

# ESTUDO DO EFEITO DA BORRACHA RECICLADA DE PNEUS NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO GEOPOLIMÉRICO E CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

Jéferson Gonçalves Costa (1); Patrícia Montagna Allem (2); Jorge Henrique Piva (3).

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) [jefe.g.costa@gmail.com](mailto:jefe.g.costa@gmail.com), (2) [patricia.allem@hotmail.com](mailto:patricia.allem@hotmail.com), (3) [jhpiva@gmail.com](mailto:jhpiva@gmail.com)

## RESUMO

Estudos demonstram que quase 50% dos resíduos de todo o mundo são provenientes da construção civil. Perante isto faz-se necessário o estudo de novos métodos para a utilização de materiais que não agridem ao meio ambiente e o reaproveitamento de materiais inservíveis. Considerando estes dois fatores, este estudo apresenta um comparativo entre concreto de cimento Portland e concreto geopolimérico, com adição de borracha reciclada de pneus. As amostras foram divididas em 3 grupos com 6 amostras cada: o concreto referência, a adição de 2,5% de borracha e a adição de 5% de borracha. Buscando analisar seu desempenho mecânico as amostras foram submetidas aos ensaios de tração na flexão e compressão axial, após permanecerem expostas a temperatura de 600 °C. Ao serem comparadas as resistências mecânicas das amostras aquecidas com amostras não aquecidas provenientes do estudo de Rovaris (2017), observou-se uma redução principalmente na tração por flexão em todos os grupos que variam de 85,20% a 51,83%, uma redução à compressão nas amostras geopoliméricas variando de 32,74% a 4,50% e um aumento na resistência a compressão no concreto de cimento Portland chegando a 16,08%, diminuída apenas no grupo de amostras com adição de 5% de borracha sendo a taxa de redução de 35,31%. Conseqüentemente verifica-se que a adição de borracha influencia significativamente na resistência do concreto geopolimérico após ser aquecido inviabilizando seu emprego em áreas com elevadas temperaturas, por outro lado o concreto de cimento Portland obteve resultados satisfatórios, podendo então ser empregado para finalidades não estruturais com exigências à altas temperaturas.

*Palavras chave: concreto, borracha reciclada de pneus, geopolímero e altas temperaturas.*

## 1. INTRODUÇÃO

Diante de tempos onde há intensa industrialização, a tecnologia se faz mais do que presente em nossos dias. Contudo junto a esta industrialização há o dilema do descarte de materiais inservíveis. Segundo a revista EM DISCUSSÃO (2014, v. 5, p.

48) grande parte dos países industrializados contribui com 600 Kg anuais per capita de lixo. Considerando-se isso temos em torno de 800 milhões de toneladas por ano produzidos em todo mundo, que tendem a ser descartados em aterros. Demonstrando a necessidade de ações para um progresso sustentável.

No setor da construção civil o problema dos resíduos também está muito presente. Segundo John (2000 apud SCHNEIDER, 2003) a construção civil além de consumir recursos naturais, ainda produz os RCD (resíduos da construção e demolição) que são cerca de 14% e 50% dos RSU (resíduos sólidos urbanos) de todo o planeta. “No Brasil, os RCD também atingem elevadas proporções da massa dos resíduos sólidos urbanos: variam de 41% à 70%” (PINTO, 2003 apud SCHNEIDER, 2003). Desta forma observar-se que este setor pode ser tratado como um dos setores com maior índice de resíduos poluidores da indústria.

Outro resíduo de grande impacto ambiental atualmente são os pneus descartados, um estudo proveniente da ANIP (Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos) diz que em 2016 foram produzidos só no Brasil cerca de 67,9 milhões de pneus, sendo que em um período de um ano temos o descarte de quase metade desta produção.

Com isso faz-se necessário o desenvolvimento de novas técnicas para a diminuição da extração de matéria prima natural e também um esforço para reaproveitamento dos considerados materiais inservíveis, e a reciclagem e reuso dos mesmos para outras funcionalidades. Dentro desse tema inúmeras pesquisas são desenvolvidas voltadas para o uso de matérias primas recicladas. Entre estas pesquisas pode-se destacar a substituição dos agregados miúdos por borracha reciclada de pneus. Segundo Romualdo et al (2011) a reutilização da borracha reciclada como agregado é um importante meio de preservação do meio ambiente. Pois com ela podemos substituir a matéria prima proveniente da extração de recursos naturais, e promovemos a reutilização de materiais inservíveis, que muitas vezes não teriam o descarte correto e conseqüentemente diminuindo seu acúmulo em áreas urbanas.

