

## ESTUDO DA ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE PNEU E ARGILA EXPANDIDA EM CONCRETOS LEVES PARA USO EM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS

### Estudo do concreto leve com argila expandida e resíduo de borracha de pneu

Jhonattan Leite Cordovil

jhonattanb13@gmail.com

**Resumo:** O objetivo deste trabalho é avaliar a aplicabilidade do concreto leve com argila expandida e a adição de resíduos de borracha de pneu para a produção de peças pré-moldadas. Foram desenvolvidas quatro misturas de concreto leve para análise experimental com variação de 0% (matriz), 5%, 10% e 15% do resíduo de borracha de pneu em substituição parcial ao agregado miúdo. As matérias-primas (cimento, areia, argila expandida, resíduo de borracha de pneu e a sílica ativa) foram caracterizados através de ensaios e normas específicas. Os concretos leves em seu estado endurecido foram avaliados através de ensaios físicos: absorção de água e massa específica, e ensaio mecânico de resistência à compressão axial. A partir da substituição parcial do agregado miúdo, as misturas obtiveram redução na massa específica, aumento nos valores de absorção de água e decréscimo nos valores de resistência, todavia todos os traços estudados, apresentaram resistência mínima de 20 MPa, o que os classificam como concretos leves estruturais.

**Palavras-Chave:** Massa específica, resistência, construção.

### INTRODUÇÃO

Por meio dos avanços tecnológicos, incorporação de novas técnicas e equipamentos ocorreu o desenvolvimento e melhoria do concreto dito convencional (ROSSIGNOLO, 2009). Um desses avanços tecnológicos foi o surgimento do concreto com agregados leves. É amplamente utilizado na construção civil por beneficiar a diminuição da massa específica, abaixo de 2000 kg/m<sup>3</sup> e consequentemente a redução dos esforços na

estrutura da edificação, economia de fôrmas e cimbramento (ROSSIGNOLO, 2009).

O concreto leve é definido como o material que atinge a resistência à compressão mínima de 17 MPa aos 28 dias (ACI 213R/2003). O uso do concreto leve acarreta numa maior produtividade, pelo fato de possuir menor peso próprio em relação aos concretos convencionais, que por consequência facilita o seu transporte durante a etapa de execução na obra, reduzindo o custo final da construção (BORJA, 2011).

Outro material que vem sendo usado como agregado para concreto é o resíduo de borracha de pneus inservíveis. De acordo com ANIP (2018), 100 milhões de pneus usados são dispostos em aterros, terrenos baldios, rios e lagos. Porém, outros milhões de pneus novos são fabricados a cada ano no País. Tendo como matéria-prima a borracha vulcanizada, este material não se degrada facilmente e, quando queimada a céu aberto, contamina o meio ambiente.

A preocupação do descarte inadequado de pneus no meio ambiente, surgiu a possibilidade do seu uso em argamassas e concretos, em substituição parcial ou total ao agregado miúdo (TRIGO, 2008).

As matérias-primas dessa pesquisa foram caracterizadas por meio de ensaios físicos: o aglomerante - cimento (módulo de finura, consistência normal, tempo de pega, massa específica, resistência e expansibilidade), os agregados - areia, argila expandida e o resíduo da borracha de pneu (análise granulométrica, massa específica e massa unitária). A sílica ativa da marca FERBASA, foi caracterizada através do ensaio de massa específica. Também foi empregado o superplastificante MC-Techniflow 520. Foram produzidos corpos de prova cilíndricos (100x200) mm para

concretos submetidos a ensaios de resistência mecânica (compressão axial) e ensaios físicos (massa específica e absorção de água) todos após cura aos 28 dias.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização dos Materiais**

O cimento utilizado nesse trabalho foi o do tipo CPV-ARI (Cimento Portland de alta resistência inicial). Esse foi caracterizado pelos ensaios de módulo de finura por meio da NBR 11579 (ABNT, 2013), consistência normal NBR 16606 (ABNT, 2018), tempo de pega NBR 16607 (ABNT, 2018), massa específica NBR 16605 (ABNT, 2017), expansibilidade NBR 11582 (ABNT, 2016) e resistência do cimento NBR 7215 (ABNT, 2019).

