



**FAPAC - FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO TOCANTINENSE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS PORTO LTDA
ENGENHARIA CIVIL**

**NETILANE RAMOS SILVA
RAFAEL SOARES COSTA MANDUCA**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO E RESISTÊNCIA DO
CONCRETO COM ADIÇÃO DE BORRACHA OBTIDA A PARTIR DA
RECICLAGEM DE PNEUS**

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

**NETILANE RAMOS SILVA
RAFAEL SOARES COSTA MANDUCA**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO E RESISTÊNCIA DO
CONCRETO COM ADIÇÃO DE BORRACHA OBTIDA A PARTIR DA
RECICLAGEM DE PNEUS**

Projeto de Pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos.

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

**NETILANE RAMOS SILVA
RAFAEL SOARES COSTA MANDUCA**

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO E RESISTÊNCIA DO
CONCRETO COM ADIÇÃO DE BORRACHA OBTIDA A PARTIR DA
RECICLAGEM DE PNEUS**

Projeto de pesquisa submetido ao curso de Engenharia Civil do Instituto Tocantinense Presidente Antônio Carlos Porto Ltda, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Apresentado e defendido em ____/____/____ () APROVADO () REPROVADO
pela Banca examinadora constituída pelos professores:

Orientador: Prof. Me. Douglas Freitas Augusto dos Santos

Prof.^a Me. Silvia Barroso Gomes Souto

Convidado: Prof^o Me. Ana Meires

**PORTO NACIONAL - TO
2017**

RESUMO

O concreto é o segundo material mais consumido pelo homem, só perdendo para a água. Ele é constituído basicamente do resultado da mistura de cimento, água, pedra e areia, sendo que o cimento ao ser hidratado pela água forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), formando um bloco monolítico. As principais propriedades mecânicas do concreto são: resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade. Visando melhorar a resistência do mesmo, e levando em conta fatores ambientais, destacou-se a necessidade de reciclar a borracha de pneu que é um resíduo sólido que se destaca por suas características físicas e tempo prolongado de degradação. Este trabalho de pesquisa tem como objetivo atingir melhores resistências mecânicas com a adição de borracha de pneu reciclado como agregado, visando diminuir os impactos ambientais que a borracha de pneu causa no meio ambiente. Para isso serão utilizados métodos de pesquisa e ensaios no laboratório de Construção Civil instituição FAPAC – (Faculdade Presidente Antônio Carlos) para a realização de ensaios mecânicos, a fim de verificar o ganho de resistência se comparado com o concreto convencional.

Palavras-chave: Concreto com resíduo de borracha de pneu. Comportamento mecânico. Sustentabilidade. Impactos ambientais.

ABSTRACT

Concrete is the second material, most consumed by man. It consists basically of the result of mixing water, water, stone and sand, and the cement to be hydrated by water forms a resistant paste and adheres to the fragments of aggregates (stone and sand), forming a monolithic block. The main mechanical properties of concrete are: compressive strength, tensile strength and modulus of elasticity. In order to improve the strength of the same, and taking into account the problems, a need to recycle a tire rubber which is a solid stands out due to its physical characteristics and prolonged degradation time. This research aims to achieve better mechanical resistance with an addition of recycled tire rubber as an aggregate, aiming at reducing the environmental impacts that tire rubber causes in the environment. For this, the applied research methods and the tests are not laboratories of Construction. FAPAC - (Faculdade Presidente Antônio Carlos) for a test of mechanical tests, an aim to verify the resistance gain compared to conventional concrete.

Keywords: Concrete with rubber tire residue. Mechanical behavior. Sustainability and Environmental Impacts.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FAROL ATUAL DE EDDYSTONE	16
FIGURA 2 – ESQUEMA DE UM PNEU EM CORTE	19
FIGURA 3 – CURVAS TENSÃO-DEFORMAÇÃO CONTROLADA	20
FIGURA 4 – CONCENTRAÇÃO DE TENSÕES NA PONTA DE UM MATERIAL FRÁGIL SUBMETIDO A TRAÇÃO.....	21
FIGURA 5 – TIPOS DE RESPOSTAS TENSÃO DEFORMAÇÃO.....	21
FIGURA 6 – MÁQUINA DE ENSAIO (COMPRESSÃO E TRAÇÃO)	24
FIGURA 7 – PAQUÍMETRO (PARA MEDIR AS DEFORMAÇÕES NOS CORPOS DE PROVA).	25
FIGURA 8 – PENEIRA # 4,75 (SEPARA AREIA DOS PEDREGULHOS)	26
FIGURA 9 – MOLDES CILÍNDRICOS COM 10 CM DE DIÂMETRO E 20 CM DE ALTURA.....	26

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - GASTOS EM RECURSOS MATERIAIS.	28
QUADRO 2 - CRONOGRAMA DO PROJETO DE PESQUISA.	29

