

## **Verificação do comportamento mecânico do concreto com a substituição parcial da fibra provinda da recapagem do pneu**

### ***Checking the mechanical behavior of concrete with the partial replacement of the fiber derived from recycled tyres***

**Giovanni dos Santos Batista, Graduado em Engenharia Civil, UNIJUÍ, Mestrando em Engenharia e Tecnologia dos Materiais, PUCRS.**

giovannisantosbatista@hotmail.com

**Júlia Regina Magni, Graduada em Engenharia Civil, UNIJUÍ.**

juliar.magni@gmail.com

**Lucas Fernando Krug, Mestre em Engenharia Civil, UNIJUÍ.**

lucas.krug@unijui.edu.br

#### **Resumo**

A preocupação mundial está voltada para sustentabilidade, e a construção civil é uma área que tem grande participação no consumo de recursos naturais e acabam prejudicando a natureza. Diante disso o trabalho tem como objetivo utilizar a fibra de pneu na produção de um concreto sustentável, substituindo em 5, 10, 15 e 20% do volume de areia pela fibra de pneu. Foi verificada a resistência à compressão simples nas idades de 28 e 56 dias e absorção por capilaridade na idade de 28 dias. Assim verificou-se a maior resistência do concreto referência e, quanto maior o teor de fibra adicionado, menor foi a resistência a compressão. Quanto à tração, o melhor resultado foi encontrado no teor de 15% e para absorção por capilaridade, quem obteve a menor absorção foi o teor de 20%, concluindo que quanto maior a quantidade de fibra substituída menor a absorção.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade; Reaproveitamento; Engenharia Civil

#### ***Abstract***

*The world concern is focused on sustainability, and civil construction is an area which has great participation in the consumption of natural resources and end up harming the nature. In addition the work has as objective to use the fiber of tire on the sustainable production of a concrete, replacing in 5, 10, 15 and 20% of the volume of sand through the fiber of tire. It was checked the resistance to compression of the ages of 28 and 56 days and absorption by capillarity at the age of*

*28 days. So there is a greater resistance of concrete reference and the higher the fiber content added, the lower the resistance to compression. How to traction, the best result was found in 15% and for absorption by capillarity, who had the lowest absorption was the content of 20%, concluding that the greater the amount of fiber replaced lower absorption.*

**Keywords:** Sustainability; Reuse; Civil Engineering

## **1. Introdução**

O termo ‘desenvolvimento sustentável’ se tornou conhecido por diversos setores da economia, e a sociedade está cada vez mais consciente sobre a importância da preservação ambiental, pois a população, ao sentir os impactos das atividades sobre o meio ambiente, tem aceitado com mais facilidade a necessidade de mudança no modelo de desenvolvimento atual (LIRA; CÂNDIDO, 2013). Silva Júnior (2014) comenta que existe uma preocupação em encontrar alternativas para a utilização de materiais tradicionais, dessa forma espera-se uma utilização racional de recursos naturais e o aproveitamento de resíduos que são descartados inadequadamente, se tornando um passivo ambiental.

Selung (2012) comenta que o Brasil possui grandes reservas minerais e algumas são as maiores do mundo, diante disso os recursos não renováveis são os mais utilizados do meio ambiente e acabam não sendo repostos, esgotando a cada extração realizada. Um dos maiores consumidores de matérias primas naturais é o setor da construção civil. Estima-se que esse setor consuma cerca de 20 a 50% do total de recursos naturais (FREITAS, 2007). Já França (2004) afirma que a construção civil consome 30% dos recursos naturais extraídos e este percentual representa cerca de 220 milhões de toneladas de agregados naturais por ano.

A construção civil é uma área que vem aderindo diversas formas de reciclagens nos seus diferentes métodos e dessa forma se torna possível a diminuição da utilização de recursos naturais (SANTOS; BORJA, 2005; JOHN, 2000). Os autores ainda comentam que a reciclagem de resíduos industriais se consolidaram como materiais para aplicações específicas, alguns exemplos já utilizados são a escória de alto forno, a cinza de casca de arroz e a sílica ativa, que se tornaram aglomerantes na produção de concreto de alto desempenho.

