

REUTILIZAÇÃO DE PNEUS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

TIRE REUSE IN CIVIL CONSTRUCTION

PINA, Davi Nascimento de¹
JAPIASSÚ VIANA, Viviane²

Resumo: Nos dias atuais o assunto sobre a sustentabilidade é de extrema importância, porém reciclar, reutilizar e reaproveitar são conceitos fundamentais, mas não sempre é fácil. Diante disso, o Brasil tem um desafio ambiental. O que fazer com os cerca de 40 milhões de pneus que são abandonados todo ano? Há experiências bem-sucedidas, como a transformação da borracha em asfalto, sapatos e roupas. Entretanto ainda é pouco para imensidão do que é descartado, mas com as novas tecnologias, podemos transformá-los em casas, caixas d'água, colunas para construção civil que usam material que iria para o lixo ou descartados no meio ambiente de forma irregular.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Construção Civil, Pneus.

Abstract: Nowadays, the subject of sustainability is extremely important, but recycling, reuse and reuse are fundamental concepts, but it is not always easy. Given this, Brazil has an environmental challenge. What to do with the roughly 40 million tires that are abandoned every year? There are successful experiences, such as the transformation of rubber into asphalt, shoes and clothing. However, it is still too little for the immensity of what is discarded, but with the new technologies, we can transform them into houses, water tanks, columns for civil construction that use material that would go to waste or discarded in the environment of irregular shape.

Keywords: Sustainability, Construction, Tires.

¹ Graduando em Engenharia Civil – Centro Universitário Augusto Motta –davi.pina@hotmail.com

² Doutora em Ciências Ambientais e Professora do Curso de Engenharia Civil da Unisuam –
vjapiassu@souunisuam.com.br

1. INTRODUÇÃO

Todos os dias são vendidos no Brasil 71,9 milhões de pneus e descartados 45,7 milhões (VRANJAC, 2008). Sabemos que a humanidade enfrenta o problema de destinação dos resíduos sólidos e observamos que grandes quantidades de borracha são descartadas todos os anos quando pneus de veículos como aviões, carros e caminhões se tornam inservíveis.

O pneu usado é um tipo de resíduo sólido difícil de eliminar por não ser biodegradável e ocupar muito espaço, gerando grande volume de resíduo. Comumente estes pneus são descartados inadequadamente, sendo jogados em rios, mares, terrenos baldios, lixões ou simplesmente dispostos de forma irregular na natureza, acarretando problemas à saúde e ao meio ambiente. Esses pneus têm que ser armazenados com as condições apropriadas para evitar a proliferação de insetos transmissores da febre amarela, dengue (*Aedes Aegypti*), chikungunya e malária. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), somente a dengue acomete 50 milhões de pessoas no mundo anualmente, causando cerca de 24 mil mortes, e a malária, mais de 1 milhão de mortes por ano (VRANJAC, 2008).

A queima a céu aberto dos resíduos pneumáticos contamina o ar com uma fumaça altamente tóxica composta de carbono e dióxido de enxofre, além de poluir o solo por liberar grande quantidade de óleo que se infiltra e contamina o lençol freático (SOUZA, 2009).

O objetivo deste trabalho é apresentar alguns processos de reutilização e reciclagem de pneus e alertar sobre os problemas causados ao meio ambiente com sua destinação incorreta. A Reutilização desses pneus inservíveis de fato trás vantagens, substituindo alguns materiais escassos na natureza, a exemplo como descrevemos no material a areia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1.NBR 10004 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (Lei nº 12.305/10).

Segundo a norma, NBR 10004 (Norma Brasileira Regulamentadora), os resíduos sólidos são definidos como: Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como

determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABETRE, 2006).

A classificação dos resíduos sólidos, conforme a norma, foi definida da seguinte forma:

Resíduos classe I – Perigosos: São os resíduos que apresentam periculosidade ou pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Resíduos classe II – Não perigosos: São os resíduos não perigosos e que não se enquadram na classificação de resíduos classe I e são divididos em: Resíduos classe II A – Não Inertes e classe II B – Inertes.