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABGE	Material Britado de Granulometria Extensa
ABGE	Material Britado de Granulometria Extensa
BGS	Brita Graduada Simples
BGTC	Brita Graduada Tratada com Cimento
BR	Brasil
CCP	Concreto de Cimento Portland
DP	Desvio Padrão
CV	Curva de Nível
NaOH	Soda Caustica
MPa	Mega Pascal
EAP	Emulsão Asfáltica de Petróleo
FC	Fator de Carga
WP	Limite de Plasticidade
NBR	Norma técnica Brasileira
TO	Tocantins

LISTA DE SIMBOLOS

Fck Resistência Característica do Concreto

c Coesão Molecular

r Resistência Teórica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	XII
1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA.....	xiii
1.2 HIPÓTESE.....	xiii
1.3 JUSTIFICATIVA.....	xiv
2. REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	15
2.1.1 Estrutura do concreto	16
2.1.2. Propriedades do concreto	16
2.1.3. Sua implicação no meio sustentável	17
2.2. BORRACHA.....	18
2.2.1. Propriedades mecânicas	18
2.2.2. Durabilidade	19
2.3. O USO DA BORRACHA NO CONCRETO COMO ELEMENTO SUSTENTAVÉL	19
2.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO	20
2.4.1. Compressão	20
2.4.2. Considerações sobre resistência a tração	20
2.4.3. Módulo de elasticidade	21
3. OBJETIVOS	22
3.1. OBJETIVO GERAL	22
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. METODOLOGIA	23
4.1. MATERIAIS.....	23
4.2. EQUIPAMENTOS	23
4.2.1. Máquina de ensaio	23
4.2.2. Paquímetro	24
4.2.3 Peneira #4,75	25
4.2.4. Moldes cilíndricos	26
4.3. MÉTODOS.....	27
4.4. BANCOS DE DADOS	27
5. ORÇAMENTO	28
6. CRONOGRAMA	29

7. RESULTADOS ESPERADOS	30
REFERÊNCIAS	31
ANEXOS.....	34

1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material largamente mais empregado na construção civil, (dando formas constituintes da estrutura por sua execução no canteiro de obra, capacidade de se adequar a varias condições de produção), economicamente o concreto continua sendo, na maioria das situações o mais viável, por sua versatilidade geométrica não atingida por outros materiais. Por sua capacidade de resistência a compressão, e outras inúmeras vantagens, tais como seu processo construtivo que é bem conhecido e propagado em quase todo país, sua facilidade e rapidez em execução, baixo custo de matérias, alta durabilidade, boa resistência a choques e vibrações, efeito térmico, atmosférico e a desgaste mecânico, redução de gasto por manutenção, portando se bem projetado e de forma adequada a mesma poderá ser reduzida. Contudo o concreto continua sendo a melhor opção construtiva.

O pneu tem como composição 85% de borracha negro de fumo e compostos químicos, 12% de aço e 3% de lona (têxtil), material deposto ao meio, com período de degradação prolongado. Serão analisados parâmetros importantes de desempenho do concreto, avaliando a influência do teor de fibra de borracha de pneu para garantir o método de dosagem, possíveis aplicações e confiabilidade de uso. O uso de borracha de pneu na produção de materiais a base de cimento é definido por Turatsinze, Bonnet e Granju (2004,p.6) como um grande oportunidade de contribuir para a preservação do meio ambiente, à medida que se amplie a reciclagem dos pneus insensíveis descartados em todo mundo. Mediante estas informações é notável que existam várias pesquisas com relação à reciclagem de pneus, que buscam solucionar o problema. A resolução CONAMA de nº 258 de 26/07/1999 prevê a reciclagem de 30 milhões de pneus nos próximos anos.

A indústria do concreto vem evoluindo e permitindo produções e diversidades de materiais, que de certa forma influenciam em novos estudos sobre concreto e matérias atrelados ao mesmo, considerando estas informações, e aspectos importantes de desempenho do concreto, resíduo de borracha de pneu inservível como agregado. Tendo em vista estes parâmetros e sabendo-se que o concreto simples apresenta um comportamento pouco estável e de baixa capacidade de se deformar antes da ruptura quando submetido a esforços de tração. Portanto se sofre fissurarão uma vez o mesmo perde sua capacidade de

resistir a esforços de tração, e por tais características motivam a busca por novas tecnologias e alternativas que atendam da melhor forma a essas necessidades compensando suas limitações. Atualmente surgiram possibilidades de reforçar o concreto com a utilização de resíduos e borracha de pneus reciclados.

1.1 PROBLEMAS DE PESQUISA

Encontra-se no Brasil boa parte dos pneus que geram um acúmulo de mais de 35 milhões anualmente e existe cerca de 100 milhões de pneus descartados a natureza, gerando um grande problema ambiental, e com a sua reutilização além de contribuir com a preservação do meio ambiente, os resíduos de borracha são mais resistentes ao tempo do que os de cimento. Com a reciclagem dos pneus e a aplicação do mesmo na construção civil quebra paradigmas para aceitação do produto entre as construtoras e consumidores.

