

REUSO DE PNEUS NA CONSTRUÇÃO DE MUROS DE GRAVIDADE

THAIANNE OLIVEIRA DE MATOS¹

¹Graduanda em Engenharia Civil, UNESA, Rio de Janeiro-RJ; matosthaianne@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Há uma preocupação sobre o destino dos pneus após seu uso convencional. A partir dos anos 90, o Brasil pode perceber o resultado nocivo causado pelo descarte dos pneus, já que quando esse material atinge o desgaste completo, se torna inservível. Geralmente, após sua utilização convencional, os pneus são direcionados à depósitos e são empilhados como material de sucata. Existem diversas maneiras de reutilização pneus, como por exemplo: elemento de reforço de aterros, como barreiras contra impactos ou ruídos e como elemento de redistribuição de tensões em dutos enterrados. O uso de pneus na Engenharia Civil, especificamente como muro de solo-pneus, mostra-se como uma alternativa de baixo custo e boa eficiência mecânica, atuando como uma opção para reciclar, reduzir e reutilizar pneus. O estudo de caso abordado busca analisar a técnica de estabilização de encostas com pneus desenvolvida no bairro de Jacarepaguá no Rio de Janeiro, Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Muros de contenção 1. Reutilização 2. Muro de pneus 3.

REUSE OF TIRES IN THE CONSTRUCTION OF GRAVITY WALLS

ABSTRACT: There is concern about the fate of tires after their conventional use. From the 1990s onwards, Brazil can perceive the harmful result caused by the disposal of tires, since when this material reaches complete wear, it becomes unusable. Generally, after their conventional use, the tires are directed to depots and are piled up as scrap material. There are several ways to reuse tires, such as: element of reinforcement of landfills, as barriers against impacts or noise and as element of redistribution of tensions in buried pipelines. The use of tires in Civil Engineering, specifically as a soil-tire wall, is shown to be a low-cost alternative with good mechanical efficiency, acting as an option to recycle, reduce and reuse tires. The case study addressed seeks to analyze the technique of stabilization of slopes with tires developed in the neighborhood of Jacarepaguá in Rio de Janeiro, Brazil.

INTRODUÇÃO

Consideramos como “pneu” todo artefato inflável, constituído por borracha e materiais de reforço utilizado para rodagem em veículos automotores e bicicletas (BRASIL, 2002). Tendo como principal função absorver impactos, suportar cargas, manter direção e transferir forças de tração e frenagem.

Há uma preocupação sobre o destino dos pneus após seu uso convencional na mobilidade dos veículos. É notório que esse material possui muita utilidade e sempre chamou atenção em relação aos riscos proporcionados ao meio ambiente. Com a crescente utilização de carros e caminhões a partir dos anos 90, o Brasil pode perceber o resultado nocivo causado pelo descarte dos pneus, já que quando esse material atinge o desgaste completo, se torna inservível (FLORIANI, 2016).

Conforme LAGARINHOS e TENÓRIO (2009, p.33):

O descarte de pneus cresce ano após ano em todo o mundo. No passado, pouca importância foi dada à disposição de pneus mesmo nos países mais desenvolvidos, os pneus usados eram descartados em enormes aterros, vales, rios, entre outros. Nos países emergentes, o problema era simplesmente ignorado e muitas vezes o destino final destes pneus eram aterros, rios, beira de estradas, entre outros.

Geralmente, após sua utilização convencional, os pneus são direcionados à depósitos e são empilhados como material de sucata. A partir disso, há dois caminhos: utilizar o material através da

recauchutagem ou direcionar o material à aterros sanitários, já que esses pneus não possuem mais nenhum valor comercial (SOUZA, 2002). O descarte incorreto desse material pode trazer diversos danos ao meio ambiente e à saúde da sociedade. Diante disso, torna-se importante pensar sobre como reaproveitar esse material.

