados com pavimentos intertravados.

A realização da pesquisa iniciou-se com a coleta do resíduo de pneu nas indústrias recauchutadoras de pneus na Ribeira-Natal/RN e com a coleta dos demais materiais (cimento, areia e pedrisco) dentro da instituição (CEFET/RN), provenientes de obras de reforma e ou ampliação. Após a coleta dos materiais, foram realizados ensaios para caracterização, tais como: massa unitária, massa específica e granulometria. Tais parâmetros são necessários para cálculos das quantidades dos materiais para confecção dos corpos-de-prova. Não houve variação dos materiais durante todo o desenvolvimento da pesquisa.

Após a definição do traço de referência e com base em pesquisas bibliográficas, optou-se pela substituição parcial da areia pelo resíduo de pneu nas proporções, em massa, de 10%, 20% e 30%.

A tabela 1 ilustra as quantidades dos materiais necessários para moldagem de 9 corpos de prova cilíndricos de 10cm de diâmetro por 20 cm de altura para cada formulação, incluindo o traço de referência e os outros 3 com acréscimos de pneu nas proporções acima citadas.

Tabela 1 – Quantidades dos Materiais, em g.

Designação	% de resíduo	Cimento	Areia	Pedrisco	Pneu	Água
TR	0%	9033	10749	10749	-	4000
T10	10%	9033	9675	10749	1074	4000
T20	20%	9033	8599	10749	2150	4000
T30	30%	9033	7524	10749	3225	4000

Para a mistura dos materiais utilizou-se de uma betoneira com capacidade de 120 litros. Em seguida, os corpos-de-prova de concreto foram moldados em moldes metálicos de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura. Distribuiu-se o concreto no molde em 4 camadas. Cada camada recebeu 30 golpes distribuídos uniformemente ao longo de toda superfície. Após moldagem, foram colocadas placas de vidros nas superfícies dos corpos-de-prova por um período de 24h no intuito de evitar a perda de água durante o processo de cura inicial. Decorrido 24h, as amostras foram completamente submersas em tanques com água até o dia de seu rompimento. Para cada traço, moldaram-se 9 corpos-de-prova (figura 1). As amostras foram ensaiadas com 1 dia, 3 dias, 7 dias e 28 dias de idade; Todos os ensaios de moldagem, processo de cura e rompimento das amostras foram realizados em acordo com as normas brasileiras vigentes pertinentes ao assunto.



Figura 1 – Corpos de prova moldados com traço de referência

3. MATERIAIS

Para todos os blocos confeccionados com todas as formulações utilizou-se do mesmo tipo de cimento Portland CP II – Z 32 RS , da mesma marca; Areia proveniente de lagoa localizada no distrito de Igrejinha, município de Macaíba; Brita de rocha granítica extraídas da região de Monte Alegre, e resíduo de pneu coletados das renovadoras de pneus na cidade de Natal/RN, no bairro da Ribeira. Na tabela 2 ilustram-se os resultados obtidos nos ensaios de massa específica e massa unitária dos materiais usados na pesquisa.

Tabela 2 - Massa unitária e específica dos materiais utilizados.