Da mesma forma, o uso de concreto geopolimérico como alternativa ao concreto de cimento Portland tem se mostrado muito eficaz na construção civil. Costa (2012, p.21) diz que “os ligantes geopoliméricos apresentam-se como um produto inovador alternativo ao cimento Portland”. Segundo Rangan (2010, p.34) “as propriedades elásticas do concreto geopolimérico curado e o comportamento da resistência de

peças estruturais de concreto geopolimérico são similares àqueles observados no concreto de cimento Portland”.

Segundo Santos (2009) o concreto demonstra um bom desempenho ao fogo devido a sua natureza e composição química. Com isso “o estudo das propriedades do concreto normal a altas temperaturas tem um número considerável de investigações, o que não se verifica com os concretos com agregados de borracha” (Santos et al, 201\_).

Diante dos presentes fatos expostos, este trabalho busca avaliar e comparar o desempenho do concreto de cimento Portland e geopolimérico com a adição de borracha proveniente de pneus e sua resistência a altas temperaturas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi desenvolvida uma metodologia experimental para avaliar e comparar as propriedades mecânicas do concreto com cimento Portland e do concreto geopolimérico com a adição de agregados de borracha reciclada após serem submetidos a temperatura de 600 °C. Para tal, foi adotado um traço referência tanto para o concreto com cimento Portland, quanto para o concreto geopolimérico que estão demonstrados na Tabela 1. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), no Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) e no Laboratório de Ensaio Mecânicos (LEM), no Parque científico e tecnológico (Iparque), da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

Tabela 1 - Traços utilizados na mistura.

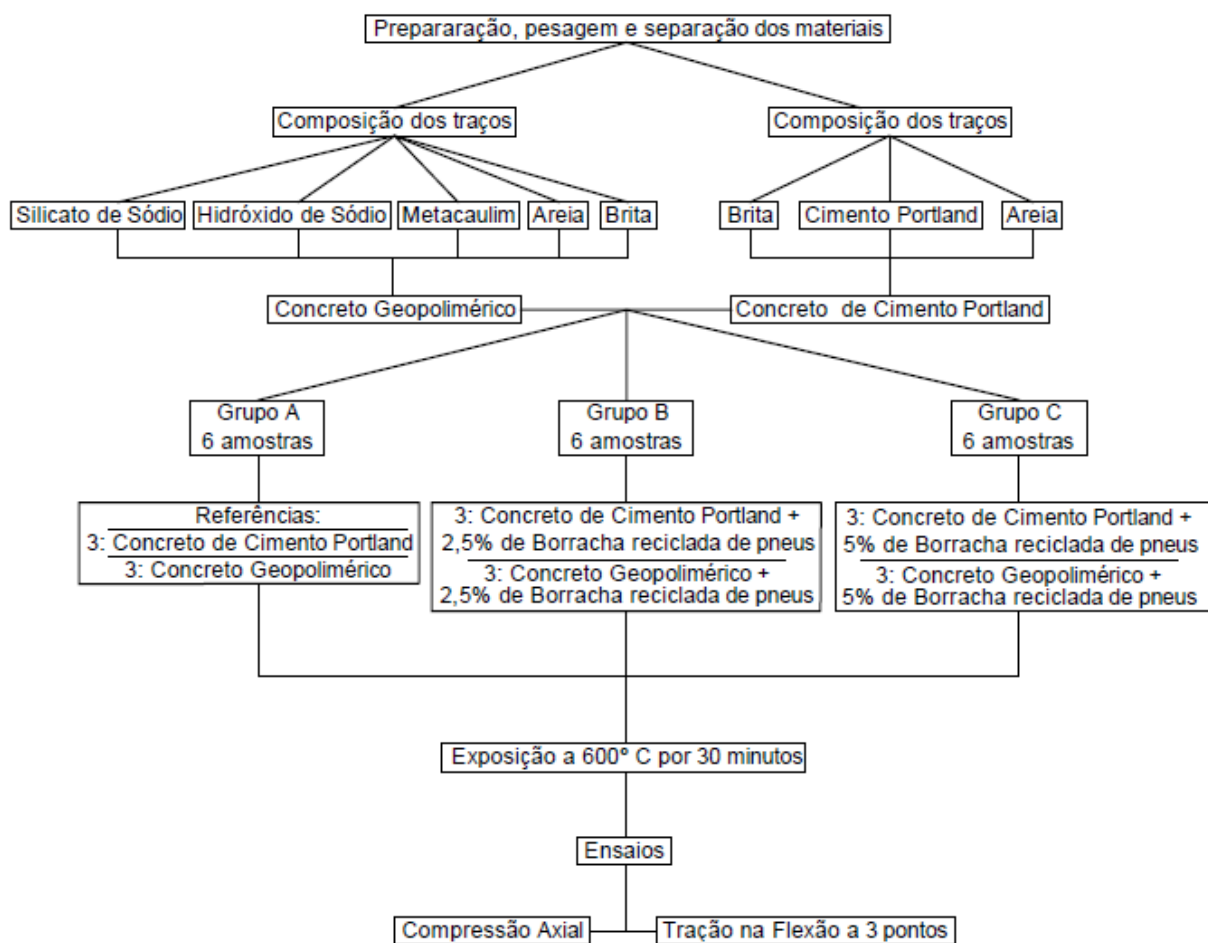
Especificações	Concreto Geopolimérico	Concreto de Cimento Portland
Traço	1 : 0,09 : 1,2 : 3,8 : 1,2 (Metacaulim:Hidróxido:Silicato:Areia:Brita)	1 : 2,3 : 2,7 (Cimento:Areia:Brita)
Relação a/c	-	0,53

