

Santos, CAAS, Lucena, MS, Moraes, WS, Silva, LC, Silva, DEC, Serra, MAAO & Façanha Filho, PF. (2020). Composite material of mortar and polymer: a sustainable option for civil construction and reuse of waste tires in the city of Açailândia, Brazil. *Research, Society and Development*, 9(7):1-15, e538974591.

Material compósito de argamassa e polímero: uma opção sustentável para a construção civil e reutilização de pneus inservíveis na cidade de Açailândia, Brasil

Composite material of mortar and polymer: a sustainable option for civil construction and reuse of waste tires in the city of Açailândia, Brazil

Material compósito de argamassa e polímeros: una opción sostenida para una construcción civil y reutilización de neumáticos inservibles en la ciudad de Açailândia, Brasil

Recebido: 16/05/2020 | Revisado: 16/05/2020 | Aceito: 21/05/2020 | Publicado: 25/05/2020

Carlos Alberto Andrade Serra dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2436-3677>

Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Centro de Ciências Humanas Sociais Tecnologias e Letras, Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão, Brasil

Faculdade de Imperatriz Wyden, Brasil

E-mail: alberto.quimico@yahoo.com.br

Mario Silva de Lucena

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5921-6012>

Centro de Ciências Humanas Sociais Tecnologias e Letras, Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: mariosdl83@gmail.com

Wendel dos Santos Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6791-4478>

Centro de Ciências Humanas Sociais Tecnologias e Letras, Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: wmorais26@gmail.com

Lucas Carvalho Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3614-4818>

Centro de Ciências Humanas Sociais Tecnologias e Letras, Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: lucascarvalho44067@gmail.com

Debora Emilly Carvalho Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5921-6012>

Centro de Ciências Humanas Sociais Tecnologias e Letras, Universidade Estadual da Região

Tocantina do Maranhão, Brasil

E-mail: deboracarvalho43667@gmail.com

Maria Aparecida Alves de Oliveira Serra

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0952-9560>

Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Saúde e Tecnologia, Centro de Ciências Sociais, Saúde e

Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: cidinhaenfaufc@yahoo.com.br

Pedro de Freitas Façanha Filho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4979-7287>

Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Maranhão, Brasil

Centro de Ciências Sociais, Saúde e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Brasil

E-mail: freitasfacanha@gmail.com

Resumo

O presente trabalho fundamentou-se em produzir e estudar um material compósito formado por argamassa (cimento, areia e água) com a adição de um polímero (resíduo de pneus) visando minimizar custos da construção civil, problemas ambientais e de saúde pública, causados pelo descarte incorreto de pneus inservíveis na cidade de Açailândia, Maranhão, Brasil. Seis corpos de prova de formato cilíndrico foram produzidos com o intuito de delinear o sedimento, sendo que três destes foram reforçados com 70 g de borracha, processados com 20228 g de cimento, 2212 g de areia e 1,5 litros de água. Os outros três apenas com cimento areia e água. Foram realizados testes de desgaste por abrasão e compressão para caracterizar a argamassa no estado endurecido. Para teste de compressão, utilizou-se uma prensa hidráulica com intuito de mensurar a resistência mecânica da argamassa tradicional e da argamassa com adição da borracha de pneu. Os resultados mostraram a potencialidade de eficácia da argamassa desenvolvida com o composto de cimento, areia e água que possuíam as mesmas características da mistura da argamassa tradicional apenas com o diferencial da incorporação do polímero. No teste de resistência à compressão o compósito apresentou resistência superior

à mínima indicada para o revestimento interno e externo dos traços com o agregado de borracha (NBR-7215), sendo constatado seu potencial como material isolante, resistência dos intemperes e preservação da temperatura do ambiente (NBR-13278), assim este material compósito atendeu aos critérios de ser uma opção sustentável tanto para a construção civil como para o meio ambiente.

Palavras-chave: Pneus inservíveis; Compósito; Construção Civil; Sustentabilidade.

