

# AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO EM CONCRETO COMPACTADO A ROLO

**Elouise R. Muller**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil Universidade de Passo Fundo  
elo.rmuller@hotmail.com

**Alessandro F. Della Vecchia**

Professor Curso Técnico em Edificações – Instituto Federal Sul-Rio-grandense  
aledvecchia@hotmail.com

**Francisco Dalla Rosa**

Professor/Pesquisador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental  
Universidade de Passo Fundo  
dallarosa@upf.br

**Resumo.** *Esta pesquisa tem o intuito de avaliar o comportamento do concreto compactado a rolo com a adição de fibras de polipropileno, propondo assim, melhorias a este concreto. Foi utilizado como agregado pétreo a rocha basáltica oriunda da região de Passo Fundo e como aglomerante, utilizou-se o cimento CPV ARI. A partir da definição de uma curva granulométrica de projeto, foram estabelecidas misturas contendo diferentes consumos de cimento, porcentagens e comprimentos de fibras. Estas misturas foram submetidas a ensaios de compactação, para verificar a umidade ótima e a compactação máxima. Posteriormente foram realizados ensaios de resistência à compressão simples e determinação da resistência a tração a partir de ensaios de compressão diametral. Por se tratar de uma grande quantidade de resultados, neste artigo serão discutidos os efeitos das variáveis acima apresentadas na resistência a compressão e tração.*

**Palavras-chave:** *Concreto compactado. Pavimentação. Fibras.*

## 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia do concreto compactado a rolo com aplicação em pavimentos iniciou-se na década de 20, como principal emprego,

eram utilizados como base de pavimentos e pistas aeroportuárias.

Devido a grande demanda por infraestrutura de pavimentos o CCR tornou-se uma técnica economicamente atrativa, pois traz a proposta de redução do consumo de cimento, tempo de execução, mão de obra por unidade de volume e conseqüentemente os custos. Porém, se for utilizado como base e revestimento deve apresentar a propriedade de suportar o carregamento repetitivo do pavimento sem fissurar, por isso são utilizadas adições de fibras de diferentes tamanhos para que diminua a retração hidráulica evitando o fissuramento.

Neste artigo serão estudados os parâmetros para análise de compressão simples e compressão diametral, assim como, uma avaliação do melhor desempenho da fibra adicionada ao concreto.

## 2. MATERIAIS

### 2.1 Agregados

Os agregados utilizados foram pedra brita 1, pedra brita 2, areia de britagem e areião natural. São de origem de uma jazida de rocha basáltica da região Norte do estado do Rio Grande do Sul, localizada na cidade de Passo Fundo. Os agregados foram submetidos a ensaios de granulometria apresentando suas curvas na “Fig. 1”, de

abrasão Los Angeles, massa específica e sanidade, resultando nos valores das “Tabelas 1 e 2” respectivamente. Os parâmetros mencionados foram analisados para que se possa verificar sua aceitação posteriormente.

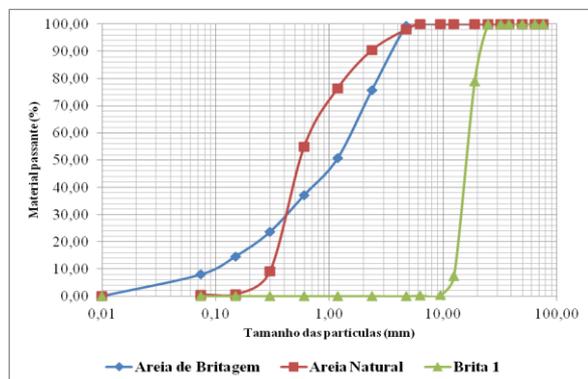


Figura 1: Curva granulométrica dos agregados.

Tabela 1: Massa específica dos agregados.

| Massa específica real (g/cm <sup>3</sup> ) |          |
|--|----------|
| Areia Natural                              | 2,613244 |
| Areia de Britagem                          | 2,581759 |
| Brita 1                                    | 2,643246 |

Tabela 2: Absorção de água.

| Absorção (%) |          |
|--------------|----------|
| Brita 1      | 2,366565 |

Tabela 3: Determinação da abrasão “Los Angeles”.

| Abrasão “Los Angeles” |       |
|-----------------------|-------|
| (%)                   | 17,19 |

## 2.2 Aglomerantes

O aglomerante utilizado foi o cimento CP V ARI, devido o ganho de altas resistências já nos primeiros dias. De grande relevância para a pavimentação de rodovias vista a liberação de seu tráfego.

## 2.3 Fibras

As fibras utilizadas foram fibras de polipropileno indicada para o reforço de concretos e argamassas para controlar a fissuração por retração. Os comprimentos das fibras são de 6 mm e 24 mm fornecidas

pela Empresa Macaferri América Latina. As fibras utilizadas nas misturas foram desfiadas em laboratório com o intuito de evitar grumos no concreto. As propriedades das fibras descritas pelo fornecedor seguem nas “Tabelas 3 e 4”.