1.2 HIPÓTESE

É válido ressaltar que recentemente, adição de resíduos de borracha de pneu a concretos convencionais, tem sido promissora, Olivares e Barluenga (9/2004, p.111). Estes resíduos são viabilizados em variadas escalas granulométricas podendo assim ser assimilados das demais faixas granulométricas de agregados naturais, grãos e miúdos, geralmente utilizados na produção de argamassas e concreto. Desta forma parâmetros de características do resíduo utilizado, será levantada tais como sua granulometria, densidade, dimensões, forma, quantidade a ser aplicada.

A partir de quantidades consideradas pequenas, cerca de 10% de resíduos de borracha de pneu em substituição a areia, de acordo com Albuquerque et al.(2001, p.15) pode-se alcançar no concreto com borracha de pneu valores de tenacidade superiores aos encontrados nos concretos convencionais, parâmetros esses que devem ser considerados como forma de prevenção à possíveis fissurações que são relativamente alta do concreto.

1.3 JUSTIFICATIVA

Um dos principais motivos e empenho para a realização deste trabalho é apresentar resultados satisfatórios em relação a um bom desempenho e resistência do concreto, com a adição de borracha de pneu inseríveis como agregado, produzindo o mesmo, de encontro com a necessidade mundial de contribuir com a preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Confirmar sua confiabilidade de uso, avaliar métodos de dosagem como forma de contribuir para área da construção civil, acompanhar o desenvolvimento industrial com novas formas de materiais e reutilização, inovando e adequando aos processos construtivos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Basicamente, pode-se afirmar que o concreto é uma pedra artificial que se molda à inventividade construtiva do homem. Este foi capaz de desenvolver um material que, depois de endurecido, tem resistência similar às das rochas naturais e, quando no estado fresco, é composto plástico: possibilita sua modelagem em formas e tamanhos os mais variados. O concreto é material construtivo amplamente disseminado. Podemos encontrá-lo em nossas casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, até em plataformas de extração petrolífera móveis. Estima-se que anualmente são consumidas 11 bilhões de toneladas de concreto, o que dá, segundo a **Federación** Ibero americana de **Hormigón Premesclado** (FIHP), aproximadamente, um consumo médio de 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água. No Brasil, o concreto que sai de centrais dosadoras gira em torno de 30 milhões de metros cúbicos (PEDROSO, 2009).

Duas propriedades do concreto que o destacam como material construtivo é: sua resistência à água – diferentemente do aço e da madeira, o concreto sofre menor deterioração quando exposto à água, razão de sua utilização em estruturas de controle, armazenamento e transporte de água – e sua plasticidade – que possibilita obter formas construtivas inusitadas, como se vê nas obras arquitetônicas de Niemayer. Mas existem outras vantagens: a disponibilidade abundante de seus elementos constituintes e seus baixos custos (PEDROSO, 2009).

A técnica de construir com concreto foi a base da ordem espacial encontrada na arquitetura romana. As abóbadas são a expressão genuína de um material plástico, maleável até desenvolver resistência suficiente para se manter por si mesmo. O Panteão, construído de 118 a 128, é estrutura formada de uma cúpula de 43m de diâmetro apoiada num cilindro de concreto pozolânico revestido com tijolos e mármore com 6m de espessura nas nervuras. Sua fundação, um anel de concreto com 4,5m de profundidade e 7m de largura, foi a solução encontrada para evitar recalques diferenciais e para melhor distribuir a pressão aplicada no solo de pouca capacidade de suporte. Na figura 1 demonstra a edificação Farol atual de

Eddystone remete as grandes construções empregando o concreto como elemento construtivo.

Figura 1 – Farol atual de Eddystone



Fonte: Pedroso; Ibracon (2009).

2.1.1 Estrutura do concreto

Em sua natureza básica o concreto é um material plástico, que é moldado de maneira a adquirir a forma desejada antes que desenvolva um processo de endurecimento, adquirindo resistência suficiente para resistir sozinho aos esforços que o solicitam. (LUÍS FERNANDO KAEFER, 1998.p.3).

De acordo com a ASTM (*American Society for Testing and Materials*), o concreto é um material compósito que consiste de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes naturezas.

- O aglomerante é o cimento em composição com a água;
- O agregado é qualquer material granular, como areia, pedregulho, seixos, rocha britada, escória de alto-forno e resíduos de construção e de demolição; se as partículas de agregado são maiores do que 4,75mm, o agregado é dito graúdo; caso contrário, o agregado é miúdo;
- Os aditivos e adições são substâncias químicas adicionadas ao concreto em seu estado fresco que lhe alteram algumas propriedades, adequando-a.

2.1.2. Propriedades do concreto

De forma geral, ocorre uma redução nas propriedades físicas e mecânicas do concreto. Esta redução depende da forma, da quantidade e do tamanho das partículas de borracha a serem adicionadas ou substituídas. A

resistência à compressão, por ser considerada índice de qualidade do concreto (MEHTA & MONTEIRO (1994), é muito verificada e, por isso, mas trabalhos investigaram esta propriedade).