Abstract

That research was based on producing and studying a composite material formed by mortar (cement, sand, and water) with the addition of a polymer (tire residue) in order to minimize construction costs, environmental and public health problems, caused by incorrect disposal of waste tires in the city of Açailândia, Maranhão, Brazil. Six cylindrical specimens were produced in order to outline the sediment, three of which were reinforced with 70g of rubber, processed with 20228g of cement, 2212g of sand, and 1.5 liters of water. The other three only with cement sand and water. Abrasion and compression wear tests were performed to characterize the mortar in the hardened state. For compression testing, a hydraulic press was used in order to measure the mechanical strength of traditional mortar and mortar with the addition of tire rubber. The results showed the potential effectiveness of the mortar developed with the cement, sand, and water compound that had the same characteristics as the traditional mortar mixture only with the polymer incorporation differential. In the compressive strength test, the composite presented a resistance higher than the minimum indicated for the internal and external coating of the strokes with the rubber aggregate (NBR-7215), being verified its potential as an insulating material, resistance of the weathering and preservation of the ambient temperature (NBR-13278), so this composite material met the criteria of being a sustainable option for both civil construction and the environment.

Keywords: Waste tires; Composite; Construction; Sustainability.

Resumen

El presente trabajo se basó en la producción y el estudio de un material compuesto formado por mortero (cemento, arena y agua) con la adición de un polímero (residuos de neumáticos) para minimizar los costos de construcción, los problemas ambientales y de salud pública, causados por eliminación incorrecta de llantas de desecho en la ciudad de Açailândia, Maranhão, Brasil. Se produjeron seis muestras cilíndricas para delinear el sedimento, tres de las cuales fueron reforzadas con 70 g de caucho, procesadas con 20228 g de cemento, 2212 g de arena y 1.5 litros de agua. Los otros tres solo con cemento, arena y agua. Se realizaron pruebas de desgaste por abrasión y compresión para caracterizar el mortero en estado endurecido. Para las pruebas de compresión, se utilizó una prensa hidráulica para medir la resistencia mecánica del mortero tradicional con la adición

de caucho para neumáticos. Los resultados mostraron la efectividad potencial de mortero desarrolladas con el compuesto de cemento, arena y agua que tenían las mismas características de la mezcla del mortero tradicional solo con la diferencia de la incorporación del polímero. En la prueba de resistencia a la compresión, el compuesto presentó una resistencia superior al mínimo indicado para el recubrimiento interno y externo de los trazos con el agregado de caucho (NBR-7215), verificándose su potencial como material aislante, resistencia a la intemperie y preservación de la temperatura ambiente. (NBR-13278), por lo que este material compuesto cumplió con los criterios de ser una opción sostenible tanto para la construcción civil como para el medio ambiente.

Palabras clave: llantas de desecho; Compuesto; Construcción civil; Sustentabilidad.

1. Introdução

A poluição ambiental é um problema tópico atualmente, pois, as atividades humanas geram uma grande quantidade de resíduos diferentes a cada ano. Em todo o mundo, a quantidade de desperdício de borracha aumentou gradualmente nos últimos anos (Topçu & Saridemir, 2008). Além disso, o descarte de produtos de borracha deve ser um dos objetivos da sociedade, com investimentos na reciclagem de seus produtos e elaboração formas alternativas para destinação de produtos que atingiram o final de sua vida útil (Henkes & Rodrigues, 2015). Assim, há necessidade de adequação dos processos de produção e o desenvolvimento de materiais ecologicamente sustentáveis para mitigar os problemas ambientais que possam ser ocasionados em todos os setores do desenvolvimento humano (Forcato *et al.*, 2017).

A produção aproximada de resíduos no Brasil é de 76 milhões de toneladas ao ano, e cerca de apenas 3% destes resíduos são reciclados (Brasileiro & Matos, 2015) e estes indicadores devem ser relacionados a questões de saúde pública. A produção média dos resíduos sólidos urbanos tem crescido e apresenta a taxa de 1 Kg por habitante/dia no Brasil, apresentando similaridade ao padrão de alguns países da União Europeia e no que diz respeito ao consumo é equiparado ao dos cidadãos dos Estados Unidos da América que são os maiores produtores de resíduos sólidos urbanos per capita, apesar de o Brasil apresentar grandes diferenças regionais (Brasileiro & Matos, 2015; da Silva Segantini & Wada, 2011). Parte destes resíduos pode decorrer das ações e atividades inerentes ao processo produtivo, incluindo desde a obtenção dos insumos básicos, da produção dos componentes e elementos, como também a etapa de utilização.