De acordo com MOTTA (2008, p.16), é possível compreender:

No Brasil a regulação ambiental voltada para resíduos sólidos urbanos ainda é deficiente. Embora premente para o planejamento urbano municipal devido aos impactos sanitários, ambientais e econômicos envolvidos, ainda não existe uma lei federal que estabeleça diretrizes, critérios e normas para gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Atualmente existem apenas resoluções e portarias de órgãos ambientais voltados para a resolução de questões específicas sobre a deposição de alguns materiais, como o caso dos pneus.

Muros de contenção são estruturas muito importantes em terrenos irregulares para impedir possíveis danos ao patrimônio e saúde da população, deslizamentos e invasões de terra que podem resultar em acidentes fatais. É possível encontrar na literatura diversos exemplos da utilização de pneus como elemento de reforço de aterros, como barreiras contra impactos ou ruídos e como elemento de redistribuição de tensões em dutos enterrados (Long, 1990, Schlosser et al, 1994).

O uso de pneus na Engenharia Civil, especificamente como muro de solo-pneus, mostra-se como uma alternativa de baixo custo e boa eficiência mecânica, atuando como uma opção para reciclar, reduzir e reutilizar pneus (SIEIRA,1998). A utilização desse material na construção de muros de contenção é uma ótima alternativa de construir uma cidade alinhada às questões ambientais.

O estudo de caso abordado busca analisar a técnica de estabilização de encostas com pneus desenvolvida no bairro de Jacarepaguá no Rio de Janeiro, Brasil. O muro de contenção experimental possui 60 m de comprimento e 4 m de altura e foi

construído com pneus dispostos horizontalmente amarrados com corda ou arame e carregado com solo compactado.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de conclusão de curso foi baseado em uma revisão bibliográfica, a partir de artigos científicos e dissertações dos principais autores da área. As informações para nortear o presente trabalho foram obtidas através dos trabalhos científicos disponibilizados no Google Acadêmico e Plataforma Scielo. Além disso, trabalhos científicos das legislações ambientais vigentes, publicações de instituições governamentais e não governamentais foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

A pesquisa teve como base os estudos da professora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro Ana Cristina Castro Fontenla Sieira sobre o muro experimental de solo-pneus executado no bairro Jacarepaguá, no Rio de Janeiro. O muro em questão foi amplamente estudado pela autora em sua dissertação de mestrado na PUC-RIO, resultando em diversas publicações além de premiações acadêmicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A PUC-Rio desenvolveu em 1995 um projeto de pesquisa com foco na construção de um muro de contenção constituído de solo-pneus. Foi utilizado pneus com diâmetros semelhantes inteiros ou cortados (Figura 1), amarrados com arame de gabiões ou cordas de polipropileno com 6 mm de diâmetro. Os pneus utilizados nessa construção foram facilmente obtidos nas proximidades do local da obra. Ao todo, para executar todo o projeto, foram utilizados 15 mil pneus. A construção de muros de contenção de solo-pneu consiste na projeção de camadas de pneus usados preenchidos com solo, colocados horizontalmente e amarrados através de cordas ou arames. Podem ser utilizados pneus inteiros ou cortados sem uma das bandas laterais. A estabilidade dessa construção é proporcionada pelo peso da estrutura, não sendo necessário considerar as características do solo utilizado para preencher os pneus, já que esse preenchimento serve apenas para garantir que o muro não deslize e não tombe. É recomendado que seja realizado o revestimento da face externa do muro, para evitar o carreamento do material de enchimento, e para evitar incêndios e possíveis atos de vandalismo.

Plantas ou concreto projetado sobre tela metálica, são os materiais mais recomendados para o revestimento final do muro de solo-pneus (Sieira, 1998).

O muro em questão foi construído com 4 m de altura e 60 m de comprimento, sendo dividido em 4 seções transversais distintas de 15 m (A, B, C e D). As seções transversais nos ajudam a comparar o comportamento e analisar a eficiência de cada uma das diferentes composições entre pneus cortados, pneus inteiros, amarrações com cordas ou arame e as diferentes geometrias entre as seções.