Fonte: Autor, 2017.

Foram adotados 18 corpos de prova prismáticos com dimensões de 10 x 10 x 35 cm (largura, altura, comprimento). Estas 18 amostras foram separadas em 3 grupos com 6 amostras cada, nas quais 3 eram compostas com concreto de cimento portland e 3

com concreto geopolimérico. No fluxograma da Figura 1, distingue-se estes 3 grupos. O grupo A apresenta as referências sem adição de agregados de borracha, o grupo B teve a adição de 2,5% de borracha reciclada de pneus e o grupo C recebeu a adição de 5% de borracha também proveniente da reciclagem de pneus. Todas as adições de borracha foram calculadas em relação à massa total da mistura.

Figura 1 - Fluxograma do programa experimental.



Fonte: Autor, 2017.

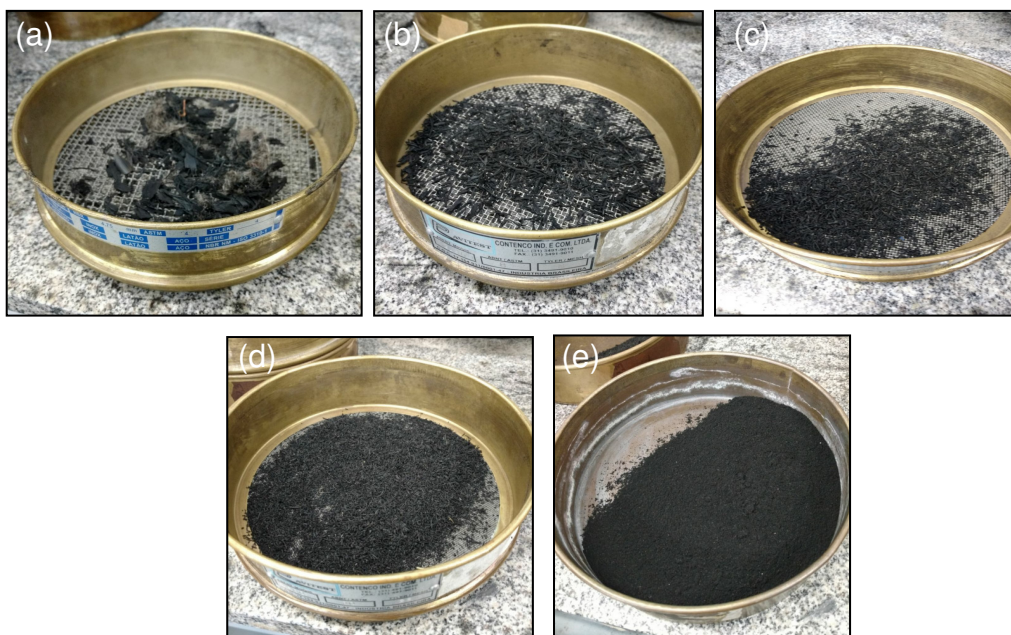
## 2.1 MATERIAIS

Os agregados miúdos foram secos em estufa, peneirados e padronizados, com  $D_{máx} = 2,40$  mm (diâmetro máximo do agregado). Já os agregados graúdos adotou-se brita nº 1 com  $D_{máx} = 19,00$  mm, no qual também foram secos em estufa. Foi utilizado cimento CP IV, para as amostras com concreto de cimento Portland.

Na composição do concreto geopolimérico utilizou-se metacaulim, e como ativador alcalino o hidróxido de sódio e silicato de sódio. Os agregados também foram secos em estufa, peneiras e padronizados, sendo o  $D_{máx}$  do agregado miúdo igual a 2,40 mm e o do agregado graúdo 9,40 mm (brita nº 0).