Resíduos classe II A – Não inertes: São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II B e podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe II B – Inertes: São quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Classificação dos resíduos de acordo com a fonte geradora - As principais fontes de resíduos sólidos são: domiciliar, comercial, público, industrial, agropecuário, de atividades de mineração, entulhos, de serviços de saúde, resíduos radioativos e estações de tratamento de efluentes (lodos), entre outras fontes menos comuns; (ABETRE, 2006).

Pneus e similares, resíduos dos serviços de saúde, de portos, aeroportos e terminais rodoferroviários internacionais, resíduos provenientes de estações de tratamento de efluentes (ETEs, óleos lubrificantes usados, pilhas e baterias eletrônicas, entre outros tipos de resíduos, são abrangidos por legislação específica (ABETRE, 2006).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é uma lei (Lei nº 12.305/10) que procura organizar a forma com que o país lida com o lixo e exigir dos setores públicos e privados transparência no gerenciamento de seus resíduos.

O constante aumento populacional nas cidades proporciona grande geração de resíduos sólidos urbanos. Esse crescimento não é acompanhado pelo descarte adequado de

embalagens e dos próprios itens, que se degradam e acabam sendo descartados de forma incorreta, o que pode prejudicar o meio ambiente e a saúde humana com contaminação do solo, dos corpos d'águas, e disposição em áreas de preservação, por exemplo. Um grande potencial é desperdiçado, já que muitos objetos poderiam ser reciclados ou reaproveitados, poupando recursos naturais, financeiros e emissões de CO₂, que desequilibram o efeito estufa (ABETRE, 2006).

A PNRS foi um marco no setor por tratar de todos os resíduos sólidos (materiais que podem ser reciclados ou reaproveitados), sejam eles domésticos, industriais, eletroeletrônicos, entre outros, e também por tratar a respeito de rejeitos (itens que não podem ser reaproveitados), incentivando o descarte correto de forma compartilhada ao integrar poder público, iniciativa privada e cidadão, sendo assim o artigo desenvolve o seu tema baseado na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

2.2.Os resíduos de borracha de pneus

Ao longo dos anos a borracha proveniente de pneus são descartadas de forma irregular na natureza. Os materiais inservíveis que hoje podem ser reaproveitados com a ajuda da reciclagem. De fato, os pneus são produtos facilmente encontrados em grandes quantidades nos terrenos baldios e gerando uma grande quantidade de lixo e doenças por conta do mau uso (KAMIMURA, 2004).

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), em 2016 foram gerados 78,3 milhões de toneladas de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em todo o país, sendo coletado 91% deste montante, tendo então 9% com destinação imprópria. Desta porção coletada cerca de 59%, ou 41,7 milhões de toneladas, foram enviadas para aterros sanitários. Dentre tantos resíduos produzidos pela população, os pneus vêm se destacando, dado que sua disposição em aterros sanitários gera grandes volumes, acrescido ao fato de que este material apresenta uma decomposição muito lenta (GIACOBBE, 2008).

Por essas razões, a Resolução CONAMA n.º 416 de 2009 determinou que, para cada pneu novo vendido ao mercado de reposição (para carros usados), as empresas fabricantes ou importadoras deverão dar destinação adequada a um “inservível”, e não só a reutilização na Engenharia Civil como em todos os setores que forem possíveis a reutilização.

A reutilização dos pneus inservíveis pode ser feita aproveitando os pneus inteiros ou em partes. Segundo Kamimura (2004), as aplicações mais usuais dos pneus inservíveis são em materiais de enchimento de peso leve; drenagem em campo séptico; sistema de drenagem de gases em aterros sanitários; material para compostagem; estabilizadores de encostas; controle de erosão; diques; barragens; isolante térmico e acústico; drenagem em aterro sanitário; aditivos para pavimentos asfálticos e pistas esportivas; cobertura de parques infantis; concretos leves, entre outros.

Em obras de drenagem são utilizados os pneus unidos em módulos de aproximadamente 15 pneus formam um tubo em substituição aos bueiros; nos EUA “esta prática tem sido adotada e apresentou desempenho aceitável” (KAMIMURA, 2004, p. 26).