Pierce e Blackwell (2002) apresentam que os resíduos da construção e demolição (RCD), os resíduos da indústria de mármore e granito e as fibras de borracha de pneu estão sendo utilizados para a fabricação de argamassas e concretos. Além destes, diferentes tipos de resíduos podem ser utilizados na indústria da construção civil, mas devem respeitar alguns critérios, como a quantidade de material, processamento e o transporte. Também o resíduo não pode ser nocivo durante a construção ou depois, quando este é incorporado a estrutura (JOHN, 2003).

Segundo Segre (1999), os resíduos que já foram incorporados no concreto apresentaram eficiência. Algumas características citadas pelo autor são: melhora na resistência, coloração do concreto, redução do calor de hidratação, menor índice de fissuras, maior resistência ao impacto e redução de custos.

## **2. Concreto com Incorporação de Pneu**

O concreto é o material mais utilizado na construção, formado pela mistura de cimento Portland, areia, brita e água. Nos Estados Unidos, em 2005, cerca de 63 milhões de toneladas de cimento Portland foram utilizados para produção de 500 milhões de toneladas

de concreto. Estima-se que no mesmo ano, o consumo mundial de concreto foi de três bilhões de toneladas, sendo uma tonelada para cada ser humano vivo. Com exceção da água, não há material mais consumido pelo homem nessas quantidades (MEHTA; MONTEIRO, 2006).

Segre (1999) diz que a questão da adição de resíduos no concreto é bastante estudada pelo setor da construção civil e alguns exemplos são: carpetes, garrafas PET, resíduos de serragem, mármore e granito, cinza de bagaço de cana de açúcar, cinza de casca de arroz e resíduos de pneu. Santos e Borja (2005, p.1) explicam sobre o resíduo: “Um dos principais desafios ambientais enfrentados ao redor do mundo é a disposição de pneus inservíveis em terrenos baldios, rios e lagoas, formando um grande passivo ambiental.”

Além de demorar anos para se decompor na natureza, de acordo com Santos (2005), o pneu é um dos resíduos de maior consumo no mundo. No momento em que ficam inservíveis, acabam sendo depositados em aterros, levando mais de 500 para sua decomposição, tornando-se um problema de engenharia (SANTOS, 2005).

Alves e Cruz (2007) dizem que, como a química do pneu é avançadíssima e o mesmo demora cerca de 600 anos até se decompor na natureza, as propriedades que o fazem ser tão durável são transferidas para o concreto, tornando-o mais resistente às intempéries, ao envelhecimento e também mais elástico.

Segundo Garrick (2005), a incorporação das fibras de borracha ao concreto vem sendo estudada cada vez mais com o desejo de aumentar a resistência à tração do mesmo, pois os resíduos de pneu têm como propriedade principal a alta tenacidade.

Para Santos (2005), mesmo que o concreto seja o material mais utilizado na construção civil, ele nem sempre possui uma baixa massa unitária, alta resistência, ductilidade e resistência ao impacto. Por isso, a proposta de agregar borracha ao concreto vem com o objetivo de melhorar algumas das propriedades citadas (SANTOS, 2005).

Então como objetivo principal dessa pesquisa é analisar o comportamento do concreto com a substituição parcial em volume do agregado miúdo por fibra provinda da recapagem do pneu, utilizando o método de dosagem Associação Brasileira de Cimento Portland, comparando os resultados com o traço referência. Os teores substituídos serão de 5, 10, 15 e 20%. Será avaliado o comportamento do concreto a partir dos ensaios de massa específica, resistência à compressão simples, resistência à tração por compressão diametral e absorção por capilaridade.