A borracha utilizada neste estudo foi proveniente da recapagem de pneus. Processo pelo qual o pneu tem boa parte da sua borracha raspada e sua carcaça é reaproveitada. O material proveniente deste processo é constituído basicamente de borracha natural, borracha sintética e negro de fumo. O mesmo foi peneirado, utilizando as peneiras #4, #8, #16, #30 e fundo, como mostra a figura 2, sendo adotados apenas os materiais retidos nas peneiras #16 e #30.

Figura 2 - Borracha retida nas peneiras #4 (a), #8 (b), #16 (c), #30 (d) e fundo (e).



Fonte: Autor, 2017.

## 2.2 MÉTODOS

A confecção do concreto de cimento Portland seguiu a seguinte ordem de carregamento: brita, água, cimento, areia e borracha reciclada. Obedecendo as dosagens e quantidades determinadas no traço adotado. A figura 3 (a) demonstra os corpos de prova concretados.

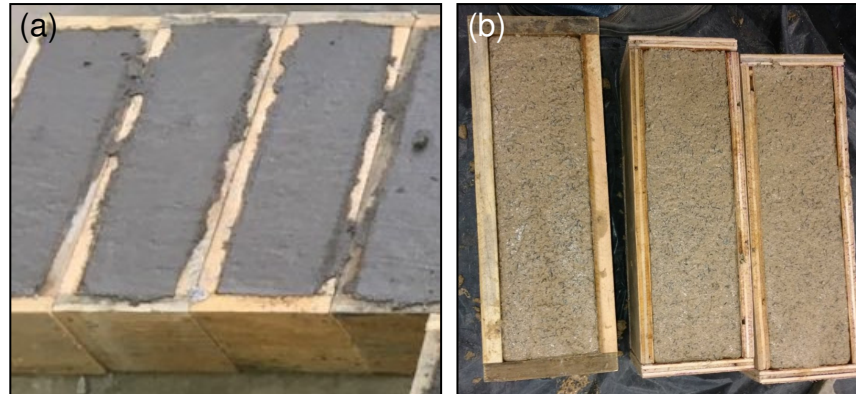
O concreto geopolimérico foi produzido a partir da mistura do hidróxido de sódio em escamas juntamente com o silicato de sódio, produzindo assim uma solução alcalina, que logo após foi colocada em uma argamassadeira para a adição de metacaulim. Com a mistura homogênea adiciona-se a areia, seguida pelas raspas de borracha e finalizando com a adição de brita.

Para o processo de cura do concreto com cimento Portland foi seguido a NBR 5738 (2003), sendo adotado a cura em tanque com água.

Os geopolímeros não recebem água em sua mistura, desta forma o processo de cura foi feito ao ar livre em temperatura ambiente, como mostra a figura 3 (b), por 25 dias recebendo posteriormente uma cura térmica em estufa a 60 °C por 3 dias. Após a cura térmica as amostras ficaram armazenadas por um período de 18 dias até serem submetidas aos ensaios de resistência mecânica.

O prazo de cura foi de 46 dias para o concreto geopolimérico e 49 dias para o concreto de cimento Portland.

Figura 3 - Corpos de prova: concreto cimento Portland (a) e geopolimérico (b).



Fonte: Autor, 2017.

Após a cura, foram realizados os ensaios em forno mufla com controle digital de temperatura microprocessado, de dimensões 50 x 68 x 106 cm e capacidade de aquecimento de até 1000 °C (Figura 4 (a)). Baseado em estudos anteriores percebeu-se que o concreto até a temperatura de 600 °C mantém um nível considerável de resistência, mas que após essa temperatura tem-se uma grande redução de resistência. Seguindo a RILEM TC129MHT (2000) adotou-se uma taxa de aquecimento de 3 °C/min, sendo os corpos de prova aquecidos até alcançarem a temperatura de 600 °C e mantidos a essa temperatura por 30 minutos como

demonstrado no programa de aquecimento da tabela 2. Os corpos de prova foram dispostos na mufla para receber o aquecimento da forma mais homogênea possível para todas as amostras (Figura 4 (b)). Após o período de aquecimento o forno foi desligado e o resfriamento ocorreu de forma natural, sendo as amostras retiradas cerca de 24 horas depois.

Figura 4 - Forno Mufla: fechado (a) e posicionamento das amostras na mufla (b).



Fonte: Autor, 2017.

Tabela 2 - Programa de aquecimento.

T (°C)	t1 (min)	tH (min)	Tempo total (min)
600	200	30	230

Fonte: Autor, 2017.