Tabela 3: Propriedades da fibra 6mm.

| <i>FibroMac® 6</i>                   |      |
|--------------------------------------|------|
| <b>Propriedades Físicas</b>          |      |
| Diâmetro (µm)                        | 18   |
| Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,91 |
| Comprimento (mm)                     | 6    |
| <b>Propriedades Mecânicas</b>        |      |
| Resistência à tração (MPa)           | 300  |
| Módulo de Young (MPa)                | 3000 |

Tabela 4: Propriedades da fibra 24mm.

| <i>FibroMac® 24</i>                  |      |
|--------------------------------------|------|
| <b>Propriedades Físicas</b>          |      |
| Diâmetro (µm)                        | 18   |
| Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> ) | 0,91 |
| Comprimento (mm)                     | 24   |
| <b>Propriedades Mecânicas</b>        |      |
| Resistência à tração (MPa)           | 300  |
| Módulo de Young (MPa)                | 3000 |



Figura 3: Fibra Mac 6 mm.

## 2. MÉTODOS E RESULTADOS

O concreto compactado a rolo possui elevada porosidade, devido a quantidade insuficiente de argamassa para o completo envolvimento dos agregados como ocorre nos concretos plásticos. Como fator para a diminuição da porosidade e aumento na quantidade de contato entre os grãos e a pasta de cimento, a busca por uma distribuição granulométrica bem graduada deve ser parte da composição do CCR.

Assim, para as misturas foram feitos ajustes nas curvas dos agregados para que se enquadrassem nos limites propostos por Ragan e Pittman (1998 *apud* Pinto, 2010) para concreto compactado a rolo. Este enquadramento juntamente com a porcentagem das materiais é apresentado na “Fig. 3” e “Tabela 5”.

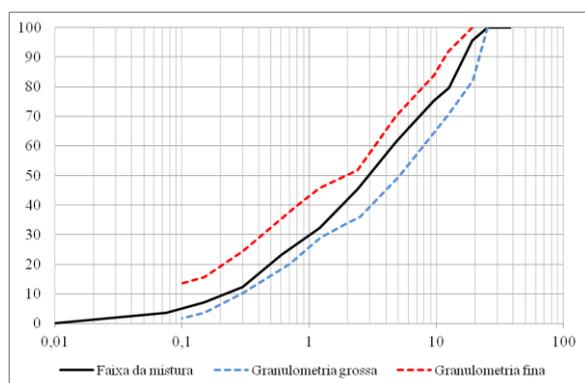


Figura 3: Curva da mistura ideal.

Tabela 5: Mistura ideal dos agregados.

|                |       |
|----------------|-------|
| Areia Natural  | 10,0% |
| Areia Britagem | 46,0% |
| Brita ¾        | 22,0% |
| Brita ¼        | 22,0% |

Posteriormente foram definidos os teores a serem utilizados de fibra 0,25% e 0,50%, em relação ao peso seco do agregado, e os consumos de cimento CP V ARI 80 kg/m<sup>3</sup> e 200 kg/m<sup>3</sup>, além dos comprimentos da fibra de 6 mm e 24 mm. Com isso, foram montadas as misturas e submetidas ao ensaio de compactação Proctor para determinação da umidade e da densidade da mistura dos materiais com a adição de fibra, o ensaio foi realizado em dois níveis de compactação normal e modificado.

Os ensaios de Proctor obtiveram como resultado as curvas de compactação, exemplificadas na “Fig. 4” para fibras de comprimento 6mm e energia de compactação normal e a “Fig. 5” para o mesmo comprimento, mas com energia normal.

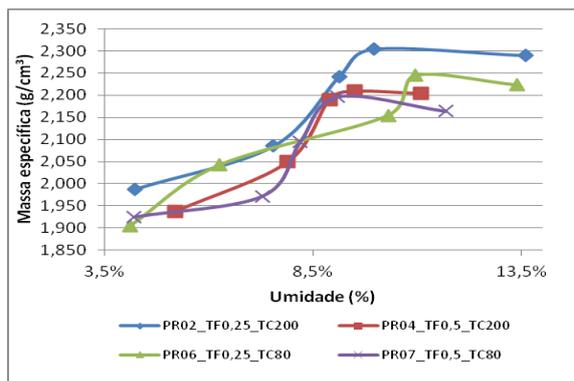


Figura 4: Proctor Normal, fibra 6mm. Nomenclatura: Proctor 02 (PR02), teor de fibra de 0,25% (TF0,25) e teor de cimento de 200kg/m<sup>3</sup> (TC200).