A construção do muro possui uma sequência de procedimentos: lançamento da camada de pneus, amarração, compactação do solo no interior dos pneus e lançamento da camada de pneus seguinte. Esses procedimentos se repetem até que o muro atinja a altura descrita no projeto (Sieira, 2009).

A primeira camada de pneus foi colocada após a limpeza e o nivelamento do terreno. As outras camadas foram colocadas de acordo com a disposição dos pneus para proporcionar um bom entrosamento e uma quantidade menor de espaços vazios. Após a colocação de pneus na superfície, iniciou-se a etapa de amarração dos pneus. Para realizar a amarração, foi utilizado o "nó de marinheiro" (Figura 5), esse tipo de nó fica mais apertado na medida em que é solicitado. Após a amarração, o procedimento realizado foi o de preenchimento do interior dos pneus com o solo local compactado. Foram lançadas camadas de 0,25 m de espessura e a compactação do solo foi realizada com compactador hidráulico manual (Sieira, 2009).

Segundo Medeiros et al. (2000), o muro experimental de solo-pneus foi instrumentado com extensômetros magnéticos, células de pressão e inclinômetros, para o monitoramento dos deslocamentos verticais e das pressões atuantes, como apresentado nas Figuras 6 e 7.

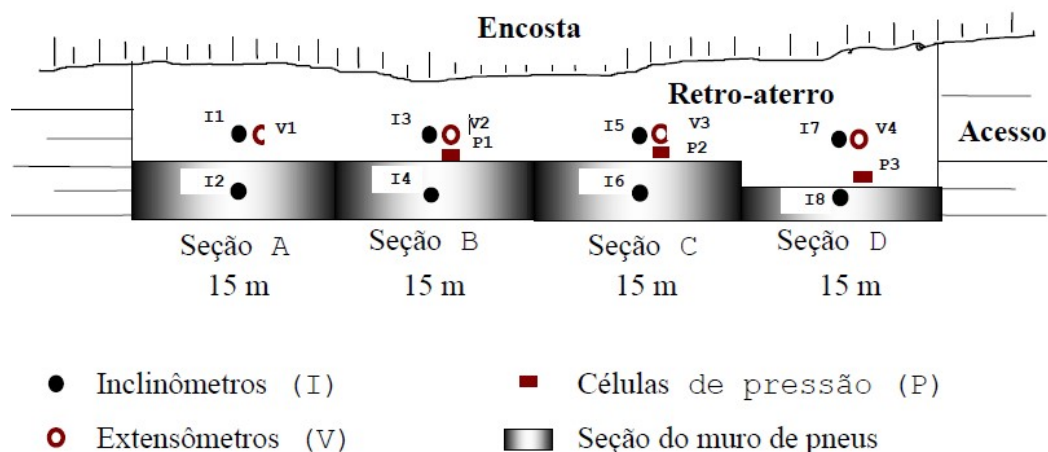


Figura 6 – Planta esquemática do muro experimental e da instrumentação de campo (Medeiros et al., 2000).