Onde:

T: temperatura;

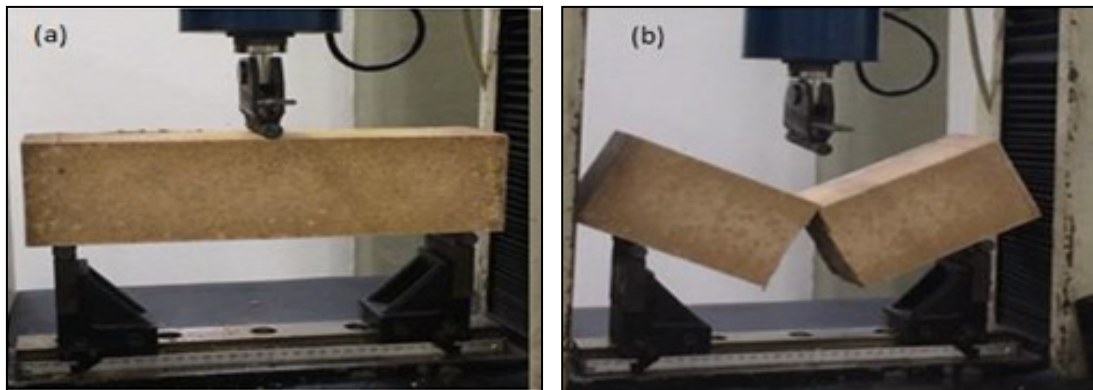
t1: tempo necessário para atingir a temperatura adotada;

tH: tempo de exposição do concreto na temperatura adotada.

### 2.3 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO NA FLEXÃO

Para o ensaio de tração na flexão a 3 pontos foi utilizado uma prensa eletromecânica, microprocessada, da marca EMIC de modelo DL10000 com uma capacidade de carga de 100 KN junto ao computador com software TESC - Teste Script para a aquisição de dados. O procedimento de ensaio respeitou as recomendações da NBR 12142 (ABNT, 2010).

Figura 5 - Corpo de prova posicionado para o ensaio (a) e após a ruptura (b).



Fonte: Brigido, 2016.

Com as amostras posicionadas como mostra a Figura 5 (a), empregou-se o carregamento de forma contínua e constante até a ruptura da amostra (Figura 5 (b)). Para efetuar o cálculo da resistência à tração na flexão, foi aplicada a seguinte equação:

$$f_{ct,f} = P.L / b.d^2 \quad \text{Equação(1)}$$

Onde:

$f_{ct,f}$  = resistência a tração na flexão (MPa);

P = carga máxima aplicada (N);

L = distância entre os cutelos de suporte (mm);

b = largura média do corpo de prova na seção de ruptura (mm);

d = altura média do corpo de prova na seção de ruptura (mm).

## 2.4 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL

Para este ensaio foram utilizados os mesmos corpos de prova rompidos no ensaio de resistência a tração (Figura 6). O ensaio consiste no posicionamento destas amostras no centro da prensa hidráulica com suporte metálico, expondo o mesmo a uma força crescente até a ruptura do mesmo, registrando-se assim a tensão de ruptura última.

O equipamento utilizado uma prensa hidráulica da marca EMIC modelo PC200CS, com capacidade máxima de 200 toneladas, junto a um computador com o software TESC - Teste Script. Obedecendo a CSN EN 12390-3 (2003).



Figura 6 - Ensaio de compressão axial



Fonte: Autor, 2017.

Para efetuar o cálculo da resistência à compressão, foi aplicada a seguinte equação:

$$f_c = F / A \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

$f_c$  = resistência a compressão (MPa);

F = carga máxima obtida no ensaio (N);

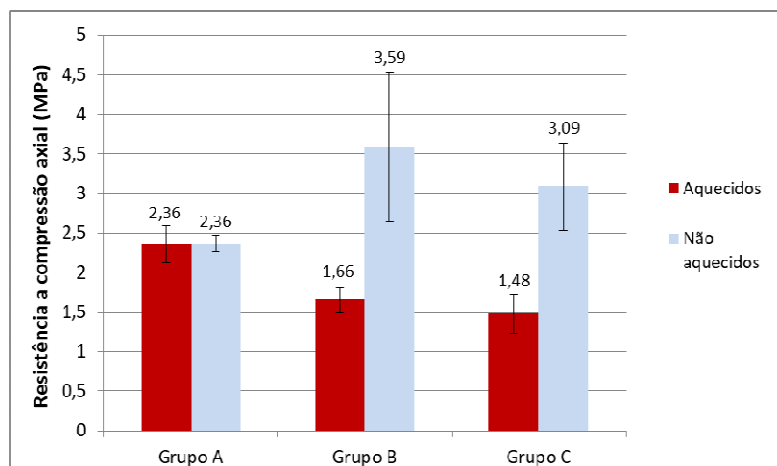
A = área do corpo de prova (mm<sup>2</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o aquecimento dos corpos de prova e a realização dos ensaios mecânicos acima citados, os resultados obtidos são apresentados a seguir em tabelas e comparados com um estudo similar de Rovaris (2017), onde foi utilizado o mesmo traço e adições de borracha para todos os corpos de prova, sendo estes submetidos aos mesmos ensaios mecânicos, após um período de cura de 28 dias, não sendo expostos a altas temperaturas.