O concreto apresenta algumas restrições, que precisam ser analisadas devem ser tomadas as providências adequadas para atenuar suas consequências.

As principais são:

- Baixa resistência à tração;
- Fragilidade;
- Fissuração;
- Peso próprio elevado;
- Custo de formas para moldagem.

Os concretos podem também ser classificados em relação à sua resistência à compressão aos 28 dias, conforme a ABNT NBR 8953:

- a) Concreto de baixa resistência: menos de 20Mpa;
- b) Não adequado à finalidade estrutural, segundo a NBR 6118;
- c) Concreto de resistência normal: de 20 a 50Mpa;
- d) Concreto de alta resistência: mais de 50Mpa.

Como material estrutural, o concreto apresenta várias vantagens em relação a outros materiais. Serão relacionadas também algumas de suas restrições e as providências que podem ser adotadas para contorná-las (LIBÂNIO *et al.* 2004).

O concreto apresenta algumas restrições, que precisam ser analisadas Devem ser tomadas as providências adequadas para atenuar suas consequências.

As principais são:

- Baixa resistência à tração,
- Fragilidade,
- Fissuração,
- Peso próprio elevado,
- Custo de formas para moldagem,
- Corrosão das armaduras

2.1.3. Sua implicação no meio sustentável

Conforme Fonseca (2013), no decorrer dos anos a sustentabilidade, tanto na construção civil quanto em um parâmetro geral, está em elevação. Nunca se falou tanto em sustentabilidade, bem como a sustentabilidade nunca teve um papel tão importante na construção civil.

A sustentabilidade tem como objetivo central visar o mundo no futuro de acordo com o presente, assim, alcançando e elaborando ideias para que o futuro de cenários catastróficos seja diferente do futuro visto pelos pesquisadores. Na década de 1960 estudiosos já esboçaram os primeiros comentários sobre questões que envolviam o tema (ROBERTO, 2009).

Um projeto sustentável vai mais além do que o aproveitamento de água de chuva, da ventilação natural e do uso da energia solar. Para receber esta credencial de empreendimento sustentável, o projeto precisa ser ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito (FONSECA, 2013).

2.2. BORRACHA

A origem da palavra borracha ocorreu numa das primeiras aplicações do produto, dada pelos portugueses, quando foi utilizada para a fabricação de botijas, substituindo as chamadas borrachas de couro que os portugueses usavam no transporte de vinhos. O primeiro emprego industrial da borracha foi como apagador. Foi Magellan, descendente de célebre navegador, quem propôs este uso. Em 1770 o inglês Joseph Priesley difundiu-o. Cubos desta borracha começaram a ser vendidos em Londres em 1772 e recebeu em inglês o nome de Índia Rubber, que significa “Raspador da Índia” (SANTOS 1980).

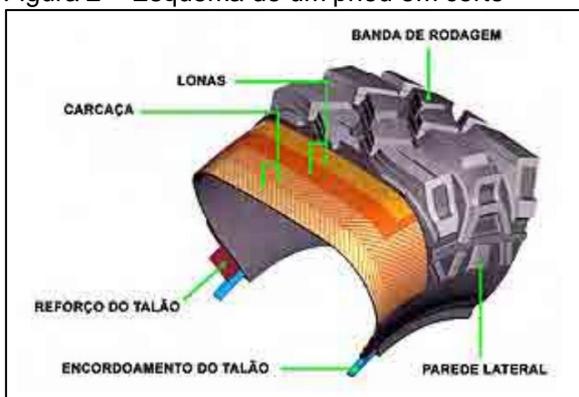
2.2.1. Propriedades mecânicas

De acordo com Batayneh, Marie e Asi (2008), a adição de borracha de pneu em materiais cimentícios aumenta sua capacidade de deforma-se sem a manifestação de fissuras. Os autores observaram um comportamento não linear no diagrama de tensão-deformação das amostras com adição de resíduos de borracha, concluindo que o material proporciona aumento da tenacidade dos compósitos. As fibras de borracha, por serem resultantes de um material extremamente elástico, atuam como obstáculos para o aumento de fissuras, proporcionando um efeito de “costura”.

No entanto, apesar da utilidade dos modelos teóricos quanto à compreensão dos vários parâmetros ligados a estimar o módulo de elasticidade, de acordo com Aïtcin (2000, p.512-513), devido à necessidade precedente dos valores de módulo de cada fase, então a complexidade da medição do módulo de elasticidade aumenta ainda mais; tornando a determinação experimental desta grandeza, diretamente para o concreto, uma solução mais viável.

Na figura 2, é possível observar um pneu em corte onde são apresentadas diversas partes constituintes do mesmo, ressaltam-se os termos: banda de rodagem, parede lateral ou flanco, carcaça, entre outros.

Figura 2 – Esquema de um pneu em corte



Fonte: BRAZILTIREES (2005).