### **3. Materiais e Métodos**

Os materiais utilizados na pesquisa foram:

- Aglomerante: o cimento utilizado foi o CP II-Z-32, por ser o mais utilizado na construção civil;
- Agregado miúdo: a areia natural utilizada foi fornecida pelo Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ e passou pelo processo de secagem na estufa e resfriamento para realizar a caracterizada e após utiliza-la. Já a fibra de pneu (figura 01) é proveniente

da recapagem do pneu e foi utilizada na forma de vêm da recapadora, de forma heterogênea, com granulometria variada;



**Figura 1: Fibra de pneu. Fonte: elaborado pelos autores.**

- Agregado graúdo: a brita 0 (zero) utilizada foi fornecida pelo Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ e passou pelo mesmo processo que o agregado miúdo. A opção pela utilização da brita 0 deu-se pelo fato de possuir menor diâmetro máximo do agregado que a brita 1, facilitando a ligação dos agregados pela fibra da borracha de pneu.
- Água: utilizou-se água potável do Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

Foram realizados ensaios em laboratório para determinação da massa específica de cada material utilizado e estão apresentados no quadro 1.

Material	Norma	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
Cimento	ABNT NBR NM 23/2000	3,209
Brita 0	ABNT NBR NM 53/2009	2,88
Areia	ABNT NBR 9976/1987	2,574
Resíduo de pneu	ABNT NBR 23/2000	1,19

**Quadro 1: Massa específica. Fonte: elaborado pelos autores.**

A partir dos resultados encontrados de massa específica foi possível realizar a dosagem pelo método da ABCP, com resistência de 25 MPa aos 28 dias e abatimento de 100 ± 10 mm. O traço é apresentado no quadro 2.

Material	REFERÊNCIA	5%	10%	15%	20%
Cimento	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Areia	1,470	1,396	1,323	1,249	1,176
Pneu	0,000	0,020	0,039	0,059	0,078
Brita	2,292	2,292	2,292	2,292	2,292
Fator a/c	0,501	0,501	0,501	0,501	0,501

**Quadro 2: Dosagem pelo método ABCP. Fonte: elaborado pelos autores.**

Então, todo material necessário foi separado e misturado na betoneira seguindo os procedimentos da norma regulamentadora NBR 12655 – Concreto – Preparo, controle e recebimento (ABNT, 1996). Antes da moldagem dos corpos de prova foi realizado o ensaio do abatimento do tronco de cone pela NBR NM 67 (ABNT, 1998) e a determinação da massa específica do concreto de acordo com a NBR 9833 (ABNT, 2008).

O próximo passo foi a moldagem dos corpos de prova respeitando os apontamentos da NBR 5738 (ABNT, 2003) e, 24 horas depois foi realizado a desmoldagem. Os corpos de prova foram colocados diretamente na câmara úmida para cura até as idades pré-estabelecidas para realização dos ensaios.

No estado endurecido foram realizados os ensaios de resistência à compressão simples de acordo com a NBR 5739 (ABNT, 2007), resistência à tração por compressão diametral segundo a NBR 7222 (ABNT, 1994) e determinação da absorção por capilaridade pela NBR 9779 (ABNT, 1995). Para cada ensaio foram moldados três corpos de prova.

#### 4. Resultados

Neste item serão apresentados os resultados de cada ensaio realizado.

##### 4.1 Massa específica

O ensaio realizado para determinação da massa específica, foi realizado para os teores referência, 5, 10, 15 e 20% e obteve-se os resultados mostrados na figura 02.

