

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE MISTURAS DE SOLO-CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE BORRACHA

Lucas Bastos Silva (UTFPR) E-mail: lucas.bastos07@hotmail.com
Augusto Montor de Freitas Luiz (UTFPR) E-mail: augustom@utfpr.edu.br

Resumo: Devido a evolução na geração per capita de resíduos no Brasil, torna-se interessante estudos que buscam melhorar o comportamento, tanto mecânico quanto hidráulico, dos solos através da adição de outros elementos como, por exemplo, cal, vidro e fibras em geral. Cada material é estudado a fim de ceder alguma melhoria quando em composição com os solos, e com a borracha não é diferente, ainda mais por saber que a produção de pneus no país cresce em larga escala. Assim, este estudo propõe-se a avaliar o comportamento de misturas do solo de argiloso de Apucarana/PR e resíduos de borracha provenientes de pneus inservíveis, com introdução de cimento como material aglomerante. Para tal, foi realizada a caracterização dos materiais estudados (solo e borracha) e a avaliação do comportamento mecânico a compressão simples e a tração na compressão diametral de misturas com os teores de 0% (traço referência) 2% e 4% de borracha triturada de pneu, alternando a quantidade de cimento entre 2% e 4%. Baseando-se nos resultados obtidos, observou-se o potencial do uso deste tipo de material em aplicações geotécnicas e, para o caso estudado, o teor ideal foi o de 2% de teor de borracha triturada de pneu, juntamente com 2% de cimento. Conclui-se que, o uso de resíduos de pneu pode ser realizado com o auxílio do cimento obtendo ganho de resistência, sendo assim uma forma de minimização de geração de pneus inservíveis como uma destinação técnica no campo da engenharia civil.

Palavras-chave: solo-cimento com borracha, sustentabilidade, pneus inservíveis.

EVALUATION OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF SOIL-CEMENT MIXTURES WITH ADDITION OF RUBBER WASTE

Abstract: Due to the evolution in per capita generation of waste in Brazil, studies that seek to improve the behavior, both mechanical and hydraulic, of soils through the addition of other elements such as, for example, lime, glass, and fibers in general, become interesting. Each material is studied to yield some improvement when composing with soils, and with rubber it is no different, especially since the production of tires in the country grows on a large scale. Thus, this paper proposes the study of mixtures of a clayey soil with rubber residues from unserviceable tires, with the introduction of cement as a binding material. For the study, the characterization of the studied materials (soil and rubber) was carried out and the mechanical behavior was evaluated using simple compression and traction in the diametrical compression of mixtures with the contents of 0% (reference line) 2% and 4% of crushed tire rubber, alternating between 2% and 4% incorporating cement. Based on the results obtained, the potential of using this type of material in geotechnical applications was observed and, for the case studied, the ideal content was 2% of crushed tire rubber content, along with 2% cement. It is concluded that the use of tire waste can be carried out with the help of cement, obtaining resistance gain, thus being a way of minimizing the generation of unserviceable tires as a technical destination in the field of civil engineering.

Keywords: rubber-cement soil, sustainability, waste tires.

1. Introdução

Segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2021) existe um crescimento massivo na frota de veículos no Brasil. Em 2011 o país apresentava uma frota de 65,2 milhões de veículos e no instante atual de 2021, o Brasil alcança uma frota

de 108,2 milhões de veículos, entre automóveis, comerciais leves, caminhões, ônibus, carretas e motocicletas, ou seja, o Brasil em dez anos apresentou um crescimento de aproximadamente 66% na quantidade de veículos. Consequentemente, a fabricação de pneus para servirem como artefato de movimentação acompanhou essa dinâmica, elevando a necessidade em se criar tanto sistemas quanto ideias inovadoras para coleta e destinação destes materiais a partir do momento em que estes envelhecem e perdem sua finalidade, tornando-se pneus inservíveis.

Pneus processados possibilitam a origem de diversos materiais com granulometrias distintas, portanto podem ser alocados como materiais de construção desde sua forma mais bruta, como é o caso das lascas de pneus, até em granulometrias inferiores, como em forma de migalhas de borracha. Sabe-se que o tamanho das partículas, dentre outras propriedades, representa grande influência no resultado quando se trata da qualidade do produto que se deseja obter (CHRUSCIAK, 2013). Dessa forma, para avaliar a sinergia das misturas de solo-cimento com borracha, torna-se necessário estudar o comportamento granulométrico dos materiais derivados de pneus inservíveis, juntamente com a análise dos materiais de características conhecidas, como o cimento.