O gerenciamento e descarte de pneus usados é uma grande preocupação ambiental em

muitos países. O armazenamento em estocagem é perigoso, não apenas devido a um impacto ambiental potencialmente negativo, mas também porque apresenta risco de incêndio e fornece um terreno fértil para ratos, camundongos, vermes e mosquitos (Elchalakani *et al.*, 2016; Brown *et al.*, 2001). O gerenciamento de resíduos de pneus está se tornando cada vez mais um problema ambiental, de saúde e estético significativo que não é facilmente resolvido.

O uso de pneus usados como aditivo de concreto é uma possível solução para o descarte sustentável deste tipo de material (Khaloo *et al.*, 2008).

A importância da reciclagem de pneus usados juntamente com o interesse em superar os defeitos de concreto mencionados motivou um conjunto significativo de estudos relacionados ao concreto emborrachado (Fazzan *et al.*, 2016). A modificação das propriedades do concreto pela adição de materiais apropriados é um campo popular de pesquisa em concreto (Li & Li, 1998; Guo *et al.*, 2014). A natureza frágil do concreto e sua baixa resistência ao carregamento, em comparação com outros materiais, levaram ao uso de partículas de resíduos de pneus como agregado de concreto para remediar ou reduzir esses atributos negativos (Harish & Shivakumar, 2013). Partículas elásticas e deformáveis de borracha de pneu podem melhorar as propriedades do concreto (Hesami *et al.*, 2016).

Propriedades, testes e design da borracha como material de engenharia foram investigados em 1960 (Khaloo *et al.*, 2008). Em outros trabalhos foram usadas partículas de borracha de pneu como agregados de concreto, elucidando propriedades do concreto emborrachado e propuseram uma abordagem analítica para prever a resistência do concreto emborrachado (Eldin & Senouci, 1993,1994; Huang *et al.*, 2005; Hesami *et al.*, 2016). O concreto de cimento Portland emborrachado foi estudado a partir deste foram oferecidos alguns usos práticos do concreto emborrachado, incluindo redução (Khatib & Bayomy, 1999; Pelisser *et al.*, 2011). Outros estudos revelaram que as propriedades do concreto emborrachado são afetadas pelo tipo, tamanho, conteúdo e pelo procedimento de incorporação da borracha no concreto (Albuquerque *et al.*, 2019).

No Maranhão são produzidos cerca de 1.100.000 toneladas/ano de cimento. A três maiores fábricas instaladas localizam-se duas em São Luís e outra no município de Codó. Na cidade de Açailândia são produzidos em média 3.500 m³/mês e 42.000 m³/ano.

O consumo em todo o estado é ordem de 1.500.000 toneladas, ou seja, o estado importa anualmente de outros estados, uma cifra de 400.000 toneladas/ano de cimento Portland (Icibra, 2020). Uma argamassa de boa qualidade para uso estrutural pode desenvolver suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água) de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015; dos Santos Nascimento *et al.*, 2018). Assim surge

necessidade de aliar economia na indústria de construção civil com a utilização de pneus inservíveis. Portanto, considerando fatores como o descarte incorreto de pneus no seu pós-uso, grande volume de produção de concreto e a necessidade de se obter alternativas menos impactantes destes materiais no final de seus ciclos de uso para o meio ambiente na cidade de Açailândia no estado do Maranhão, objetivou-se nesta pesquisa a produção e estudo de um material compósito, uma argamassa formada por cimento, areia, água e borracha provenientes de pneus inservíveis.