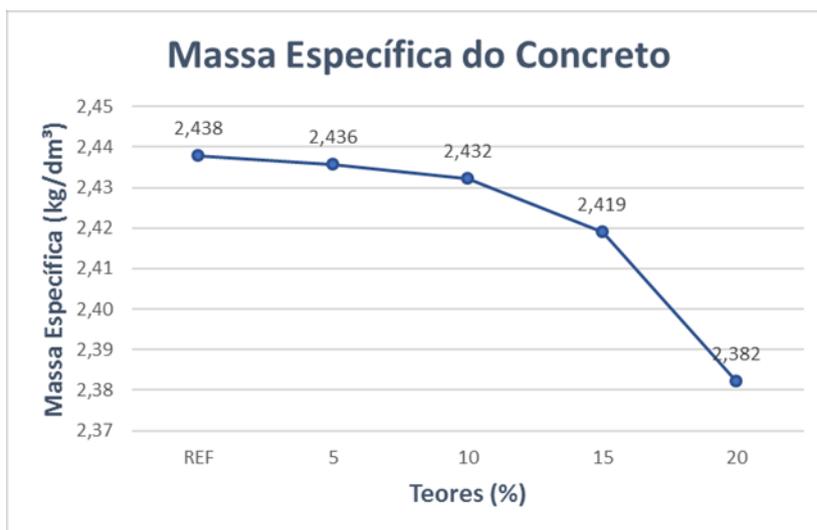


Figura 2: Massa específica do concreto. Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da figura 2, que sintetiza todos os resultados da massa específica, percebe-se que houve uma redução significativa do traço referência para o traço com maior substituição da areia pelo resíduo. Portanto, o concreto com a presença do resíduo se tornou mais leve que o concreto referência em todos os teores.

##### 4.2 Resistência à compressão simples

O ensaio de resistência à compressão simples foi realizado através da norma NBR 5739 – Ensaio de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2007) e os resultados estão apresentados na figura 03.

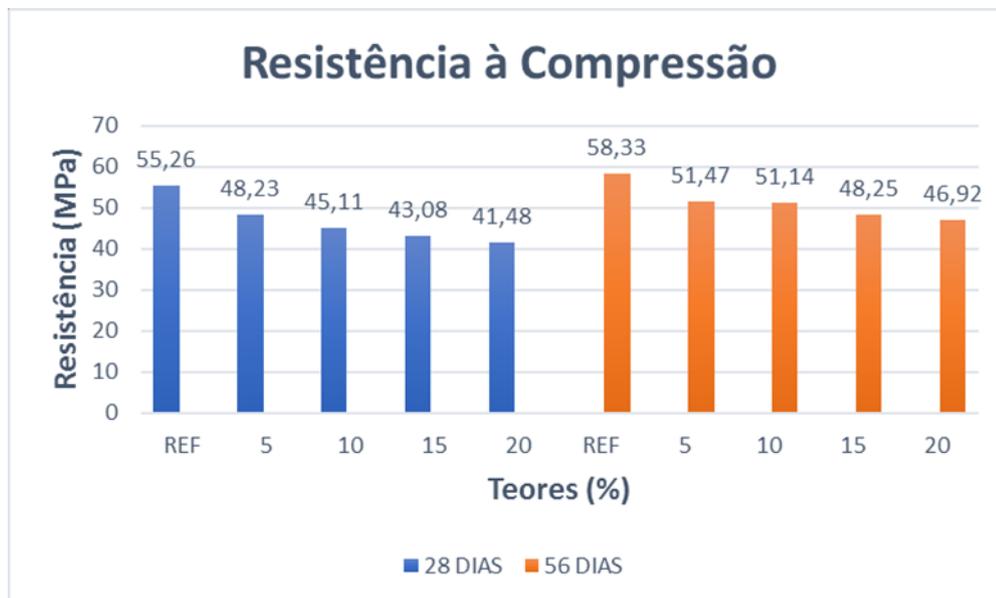


Figura 3: Resistência à compressão. Fonte: elaborado pelos autores.

Na figura 3 é possível observar todos os resultados obtidos nas idades ensaiadas (28 e 56 dias), onde percebe-se que nenhum resultado superou o traço referência em ambas as idades. Também percebe-se claramente que quanto maior a quantidade de areia substituída pela fibra da borracha de pneu, menor é a resistência, podendo ser dito que ocorre uma redução linear da resistência à compressão.

#### 4.3 Resistência à tração com compressão diametral

O ensaio de resistência à compressão por tração diametral foi realizado através da norma NBR 7222 – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 1994) e os resultados estão apresentados na figura 4.