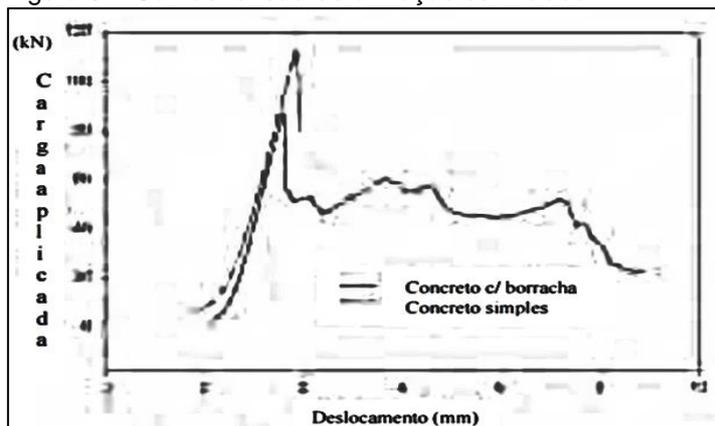
2.2.2. Durabilidade

Em concordância com Bonnet (2003, p.59) “a aplicação de borracha na composição de materiais à base de cimento contribui para o aumento da resistência à micro fissuração, resultando numa ampliação da durabilidade.”

2.3. O USO DA BORRACHA NO CONCRETO COMO ELEMENTO SUSTENTAVÉL

Conforme *Li et al.* (2004, p.4) os concretos com adição de resíduos de borracha de pneu denotam, que em relação àqueles sem adição, a um aumento considerável na sua tenacidade (área sob a curva), como pode ser visualizado na (Figura 3), o que proporciona uma melhoria na capacidade de absorção de cargas dinâmicas e na resistência à propagação de fissuras.

Figura 3 – Curvas tensão-deformação controlada



Fonte: LI et al. (2004, p.4).

2.4. PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

2.4.1. Compressão

Conforme NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J. (2013) O concreto é primordialmente utilizado pela sua boa capacidade a compressão, e permitindo analisar de forma sucinta os mecanismos das fissuras para um material em estado duplo ou triplo de tensões e compressão uniaxial. De modo que as duas principais tensões são de compressão, a tensão ao longo da borda de falha interna é de tração em alguns pontos, de modo que venha ocasionar a ruptura.

De acordo com Terzian Paulo (1992, p.103), diz que:

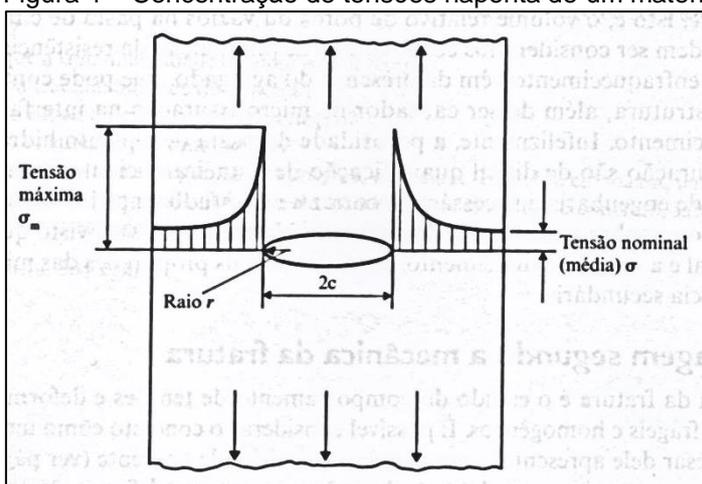
A resistência à compressão é propriedade do concreto geralmente adotada por ocasião do dimensionamento da estrutura. Portanto, está diretamente ligada com a segurança estrutural. A obra deve ser construída com um concreto de resistência à compressão igual ou superior àquele valor adotado no projeto. Por outro lado contrapartida não a duvida que a propriedade do concreto que melhor o classifica é a resistência à compressão. A resistência à compressão é uma propriedade muito sensível, capaz de indicar com presteza as variações da “qualidade” de um concreto.

2.4.2. Considerações sobre resistência a tração

Segundo NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J. (2013) desconsiderando elementos de composições diferentes, estima-se que a resistência à tração real da pasta de cimento hidratada é inferior à resistência teórica, estimada com base na coesão molecular, calculada através da energia necessária criar novas faces pela

fratura de um material integralmente homogêneo e sem imperfeições. Estima-se que esta resistência teórica seja de aproximadamente 1000 vezes maior que a resistência real medida. A discrepância entre as resistências teóricas e reais pode ser explicada, conforme estabelecido por Griffith, pela presença de falhas ou fissuras e tensões em suas pontas quando submetidas ao carregamento (Figura 4). Também a tensão máxima é maior, conforme maior a fissura, ou seja, quanto maior o valor de c é menor o valor de r , de acordo a figura relacionada.