Ciente dos impactos ambientais inerentes as suas atividades, o setor da construção civil tende a desenvolver métodos e materiais que possam incorporar resíduos em sua composição para contribuir com o meio ambiente e minimizar os efeitos negativos devido sua atuação devotada para o desenvolvimento do país. Salienta-se que estes resíduos podem ser provenientes da própria indústria da construção civil como, por exemplo, restos de concreto, argamassa, madeira e gesso, conhecidos popularmente como RCC (Resíduos da Construção Civil) e/ou RCD (Resíduo da Construção e Demolição), ou advindos de outras atividades, como é o caso da borracha.

Em conjunto com a possibilidade da inserção de resíduos, torna-se importante mencionar o grande potencial que os solos possuem como material de construção, quando se diz respeito às suas variadas granulometrias, tanto mais granular quanto mais fino, arenoso e argiloso, respectivamente e, a disponibilidade constante em todas as regiões do país, sendo facilmente acessível conforme necessidade de utilização. A extração de solos de jazidas deve ocorrer de forma planejada por se tratar de um recurso natural e em conformidade com os parâmetros ambientais, de tal forma que não gere danos ambientais irreversíveis.

Dentre os resíduos mencionados, a reinserção da borracha como matéria prima para produção de novos produtos, seja na forma inteira ou triturada depende de investimentos dos fabricantes em técnicas de manufatura, pesquisa de materiais e estudo sobre maneiras de reinserção deste resíduo na cadeia produtiva visando a constituição de um novo produto (SANDRONI E PACHECO, 2005).

Deste modo, o presente estudo visa avaliar o comportamento mecânico na compressão simples e na tração na compressão diametral, de misturas de solo com adição de migalhas de borracha nos teores de 0% (traço referência), 2% e 4%, alternando o teor de cimento entre 2% e 4%. Em conjunto com a avaliação inicial, salienta-se as verificações na trabalhabilidade durante a compactação das misturas, na investigação da variação significativa na umidade ótima e na máxima massa específica aparente seca das dosagens, juntamente com os parâmetros de resistência.

2. Revisão de literatura

Ramos Filho (2005) afirma que muitas novas aplicabilidades estão sendo desenvolvidas para o pneu com bastante êxito, tanto na implementação do produto inteiro quanto na

utilização de materiais provenientes da borracha, aumentando as possibilidades de usos dos insumos. Ainda de acordo com o autor, as aplicações podem ser entendidas em três conjuntos distintos, a utilização dos pneus em obras ou para pavimentação de estradas; para a produção de energia e; para a produção de novos produtos de borracha.

Dentre as aplicações com relação a construção civil, destacam-se: asfalto-borracha que incorpora borracha moída de pneus ao concreto asfáltico de petróleo (CAP) aquecido em reatores específicos; contenção de encostas onde os pneus inteiros são amarrados uns aos outros com cordas ou com arames revestidos de material plástico para garantir a durabilidade e evitar a corrosão do arame; pisos reciclados de borracha onde a mesma é triturada até atingir a granulometria adequada para cada tipo de especificação de uso, podendo os grãos serem tingidos em diversas cores; materiais para vedação e juntas de dilatação; substituição parcial de agregados em argamassas por borracha moída e; estabilização de solos pela adição de fragmentos de borracha para utilização em obras geotécnicas.

Segundo Chrusciak (2013), há mais possibilidade de aproveitamento como material de enchimento de peso leve; drenagem em campo séptico; suporte de base em estradas; sistema de drenagem de gases em aterros sanitários; controle de erosão, diques e barragens e; isolante térmico e acústico, entre outros. Salienta-se que as novas aplicações estão sendo bastante difundidas no Brasil, devido ao alto nível de agressão ambiental que os pneus causam ao ambiente.

As novas utilizações podem ser consideradas viáveis desde que pesquisas no âmbito de caracterização física, química e mecânica da borracha sejam realizadas de forma normalizada respeitando a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e que retornem valores satisfatórios, principalmente em função da granulometria e sinergia final do produto. Com relação a granulometria, pode-se dizer que pneus triturados, em vez dos materiais de construção convencionais, apresentam alguns benefícios como densidade reduzida, melhor propriedades de drenagem e, melhor isolamento térmica e acústica (BENSON, 1995).