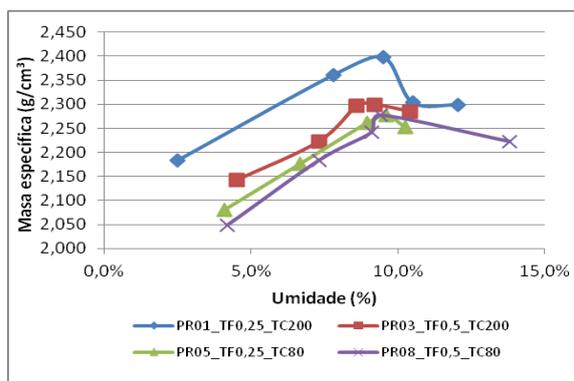


Figura 5: Proctor Modificado, fibra 6mm de comprimento.

Verificando os resultados dos gráficos acima percebe-se um aumento da densidade quando utilizadas fibras de 6mm e ensaiadas com energia modificada comparando com a energia normal de compactação. Para uma compactação modificada observa-se que com o maior teor de cimento de 200 kg/m<sup>3</sup> aumenta a densidade e para a energia normal de compactação a variante que mais influência no aumento da densidade é o teor de fibras.

Também para os ensaios realizados com as fibras de 24mm, nota-se resultados muito semelhantes para as duas energias de compactação com teor de cimento de 200kg/m<sup>3</sup>. Já para o teor de cimento de 80kg/m<sup>3</sup>, a densidade diminuiu quando utilizado maior teor de fibras com 0,5%. Em relação ao consumo de água, nota-se um aumento da umidade ótima quando se utiliza maior teor de fibras.

Após definida a umidade ótima da mistura foram feitos os ensaios de compressão simples e compressão diametral. Para o qual, foram realizadas 32 betonadas e moldados 8 corpos de prova para cada betonada, em 4 deles realizou-se ensaio de compressão axial e nos outros 4 compressão diametral. Todas as betonadas tinham mesma quantidade de agregado, variando na quantidade de água, cimento, teor de fibra, comprimento de fibra e quantidade de fibra. A compactação foi realizada em 4 camadas de igual altura sendo que as mesmas foram monitoradas com parâmetro de compactação. Os corpos de prova antes do rompimento foram submersos em água com cal, para serem avaliados em sua pior condição.

A partir dos ensaios e variáveis levantadas com os resultados obtidos foi possível construir gráficos de efeito comparativo. Os gráficos demonstram a influência do comprimento da fibra, teor da mesma, consumo de cimento e energia de compactação para compressão axial, “Fig. 7” e compressão diametral, “Fig. 8”.

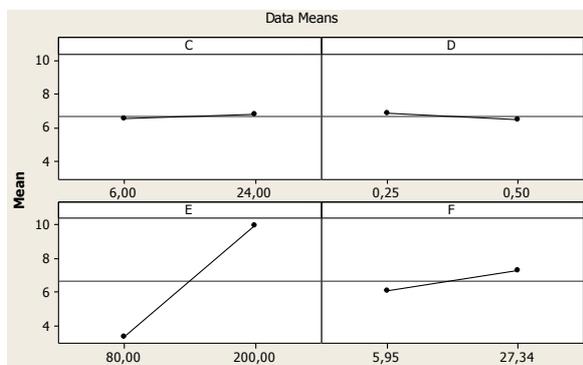


Figura 6: Efeitos principais para os ensaios de compressão axial, C: Comprimento da fibra, D: Teor de fibra, E: Consumo de cimento e F: Energia de compactação;

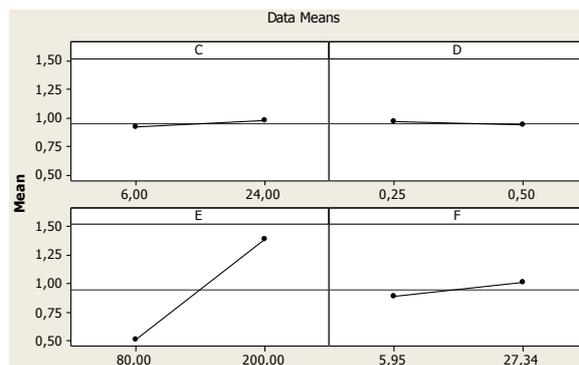


Figura 7: Efeitos principais para os ensaios de compressão diametral, C: Comprimento da fibra, D: Teor de fibra, E: Consumo de cimento e F: Energia de compactação;

Com esta análise podemos observar uma maior influência do consumo de cimento em relação aos outros efeitos, tanto para resistência a compressão simples com para compressão diametral.

## CONCLUSÕES PARCIAIS

Conforme os resultados apresentados para a determinação da densidade e umidades ótimas, concluiu-se que para ambos os comprimentos de fibra a energia de compactação modificada aumenta a massa específica, mais significativamente para comprimentos de 6mm de fibra.

Para compressão simples e diametral verifica-se que a energia de compactação é mais relevante para compressão axial, na qual as resistências aumentam, comparada com a compressão diametral.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao apoio financeiro concedido pela UPF e CNPQ.

## REFERÊNCIAS

PINTO, Paulo, C.; **Investigação de parâmetros do CCR com incorporação de escória granulada de alto forno para utilização como base de pavimentos.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia) – POLI-USP, São Paulo. 2010. 178p.