2. Materiais e Métodos

2.1 Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo exploratório descritivo aplicado que possui método experimental por objeto de estudo à influência de variáveis, em condições controladas e conhecidas pelos investigadores feito na cidade de Açailândia-MA (Pereira *et al.*, 2018).

2.2 Moagem dos pneus

O resíduo de borracha foi obtido a partir da reciclagem de pneus inservíveis proveniente do processo de moagem mecânica, onde houve a separação das fibras de poliamida, fibras de aço e borracha. Este resíduo foi preparado em uma empresa renovadora de pneus, que processa a borracha e demais constituintes de pneus inservíveis por meio de trituração mecânica no município de Açailândia-MA.

Figura 1- Resíduo de borracha proveniente da moagem dos pneus.



Fonte: Autor

A Figura 1 acima mostra o preparado em uma usina recicladora de pneus, que processa a borracha e demais constituintes de pneus inservíveis por meio de trituração mecânica, obtendo o tamanho de partículas de 4,8mm apresentando formato homogêneo em sua totalidade.

2.3 Molde do corpo de prova

Para moldagem do corpo de prova em concreto, foi utilizado um cano PVC com diâmetro obtendo 100 mm, fazendo assim a modelagem cilíndrica da argamassa de acordo com norma NBR 5738 (ABNT, 2003). A forma cilíndrica para concreto possui uma abertura diametral facilitou a extração do corpo de prova, e por ser material polimérico protegeu a contaminação por resíduos de concreto.

2.4 Preparo da argamassa

Foram produzidas duas massas, uma com a adição do polímero e outra sem o polímero. Foram utilizados os seguintes componentes: água, cimento, areia, raspas de pneus por meio de dosagem empírica. A seleção desses materiais proporcionou a melhoria da qualidade da argamassa.

2.5 Produção do corpo de prova

Seis blocos de formato cilíndrico foram confeccionados com o intuito de delinear o sedimento, sendo que três destes foram reforçados com 70g de borracha, processados com 20228g de cimento, 2212g de areia e 1,5 litros de água. Os outros três apenas com cimento areia e água. Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas, e logo em seguida passaram 08 dias em processo de cura.

Figura 2- Corpos de prova.



Fonte: Autor.

A Figura 2 mostra os seis blocos de concreto produzidos e a nomenclatura utilizada para identificação foi CN/S e CN/C, onde C corresponde ao corpo, N ao numero do corpo, S ausência do polímero e C presença do polímero. Assim, C1/S possui a identificação do corpo de prova um sem o polímero, C2/S corpo de prova dois sem o polímero, C3/S corpo de prova três sem o polímero, C1/C corpo de prova um com o polímero, C2/C corpo de prova dois com o polímero e C3/C possui a identificação do corpo de prova três com o polímero.

2.6 Teste de desgaste por abrasão e de compressão

Foram realizados ensaios de desgaste por abrasão e compressão para caracterizar a argamassa no estado endurecido. Para teste de compressão, utilizou-se uma prensa hidráulica com intuito de mensurar a resistência mecânica da argamassa tradicional e da argamassa com adição da borracha de pneu. Estas caracterizações foram feitas nas instalações da Franco Engenharia localizada no município de Imperatriz, distante aproximadamente 70 Km de Açailândia .

Figura 3- Prensa hidráulica utilizada.



Fonte: Autor.

Na Figura 3 acima, pode-se visualizar a prensa hidráulica que foi utilizada para os testes de resistência mecânica dos corpos de prova de acordo com NBR-7215 (ABNT, 2019). Este equipamento trata-se uma prensa hidráulica manual que possui curso máximo do pistão de 35 mm, com indicador de carga eletrônica, digital, com memória de carga máxima atingida no ensaio marcado com a seta preta e possui capacidade máxima de 100 toneladas. Permite também ensaios de compressão axial e tração na flexão em corpos de prova prismáticos,

inclusive blocos duplos por ter uma altura diferenciada. Possui prato superior ajustável através do fuso marcado com a seta vermelha, não havendo, portanto, necessidade de avanço rápido para aproximação na fase preparatória do ensaio e grade de proteção para evitar acidentes com estilhaços no rompimento do corpo de prova.