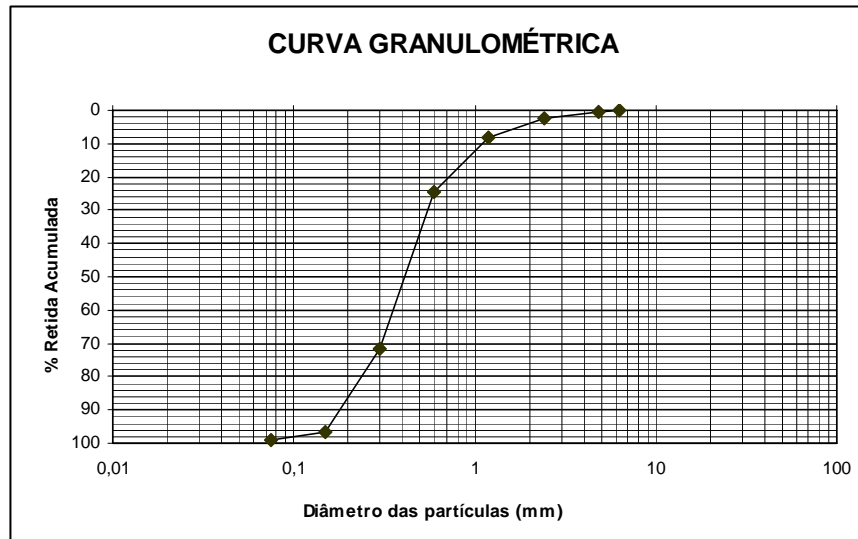
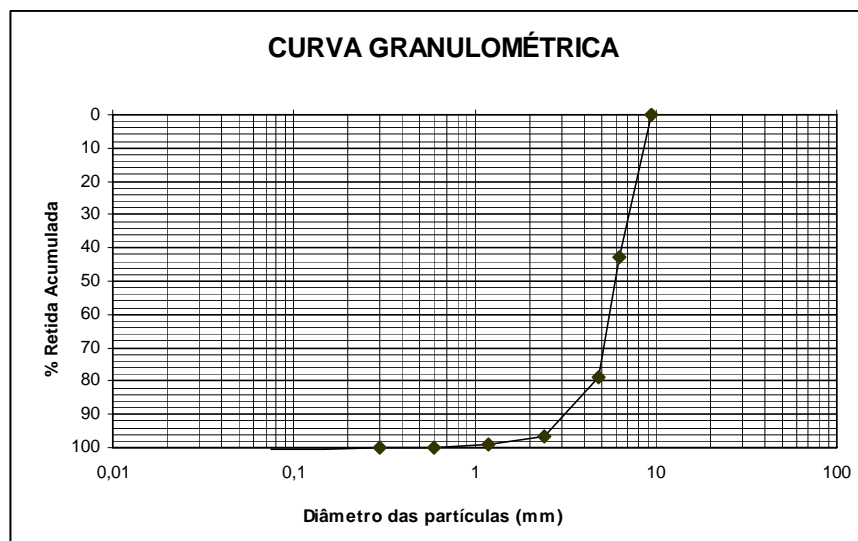
Materiais	Massa Unitária (g/cm³)	Massa específica (g/cm³)
Cimento	1,07	3,05
Areia	1,55	2,60
Pedrisco	1,49	2,66
Resíduo Pneu	0,35	1,19

A moldagem e procedimentos de ensaios se deu em consonância com as normas brasileiras vigentes. Para determinação da massa específica do resíduo de pneu utilizou-se o método do picnômetro com substituição da água pelo querosene. A adoção do querosene deve-se ao fato do mesmo possuir densidade inferior à água (0,8 g/cm³). Os demais procedimentos foram regidos pela norma NBR 9937;

Os ensaios granulométricos feitos com os agregados foram baseados nas normas NBR – 7217. Na tabela 3 apresentam-se os módulos de finura e os diâmetros máximos. Nas figuras 2, 3 e 4 ilustram-se as curvas granulométricas da areia, pedrisco e resíduo de pneu, respectivamente.

Tabela 3 – Parâmetros obtidos no ensaio de granulometria dos agregados.

Materiais	Módulo de Finura	Diâmetro Máximo (mm)
Areia	2,37	2,40
Pedrisco	5,75	9,50
Resíduo Pneu	3,46	4,80

**Figura 2 – Curva granulométrica da areia.****Figura 3 – Curva granulométrica do pedrisco.**

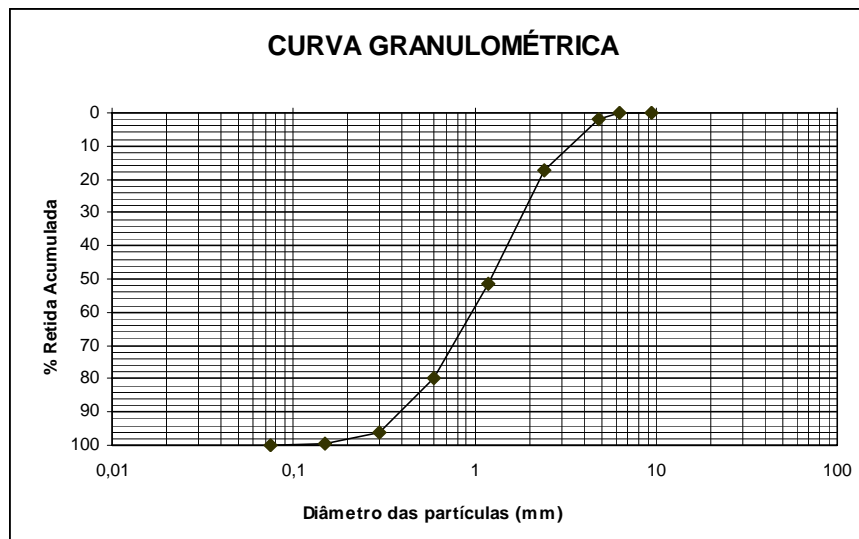


Figura 4 – Curva granulométrica do resíduo de pneu.