3. Materiais e métodos

A Figura 1 apresenta um fluxograma com o resumo das principais etapas deste estudo. O solo selecionado para a pesquisa apresenta textura argilosa, típico da região norte do estado do Paraná, coletado em uma pedreira privada na cidade de Apucarana, situada nas proximidades da latitude 23°35'15.5"S e longitude 51°25'03.6"W.



Figura 1 – Fluxograma dos procedimentos realizados.

Fonte: Autores, 2022.

Em relação ao resíduo de borracha, o tipo selecionado para ser alocado às misturas foi a migalha de borracha, pós trituração, caracterizada pelas suas pequenas dimensões. Por sua vez, o aglomerante empregado foi o cimento do tipo CP II-Z composto com pozolana, por se tratar de um material conhecido e com propriedades bem definidas, com facilidade de aquisição por sua tradicionalidade para todas as obras. Empregou-se água destilada para umidificação das amostras.

A Tabela 1 apresenta as normas empregadas neste estudo nas etapas de caracterização dos materiais e ruptura dos corpos de prova.

Tabela 1 - Ensaio e normas utilizadas

Ensaio	Norma	Material
Análise granulométrica	NBR 7181/2018: Solo – Análise Granulométrica	Solo Borracha
Massa específica dos sólidos	NBR 6458/2017: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.	Solo
Limites de Atterberg	NBR 6459/2016: Solo – Determinação do limite de liquidez NBR 7180/2016: Solo – Determinação do limite de plasticidade	Solo
Compactação	NBR 7182/2016: Solo – Ensaio de compactação	Solo Misturas

Fonte: Autores (2022).

Na etapa de mistura, em função da baixa quantidade de pesquisa nacionais com a utilização de solo argiloso, neste segmento, optou-se por realizar testes iniciais com teores de 5, 10 e 15% com relação ao peso, porém, após a compactação das misturas, observou-se que os corpos de prova se rompiam, antes mesmo do ensaio de ruptura, no processo de desmoldagem. Desta forma, foram definidos baixos teores de migalhas de borracha de 0% (traço referência), 2% e 4%. Optou-se em trabalhar com teores de cimento de 2% e 4% (designados como A e B, respectivamente). Além disso, determinou-se 7 e 28 dias para os rompimentos dos corpos de prova, tanto para avaliar o comportamento mecânico na compressão simples quanto na tração na compressão diametral. No Quadro 1, segue a disposição do planejamento das misturas, conforme os teores determinados previamente. Ressalta-se que o total de corpos de prova foi de 75 unidades.

Para o preparo das misturas, o solo foi seco até umidade higroscópica e, na sequência, destorroado com auxílio de almofariz e mão de gral. O solo destorroado foi levado a estufa por 24 horas (temperatura de 110°C) e, após o resfriamento com umidade controlada, faz-se a preparação das misturas nas devidas dosagens, compostas por solo, borracha, cimento e água. Estes materiais estão podem ser visualizados na Figura 2.

Após o preparo, as misturas foram armazenadas em sacos plásticos por 24 horas, em uma etapa chamada pré-moldagem, de modo a permitir a integração dos elementos e manter a umidade ótima das misturas.

Quadro 1 – Planejamento das misturas

Grupo	ID	Cimento (%)	Borracha (%)	Compressão Simples (C)		Tração (T)		CP'S
				7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	
1	0A	2	0	3	3	3	3	12
	0B	4	0	3	3	3	3	12
2	2A	2	2	3	3	3	3	12
	2B	4	2	3	3	3	3	12
3	4A	2	4	3	3	3	3	12
	4B	4	4	3	3	3	3	12
4	REF	0	0	3	-	-	-	3
Total								75

Fonte: Autores (2022)

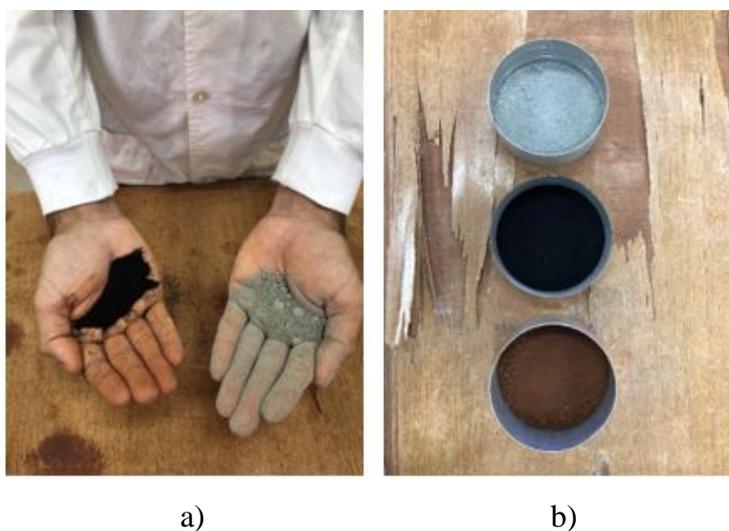


Figura 2 - Apresentação dos materiais: a) responsáveis pela estabilização; b) materiais secos.