3. Resultados e Discussões

No ensaio de desgaste por abrasão, os corpos de prova provenientes com argamassa sem adição do pó de borracha, apresentaram desgaste 8,25 mm, em média, aos 1000 m de percurso e, enquanto os com adição de borracha, apresentaram valor de 4,75 mm de desgaste, aos 1000 m, obtendo-se assim, um aumento de 45,78 % da resistência de desgaste à abrasão.

Os dados obtidos no teste de prensagem dos blocos de argamassa com o polímero mostraram que sua resistência é bem superior à mínima indicada para o revestimento interno e externo segundo a NBR-13279 (ABNT, 2005) tornando assim, viável sua utilização e podendo possivelmente proporcionar boa acústica, preservação da temperatura do ambiente e resistência a intemperes.

Tabela 1: Características dos blocos de argamassa com o polímero.

Corpo de prova	Área (mm ²)	Força de ruptura (N)	Tensão de ruptura (MPa)
C1/C	7850	107873.15	13.74
C2/C	7850	121602.25	15.49
C3/C	7850	128467.11	16.36

Fonte: Autor.

A Tabela 1 mostra as principais características do compósito de argamassa com a fibra de pneu de borracha. As características dos blocos de argamassa com o polímero C1/C, C2/C e C3/C foram calculadas a partir do cálculo da área de um círculo e obteve-se em mm² o valor de 7850 para as três amostras. A força de ruptura foi obtida através dos testes de compressão na prensa hidráulica estes valores apresentados em newtons (N). Os valores obtidos foram C1/C = 107873,15 N, C2/C= 121602,25 N e C3/C= 128467,11 N. Para

cálculo da tensão de ruptura dos corpos de prova o utilizou-se a equação força dividido pela área ($P = F/A$) com valores em Megapascal (Mpa). Os valores obtidos foram $C1/C = 13,74$ MPa, $C2/C = 15,49$ Mpa e $C3/C = 16,36$ MPa. Observou-se diferença nos valores tanto de força de ruptura quanto tensão de ruptura nos três corpos de prova na seguinte proporção $C1/C < C2/C < C3/C$. Esse comportamento foi ocasionado possivelmente pela incorporação de espaços vazios provocada pela fibra de pneu durante a produção dos compósitos. Assim, constatou-se a influência de ar incorporado na argamassa quanto à sua resistência mecânica.

Tabela 2: Características dos blocos de argamassa sem o polímero.

Corpo de prova	Área (mm ²)	Força de ruptura (N)	Tensão de ruptura (MPa)
C1/S	7850	201745,01	25,70
C2/S	7850	181256,52	23,09
C3/S	7850	167597,54	21,35

Fonte: Autor.

A Tabela 2 acima mostra as principais características do compósito de argamassa sem a fibra de pneu de borracha. As características dos blocos de argamassa com o polímero C1/S, C2/S e C3/S foram calculadas a partir do cálculo da área de um círculo e obteve-se o valor de 7850 mm² para as três amostras, mesmo resultado aprestado para os corpos de prova com a presença do polímero. A força de ruptura foi obtida através dos testes de compressão na prensa hidráulica estes valores apresentados em newtons (N). Os valores obtidos foram $C1/S = 201745,01$ N, $C2/S = 181256,52$ N e $C3/S = 167597,54$ N. Para cálculo da tensão de ruptura dos corpos de prova o utilizou-se a equação força dividido pela área ($P = F/A$) com valores em Megapascal (Mpa). Os valores obtidos foram $C1/C = 25,70$ MPa, $C2/C = 23,09$ Mpa e $C3/C = 21,35$ MPa. Observou-se diferença nos valores tanto de força de ruptura quanto tensão de ruptura nos três corpos de prova na seguinte proporção $C3/C < C2/C < C1/C$.

Os resultados obtidos nas três amostras sem a adição do polímero de fibra de borracha (pneu), tanto na força de ruptura quanto na tensão de ruptura estão em conformidade com os valores indicados na norma NBR 13278 (ABNT, 2005).