Nos muros de arrimo/contenção são aplicadas camadas horizontais de pneus espaçadas verticalmente e interligada com alças de metal, formando camadas de pneus que são preenchidas com solo. No Brasil a PUC-Rio em parceria com Universidade de Ottawa (Canadá) e a Fundação Geo-Rio, vem desenvolvendo projeto de pesquisa de estabilização de taludes com muros de contenção (KAMIMURA, 2004, p. 19).

Outra forma da utilização destes pneus seria a construção de um muro que tem como objetivo principal é analisar a viabilidade de construção de muros de pneus e determinar os parâmetros representativos do material composto solo-pneu e analisar a deformabilidade do muro.

Os parâmetros necessários para análise da estabilidade e do comportamento tensão-deformação de muros de pneus são: peso específico e módulo de deformabilidade do material composto “solo-pneu”. França (2017) determinou o peso específico do material solo-pneus a partir de ensaios de densidade no campo, com a construção de uma cava, em forma de paralelogramo, com volume bem definido. Nesta cava, foram introduzidos os pneus preenchidos com o solo compactado. A forma da cava foi estabelecida para garantir a ocupação de todo o volume da mesma com os pneus.

Ramos (2005), também sugere o uso de pneus na limitação de território esportivo com a função de formar muros de delimitação destes territórios para prática de esportes automotivos de alta velocidade e também em pistas de corridas de cavalos.

Novas alternativas de reaproveitamento dos pneus descartados têm sido testadas no Brasil. Dentre elas, destacam-se dois projetos de pesquisa, um da Universidade

Federal do ABC (UFABC) e outro da Universidade de São Paulo (USP). O primeiro projeto consiste em encapsular motor de automóvel, com o objetivo de reduzir o ruído, e o segundo na produção de concreto mais flexível (SZPILMAN, 1999).

Com a reciclagem, aproveitaria quase tudo compostos nestes pneus mas o processo de reciclagem agregam um custo final superior ao custo do produto não reciclado, fator este que influencia no fracasso de alguns projetos.

2.3. Aplicações de pneus como agregado miúdo

Ultimamente, novos componentes estão sendo utilizados no concreto, por exemplo, adições minerais e resíduos que são descartados no meio ambiente, tais como: resíduos de construção e demolição, resíduos de borracha de pneu, resíduos de bagaço de cana e cinza de casca de arroz. Esses resíduos podem ser utilizados em substituição parcial ou total do cimento, do agregado miúdo ou graúdo. Esta substituição é feita de acordo com a aplicação que será dada ao produto final (SZPILMAN, 1999).

Esse agregado miúdo de borracha pode substituir a areia e o arame pode substituir o arame galvanizado que é usado nas ferragens de colunas. Outras aplicações possíveis são em: paredes, coberturas, telhas de concreto, blocos de alvenaria e painéis para fins de isolamento térmico e acústico; no envelopamento de dutos em valas, confecção de passeio público, rodovias, pisos, calçadas, meio-fio, pisos de ciclovias, revestimentos, elementos de sinalização de trânsito e em outros tipos de serviços que possibilitem o uso de concretos de baixa exigência estrutural (ANDRIETTA, 2002).

Porém esse agregado miúdo derivado a partir da reciclagem dos pneus inservíveis tem vantagens e desvantagens no seu uso na construção civil. Na substituição do agregado miúdo areia, conforme destacou França (2017), há uma grande vantagem na construção de pavimentos e blocos de concreto, mas segundo o mesmo autor para adquirir o agregado miúdo feito a partir do pneu inservível gasta-se muito para fazer a reciclagem, enquanto a areia para a construção civil é retirada diretamente da natureza.

