

ESTUDO E ANÁLISE DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE CORPOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR LASCAS DE BORRACHA

STUDY AND ANALYSIS OF RESISTANCE TO COMPRESSION IN CYLINDRICAL CONCRETE SAMPLES WITH PARTIAL REPLACEMENT OF MEDIUM SAND BY RUBBER CHIPS

ALEJANDRO SALAZAR GUERRA, MSc. | UNICURITIBA

CAIO EDUARDO SAVINO | UNICURITIBA

ELORAH REGINA DINIZ ROCHA | UNICURITIBA

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o comportamento do concreto com substituição parcial do seu agregado miúdo por lascas de borracha, em corpos cilíndricos de concreto. A borracha é proveniente do processo de recapagem de pneus. E será estudada a sua viabilidade técnica dentro de uma construção civil. A partir da revisão bibliográfica e das experiências em laboratório e seguindo as normas técnicas brasileiras. Foram determinadas as curvas granulométricas; da areia fina, da areia média e das lascas de borracha a fim de verificar as características físicas semelhantes do material reutilizável em relação com um dos respectivos agregados, para posterior substituição deste. Em seguida, ainda em laboratório, foi feita a moldagem, cura, retífica e rompimento dos corpos de prova, para análise da resistência à compressão axial do concreto. Analisando os resultados encontrados, observa-se que as propriedades mecânicas do concreto são alteradas, sendo que em pequenas porcentagens possui uma variação pequena. Além de mensurar às propriedades mecânicas deste concreto, esta substituição parcial de agregado miúdo poderá levar à redução dos impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil, como por exemplo a diminuição do consumo de agregados miúdos e destinar uma considerável quantidade de borracha de pneus que são descartados incorretamente.

PALAVRAS CHAVES: Lascas de borracha; Concreto com borracha; Construção sustentável; Reciclagem de pneu; Concreto sustentável.

ABSTRACT

This research aims to analyze the behavior of concrete with partial replacement of medium sand aggregate by rubber chips in cylindrical concrete samples coming from tire retreading and its technical viability in civil construction. From the literature review and the laboratory experiments, following the Brazilian technical norms, the granulometric determination of fine and medium sand and the rubber chips in order to verify the similar characteristics of the reusable material with one of the respective aggregates, for later replacement of this material. Then, still in the laboratory, the molding, curing, rectifies and disruptions were carried out, for the analysis of axial compression resistance of the concrete. Analyzing the results found, it is observed that the mechanical properties of the concrete are altered, and in small percentages it has a small variation. In addition to the changes associated with mechanical properties, such a method may lead to reduction in the environmental impacts generated by the construction sector, for example the reducing of the demand of small aggregates and to allocate a considerable amount of tire rubber that if discarded incorrectly.

KEY WORDS: Rubber stakes; Concrete with rubber; Sustainable building; Tire recycling; Sustainable concrete.



1. INTRODUÇÃO

O projeto possui como objetivo analisar as mudanças das características físicas do concreto com a substituição parcial do agregado miúdo por lascas de borracha, visando assim, determinar se este material é tecnicamente compatível com o concreto e se sua utilização trará benefícios a o setor da construção civil.

Tal processo poderá acarretar na redução dos impactos ambientais gerados pelo setor da construção civil, como por exemplo, diminuir o consumo de agregados miúdos e mitigar a quantidade de pneus descartados incorretamente, e que acabam propiciando a propagação de doenças pelo acúmulo de água e proliferação de insetos nesta água estancada.

Para a realização do projeto, primeiramente foi efetuada uma revisão bibliográfica, analisando as principais características dos materiais a serem utilizados e as normas brasileiras para efetuar os procedimentos de ensaio e estudos sobre os temas abordados.