4. Considerações Finais

Este estudo buscou avaliar a viabilidade técnica da produção de um material compósito formado por concreto e polímero proveniente de pneus inservíveis como opção para minimizar custos na construção civil e minimização dos impactos ambientais causados pelos pneus usados no município de Açailândia no estado do Maranhão. Por meio dos ensaios realizados verificou-se resistência das propriedades mecânicas do concreto com e sem o polímero.

A avaliação dos resultados do comportamento do compósito com polímero por meio dos testes de abrasão e prensagem mostrou valores que geram a possibilidade de aplicação desta argamassa na construção civil podendo se comportar como material isolante, mas que a argamassa composta de fibra de borracha de pneu não é tão recomendada para o traço estrutural, pois apesar de seu ganho em flexibilidade a mesma no traço elaborado não foi superior no traço tradicional (cimento, areia). A utilização do novo traço (cimento, areia, borracha de pneu), possivelmente pode ser utilizada em acabamentos de meio fio, gerando menores custos para esta finalidade na construção civil, podendo também auxiliar na diminuição dos impactos causados na saúde pública, pois os pneus inservíveis descartados de forma incorreta podem ser veículos de transmissão de doenças infecciosas além poluir efetivamente o meio ambiente.

Como opção para futuros estudos, propõe-se utilizar outros polímeros em diferentes percentuais de concentração, ou uma mistura entre dois ou mais polímeros diferentes para compor a argamassa e avaliar suas características químicas e estruturais.

Referências

ABNT (2003). NBR 5738: *Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova*. Acesso em: 9 abril 2020, Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%2015_aula.pdf

ABNT (2004) NBR 10004: *Resíduos sólidos – Classificação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 77 p. Acesso em: 10 abril 2020, Disponível em: <http://www.videverde.com.br/docs/NBR-n-10004-2004.pdf>.

ABNT (2005). NBR-13278: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado*. Acesso em: 10 abril 2020, Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3682>

ABNT (2005). NBR-13279: *Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão*. Acesso em: 10 abril 2020, Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3685>

ABNT (2015). NBR 12655: *Concreto de cimento Portland–Preparo, controle, recebimento e aceitação–Procedimento*. Rio de Janeiro. Acesso em: 12 abril 2020, Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=329285>

ABNT (2019). NBR-7215: *Concreto–ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndrico: procedimento*. Acesso em: 11 abril 2020, Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=413557>

Albuquerque, A, dos Santos, SB, Calmon, J, & da Silva Filho, LCP. (2019). Análise termomecânica de um elemento de concreto massa produzido em concreto com borracha. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 12(3), 580-589.

Brasileiro, LL, & Matos, JME. (2015). Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, 61(358), 178-189.

Brown, KM, Cummings, R, Mrozek, JR, & Terrebonne, P. (2001). Scrap tire disposal: three principles for policy choice. *Natural Resources Journal*, 9-22.

da Silva Segantini, AA, & Wada, PH. (2011). Estudo de dosagem de tijolos de solo-cimento com adição de resíduos de construção e demolição. *Acta Scientiarum. Technology*, 33(2), 179-183.

dos Santos Nascimento, A, Moliterno, DG, Senobio, JAM., Oliveira, MTM., da Silva Costa, MV, & Pagoto, A. (2018). Substituição de agregado muído do concreto simples por polipropileno (PP). *Diálogos Interdisciplinares*, 7(4), 6-11.

Edinçlıler, A, Baykal, G, & Saygılı, A. (2010). Influence of different processing techniques on the mechanical properties of used tires in embankment construction. *Waste Management*, 30(6), 1073-1080.

Elchalakani, M, Aly, T, & Abu-Aisheh, E. (2016). Mechanical properties of rubberised concrete for road side barriers. *Australian Journal of Civil Engineering*, 14(1), 1-12.

Elchalakani, M. (2015). High strength rubberized concrete containing silica fume for the construction of sustainable road side barriers. In *Structures* (Vol. 1, pp. 20-38). Elsevier.