Figura 4 – Concentração de tensões na ponta de um material frágil submetido a tração

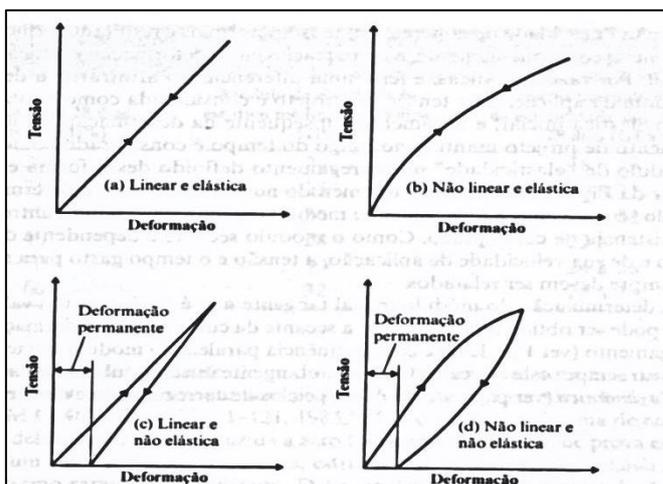


Fonte: Neville et al. (2013, p.96).

2.4.3. Módulo de elasticidade

Em conformidade com NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J. (2013) define elasticidade como sendo basicamente a deformação que aparece e desaparece de acordo com aplicação ou remoção de tensão. Como mostra a Figura 5 curva de tensão-deformação, ilustra dois tipos de elasticidade pura (a) linear e elástica e (b) não linear e elástica caso (c) linear não elástico, a quarta categoria caso (d) pode ser descrita como comportamento linear e não elástico, dando existência a uma deformação após a remoção de um carregamento.

Figura 5 – Tipos de respostas tensão deformação



Fonte: Neville et al. (2013, p.206).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar as vantagens e o desempenho do concreto em relação a sua resistência mecânica, com o uso da borracha de pneu reciclado como um agregado ao mesmo, através de revisões bibliográficas, ensaios experimentais e avaliações estatísticas.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Serão apresentados diferentes tipos de avaliações específicas com base nos resultados de ensaios experimentais de 20 corpos de prova.
- Correlacionar de diferentes tipos de análises do comportamento do concreto convencional, e comparar o acréscimo de resistência à compressão em relação à adição de resíduos de borracha de pneu com o mesmo.
- Comparações analíticas através de um banco de dados por meio de tratamento estatístico.
- Avaliações de resistências correspondente e mais adequada na prática de projetos.
- Conscientizar o uso do resíduo da borracha no concreto visando à sustentabilidade.

4. METODOLOGIA

Embasando os estudos deste trabalho, além da caracterização e classificação dos agregados, serão confeccionados 18 corpos de prova de concreto convencional e com adição de resíduo de borracha de pneu, proveniente do processo de referência, para a realização de ensaio experimental, sendo 2 sem adição do resíduo de borracha, e o restante com a adição do resíduo de borracha.

4.1. MATERIAIS

Desta forma, os insumos utilizados neste trabalho são:

- Cimento: Cimento Portland CP IV 32 RS. 32 MPa corresponde a sua resistência a compressão aos 28 dias;
- Agregado miúdo: Areia com dimensão máxima de 4,75 mm. A areia será passada na peneira de malha #4,75 mm, por possuir grãos maiores (pedregulho);
- Resíduo de borracha: Resíduo de borracha de pneu proveniente do processo de recapagem. Este resíduo será fornecido pela empresa RECAPAGEM RODANTE em Porto Nacional – TO;
- Agregado graúdo: Brita 01 com dimensão máxima de 19,00 mm;
- Água: Respeitando-se o que preconiza a norma ABNT NBR 15.900(2009);
- Aditivo Plastificante: Para concretos a base de lignosulfonatos, de consistência líquida, cor amarronzada; densidade de 1,22 g/cm³ (indicação de uso – 0,2 a 0,3 % sobre a massa de cimento do traço de concreto, segundo o fabricante);
- Hidróxido de sódio: NaOH – soda cáustica.

4.2. EQUIPAMENTOS

4.2.1. Máquina de ensaio

O teste de resistência do concreto é feito pelo método do ensaio de compressão axial. Após o laboratório receber o corpo de prova da obra, ele é armazenado em câmara úmida por um tempo determinado, lembrando que o concreto atinge a sua resistência característica no 28º dia. Vencido este prazo o corpo de prova segue para outro setor do laboratório onde ele passa por um

nivelamento das superfícies para que encaixe perfeitamente na máquina que irá fazer o ensaio, e finalmente ele é encaminhado para a última fase, chamada de rompimento. A máquina exerce uma força gradual de compressão sobre o corpo de prova até que o mesmo venha a romper, a força exercida é dividida pela área de topo do corpo de prova em cm^2 , temos então a relação de kgf (exercido pela máquina) por cm^2 , que, para chegarmos ao MPa , basta dividir este valor por 10. A máquina de ensaio obedece todos os requisitos da norma ABNT NBR 5.739 (2007).