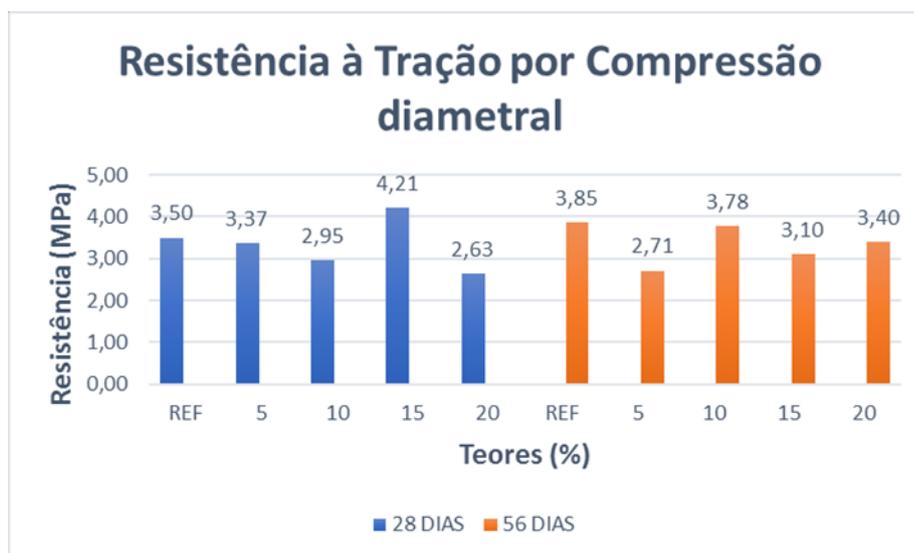


Figura 4: Resistência à tração por compressão diametral. Fonte: elaborado pelos autores.

Através da figura 4 pode ser observado todos os resultados obtidos nas duas idades estudadas, onde o teor de substituição de 15% se destaca na idade de 28 dias com uma resistência de 4,21 MPa, sendo cerca de 20,3% maior que o concreto referência (3,50 MPa). A menor resistência à tração por compressão diametral foi encontrada no teor de 20%, com apenas 2,63 MPa, correspondendo 24,86% menos resistente que o concreto referência.

#### 4.4 Absorção por capilaridade

O ensaio de resistência à compressão por tração diametral foi realizado através da norma NBR 9779 – Determinação da absorção de água por capilaridade (ABNT, 1995) e os resultados estão apresentados na figura 05.

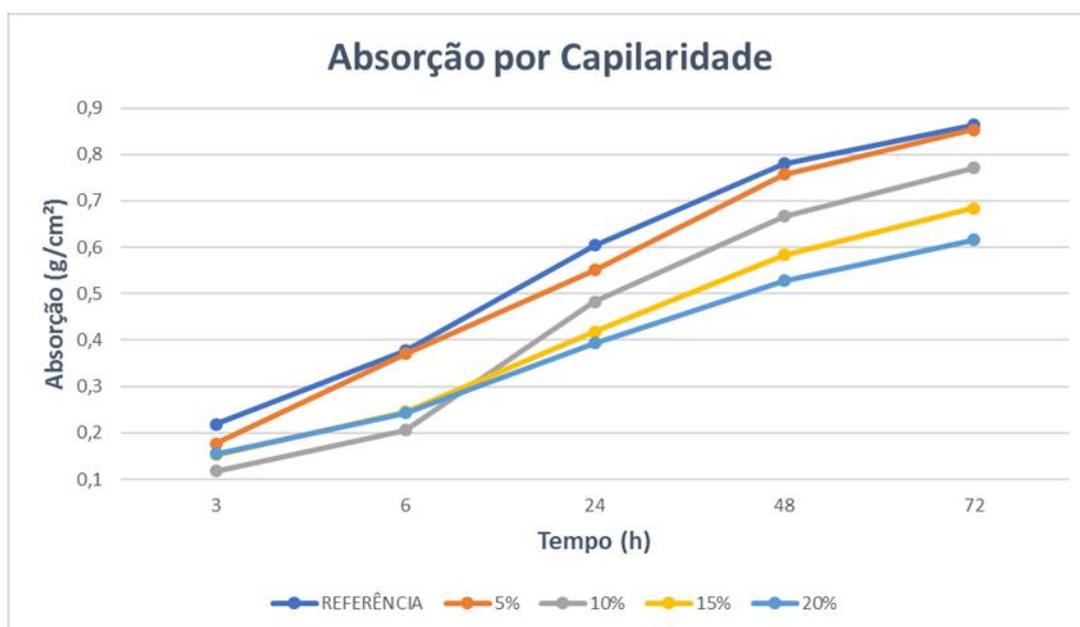


Figura 5: Absorção por capilaridade. Fonte: elaborado pelos autores.