Fonte: Autores, 2022.

Na sequência, os corpos de prova foram moldados utilizando-se um molde cilíndrico comumente utilizado na confecção de corpos de prova de argamassa, apresentando dimensões de $100,05 \pm 0,1\text{mm}$ de altura, $49,77 \pm 0,8\text{mm}$ de diâmetro e volume aproximadamente igual a $194,62 \text{ cm}^3$, com possibilidade de abertura pelo controle de um parafuso na parte externa para desmoldagens posteriores. Os instrumentos do sistema desenvolvido para a compactação são dispostos na Figura 3a. Para evitar que o solo aderisse as paredes, o cilindro foi revestido com papel filtro, a cada moldagem, conforme se observa nas Figuras 3b, 3c e 3d.

Para compactação, buscou-se reproduzir a energia normal igual a $5,948\text{kg/cm}^2$ mediante a queda de um soquete de $5,3\text{kg}$ de uma altura de $13,7\text{cm}$, aplicando a mistura 8 golpes, por camada, de um total de duas camadas, respeitando a Equação 1.

$$E = \frac{m \cdot H \cdot N_c \cdot N_g}{V} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde E é a energia de compactação (kg/cm^2), m a massa do soquete (kg), H a altura de queda (cm) do soquete, N_c o número de camadas (adimensional), N_g a quantidade de golpes (adimensional) e V o volume (cm^3).

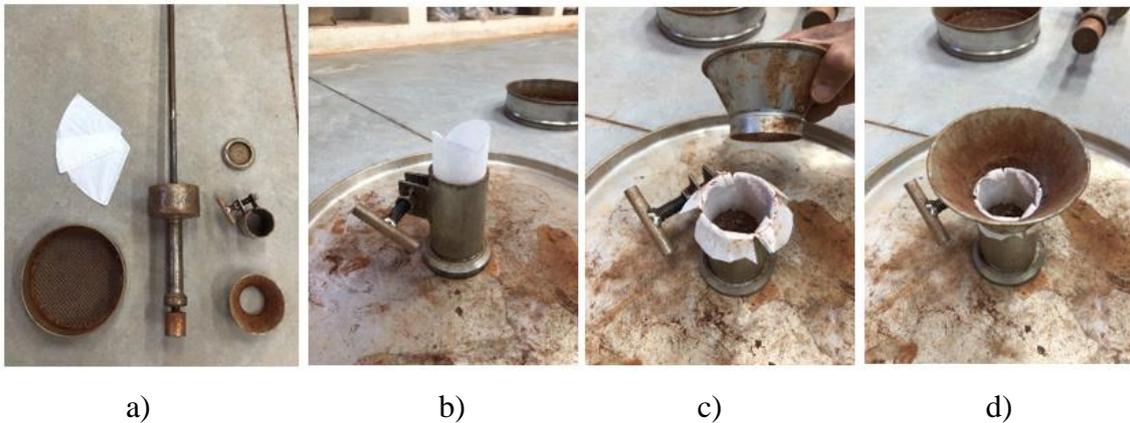


Figura 3 – Moldagem dos corpos de prova: a) sistema de compactação; b) colocação do papel filtro; c) corte do papel filtro; d) colocação do funil.

Fonte: Autores, 2022.

Com a finalização das moldagens, os corpos de prova foram identificados e armazenados em sacos plásticos, em ambiente de baixa variação de temperatura, visando preservar a umidade ótima até o momento da ruptura.

Os corpos de prova foram rompidos na prensa CBR automática da marca Usimachi, com capacidade de carga de 5.000kg e velocidade controlada. O ensaio de compressão simples foi realizado em conformidade com a NBR 12025 (ABNT, 2012): Solo-cimento – Ensaio de compressão e, a conferência do comportamento mecânico da tração na compressão diametral foi realizada em conformidade com a NBR 7222 (ABNT, 2011): Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos.