Após a realização da revisão bibliográfica, iniciaram-se os procedimentos experimentais visando a verificação da viabilidade técnica da implantação das lascas de borracha em substituição parcial ao agregado miúdo no concreto, suas vantagens e desvantagens bem como as características apresentadas após moldagem e cura do concreto, e para isso foram realizados ensaios de compressão axial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Conselho Internacional da Construção (CIB) aponta a indústria da construção civil como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais (OLIVEIRA, 2013). Para se ter uma noção de valores, o Brasil possuía uma produção de concreto e argamassa, no ano de 2000, de 220 milhões de toneladas de recursos naturais como areia, brita e calcário, entre outros (JOHN, 2000). A preservação dos recursos naturais deve ser conciliada ao crescimento econômico de maneira que não acarrete o esgotamento dos bens naturais, contribuindo assim, para um desenvolvimento sustentável.

Segundo Milhorange (2016), o Brasil, junto de outros quatro países (China, Índia, EUA e Turquia), estão entre os principais produtores de cimento do mundo. Juntos, são responsáveis por 70% desta produção. O grupo também está entre os grandes mineradores de areia, sendo 80% desta extração, destinada a indústria da construção civil, como por exemplo, para a produção de concretos e vidros.

Além dos impactos referentes ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. A construção civil gera hoje uma grande quantidade de resíduos, causando sérios problemas relacionados ao meio ambiente, fazendo-se necessário identificá-los para buscar soluções cabíveis e eficientes para que estes sejam minimizados, evitando problemas futuros mais sérios. A contribuição sustentável na construção civil pode gerar inúmeros benefícios ao meio ambiente, tais como: redução no consumo de recursos naturais não renováveis, quando substituídos por resíduos reciclados; redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem; redução do consumo de energia durante o processo de produção; redução da poluição, entre outros.

Na busca de minimizar os impactos ambientais provocados pela construção, surge a iniciativa para uma construção sustentável. Partindo disso, vem crescendo a ideia do uso de materiais reciclados na construção civil como as lascas de borracha, provenientes da recapagem de pneus. Dessa forma além de reduzir tais impactos, a utilização das mesmas poderá reduzir o número de pneus destinados em locais inapropriados como aterros, terrenos baldios, pois quando tal ato acontece torna-se um problema de saúde pública, pelo acúmulo de água das chuvas, propiciando a propagação de doenças como a dengue, febre amarela, entre outras.

Foi organizado pelos Sistemas Corporativos (Siscorp) e divulgado pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) uma análise da frota de veículos no Brasil, segundo esse banco de dados do DENATRAN, em março de 2016 a frota brasileira era composta por 90.392.168 veículos licenciados, com suas identificações extraídas do CRV-Certificado de Registro do Veículo. No Plano Nacional de Energia 2050, foi apresentada uma análise pela Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2014, p. 98) do Ministério de Minas e Energia (MME), no qual se estima que a frota de veículos leves em 2050 atinja cerca de 130 milhões de unidades. Esta frota resulta em uma taxa de aproximadamente 1,6 habitantes/veículo em 2050.

Quanto à produção de pneus, a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2017), afirma que foram vendidos cerca de 70,7 milhões de unidades de pneus durante o ano de 2016. Deste valor, 63,4% foram utilizados para reposição. Assim sendo, mais de 44,8 milhões de unidades foram descartadas. Assim verifica-se que, teremos sempre um aumento na exploração de recursos naturais não renováveis e maior acúmulo de descartes que necessitam de muito tempo para entrarem em decomposição, incluindo os pneus. Diante desta situação agravante, vê-se uma das saídas na reciclagem.

A reciclagem de pneus abrange a coleta, o transporte, a trituração e a separação dos componentes que constituem o pneu, ou seja, a borracha, o aço e a lona. Estes elementos são transformados em matérias primas novamente. Conforme Axiole e Melo (2016) o processo de reciclagem resulta na borracha pulverizada ou granulada, estas matérias primas são utilizadas em misturas asfálticas, em revestimentos de quadras e pistas de esportes, fabricação de tapetes automotivos, adesivos etc.

Diante dos diversos problemas ambientais presentes na atualidade, percebe-se a necessidade da reciclagem e da reutilização. Assim sendo, este estudo, sobre a viabilidade técnica para a reutilização de lascas de borracha de pneu residuais como alternativa de agregado adicionado ao concreto, pode contribuir consideravelmente na construção civil sustentável.