2.4. Das vantagens da substituição do agregado pelo pneu:

- a) Vantagens econômicas: O agregado miúdo derivado a partir da reciclagem dos pneus inservíveis na construção civil tem a vantagem na substituição do agregado miúdo areia, pois este material em destaque a areia encontra-se em extinção na

natureza e a vantagem do pneu é que além da borracha ser aproveitada como agregado miúdo para a construção civil, tem em sua composição o arame, que deverá ser reaproveitado para a utilização nas armaduras das estruturas, com preço mais acessível que o arame queimado (FRANÇA, 2018).

- b) Vantagens ambientais: deixar de usar recursos naturais como a areia e ao mesmo tempo o arame seria destinado para a reciclagem como na reutilização para fazer pregos e ajuda na amarração das armaduras (FRANÇA, 2018).
- c) Vantagens técnicas: No quesito absorção de água e resistência do material mostrou-se satisfatório o corpo de prova, pois de acordo NBR 6136, deste modo é viável para confecção de calçadas, blocos de concreto e outros materiais de construção e contudo usaria o agregado miúdo do pneu inservível que esta indevido na natureza e economizaríamos a areia do meio ambiente (ABNT, 2007).

3. METODOLOGIA

A primeira etapa deste artigo consistiu em pesquisa bibliográfica sobre a reutilização do pneu na Engenharia Civil.

A segunda etapa envolveu pesquisa experimental com testes em laboratório visando analisar a viabilidade da substituição de parte da areia (agregado miúdo) pela borracha triturada de pneus inservíveis na construção civil.

O teste foi realizado conforme a norma técnica NBR 5739, em agosto de 2018 no laboratório Campo Grande (CG3) do Campus do Centro Universitário Augusto Motta (Unisuam), tendo sido utilizados os materiais citados no quadro 1 e os métodos descritos a seguir.

Quadro 1 – Materiais e Quantidade de Materiais Utilizados

Materiais	Quantidade
Água	3 litros de água
Cimento	3kg de Cimento
Brita	9kg de brita
Pneu triturado	9kg de Pneu triturado
Funil	2 Funis
Enxada	1 Enxada
Colher	1 Colher
Balança de Precisão;	1 Balança
Medidor de Água;	1 Medidor
Bacia;	1 Bacia
Computador;	1 Computador
Plavitest;	1 Máquina
Óleo	1 litro

Fonte: Própria

Primeiramente, foi produzido um traçado com brita, pneu triturado, água e cimento. Os materiais utilizados foram: uma enxada em uma caixa de polietileno para fazer a mistura. No momento do traçado percebemos que houve sobra do volume de água inicial 710 ml. Logo após fizemos o corpo de prova, a medida foi de 5cm.

Então foram realizados testes para a substituição do agregado miúdo areia, por agregado miúdo extraído dos pneus inservíveis, para compor o concreto, seguindo os procedimentos sugeridos por França (2018) detalhados a seguir. Cabe ressaltar que o material testado se apresentava em pouca quantidade de modo que não foi possível saber se realmente a composição daria liga.

O óleo foi usado para não grudar o concreto nas formas e logo após os cilindros de concreto prontos foram mergulhados em um tanque com água para fazer a cura e essa duração foi de 7 dias.

Figura 1: Equipamento de teste de compressão de concreto PaviTest



A partir da iniciativa de substituição de parte da areia (agregado miúdo) por borracha de pneus triturada, foi possível desenvolver o projeto, porém comparamos o teste feito com um corpo de prova se tivesse no seu componente com agregado miúdo. Esse corpo de prova ficou 7 dias dentro de um tanque com água, para fazer o processo chamado de cura e logo após os 7 dias foi analisado.

Figura 2: Corpo de prova feito com agregado miúdo (pneu)



Foi utilizado o software Pavitest, adquirido junto com os acessórios I-3003-P, com o objetivo de realizar ensaios físicos em compostos de argamassa: compressão axial em Corpo de Prova cilíndricos/prismáticos e tração na flexão de Corpo de Prova prismáticos.

Esse software possibilita o cadastramento e o armazenamento de amostras e Corpo de Prova de argamassa; acompanhamento gráfico em tempo real dos ensaios (carga em N x tempo em s), com escalas personalizáveis que se ajustam automaticamente na tela, carregamento progressivo automático (N/s) com indicação visual; emissão de relatório simplificado e exportação dos dados coletados para uma planilha de Excel.