4. Resultados e discussões

A proporção das frações granulométricas, bem como os limites de Atterberg e os parâmetros de compactação do solo utilizado estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros geotécnicos do solo

Propriedade	Valor
Quantidade de argila	76,2%
Quantidade de silte	23,6%
Quantidade de areia fina	0,1%
Limite de liquidez (LL)	59%
Limite de plasticidade (LP)	47%
Índice de plasticidade (IP)	12%
Massa específica dos sólidos	2,910 g/cm^3
Umidade ótima	34%
Máxima massa específica aparente seca	1,334 g/cm^3

Fonte: Autores (2022).

Tendo em vista a avaliação do comportamento mecânico de diferentes dosagens das misturas, torna-se indispensável a definição do teor de umidade ótimo para cada uma delas, uma vez que a introdução de borracha e cimento nas misturas pode alterar estes parâmetros. Na Tabela 3 estão ilustrados o comportamento dos traços definidos anteriormente, quando compactados mediante diversos teores de umidade com energia Normal Proctor.

Tabela 3 - Teor de umidade ótimo das misturas

ID	Umidade ótima (%)	Máxima massa específica aparente seca (g/cm ³)
REF	34,0	1,334
0A	33,0	1,394
0B	33,3	1,401
2A	32,0	1,380
2B	33,0	1,414
4A	33,9	1,377
4B	29,9	1,365

Fonte: Autores (2022).

Ao analisar a Tabela 3, verificou-se que não houve alteração significativa no teor de umidade ótimo das misturas, exceto para a dosagem 4B, justamente a dosagem que apresentou maior fragilidade, desta forma, supõe-se que pode haver uma tendência para essa diminuição e, para entender essa variação, cabe um estudo detalhado para misturas com maiores teores de borracha. Apesar da tendência observada no teor de umidade ótimo, este fato não foi válido para a massa específica aparente seca das misturas.

Observou-se que a curva de compactação do traço referência ficou abaixo das demais, portanto há um aumento na máxima massa específica aparente seca das misturas, diminuindo os vazios do solo e proporcionando o aumento da densidade.

O Gráfico 1 resume a variação da massa específica aparente seca máxima das misturas, conforme a observação das curvas de compactação dos gráficos anteriores.

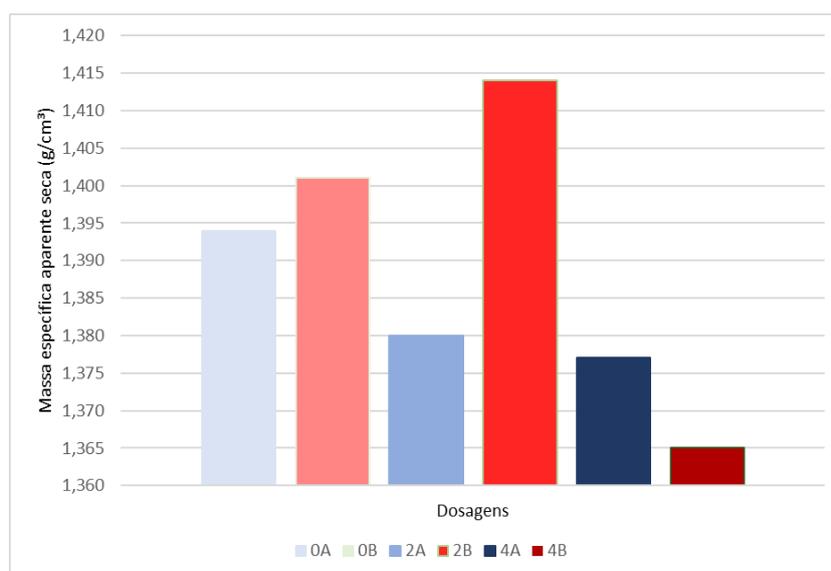


Gráfico 1 - Variação da massa específica aparente seca em função da dosagem.

Fonte: Autores (2022).

Ao fixar as misturas A (2% cimento: tons de azul) e B (4% cimento: tons avermelhados) e analisando-as separadamente (visando somente a variabilidade da quantidade de borracha), nota-se que há uma tendência de decréscimo na densificação da mistura, como era esperado, exceto para a dosagem 2B que ficou mais densa, supõe-se que pode se tratar de um teor ótimo da mistura. Porém ao analisar o gráfico na íntegra, tem-se que a implementação do cimento nas misturas equipara e recupera uma maior densificação, exceto para a dosagem 4B, no qual os corpos de prova se encontravam excessivamente frágeis, seja pela quantidade de borracha e/ou pelo estado de umidade mais seco frente aos demais.