Seguindo um estudo da avaliação do comportamento do concreto com adição de borracha obtida a partir da reciclagem de pneus para aplicação em elementos pré-moldados, que foi produzida por Santos (2004), de forma geral, ocorre uma redução nas propriedades físicas e mecânicas do concreto. Sendo que essa redução depende da forma, da quantidade e do tamanho das partículas de borracha que são adicionadas ou substituídas no concreto. A substituição de até 45% de volume do agregado miúdo por lascas de borracha triturada em dimensões parecidas com ao agregado substituído pode causar perdas na resistência à compressão em torno de 50%, tanto para corpos-de-prova cilíndricos como cúbicos.

Com a substituição do agregado graúdo as perdas são de 60% para a resistência à compressão em corpos-de-prova cilíndricos, com essa substituição pela borracha, nestas circunstâncias, as perdas acontecem de forma diferenciada entre as diferentes propriedades do concreto.

Em ensaios realizados no laboratório seguindo estes aspectos confirmou-se uma perda de resistência do concreto, todavia notou-se um aumento na tenacidade.

O comportamento do concreto com borracha, sofrendo esforços de colisões, foi estudado por Avcular (1997). Em seus resultados pode-se notar que o concreto com lascas de borracha resistiu de forma satisfatória, e tal fato se intensifica à medida que se controla a quantidade exata de borracha no concreto.

O estudo da borracha como fibras para concreto é mais recente e ocorre em menor número segundo Santos (2004), nesta mudança do agregado, a principal modificação está nos percentuais de borrachas adicionados, que estão entre 0,5% e 2,5% do volume da mistura.

Analisando experimentalmente a resistência à compressão do concreto com adição de borracha devem ser analisados aspectos que abrangem a metodologia empregada pelos autores e ensaios técnicos, é preciso ressaltar o processo de peneiramento utilizado para observar os tamanhos das lascas.

Nesta pesquisa, verificou-se que quando a borracha é inserida no concreto em proporção similar à do cimento, na mesma proporção de volume, as perdas são menores. Entretanto, é de ciência que a presença da borracha não pode diminuir o volume da brita, pois ocasionaria a perda das características do concreto.

Analisa-se também, que o tamanho e a geometria das lascas têm influência significativa no concreto, sendo que com fibras mais grossas apresentam maior resistência à compressão que os concretos com borrachas mais finas. A literatura e pesquisas apresentam uma grande lista de aplicações deste novo concreto com adição de borracha como: construções rodoviárias, painéis de paredes e elementos para composição de barreiras, sendo que esses podem ser submetidos a impactos.

A partir das observações e pesquisas feitas na literatura, pode-se definir uma metodologia a ser empregada na investigação e análise desse método de ensaio e pesquisa, sendo necessários detalhamento e especificações precisas para o uso seguro e efetivo do material.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização dos materiais

Inicialmente foi realizado um estudo comparativo dos perfis granulométricos entre os agregados miúdos (areia fina e média) e as lascas de borracha, a fim de estabelecer qual deles mais se assemelha às fibras, em granulometria, para a posterior substituição.

O teste foi realizado de acordo com a NBR 248 – Determinação da composição granulométrica, com o objetivo de padronizar as areias média e fina, além das lascas de borracha. Para isso, utilizou-se do agitador mecânico, amostras devidamente secas e as seguintes peneiras (mm): 4,5 – 4 – 3,35 – 2,8 – 2,36 – 1,18 – 0,6 – 0,3 – 0,15 – 0,075 e fundo, todas posicionadas em ordem crescente da base para o topo.

Com esse teste foi estabelecida a faixa granulométrica da areia fina caracterizada com 0,075mm – 0,3mm e a areia média com 0,3mm – 1,18mm. As lascas de borracha obtiveram uma curva granulométrica com características próximas à granulometria da areia média, conforme pode ser observado nos gráficos.