4. RESULTADOS

Para cada formulação estudada, moldaram-se 9 (nove) corpos de prova cilíndricos (10cmx20cm), totalizando 36 corpos de prova (CP). Foram determinadas as massas específicas e a resistência à compressão para as idades de 1 dia, 3 dias, 7 dias e 28 dias, com as quantidades de amostras distribuídas da seguinte forma: 2 CP's para serem ensaiados com 1 dia, 2 CP's para 3 dias, 2 CP's para 7 dias e os últimos 3 CP's ensaiados com 28 dias. A sigla CP é usada para designar Corpos de Prova.

Na figura 5 ilustram-se as massas específicas dos CP's com relação as porcentagens de resíduo. Observa-se que a medida que aumentamos o percentual de resíduo na mistura, a massa específica reduz. Fato este já esperado, uma vez que temos substituição de um material mais denso (areia) por outro de densidade bastante inferior (resíduo de pneu). Nota-se também que a partir do terceiro dia após moldagem, a variação da massa específica permanece praticamente constante. Este tipo de comportamento foi uniforme para todas as formulações, inclusive para o de referência, inferindo-se que a presença do resíduo não ocasiona alterações no processo de endurecimento do cimento.

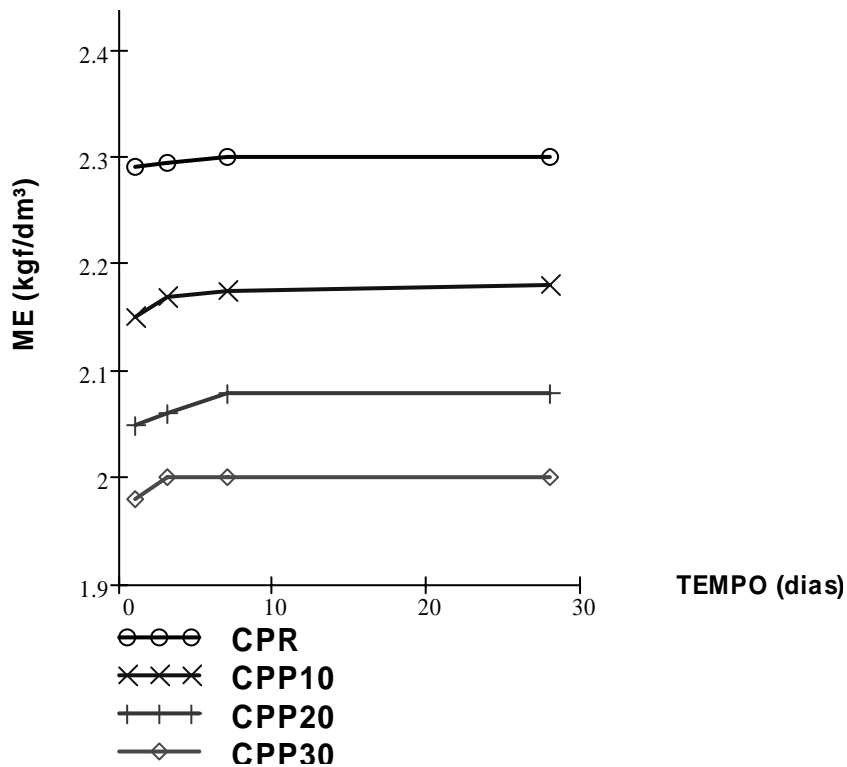


Figura 5 – Massa específica em função do tempo (dias)

Onde:

- CPR – corpos de prova de referência;
- CPP10 – corpos de prova com 10% de resíduo;
- CPP20 – corpos de prova com 20% de resíduo;
- CPP30 – corpos de prova com 30% de resíduo.