4. RESULTADOS

O corpo de prova produzido com a substituição de parte da areia (agregado miúdo) por borracha de pneus triturada ficou 7 dias dentro de um tanque com água, conforme citado no texto anterior para o teste.

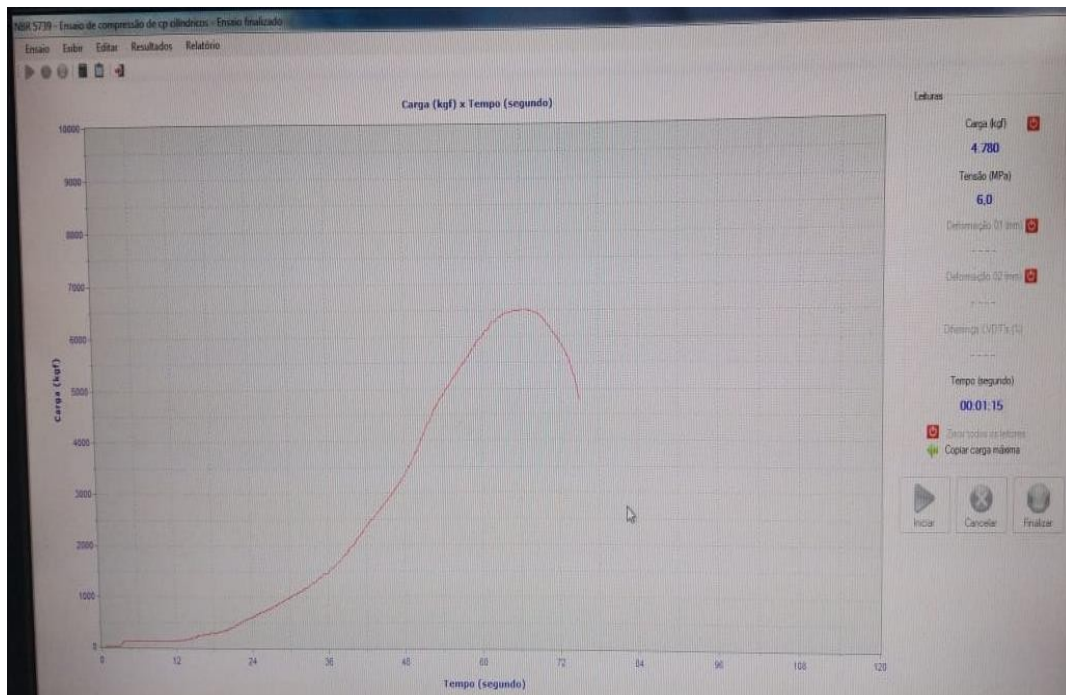
A ruptura do corpo de prova se deu com 3000 Kgf em 60 segundos e o tipo de ruptura foi da forma cônica, teste feito conforme NBR 5739.

O resultado aceitável foi: (5+-2) cm – Cimento CP1 – Diâmetro 10 cm – Comprimento 20 cm. Constatou-se que o concreto produzido poderia ser aplicado para pavimentação de ruas e calçadas, bem como na construção de blocos de concreto e outros materiais na construção civil.

Dependendo do tipo de carga representada pelo diagrama de tensão-deformação, o módulo de elasticidade pode ser relatado como: módulo de elasticidade compressivo (ou módulo de elasticidade em compressão); módulo de elasticidade flexural (ou módulo de elasticidade em flexão); módulo de elasticidade de cisalhamento (ou módulo de elasticidade em cisalhamento); módulo de elasticidade de tração (ou módulo de elasticidade em tensão); ou módulo de elasticidade de torção (ou módulo de elasticidade em torção) (FRANÇA, 2018).

Em termos práticos o gráfico a seguir demonstra a capacidade de tensão x deformação do corpo de prova do concreto feito a base do agregado miúdo através da reciclagem do pneu. Ele mostra a relação do máximo de carga que o corpo de prova pode suportar e ao mesmo tempo que é verificada a carga que provoca a sua ruptura. A tangente e a secante do módulo de elasticidade são iguais, até o limite proporcional de um material.