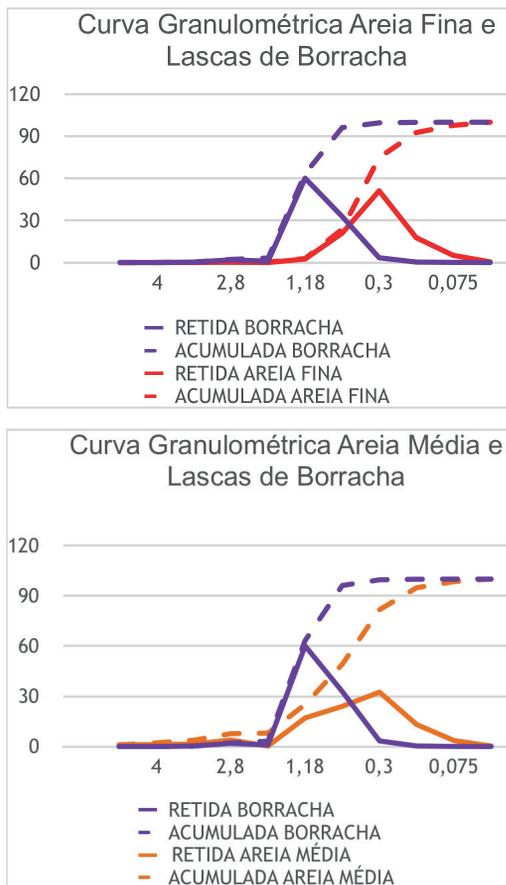


Gráfico 1 – Curvas Granulométricas Agregados miúdos e lascas de borracha
Fonte: Elaborado pelo autor

Através do ensaio de granulometria, foi possível determinar qual dos dois agregados miúdos (utilizados no traço), seria substituído pelas lascas de borracha, comparando a granulometria dos materiais, pois para a substituição de um material por outro, os mesmos precisam possuir semelhança no tamanho de seus grãos, dessa forma foi feita a escolha do agregado com maior semelhança granulométrica quando comparada ao material estudado. Observando os gráficos pode-se perceber uma maior similaridade entre a areia média e as lascas de borracha. E devido tal semelhança determinou-se que, a borracha iria substituir porcentagens no volume da areia média.

O aglomerante utilizado foi o cimento Portland - CP II Z - 32 e como agregado graúdo, utilizou-se da pedra brita zero, peneirada em granulometria de 4,5mm - 9,5 mm.

3.2. Moldagem, cura, retífica e rompimento dos corpos de prova.

Iniciaram-se os procedimentos para a moldagem dos corpos de prova de concreto referencial (CR) – convencional – e dos corpos de prova com substituição da areia

média pelas lascas de borracha. As substituições testadas, em percentuais, foram de 4%, 8%, 12%, 16% e 20% do volume da areia média nos primeiros testes feitos com corpos de prova. Ao analisar os resultados encontrados percebeu-se uma grande variação na resistência encontrada nos corpos de prova com a borracha. Sendo assim, foram realizados novos testes com porcentagens menores, sendo estas de 1%, 2%, 3% e 4%, onde esses testes tiveram um resultado mais satisfatório em relação à primeira etapa de testes. Os testes foram efetuados seguindo as normativas brasileiras: NBR 9479 – Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto, NBR 5738 – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

Para o corpo de prova de referência (CR), utilizaram-se os seguintes materiais: 6,9 kg de cimento CP- II- Z- 32; 11,7 kg areia média; 12,7 kg de pedra zero e 3,5 L de água, sendo um traço de 1: 1,7: 1,84: 0,5.

Após a pesagem de todos os materiais, iniciou-se a moldagem dos corpos de prova, sendo eles introduzidos na betoneira na seguinte ordem: pedra 0; uma fração da água; cimento; areia/borracha (quando necessário) e outra fração da água. Este processo foi realizado em um período de 10 a 15 minutos, com paradas para a remoção de concreto preso ao fundo da betoneira. Quando atingida uma consistência homogênea, o concreto foi introduzido aos moldes dos corpos de prova cilíndricos, para testes de resistência à compressão axial, todos os moldes untados com óleo realizado o adensamento, conforme recomenda a NBR 5738.