O agregado miúdo foi caracterizado por meio dos ensaios de análise granulométrica NBR NM 248 (ABNT, 2003), massa específica NBR 9776 (ABNT, 1988) e massa unitária NBR NM 45 (ABNT, 2006).

O resíduo de borracha de pneu foi coletado na empresa Sergitary Industrial que realiza o processo de recauchutagem de pneus, na cidade de Nossa Senhora do Socorro/SE. Após secagem, o resíduo de borracha passou por peneiramento manual, e somente o que ficou retido na peneira de abertura 1,18 mm foi utilizado no trabalho e caracterizado através dos ensaios de análise granulométrica (NBR NM 248/2003), massa unitária (NBR NM 45/2006) e massa específica (NBR 9776/1988).

A sílica ativa foi caracterizada por meio do ensaio de massa específica NBR 16605 (ABNT, 2017), a porcentagem utilizada foi 10% em relação ao peso do cimento.

As argilas expandidas foram doadas pela empresa CINEXPAN, localizada em São Paulo. Foram adquiridas argilas expandidas com dois diâmetros diferentes (C0500 e C1506). Sendo submetidas aos ensaios de análise granulométrica segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2003) e ao ensaio de massa unitária de acordo com a NBR NM 45 (ABNT, 2006).

### **Método de Dosagem**

A metodologia utilizada para cálculo da dosagem foi através de uma adaptação do método da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). Foram estabelecidas 4 (quatro) formulações, a referência (mistura 1): cimento, areia, 60% (argila expandida C0500), 40% (argila expandida C1506), água e superplastificante, o que diferiu nas misturas 2, 3 e 4 foi o uso da sílica ativa e as adições respectivas de 5%, 10% e 15% de resíduo de borracha de pneu em substituição parcial a areia.

As argilas expandidas foram saturadas em água por 24 horas antes da concretagem, pois de acordo com Rossignolo (2003), agregados leves com índice de absorção maiores que 10%, é recomendado a saturação prévia antes da mistura, pois haverá dificuldade em manter a trabalhabilidade adequada do concreto durante o lançamento.

Para a produção dos corpos de prova tanto para o concreto referência quanto para o concreto com as porcentagens do resíduo de borracha de pneu, foram moldados 6 corpos de prova para ensaio de resistência à compressão axial e 6 corpos de prova para o ensaio de absorção de água por imersão e massa específica, para 28 dias.

Segundo a NBR 5738 (ABNT, 2015), após a moldagem dos corpos de prova, esses foram protegidos das intempéries durante 24 horas para a cura inicial. Passada às 24 horas de cura inicial, os corpos de prova foram desmoldados, identificados e colocados em um tanque com água, onde ficaram pelo período de 28 dias, até o dia de realização dos ensaios.

### **Ensaio do Concreto no Estado Endurecido**

#### **a) Absorção de água por imersão e massa específica**

O ensaio de absorção de água e massa específica foram de acordo com as

recomendações da NBR 9778 (ABNT, 2005) após um período de 28 dias decura.

### b) Resistência à Compressão Axial

A resistência à compressão axial foi determinada seguindo as prescrições da NBR 5739 (ABNT, 2018). Antes de realizar o rompimento do corpo de prova, o mesmo teve que passar por uma retífica STUHLERT – Modelo ST110/2011, realizado na Polimix Concreto Ltda, devido a sua superfície apresentar irregularidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) Ensaios Físicos:

#### a.1.) Cimento:

A Tabela 1 apresenta os ensaios de caracterização do cimento, bem como seus resultados e as normas prescritas para cada ensaio.

Tabela 1 - Propriedades físicas do cimento CP V – ARI.

Características	Resultados	Norma
Índice de Finura (%)	0,08	NBR 11579/2013
Início de pega	2h20 min	NBR 16607/2018
Fim de pega	4h10 min	NBR 16607/2018
Expansibilidade a frio (mm)	1,52	NBR 11582/1991
Expansibilidade a quente (mm)	1,02	NBR 11582/1991
Resistência do cimento (MPa)	34,25	NBR 7215/2019

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com os dados apresentados acima o cimento CP V – ARI, utilizado na pesquisa, está de acordo com os parâmetros da NBR 16697 (ABNT, 2018).