Como mostra a figura 6, a máquina exerce o ensaio de compressão e tração, até o rompimento do corpo de prova.

Figura 6 – Máquina de ensaio (Compressão e Tração)



Fonte: Acervo dos autores, 2017.

4.2.2. Paquímetro

O paquímetro é um instrumento usado para medir com precisão as dimensões de pequenos objetos. Trata-se de uma régua graduada, com encosto fixo, sobre a qual desliza um cursor. O paquímetro possui dois bicos de medição, sendo um ligado à escala e o outro ao cursor, e possui normalmente uma graduação em centímetros e outra em polegadas para que possamos realizar as medições da forma que for necessária. O cursor móvel tem uma escala de medição que se denomina nônio ou vernier que é assim chamado em homenagem aos seus criadores: o português Pedro Nunes e o francês Pierre Vernier. O mesmo será fundamental para medir as alturas e as espessuras dos corpos de provas, já ensaiados, dadas em unidade de cm .

O paquímetro digital é utilizado para leitura rápida, livre de erro de paralaxe e ideal para controle estatístico dos corpos de prova, e obedecem todos os requisitos da norma ABNT NBR 5.739(2007). Segue o modelo ilustrado abaixo na figura 7 do paquímetro digital.

Figura 7 – Paquímetro (para medir as deformações nos corpos de prova).



Fonte: Acervo autores.

4.2.3 Peneira #4,75

Entende-se por peneiramento, a separação de um material em duas ou mais classes, estando estas limitadas uma superior e outra inferiormente.

O material retido na tela da peneira é denominado *oversize* e o passante, *undersize*. A peneira #4,75 será utilizada para fazer a separação areia e dos grãos maiores, os pedregulhos no caso, respeitando-se o que preconiza a norma ABNT NBR NM ISO 3310-1 (1997). Modelos de peneiras utilizadas para separação de areia e pedregulhos, como mostra na figura 8.

Figura 8 – Peneira # 4,75 (Separa areia dos pedregulhos)



Fonte: Acervo dos autores, 2017.

4.2.4. Moldes cilíndricos

Os moldes cilíndricos devem ser confeccionado em aço ou outro material não absorvente e quimicamente inerte com os componentes constituintes do concreto. Não devem sofrer deformações durante a moldagem dos corpos-de-prova, devem ter as superfícies internas lisas e sem defeitos. Os moldes cilíndricos devem possuir dispositivos de fixação à respectiva placa da base, tais moldes devem ter suas medidas obedecendo ao que se diz a norma ABNT NBR 5.738 (2003), em que sua altura deve ser duas vezes maior que seu diâmetro. De acordo com a figura 9.

Figura 9 – Moldes cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura



Fonte: Acervo dos autores, 2017.

4.3. MÉTODOS

Procura-se avaliar as características do concreto, partindo de traços referência que não contêm o resíduo na sua composição, mas com as mesmas proporcionalidades dos demais materiais. Os agregados componentes destes serão caracterizados, classificados e posteriormente confeccionados os concretos, obedecendo à norma ABNT NBR 5.738 (2003), em amostragem de 18 corpos de prova, em moldes cilíndricos com 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, para a realização das análises quando no estado fresco (trabalhabilidade), e no estado endurecido (resistência à compressão).

Os traços de referência foram selecionados com a seguinte proporcionalidade em massa de materiais: 1,0: 2,5: 3,5: 0,6. Sendo respectivamente as proporções de Cimento: Agregado Miúdo: Agregado Graúdo: Fator Água/Cimento.

Para cada traço referência, tem-se a estes a adição do resíduo de borracha de pneu, proveniente do processo de recapagem, tratado com NaOH, nas proporções especificadas em relação a massa de areia em: 3,0%; 5,0%; 7,5%.

Os resíduos de borracha serão tratados em solução de 1mol de hidróxido de sódio (NaOH – soda cáustica), a fim de aumentar sua hidrofiliabilidade (afinidade de um material por água).

4.4. BANCOS DE DADOS

Os dados dos ensaios serão obtidos a partir de uma revisão bibliográfica que apresentara objetivos distintos, como por exemplo: a adição da borracha, a resistência característica do concreto (f_{ck}), maior que 20 e menor que 50 MPa. Sendo empregadas proporções estatísticas habituais como: média, M , a mediana, M_d , o desvio padrão, DP , e o coeficiente de variação, CV , e também os valores máximos e mínimos da amostra. Assim a média demonstra o viés conservativo da equação, o coeficiente de variação é utilizado como indicador de precisão dos resultados e os menores e maiores valores complementam proporcionando a amplitude. Com base nisso, será possível verificar a distribuição e dispersão dos resultados. E propostas de formulações matemáticas podem ser criadas.

5. ORÇAMENTO

Quadro 1 - Gastos em Recursos Materiais.