Após 24 horas de sua moldagem, os corpos de prova foram desformados e submetidos à cura, sendo os corpos de prova cilíndricos submetidos a cura na câmara úmida, posteriormente foi efetuada a retífica e os testes de resistência à compressão axial a cada 7 dias, com a utilização da prensa hidráulica.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Após o rompimento dos corpos de prova cilíndricos na prensa hidráulica, obtiveram-se os resultados das resistências à compressão axial dos corpos de prova descritos abaixo. Ressaltando que os corpos de prova que continham 3% e 4% de lascas de borracha foram moldados com concretos com uma porcentagem menor de água, com objetivo de manter a mesma fluidez, e o mesmo desempenho em relação ao concreto referencial.

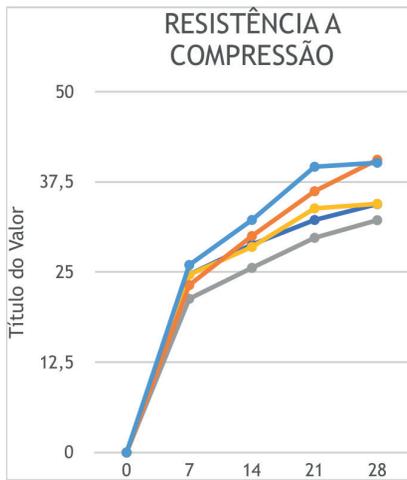


Gráfico 2 – Resistência a Compressão Axial Mpa/Dias
Fonte: Elaborado pelo autor

Traço/Dias	7	14	21	28
CR	25,985546	32,225693	39,599	40,153
1%	23,193332	30,00007	36,2046	40,571
2%	21,302571	25,587022	29,7531	32,193
3%	24,649918	28,488735	33,8325	34,454
4%	24,670289	28,818504	32,2219	34,423

Tabela 1 – Resistência a Compressão Axial Mpa/Dias
Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar os resultados encontrados, as resistências obtidas com os ensaios de ruptura dos corpos de prova, conclui-se que quando se realiza o aumento da porcentagem de lascas de borracha no concreto sua resistência diminui como é verificável no gráfico 1 disposto acima. Entretanto, analisando os corpos de prova com adição de lascas de borracha pode-se observar uma maior coesão pós-ruptura, os fragmentos não se desintegraram completamente, ficando juntos e possivelmente “presos” ao corpo de prova, como se pode observar na figura 1 apresentada a seguir onde demonstra um corpo de prova com adição de borracha e o corpo de prova referencial.

Analisando no aspecto em geral a melhor relação encontrada para o corpo de prova em relação à resistência foi o ensaio realizado com o traço que possuía 1% de lascas de borracha em substituição do agregado miúdo, sendo que estes corpos de prova mantiveram a resistência do concreto referencial, analisando os 28 dias de cura conforme é solicitado pela norma. Desta forma o resultado encontrado se mostra satisfatório, pois se manteve a resistência do concreto diminuindo uma pequena quantidade de matéria prima e acrescentando um material reutilizável, sendo a borracha um material inutilizado dos pneus usados dando um destino ecologicamente correto a este material.



Figura 1 – Corpos de prova após ensaio de compressão.
Fonte: Elaborado pelo autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar uma análise dos resultados obtidos logo depois do rompimento dos corpos de prova, chegou-se a concluir que ao elevar à quantidade da adição das lascas de borracha as propriedades mecânicas do concreto são alteradas, tendo uma redução da resistência à compressão axial nos corpos de prova ensaiados, mas perante os resultados, podemos constatar que ao fazer a substituição do agregado miúdo pelas lascas de borracha em uma pequena quantidade pode-se obter um resultado satisfatório para o concreto, mantendo as características de resistência do concreto referencial como demonstrado nos resultados obtidos.