#### 3.1 TRAÇÃO NA FLEXÃO A 3 PONTOS

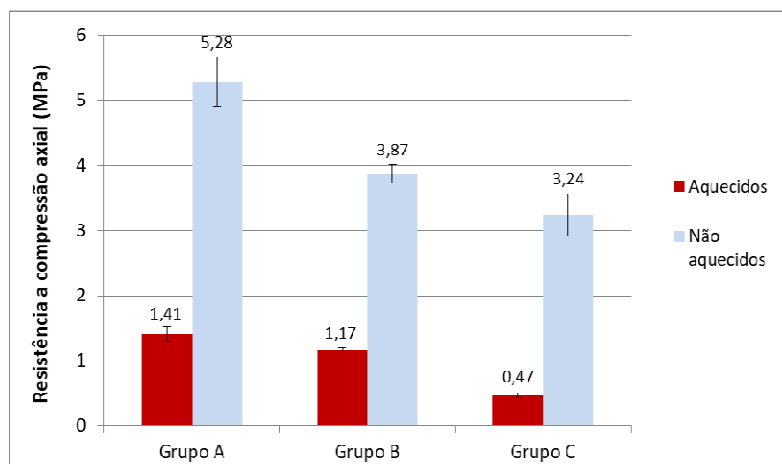
Figura 7 - Resultados do ensaio de tração na flexão do concreto geopolimérico.



Fonte: Autor, 2017.

Com base no gráfico da figura 7, é possível fazer uma comparação entre os resultados do ensaio dos corpos de prova com e sem exposição à altas temperaturas. Onde se pode observar que no grupo A (referência) a resistência se manteve a mesma mesmo após a amostra ser aquecida. Isso pode ser explicado por o geopolímero ser um material refratário mantendo assim a sua resistência mesmo depois de submetido à temperatura de 600 °C. Observando os grupos B (adição de 2,5%) e C (adição de 5%) percebe-se uma queda considerável da resistência, sendo de 54,02% e 51,83% respectivamente. Isso provavelmente ocorreu pela a adição de borracha a mistura do concreto, que após ser aquecida entrou em combustão, deixando espaços vazios e diminuindo assim a resistência do material.

Figura 8 - Resultados do ensaio de tração na flexão do concreto de cimento Portland.

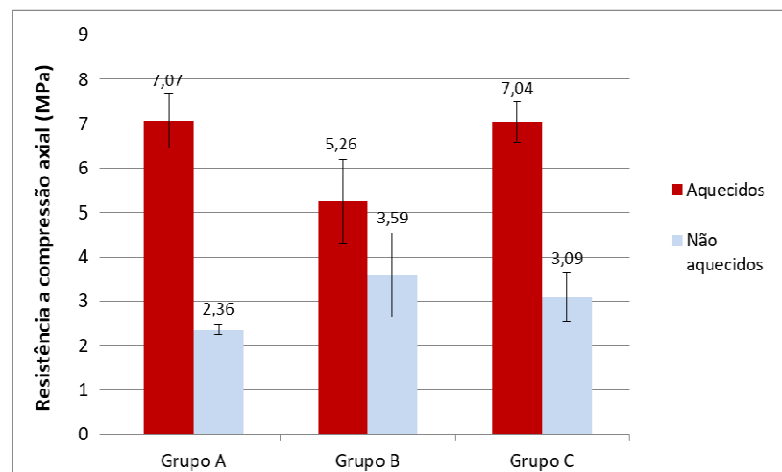


Fonte: Autor, 2017.

No concreto de cimento Portland observou-se uma grande redução quando comparamos as amostras no gráfico da figura 8. Ao fazer a comparação do grupo A percebemos uma clara redução na resistência de 73,29%, na qual demonstra uma vulnerabilidade considerável do concreto de cimento Portland ao aquecimento à altas temperaturas. Quando adiciona-se a borracha se obtêm também uma grande redução da resistência, mas ao se analisar o grupo B, onde houve uma redução de 69,75%, se vê uma menor taxa de redução se comparados com o grupo A. Por fim o pior caso entre as amostras analisadas foi a do grupo C com uma redução de 85,20% quando comparada com a amostra não aquecida, sendo isto possivelmente ocasionado por uma soma de fatores como: a queda da resistência do concreto de cimento Portland quando aquecido, ocorrida no grupo A (referência), e a diminuição de área da borracha adicionada à mistura, acarretando em um aumento na porosidade dos corpos de prova, também ocorrida no concreto geopolimérico.