Na figura 6 evidenciam-se as resistências à compressão dos CP's com relação as porcentagens de resíduo. Observa-se que a evolução de resistência das amostras para uma mesma formulação obedece a escala de crescimento encontradas nas literaturas técnicas referentes ao assunto. Fato este que se repete para todas as formulações estudadas. Percebe-se ainda, como na massa específica, uma redução de resistência à compressão a medida que aumentamos a quantidade de resíduo.

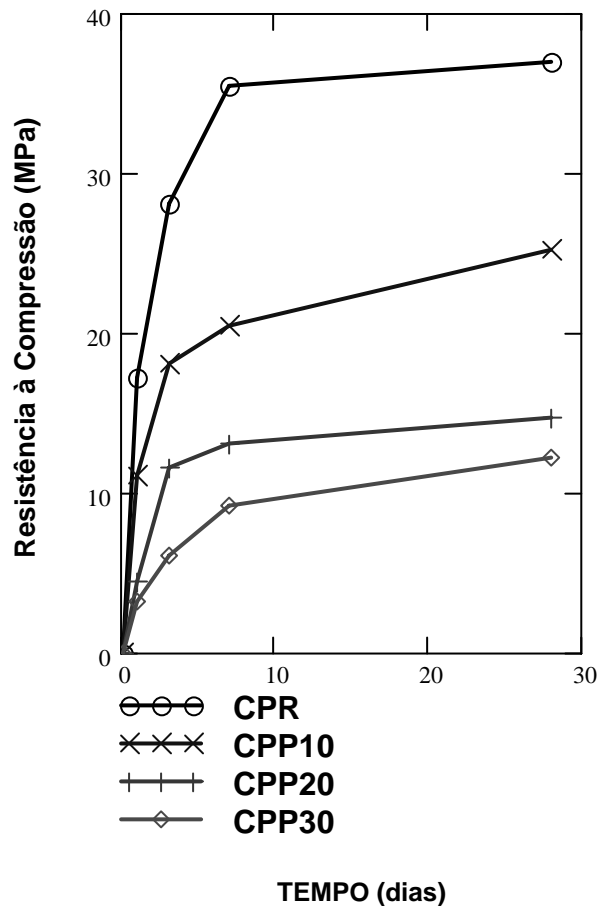


Figura 6 – Resistência à compressão em função do tempo (dias).

5. CONCLUSÕES

Com base na análise dos resultados obtidos verificou-se que:

- A adição do resíduo de pneu na mistura do concreto resultou na diminuição da resistência à compressão dos corpos de prova de concreto. Dado este comprovado pelo gráfico da resistência a compressão apresentado acima, onde se percebe que à medida que a porcentagem de resíduo de pneu era acrescida à mistura, sua resistência apresentava um valor menor ao anterior. No traço feito sem a adição de resíduo de pneu, a resistência atingida foi de 38 MPa. Em significativo contraste com esse valor, a resistência do traço feito com 30% de resíduo de pneu atingiu 12 MPa
- É viável a utilização de blocos de concreto para pavimentos intertravados com a adição de resíduo de pneus com resistência de 12 Mpa. Porém, essa resistência ainda pode ser considerada elevada visto que, no que diz respeito a blocos de concreto que serão utilizados em calçadas, o tráfego será destinado apenas aos pedestres, sendo desnecessária uma resistência alta.
- O acréscimo do resíduo de pneu tornou o concreto, no seu estado fresco, mais elástico, resultando na diminuição de sua plasticidade.
- A quantidade de resíduos adicionados à mistura de concreto influenciou na sua massa específica, deixando-o mais leve.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9780 - Peças de concreto para pavimentação – determinação da resistência á compressão – método de ensaio – 1987.**
_____. **NBR 9781 - Peça de concreto para pavimentação – especificação – 1987**
_____. **NBR 7211 - Agregado para concreto – especificação – 2005**
_____. **NBR 5736/5737. Cimento portland pozolanico – especificação – 1991**
_____. **NBR 7251. Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária – 1982.**
.

AGRADECIMENTOS

- Ao Departamento de Pesquisas do CEFET-RN;
- Ao Departamento Acadêmico de Construção Civil;
- Aos integrantes do Núcleo de Pesquisas;
- Votorantin - Cimentos Poty.