Com a realização deste ensaio, é possível determinar quanto será a absorção do corpo de prova, sendo aquele com maior valor, o que mais sofrerá com as intempéries do tempo, podendo, futuramente, ocasionar a oxidação das armaduras, comprometendo a estrutura de um edifício.

Como pode ser observado na figura 5, o traço do concreto referência foi o que mais absorveu água durante o ensaio, com uma absorção de 0,8638 g/cm<sup>2</sup> e o teor que menos absorveu água foi o de 20%, com apenas 0,6160 g/cm<sup>2</sup>.

## 5. Conclusões

Com o trabalho foi possível perceber que a massa específica do concreto reduz, não em uma quantidade considerável mas, se observado em grande escala, é um valor importante e

que a resistência do concreto tanto nos 28 como nos 56 dias decai por conta da porosidade, que aumenta junto com o teor de fibra, tornando a massa específica diretamente proporcional à resistência à compressão simples.

A resistência à tração por compressão diametral teve seu melhor resultado na idade de 28 dias no teor de 15%. Talvez houve algum erro no procedimento e, caso esse teor fosse excluído, a tendência seria a redução conforme o aumento do teor de fibra.

Aos 56 dias o concreto com maior resistência foi o traço referência e o gráfico não apresentou nenhuma tendência específica.

A absorção por capilaridade, realizada aos 28 dias, demonstra que a quantidade de poros presente na fibra reduz a quantidade de “caminhos” presentes na estrutura do concreto, reduzindo assim a capacidade de absorver água por capilaridade.

Foi constatado que a simples redução da massa específica do concreto já é uma propriedade importante que foi otimizada, demonstrando a importância do estudo da incorporação de novos materiais no concreto, podendo ter sua utilização em pisos ou até em paredes, reduzindo o peso final da estrutura.

## Referências

ALVES, G. S.; CRUZ, A. L. Asfalto-borracha: Uma Inovação na Tecnologia Aliada ao Meio Ambiente. 2007. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás, Goiânia/GO. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739/2007: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, Brasil.

FRANÇA, Valério Henrique. Aderência Aço-Concreto – Uma análise do comportamento do concreto fabricado com resíduos de borracha. 2004. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2004.

FREITAS, Camila. Estudo do desempenho mecânico de concreto com adição de partículas de borracha para aplicação como material de reparo em superfícies hidráulicas. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2007.

GARRICK, Gregory Marvin. *Analysis and testing of waste tire fiber modified concrete*. 2005. 65 f. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Louisiana. 2005.

JOHN, Vanderley M. Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar. São Paulo: USP, 2003.

JOHN, Vanderley M. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102 e 120 p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000.

LIRA, Waleska Silveira; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa. Campina Grande: EDUEPB, 2013, 325p.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo. J. M. *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 3 ed. McGraw-Hill. 2006. 684 p.

PIERCE, C. E.; BLACKWELL, M.C. *Potential of scrap of tire rubber as lightweight aggregate in flowable fill*. 2002.

SANTOS, Antonio Carlos. 2005. 116 f. Avaliação do comportamento do concreto com adição de borracha obtida a partir da reciclagem de pneus com aplicação em placas pré-moldadas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2005.

SANTOS, Eyllisson A.; BORJA, Edilberto Vitorino. Investigação experimental de traços para blocos de concreto para alvenaria de vedação com adição de resíduos de pneus reciclados. Artigo científico. 2005. Disponível em <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/57/63>>. Acesso em 12/05/2017.

SEGRE, Nádia Cristina. Reutilização de borracha de pneus usados como adição em pasta de cimento. 1999. 104 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo/SP. 1999.

SELUNG, C. S. Estudo do uso de borracha de pneu em concreto para confecção de blocos vibro prensados. Monografia. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó – UNOCHAPECÓ, Chapecó/SC. 2012.

SILVA JÚNIOR, F. A. Avaliação do efeito da adição de resíduo de borracha de pneu e brita calcária na formulação de compósitos cimentícios. 2014. 184f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN. 2014.