Após o processo de cura dos corpos de prova, de 7 e 28 dias, constatou-se que alguns corpos de prova estavam muito frágeis e quebradiços, conseqüentemente no processo de logística acabaram se desfazendo devido sua fragilidade, principalmente os de traço 4B (4% de borracha e 4% de cimento). Em relação ao aparecimento de fissuras, os corpos de prova apresentavam pequenas fissuras horizontais ao longo de sua altura, porém sem comprometer a integridade dos corpos de prova, exceto para os traços com 4% de borracha. Nas dosagens 4B, o aparecimento de fissuras foi significativo após a moldagem dos corpos de prova, fazendo com que alguns dos corpos de prova desta dosagem se desintegrassem.

Verificou-se que o surgimento de fissuras possui relação diretamente proporcional com a quantidade de borracha presente na amostra, isto é que, quanto maior a presença de resíduos de borracha, maior foi a evidência de fissuras. Este fenômeno pode ser justificado pelo fato de a borracha amortecer a energia de compactação – conforme verificado por Edil e Bosscher (1994) – ou seja, após cessar a energia imposta pelo processo de compactação, a borracha, em função de sua elasticidade, recupera a deformação sofrida gerando tensões de tração superiores ao que a mistura consegue resistir. Como visto, o fenômeno se agravou para teores mais elevados borracha.

Assim, 6 corpos de prova se romperam antes mesmo de serem ensaiados, 5 referentes ao traço 4B e 1 referente ao traço 2B.

As Figuras 4a e 4b apresentam um corpo de prova sendo ensaiado a compressão simples e outro a tração na compressão diametral, respectivamente.

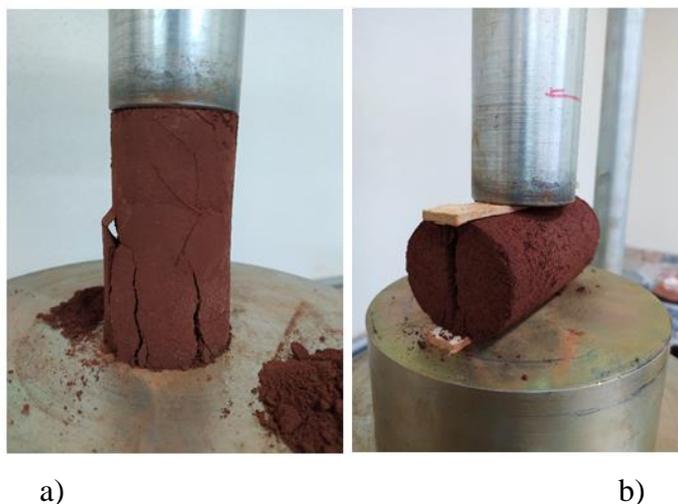


Figura 4 – Corpo de prova sendo ensaiado: a) compressão simples; b) tração.
Fonte: Autores (2022).

Os Gráficos 2 e 3 apresentam os valores das resistências de pico a compressão simples e

a tração na compressão diametral, respectivamente, obtidas para os corpos de prova referente a cada uma das dosagens, considerando o tempo de cura de 7 e 28 dias, com destaque à relação percentual de ganho de resistência entre os intervalos de tempo considerados.