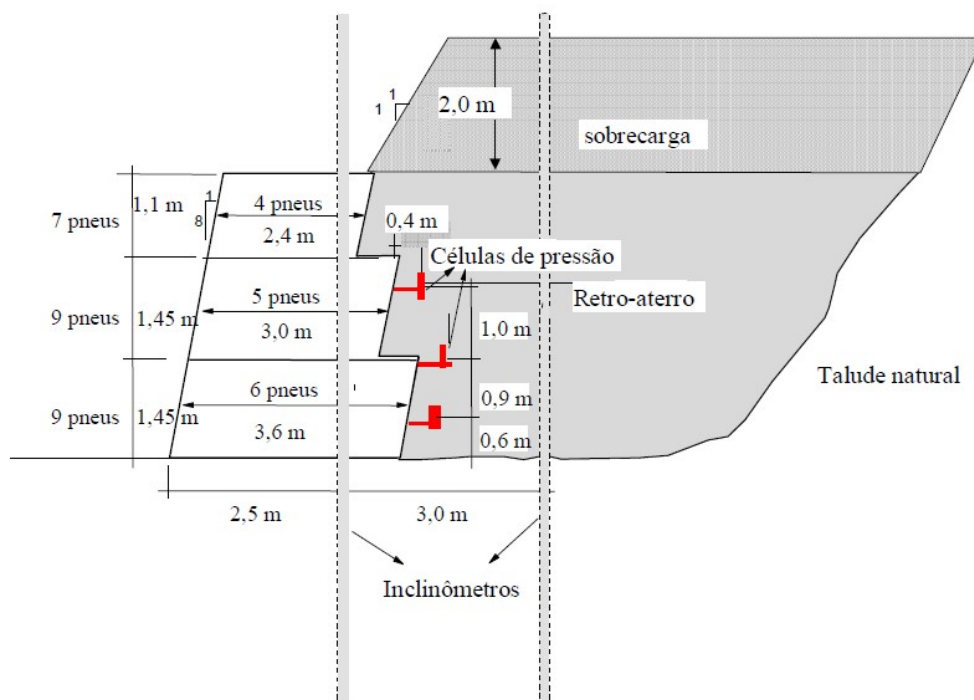


Figura 7 – Seção transversal típica do muro experimental (Medeiros et al., 2000).

De acordo com Sieira (2001), o dimensionamento de um muro de solo-pneus é idêntico a qualquer tipo de muro de gravidade. É necessário conhecer o peso específico, peso do material e os coeficientes de empuxo do solo. Foi possível determinar o peso específico do material solo-pneu através de ensaios de densidade in situ (Figura 10), tendo sido observado um valor médio da ordem de 16 kN/m³ (Sieira, 1998).

Através da simulação numérica da construção do muro realizada através do programa de elementos finitos GESSDA, desenvolvido na PUC-Rio, foi possível estabelecer os parâmetros de deformabilidade do material solo-pneus. O método dessa simulação foi dividido em duas etapas: muro isolado e conjunto muro/retro-aterro. Na primeira etapa, o empuxo gerado pelo retro-aterro foi alterado por forças nodais equivalentes. Os parâmetros estabelecidos para deformabilidade do conjunto solo-pneus reproduziram os deslocamentos horizontais previstos com os observados. Observou-se que o módulo de deformabilidade (E) que se apresentou como constante ao longo da altura do muro, foi o que melhor reproduziu os resultados experimentais. Os valores de E situaram-se na faixa entre 1,8 e 3,0MPa. Os diferentes processos de amarração ou de configuração dos pneus proporcionaram essa variação (Sieira, 1998). Apesar do estudo do muro experimental de solo-pneus ter sido iniciado nos anos 90, o processo construtivo ainda é estudado atualmente. Através do software PLAXIS foi possível realizar uma simulação numérica atualizada a fim de comparar os resultados obtidos anteriormente em relação aos deslocamentos horizontais com a instrumentação de campo. Com a modelagem computacional, o processo executivo foi seguido com a construção do muro de solo-pneus e do retroaterro ao mesmo tempo.

Os resultados da simulação numérica foram comparados aos resultados da instrumentação de campo para a etapa final da construção e após a aplicação da sobrecarga. O software em questão faz uso do método dos elementos finitos e engloba modelos constitutivos diferentes, além de simular diversas condições de contorno e etapas construtivas.

Os resultados obtidos com o software PLAXIS no estudo realizado em 2018 foram semelhantes ao primeiro estudo realizado com o software GESSDA. A variação encontrada no módulo de deformabilidade foi resultado do efeito da compactação que foi modelado no estudo mais recente. Sendo assim, notou-se que a modelagem dos efeitos da compactação do solo indicou deslocamentos horizontais maiores e causou influência nas deformações pós construtivas (Mussi et. al, 2018).