### 3.2 COMPRESSÃO AXIAL

Figura 9 - Resultados do ensaio de compressão axial do concreto geopolimérico.

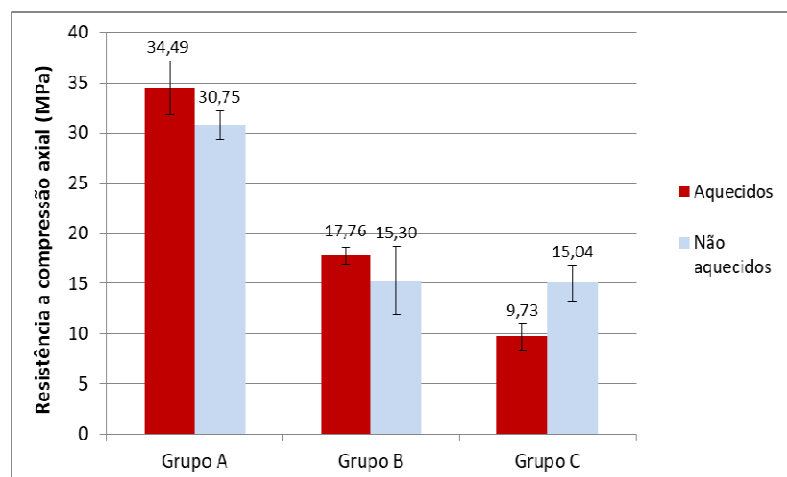


Fonte: Autor, 2017.

Analisando os dados do gráfico da figura 9, pode-se verificar redução de 31,92% da resistência à compressão axial no grupo A. Ocasionado em parte ao aquecimento das amostras. Para o grupo B a redução ficou próxima a do grupo A, perdendo 32,74% de resistência. No grupo C a resistência sofreu pouquíssima alteração, sendo a taxa de redução de 4,50%. Os corpos de prova com resíduo, durante o aquecimento,

sofreram expansão devido aos gases aprisionados em função da combustão da borracha, esse fenômeno provocou além de vazios internos, deformações nas dimensões da peça, o que prejudicou a avaliação do ensaio de compressão.

Figura 10 - Resultados do ensaio de compressão axial do concreto de cimento Portland.



Fonte: Autor, 2017.

Comparando a os valores do gráfico da figura 10, percebe-se um aumento da taxa de resistência do grupo A e do grupo B de 12,17% e 16,08% respectivamente. Aumento estes que podemos atribuir principalmente ao tempo de cura das amostras, onde os grupos não aquecidos tiverem um tempo de cura de 28 dias, enquanto os aquecidos tiveram um período de 49 dias. O grupo C houve uma redução na resistência, sendo 35,31%, demonstrando que presumivelmente o aumento da adição de borracha influência na resistência a compressão, muito pela falta de aderência na borracha com o concreto e pelo aumento de porosidade.

### 3.3 ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

A tabela 3 demonstra os valores da análise estática ANOVA, com auxílio do Microsoft Excel, fundamenta-se os resultados expostos neste trabalho. Este método busca analisar se as amostras estudadas tem significância estatística afirmando se são iguais ou diferentes entre si.

Tabela 3 - Resultados ANOVA.

Parâmetros	Resistência à Tração C. Geopolimérico	Resistência à Tração C. Portland	Resistência à Compressão C. Geopolimérico	Resistência à Compressão C. Portland
<b>p</b>	0,005	0,000	0,030	0,000
<b>F</b>	14,438	146,476	6,670	150,227
<b>Fcrítico</b>	5,143	5,143	5,143	5,143

Fonte: Autor, 2017.

Foi adotado a análise estatística de fator único, sendo este a diferença de resistência das amostras aquecidas com as não aquecidas. Para a análise foi utilizado um nível de significância de 95%, de forma que os valores de  $p \geq 0,05$  demonstram amostras iguais e amostras com  $p \leq 0,05$  são consideradas diferentes. O processo também é submetido à comparação do F com o Fcrítico, onde valores de  $F > F_{crítico}$  demonstram amostras diferentes e  $F < F_{crítico}$  amostras iguais.

Desta forma os resultados obtidos demonstram-se diferentes para os ensaios realizados, tanto para as amostras de concreto de cimento Portland quanto para as amostras de concreto geopolimérico.