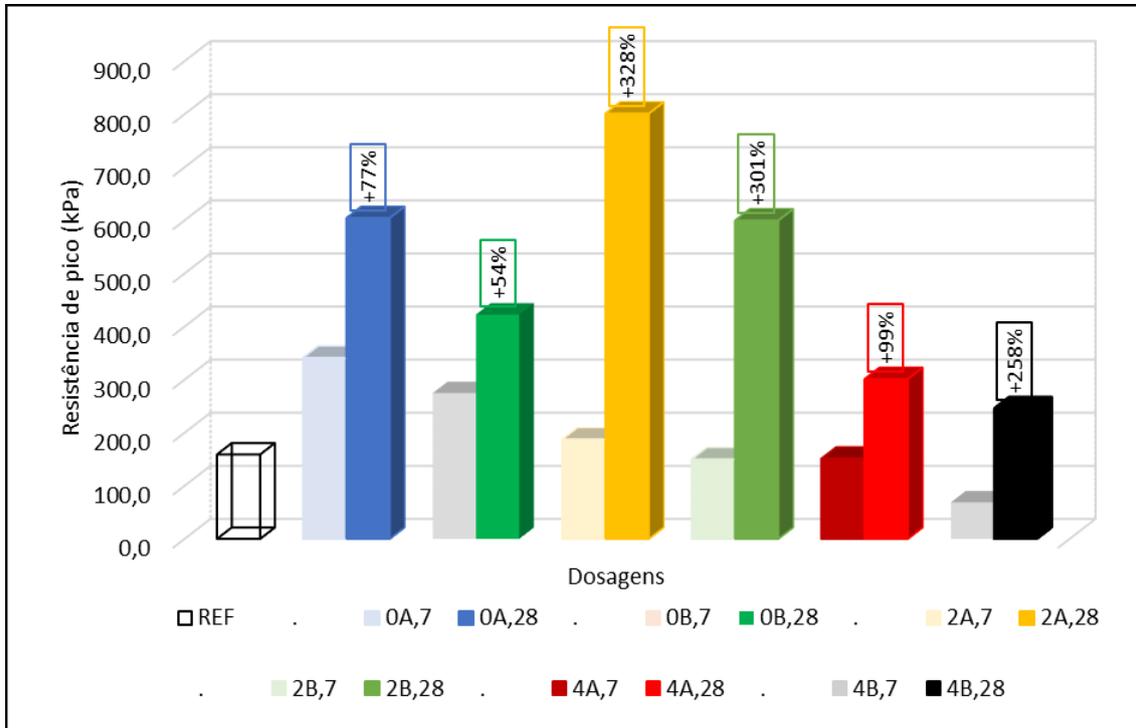


Gráfico 2 - Incremento de resistência à compressão simples entre 7 e 28 dias de cura.
Fonte: Autores (2022).

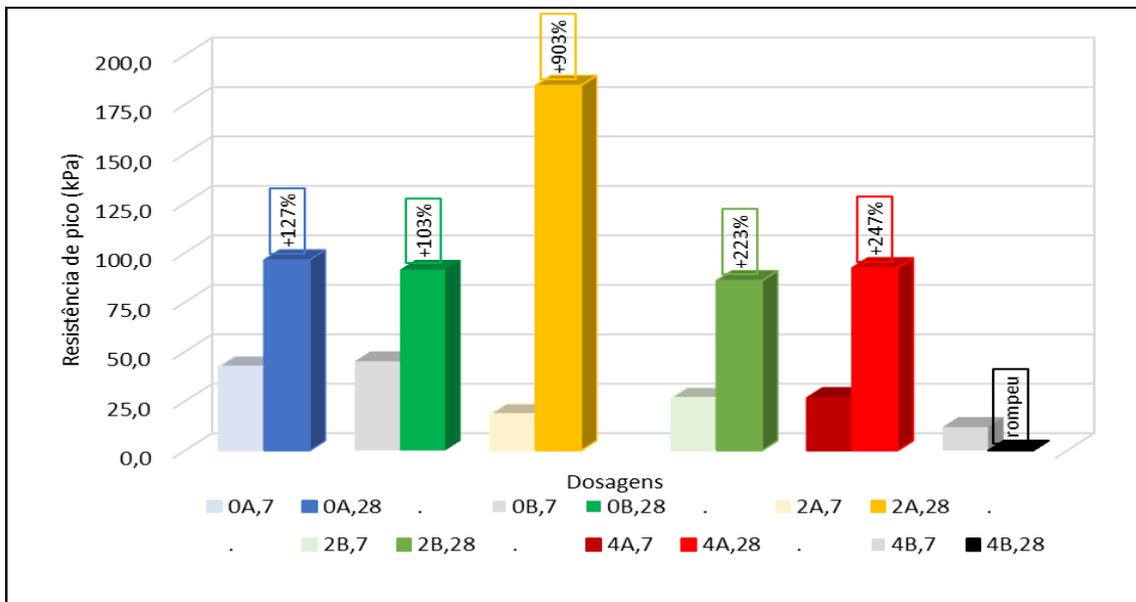


Gráfico 3 - Incremento de resistência à tração na compressão diametral entre 7 e 28 dias de cura.
Fonte: Autores (2022).