CONCLUSÃO

O reaproveitamento de pneus na construção de muros de contenção mostra-se como uma técnica eficaz. O estudo de caso evidenciou que a reutilização de pneus em obras de contenção de taludes é uma boa alternativa tecnicamente e economicamente viável quando a comparamos com técnicas convencionas de estabilização de encostas. Além disso, essa técnica é ecologicamente correta e contribui de maneira significativa na diminuição do passivo ambiental.

Na construção do muro, observou-se que a utilização de pneus cortados é bastante favorável por proporcionar maior rigidez e menos deformabilidade. Muros de solo-pneus apresentam boa resistência e flexibilidade, além de ser uma opção que não demanda mão de obra especializada e grandes maquinários para o processo construtivo.

AGRADECIMENTOS

À minha família, ao meu namorado e à todos os amigos que me deram forças para seguir nesse caminho.

REFERÊNCIAS

- A.N.C.- Associação Nacional de Cruzeiros (2003) – Homepage da Associação Nacional de Cruzeiros www.edinfor.pt.
- ACHCAR, Arine; OLIVEIRA, Cássia Geremias de. Reutilização e Reciclagem de Resíduos na Construção Civil. 2018.
- AMARAL, Talita Ester Martins; KONARZEWSKI, Carmem. Reutilização de materiais da construção civil. Mostra Interativa da Produção Estudantil em Educação Científica e Tecnológica, 2018.
- Bourscheid AB, Souza RL, Resíduos de construção e demolição como material alternativo. 1ª edição. Florianópolis: Publicações do IF-SC, 2010. 85 p.
- BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 301, de 21 de março de 2002 – In: Resoluções 2003. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br>> Acessado em: 20/03/2022.
- CIMINO, Marly Alvarez; ZANTA, Viviana Maria. Gerenciamento de pneumáticos inservíveis (GPI): análise crítica de ações institucionais e tecnologias para minimização. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 10, n. 4, p. 299-306, 2005.
- DE FARIAS GUIMARÃES, Tereza Cristina et al. MURO VIVO INTERACTIVE ALIVE WALL. 2015.
- Estruturas em contenção. Instituto Monte Pascoal. 17/06/2019. Disponível em:<<http://www.imontepascoal.com/noticias/17062019/estruturas-em-contencao/#:~:text=Muros%20s%C3%A3o%20estruturas%20corridas%20de,ou%20ainda%2C%20de%20elementos%20especiais>> Acessado em: 01/04/2022
- FLORIANI, Marco Antonio; FURLANETTO, Vinicius Cadore; SEHNEM, Simone. Descarte sustentável de pneus inservíveis. Navus-Revista de Gestão e Tecnologia, v. 6, n. 2, p. 37-51, 2016.
- GERSCOVICH, DANZIGER E SARAMAGO. Contêncões: teoria e aplicações em obras. 2ª ed. Oficina de Textos, 2016.
- GERSCOVICH, Denise MS et al. Reuso de pneus em geotecnia. Seminário Nacional sobre Reuso/Reciclagem de Resíduos Sólidos Industriais–FIESP. São Paulo, 2000.
- GIACOBBE, S. Estudo do comportamento físico-mecânico do concreto de cimento portland com adição de borracha de pneus. 2008. 106 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- KAMIMURA, Eliane et al. Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil. 2002.
- KAMIMURA, Eliane. Potencial dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil. 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis.
- LAGARINHOS, Carlos Alberto Ferreira; TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. Reciclagem de pneus: discussão do impacto da política brasileira. Engevista, 2009.