#### 4. CONCLUSÃO

Com a análise dos dados e resultados anteriormente citados, conclui-se que:

- O aquecimento influencia diretamente na resistência, tanto na tração por flexão quanto na compressão, afetando de forma mais incisiva os corpos de prova com adição de borracha em ambos os concretos. A exceção se da no concreto de cimento Portland referência e com adição de 2,5% de borracha onde há um aumento na resistência à compressão;
- A resistência à tração na flexão se mantém no concreto geopolimérico mesmo após o aquecimento, possivelmente por serem os geopolímeros um material refratário. Porém ao adicionarmos borracha a resistência do mesmo diminui;
- O aquecimento do concreto de cimento Portland diminui drasticamente sua resistência à tração na flexão, especialmente nas amostras com adição de borracha, muito provavelmente pela diminuição de área da borracha ao ser aquecida, acarretando no aumento da porosidade;

- Ambos os materiais tem sua resistência reduzida com a introdução do resíduo da borracha, principalmente com a exposição a altas temperaturas. Desta forma sua aplicação se limita a usos em materiais onde não se requer alta resistência e nem seja exposto a temperaturas elevadas.

Sugestões para trabalhos futuros:

- Analisar a resistência do concreto de cimento Portland e do geopolimérico com temperaturas diferentes;
- Avaliar a resistência de ambos os concretos para tempos de cura diferentes;
- Fazer tratamentos químicos na borracha reciclada de pneus para melhor sua aderência ao concreto;
- Verificar a capacidade de isolamento acústico de ambos os concretos com adição de borracha.

## 5. REFERÊNCIAS

ALLEM, Patrícia M. **Avaliação do desempenho mecânico de concreto geopolimérico com uso de fibras de aço.** 2016. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142:** Concreto – Determinação da resistência a tração na flexão de corpos de prova prismáticos - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS DE PNEUMÁTICOS (ANIP). 2017. Disponível em: <[http://www.anip.com.br/arquivos/infografico\\_anip\\_4tri.pdf](http://www.anip.com.br/arquivos/infografico_anip_4tri.pdf)>. Acessado em: 28/03/2017

BRIGIDO, Jimmi Silveira. **Estudo do efeito da macrofibra de polietileno e Microfibra de Polipropileno nas Propriedades Mecânicas do Concreto Geopolimérico.** 2016. 15f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

COSTA, A. F. M. **Utilização de Geopolímeros para Protecção de Betão: Resistência a Altas Temperaturas.** Tese (Doutorado) – Curso de engenharia civil, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2012.

EUROPEAN STANDARDS. **CSN EN 12390-3**: Ensaio de Concreto Endurecido – Resistência à compressão dos corpos de prova de ensaio. Portugal, 2003.

MENGER, Manuela Hoffmann. **Análise da Aderência entre Compósitos de Cimento Portland e Geopolimérico**. 2015. 18 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

RANGAN, Balamuthu Vijaya. **Concreto Geopolimérico à Base de fly ash com baixo teor de cálcio**. 200\_, 34 f. Curtin University of Technology, Austrália.

RILEM TC 129 MHT: **Test Methods for Mechanical properties of concrete at high temperatures**, Part 9: Shrinkage, 2000.

ROMUALDO, A. C. A et al. **Pneus Inservíveis como Agregados na Composição de Concreto para Calçadas de Borracha**. In: CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD, 3., 2011, São Paulo. **Anais...** International Workshop Advances in Cleaner Production, 2011.

ROVARIS, Iury Daniel. **Estudo do Efeito da Borracha Reciclada de Pneu nas Propriedades Mecânicas do Concreto Geopolimérico e Concreto de Cimento Portland**. 2017. 14f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

RUMO a 4 bilhões de toneladas por ano. **Em discussão**, Senado Federal, v. 5, n. 22, p. 48-59, bimestral, set. 2014.

SCHNEIDER, Dan Moche. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. 2003. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, Cristina Calmeiro; RODRIGUES, João Paulo C.. **Concreto com Agregados Reciclados de Borracha de Pneu - Resistência à Compressão a Altas Temperaturas**. 201\_. 14 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal, 201\_.

SILVA, Daiane dos Santos da. **Propriedades Mecânicas Residuais Após Incêndio de Concretos Usados na Construção Civil na Grande Florianópolis**. 2009. 102f. Curso de Pós - Graduação em Engenharia Civil, Univ. Fed. de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, Icaro dos Santos da. **Estudo Da Resistência Residual De Concretos Com Substituição Parcial do Agregado Graudo por Agregado Reciclado, Após Exposição a Altas Temperaturas**. 2016. 23f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.