Eldin, NN, & Senouci, AB. (1993). Rubber-tire particles as concrete aggregate. *Journal of materials in civil engineering*, 5(4), 478-496.

Eldin, NN, & Senouci, AB. (1994). Measurement and prediction of the strength of rubberized concrete. *Cement and Concrete Composites*, 16(4), 287-298.

Fazzan, JV, Pereira, AM, & Akasaki, JL. (2016). Estudo da viabilidade de utilização do Resíduo de Borracha de Pneu em Concretos Estruturais. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 12(6).

Forcato, M, Dias, J., Dalberto, A., & Ortiz, G. (2017). A borracha sintética de chinelos descartados no design de produtos. *DAT Journal*, 2(2).

Guo, YC, Zhang, JH, Chen, GM, & Xie, ZH. (2014). Compressive behaviour of concrete structures incorporating recycled concrete aggregates, rubber crumb and reinforced with steel fibre, subjected to elevated temperatures. *Journal of cleaner production*, 72, 193-203.

Harish, GR, & Shivakumar, MN. (2013). Performance Evaluation of Bituminous Concrete Incorporating Crumb Rubber and Waste Shredded Thermoplastics. *Int. J. Res. Eng. Technol*, 2321(7308), 233-238.

Henkes, JA, & Rodrigues, CM. (2015). Reciclagem de pneus: atitude ambiental aliada à estratégia econômica. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 4(1), 448-473.

Hesami, S, Hikouei, IS, & Emadi, SAA. (2016). Mechanical behavior of self-compacting concrete pavements incorporating recycled tire rubber crumb and reinforced with polypropylene fiber. *Journal of cleaner production*, 133, 228-234.

Huang, B, Shu, X, & Li, G. (2005). Laboratory investigation of portland cement concrete containing recycled asphalt pavements. *Cement and Concrete Research*, 35(10), 2008-2013.

Icibra, C. (2020). *Cimento Itaqui*. Acesso em: 10 abril 2020, Disponível em: <http://cimentoitaqui.com.br/#eluidadc7751d>.

Khaloo, AR, Dehestani, M, & Rahmatabadi, P. (2008). Mechanical properties of concrete containing a high volume of tire–rubber particles. *Waste management*, 28(12), 2472-2482.

Li, Z, Li, F, & Li, JSL. (1998). Properties of concrete incorporating rubber tyre particles. *Magazine of concrete research*, 50(4), 297-304.

Nicácio, J, & Junior, AP. (2019). Saneamento básico, meio ambiente e a saúde pública em Açailândia-MA. *Revista Saúde e Meio Ambiente*, 8(1), 123-136.

Pelisser, F, Zavarise, N, Longo, TA, & Bernardin, AM. (2011). Concrete made with recycled tire rubber: effect of alkaline activation and silica fume addition. *Journal of cleaner production*, 19(6-7), 757-763.

Pereira, AS, Shitsuka, DM, Parreira, FJ & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 17 maio 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Rodrigues, MRP, & Ferreira, OP. (2009). Compósito cimentício com adição de partículas de borracha de pneus inservíveis. *Revista Minerva–Pesquisa & Tecnologia*, 3(3), 255-261.

Siddique, R, & Naik, TR. (2004). Properties of concrete containing scrap-tire rubber—an overview. *Waste management*, 24(6), 563-569.

Silvestravičiūtė, I, & Šleinotaitė-Budrienė, L. (2002). Possibility to use scrap tyres as an alternative fuel in cement industry. *Environmental research, engineering and management*, 3(21), 38-48.

Topçu, İB, & Sarıdemir, M. (2008). Prediction of rubberized mortar properties using artificial neural network and fuzzy logic. *Journal of Materials Processing Technology*, 199(1-3), 108-118.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Carlos Alberto Andrade Serra dos Santos-30%

Mário Silva de Lucena - 15%

Wendel dos Santos Moraes-15%

Lucas Carvalho Silva-15%

Debora Emylle Carvalho Silva-15%

Maria Aparecida Alves de Oliveira Serra-5%

Pedro de Freitas Façanha Filho-5%