#### a.2.) Análise Granulométrica:

A Tabela 2 apresenta o D<sub>máx</sub> e o módulo finura dos agregados, bem como as normas prescritas para cada ensaio.

Tabela 2 - D<sub>máx</sub> e módulo de finura dos agregados

Material	D. máx (mm)	Módulo finura	Normas
Areia	2,36	1,79	NBR 7211/2005
Borracha filamento	4,76	3,87	NBR NM 248/2003
Argila expandida C0500	4,75	3,58	NBR NM 248/2003 NM 35/1995
Argila expandida C1506	19,00	6,60	NBR NM 248/2003 NM 35/1995

Fonte: Autoria própria (2020)

### a.3.) Massa Unitária e Massa Específica.

Tabela 3 apresenta a massa unitária e massa específica de todos os materiais utilizados.

Tabela 3 - Resultados de massa unitária compactada, solta e massa específica

Matéria Prima	Massa Unitária Compactada (g/cm <sup>3</sup> )	Massa Unitária solta (g/cm <sup>3</sup> )	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )
Areia	1,63±0,01	1,60±0,016	2,63±0,0
Cimento	-	-	3,00±0,0
Sílica	-	-	2,61±0,0
Resíduo De borracha	0,34±0,007	0,31±0,006	1,18±0,014
Arg exp. C0500	0,91±0,018	0,82±0,003	2,60±0,0017
Arg exp. C1506	0,52±0,007	0,53±0,003	2,56±0,0035
Arg exp. 60-40	0,78±0,04	-	-

Fonte: Autoria própria (2019)

### b) Ensaios do Concreto no Estado Endurecido

#### Absorção de água e Massa Específica

A Tabela 4 ilustra os resultados de absorção de água por imersão e massa específica.

**Tabela 4** - Absorção de água por imersão e massa específica dos concretos leves

Concretos	Absorção de água por imersão (%)	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )
Concreto referência	5,81±0,50	1677±18,3
Concreto com 5% de resíduo de pneu	8,09±1,48	1566±0,06
Concreto com 10% de resíduo de pneu	7,26±0,84	1585±0,03
Concreto com 15% de resíduo de pneu	8,53±0,21	1525±0,02

Fonte: Autoria própria(2019)

### Resistência à compressão axial

A Tabela 5 ilustra os resultados do ensaio de resistência à compressão axial.

**Tabela 5** – Resistência à compressão axial dos concretos leves aos 28 dias de cura.

Concreto	Resistência (MPa)
Referência	32±1,9
5% de resíduo de borracha de pneu	27,1±4,2
10% de resíduo de borracha de pneu	25,8±1,7
15% de resíduo de borracha de pneu	22,8±2,9

Fonte: Autoria própria (2019)

### CONCLUSÕES

A partir das substituições de 5, 10 e 15% de agregado miúdo natural pelo resíduo de borracha de pneu, as misturas obtiveram redução de 6,6, 5,5 e 9,1% na massa específica, aumento de 24, 25 e 46,82% nos valores de absorção de água e um decréscimo nos valores de resistência de 15, 19 e 29%, em relação ao concreto leve referência, contudo todas as misturas alcançaram a resistência mínima de 20 MPa, como consequência todos os traços

estudados nesta pesquisa são classificados como concretos estruturais.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45: Agregados: Determinação da massa unitária e do volume de vazios**, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados: Determinação da composição granulométrica**, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - procedimento para moldagem e cura dos corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9776: Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman – método de ensaio**. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579: Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº 200)**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11582: Cimento Portland - Determinação da expansibilidade de Le Chatelier**. Rio de Janeiro, 1991.

ANIP - **Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos**. São Paulo, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606: Cimento Portland**

— **Determinação da pasta de consistência normal.** Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607: Cimento Portland — Determinação Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega.** Rio de Janeiro. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica.** Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** Rio de Janeiro. 2009.

BORJA, E.V. **Efeito da adição da argila expandida e adições minerais na formulação de concretos estruturais leves autoadensáveis.** Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto leve estrutural: produção, propriedades, microestrutura e aplicações.** Pini, São Paulo, 2009.

TRIGO, A. P. M. **Estudo de lajes com adição de resíduo de pneu.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Ilha Solteira, 2008.