Todavia analisados todos os aspectos e resultados encontrados não se recomenda a utilização desse material com as lascas de borracha para concretos com funções estruturais.

Mesmo assim, o concreto estudado com as lascas de borracha pode se tornar viável para outras demandas na construção civil, pois se observa alguns benefícios relacionados às propriedades do concreto e às questões ambientais, como a possível redução do consumo de areia, que ocasionaria a redução da extração da matéria prima e podendo ocasionar um aumento na reciclagem dos pneus inutilizados e descartados ao meio ambiente, sendo assim, pode-se dizer que esse concreto é um material voltado à sustentabilidade ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro Universitário Curitiba Unicuritiba, e ao Engenheiro Renato Braga Coelho Neto, coordenador do curso de Engenharia Civil do Unicuritiba.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9479**: Câmaras úmidas e taques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto. Rio de Janeiro, 1994.

_____. **NBR 248** : Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 12142**: Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 5739** : Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. **NBR 5738** : Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS - ANIP. **Fabricação**. 2013. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/?cont=fabricacao>>. Acesso em 04 set. 2017.

_____. **Produção e vendas** - Relatório atualizado em fevereiro de 2017. Disponível em: <<http://www.anip.com.br/arquivos/producao-vendas.pdf>>. Acesso em 03 set. 2017.

AXIOLE, Nahara de Medeiros Cabral; MELO Rita de Kássya Araújo Freitas. **Tecnologias de reutilização: Uma busca por soluções aos impactos ambientais gerados pelo descarte de pneus no Brasil**. Disponível em: <<http://geades.com.br/index.php/ceades/article/view/24/22>>. Acesso em 06 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo IBGE 2013**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2013/>>. Acesso em: 21 out. 2017.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil**. 113 f. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MILHORANCE, Flávia. Base da construção civil, areia é um dos recursos mais valiosos e explorados do mundo.

O Globo. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/base-da-construcao-civil-areia-um-dos-recursos-mais-valiosos-explorados-do-mundo-14960573>>. Acesso em: 20 out. 2016.

OLIVEIRA, Marta. Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto. **Associação Brasileira de Cimento Portland**, São Paulo, ago. 2013. Disponível em: < <http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/> >. Acesso em: 07 nov. 2017.

SISTEMAS CORPORATIVOS - SISCORP. **Perfil da frota de veículos licenciados no Brasil - março de 2016**. Disponível em: <http://www.siscorp.com.br/dados_mercado/arquivos_modelo/PERFIL%20DA%20FROTA%20DE%20VE%20C%3%8DCULOS%20BRASILEIRA.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2017.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9398-6352>

ALEJANDRO SALAZAR GUERRA, MSc. | Centro Universitário Curitiba | Engenharia Civil | Curitiba, PR - Brasil | R. Pery Sotto Maior Bittencourt, 125 – Atuba, Curitiba-PR, 82630140 | E-mail: alejandrosalazarguerra@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1552-7705>

CAIO EDUARDO SAVINO | Centro Universitário Curitiba | Engenharia Civil | Curitiba, PR - Brasil | R. Jussara, 2209 – Sitio Cercado, Curitiba-PR, 81920540 | E-mail: caiosabino_1@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3814-6043>

ELORAH REGINA DINIZ ROCHA | Centro Universitário Curitiba | Engenharia Civil | Curitiba, PR - Brasil | R. Jose de Alencar, 120 Apto 1002 – Cristo Rei, Curitiba-PR, 80050240 | E-mail: elolah.diniz@hotmail.com

COMO CITAR ESTE ARTIGO

GUERRA, Alejandro Salazar; SAVINO, Caio Eduardo; ROCHA, Regina Diniz. Estudo e análise da resistência a compressão de corpos cilíndricos de concreto com substituição parcial do agregado miúdo por lascas de borracha. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 67-73, mar-jun. 2019.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi:<https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2019.v5.n1.67-73>.

DATA DE ENVIO: 19/10/2018

DATA DE ACEITE: 20/02/2019