Ao comparar o valor da resistência a compressão das misturas, fica claro que a introdução da borracha, mesmo em pequenos teores, reduz bruscamente a resistência do

material, para tempo de cura de 7 dias. Entretanto, para tempo de cura de 28 dias, até um certo limite de percentual de borracha, no caso em misturas com 2% de borracha, houve um ganho expressivo de resistência, isto evidencia a ideia de um teor ótimo para adição de borracha.

Nota-se que a combinação da adição de borracha, no caso em questão de até 2%, visando uma alternativa sustentável para a destinação de pneus inservíveis em conjunto com uma baixa adição de cimento, de até 2%, permite composições com ganho de resistência à compressão e à tração, visto que para teores maiores tanto de borracha quanto de cimento, houve um decréscimo no ganho de resistência em todos os casos estudados.

O tempo de cura dos corpos de prova apresentou grande relevância nos resultados obtidos, isto é que, quanto maior o tempo reservado para as reações químicas, maior a resistência alcançada.

A Tabela 4 resume os valores da resistência máxima a compressão e tração e do incremento de resistência, obtidos através da análise dos Gráficos 2 e 3, bem como a relação da resistência a tração na compressão diametral com a resistência a compressão simples (relação T/C), que ficou, em média, de 21% para os corpos de prova ensaiados.

Tabela 4 – Resumo das resistências à compressão e tração dos corpos de prova

ID	Resistência à compressão máxima (kPa)			Resistência à tração Máxima (kPa)			Análise
	7 dias	28 dias	Incremento de Resistência 28/7	7 dias	28 dias	Incremento de Resistência 28/7	Relação T/C (28 dias)
REF	159,0	-	-	-	-	-	-
0A	340,9	604,4	77%	42,4	96,3	127%	16%
0B	274,7	422,6	54%	45,1	91,4	103%	22%
2A	187,3	801,1	328%	18,4	184,5	903%	23%
2B	149,7	599,7	301%	26,6	85,8	223%	14%
4A	151,0	300,9	99%	26,6	92,3	247%	31%
4B	68,7	246,2	258%	11,9	-	-	-
						Média	21%

Fonte: Autores (2022).

5. Conclusões

A introdução de borracha processada em materiais usuais da construção civil desponta como um destino viável para pneus inservíveis. A associação entre solo e borracha altera as propriedades mecânicas do material resultante e, também, de sua trabalhabilidade, ou seja, a eficiência da compactação depende da quantidade de migalha de borracha presentes na composição do material.

A densificação das misturas se mostrou decrescente com a introdução da borracha, entretanto esta análise é equiparada com a adição do cimento nas composições, recuperando assim a densificação e podendo até incrementá-la de acordo com a dosagem dos materiais utilizados no estudo.

O fato de a introdução da borracha reduzir a resistência da mistura pode ser interessante para alguns usos específicos onde a resistência não é o principal parâmetro como em

materiais flexíveis, por exemplo, pisos e pavimentos flexíveis, rejuntas e juntas de dilatação. Porém, com a fixação da melhor quantidade de cimento em 2% como material aglomerante para combater os esforços de tração, gerados pela recuperação elástica da borracha, pós compactação, em conjunto com a adição de borracha, no caso em questão de até 2%, permite composições com ganho de resistência, visto que para teores maiores tanto de borracha quanto de cimento, houve um decréscimo no ganho de resistência em todos os casos estudados, isto evidencia a ideia de um teor ótimo para adição tanto de borracha quanto de cimento.

Salienta-se que para cada utilização específica deve-se desenvolver um produto que atenda as normas de qualidade e desempenho com economia e consciência ambiental.

Referências

BENSON, C. H. *Using shredded scrap tires in civil and environmental construction. Resource Recycling*, 95 (2): 1-4, 1995.

CHRUSCIAK, M. R. *Análise da melhoria de solos utilizando fragmentos de borracha*. 2013. 91f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). *Estatísticas – Frota de Veículos*. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-denatran>. Acesso em 11/09/2019.

EDIL, T. B.; BOSSCHER, P. J. *Engineering Properties of Tire Chips and Soil Mixtures*. *Geotechnical Testing Journal*, v. 17, n.4, p. 453-464, 1994.

RAMOS FILHOS, L. S. N. *A Logística Reversa de Pneus Inservíveis: O Problema da Localização dos Pontos de Coleta*. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SANDRONI, M. & PACHECO, E.B.A.V. *O destino dos pneus inservíveis*. 2005. Disponível em: <<http://www.jorplast.com.br/jpout03/pag08.html>>. Acesso em: 12/10/2019.