Figura 3: Gráfico de carga x tempo do ensaio de compressão do CP



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a tecnologia atual e ao mesmo tempo com recursos escassos e com tema sobre a sustentabilidade, a construção civil por usar muitos materiais seria uma espécie de cobaia para o nosso projeto. O trabalho tem o principal objetivo à substituição do agregado miúdo (Areia) para a confecção de calçadas, blocos de concreto e outros materiais de construção.

Em destaque foi feito experimentos sobre a influência de diferentes teores de substituição do agregado miúdo por resíduos de borracha de pneu, para os diferentes traços, em relação ao cimento. Analisou-se a resistência e a massa específica dos concretos no estado fresco, os resultados sobre a compressão axial e da absorção de água dos blocos de concreto e também se realizou a análise dimensional dos blocos.

Nos estudos devido à diminuição da trabalhabilidade gerada pela incorporação da borracha de pneu aos concretos, utilizou-se neste estudo o aditivo superplastificante, obtendo assim a trabalhabilidade desejada.

Constatou-se que os blocos de concreto produzidos são viáveis e apresentam resultados satisfatórios, quando avaliado o requisito resistência característica e absorção de água. Por fim, concluiu-se que os resultados e as análises realizadas apresentam em alguns casos interferência significativa quando incorporamos o resíduo de borracha de

pneu ao concreto, porém todos traços produzidos para a confecção dos blocos de concreto atenderam às especificações descritas na NBR 6136 (ABNT, 2007).

Vale destacar que apesar do comportamento e dos resultados satisfatórios apresentados pelos blocos de concreto produzido para este estudo, outros estudos devem ser realizados com o intuito de confirmar a viabilidade de sua utilização.

Porém, para que isto possa entrar em prática é preciso um programa de fato voltado a sustentabilidade para que o produto reciclável não se torne caro e ao mesmo tempo atrativo ou até mesmo obrigatório para as empresas consumirem em grandes quantidades para que os pneus inservíveis possam ter utilidade e com isso poucos seriam vistos de forma irregular no meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ANDRIETTA, A. J. **Pneus e meio ambiente: um grande problema requer uma grande solução.** Out. 2002. Disponível em: Acesso em: 26 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2016.** São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm.br>. Acesso em: 09 set.2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUO (ABETRE). **Norma ABNT NBR 10.004:2004. Classificação de Resíduos Sólidos.** Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/estudos-e-publicacoes/publicacoes/publicacoes-abetre/classificacao-de-residuos>>. Acessado em 08 jul. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5739: Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos** – requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6136: blocos vazados de concreto simples para alvenaria** – requisitos. Rio de Janeiro, 1994.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **INSTRUÇÃO NORMATIVA N.8, de 15 de maio de 2002, DOU n.95, seção I, de 20 de maio de 2002, Brasília, DF.** In: Base de Dados de Informações Documentárias, 2002.

FRANÇA, [homepage on the Internet]. **Concreto feito com borracha de pneu.** Disponível em: <<https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2017/07/18/engenheiro-desenvolve-estaca-de-concreto-feito-com-borracha-de-pneu>>. Acessado em 10 fev. 2018.

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. **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.

SOUZA, Renata Tatiana. **Análise da logística reversa de pneus usados e inservíveis e seus impactos ambientais quando descartados inadequadamente.** Monografia. Tecnólogo em Logística. Faculdade de tecnologia da zona leste. São Paulo. 2009

SZPILMAN, M. **Reciclagem.** In: Instituto Ecológico AQUALUNG. Informativo n.º 23, jan/fev 1999. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/08/19/reciclagem-de-pneus/> Acessado em: 26/04/2018.

VRANJAC, A. Centro de Vigilância epidemiológica Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. Portal institucional. **Dengue em números.** Disponível em: <http://www.cve.saude.sp.gov.br/htm/zoo/deng07_n2012.htm>. Acesso em: 10 abr. 2008.