- Long, N.T. (1990) - "The Pneusol". Publication GT44, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, France, 76p.
- LONG, N.T. Pneusol, Tyresoil, Tiresoil. Colloque Routes et Development, Ecole National des Ponts et Chaussées, France, 17p, 1984.
- MARÇAL, Vitor Hugo Silva; AMBIENTAL, CIVIL E. Uso do bambu na construção civil. Projeto final em Engenharia Civil e Ambiental. Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília. Brasília, 2008.
- MASSIMINO, Beatriz Mello et al. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MURO DE CONTENÇÃO DO TIPO SOLO PNEU E GABIÃO. In: Colloquium Exactarum. ISSN: 2178-8332. 2020. p. 18-29.
- MEDEIROS, L.V. et al. Reuso de Pneus em Geotecnia. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REUSO/RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS. SMA/SP, 2000.
- MEDEIROS, L.V.; SAYÃO, A.S.F.J.; GARGA, V.K.; ANDRADE, M.H.N. Use of Scrap Tires in Slope Stabilization. 2nd Panamerican Symposium on Landslides, ISSMGE, Rio de Janeiro, Brasil, vol. 2, p. 637-643, 1997
- MEDEIROS, L.V.; SAYÃO, A.S.F.J.; GARGA, V.K.; ANDRADE, M.H.N. Use of Scrap Tires in Slope Stabilization. 2nd Panamerican Symposium on Landslides, ISSMGE, Rio de Janeiro, Brasil, vol. 2, p. 637-643, 1997
- MOLITERNO, A.. Caderno de Muros de Arrimo. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- MOLITERNO, A.. Caderno de Muros de Arrimo. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- MOTTA, Flávia Gutierrez. A cadeia de destinação dos pneus inservíveis: o papel da regulação e do desenvolvimento tecnológico. Ambiente & sociedade, v. 11, p. 167-184, 2008.
- MUSSI, G. F. S. A. ; LOPEZ, D. S. ; LIMA, B. T. ; SIEIRA, A. C. C. F. ; SAYAO, A. S. F. J. . Avaliação do Comportamento de Muros de Gravidade Construído com Solo-Pneus. In: COBRAMSEG 2018 - XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano, 2018, Salvador. COBRAMSEG 2018 - XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano, 2018
- RMA: Rubber Manufacturers Association. Energy Recovery From Scrap Tires. May, 2002. Disponível em: <<http://www.rma.org/scraptires/Energy.html>> Acessado em: 14/02/2022.
- RMA: Rubber Manufacturers Association. Scrap Tire Facts and Figures. May, 2002. Disponível em: <http://www.rma.org/scraptires/facts_figures.html> Acessado em: 14/02/2022.
- RMA: Rubber Manufacturers Association. Scrap Tire Management Council 1990-2000. Ten Years of Success. Disponível em: <<http://www.rma.org/scraptires/pdf/brochure.pdf>> Acessado em: 14/02/2022.
- SIEIRA, A. C. C. F. Análise do Comportamento de Um Muro de Contenção Utilizando Pneus. 2001. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2001.
- SIEIRA, A. C. C. F. Análise do comportamento de um muro de contenção utilizando pneus. Rio de Janeiro, 1998.
- SIEIRA, A. C. C. F. et al. Simulação Numérica do Comportamento de um Muro de Pneus. IV Seminário de Fundações Especiais e Geotecnia-SEFE, São Paulo, Brasil, Julho, pp532-540, 2000.
- SIEIRA, Ana Cristina Castro Fontenela. Geossintéticos e pneus: alternativas de estabilização de taludes. Engevista, 2009.
- SIEIRA, Ana Cristina CF et al. Comportamento de um Muro de Pneus para Estabilização de Encostas. Revista da Sociedade Portuguesa de Geotecnia, v. 91, p. 39-55, 2001.
- SILVA, Frederico Collazo; DOS SANTOS, Fladimir Fernandes; KLAMT, Rodrigo André. Ações para o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos gerados na construção de edificações. Revista Saúde e Meio Ambiente, v. 1, n. 1, p. 1-23, 2015.
- SOUZA, Antônio Nerton de. MURO DE CONTENÇÃO UTILIZANDO PNEUS: análise e alguns comparativos de custos. 2002.
- SZPILMAN, M. Reciclagem. In: Instituto Ecológico AQUALUNG. Informativo n.º 23, jan/fev 1999. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/08/19/reciclagem-depneus>> Acessado em: 26/04/2022.
- VIANA, Viviane Japiassú et al. REUTILIZAÇÃO DE PNEUS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 4, n. 1, p. 63-74, 2021.