GASTOS COM RECURSOS MATERIAIS			
Itens	Quantidade	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Cimento CP-IV	02 Sacos	27,00	54,00
Areia Comum	10 Latas	2,00	20,00
Brita 01 – 19,00 mm	½m³	70,00	35,00
Resíduo de Borracha	Sem Custo	0,00	0,00
Aditivo Plastificante	01 Frasco	70,00	200,00
Hidróxido de Sódio	01 Pote	12,00	12,00
SUBTOTAL			321,00

6. CRONOGRAMA

Quadro 2 - Cronograma do projeto de pesquisa.

	ANO 2017						ANO 2017					
	MESES											
Etapas	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Escolha do Tema	■											
Elaboração do Projeto	■	■	■									
Revisão Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■				
Apresentação do Projeto					■							
Coletas de Dados						■	■	■				
Análise e Discussão dos Dados							■	■	■			
Revisão da Monografia										■	■	
Submissão da Monografia											■	
Apresentação da Monografia											■	



Etapas concluídas



Etapas a serem realizadas

7. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados desta pesquisa serão formados pela análise dos resultados experimentais dos corpos de provas submetidos aos testes de tração e compressão. É esperado que, utilizando as devidas adições em porcentagem do resíduo de borracha de pneu, obtenha-se um ganho de resistência à tração e à compressão do concreto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS NBR 6118 (2014). **Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS ABNT NBR 15.900(2009). **Água Para Amassamento do Concreto**. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS ABNT NBR 8953 (1992). **Concreto Para Fins Estruturais - Classificação Por Grupos De Resistência – Classificação**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739 (2007). **Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738 (2003). **Moldagem E Cura de Corpos-de-Prova Cilíndricos ou Prismáticos de Concreto**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. NM ISSO 3310-2 (1997). **Peneiras de Ensaio Requisitos Técnicos e Verificação**.

ASTM; American Society for Testing and Materials, **Soluções em Concreto**. Disponível em: <http://www.nortebrazilconcretos.com/noticias2.Php>. Acesso em: 04 mar. Porto Nacional, 2017.

AÏTCIN, P. C. **Concreto de Alto Desempenho**. 1ªed. São Paulo: PINI, 2000. 512-513p.

ALBUQUERQUE, A. C.; ANDRADE, W. P.; HASPARYK, N. P.; ANDRADE, M. A. S.; BITENCOURT, R. M.. **Adição de Borracha de Pneu ao Concreto Convencional e Compactado com Rolo**. In: ANAIS DO ENTAC. 2006.

BRAZILTIREES. **Esquema de Um Pneu em Corte / M8090 CREEPY CRAWLER**. Disponível em: < <http://www.braziltires.com.br/pneustec.html> >. Acesso em: 04 mai. 2017.

BATAYNEH, Malek K.; MARIE, Iqbal.; ASI, Ibrahim. **Promoting the use of crumb rubber concrete in developing countries.** *Waste Management, Oxford*, v. 28, n. 11, p. 2171-2176, 2008.

CONAMA- Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 258, de 26 de Agosto de 1999. **Determina que as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final ambientalmente adequada aos pneus inservíveis.** Diário Oficial da União, Brasília, 02 dez. 1999. Seção 1, p. 39. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>. Acesso em: 03 de mai.2017.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na Construção Civil.** Rio de Janeiro (2009) Disponível em: AITCIN, P. C. Concreto de Alto Desempenho. 1ªed. São Paulo: PINI, 2000. 512-513p.

FONSECA, Gealva. **Sustentabilidade na Construção Civil.** Disponível em: <file:///C:/Users/net/Downloads/1237-4763-2-PB.pdf>. Acesso em: 04 mar. Cidade, 2017.

FONTES, Fernando Fernandes. **Análise Estrutural de Elementos Lineares Segundo a Nbr 6118: 2003.** São Carlos. 2005. Disponível em: file:///D:/Meus%20documentos/Faculdade/2017-%201%C2%B0%20Semestre%20Materias/TCC%20I/Pesquisas/2005ME_FernandoFFontes.pdf. Acesso em: 14 abril. Porto Nacional 2017.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual De Dosagem e Controle do Concreto.** São Paulo: Pini, 1992.

MARTINS, Israel Rodrigues de Freitas. **Concreto de Alto Desempenho com Adção de Resíduos de Borracha de Pneu.** Ilha Solteira. 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA Nº 301, de 21 de março de 2002.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama> >. Acesso em: 04 mai. 2017.

NEVILLE, A.M; BROOKS, J.J. **Tecnologia do Concreto**. 2ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2013. XX,448 p. :il ; 23cm.

PEDROSO, Fábio Luís. **Concreto: material construtivo mais consumido no mundo**. São Paulo: Ibracon, 2009.

SILVA, Carlos et al. **O Uso da Borracha Enquanto um Elemento Que Proporciona Sustentabilidade na Construção Civil**. Disponível em: <file:///D:/Meus%20documentos/Faculdade/2017-%201%C2%B0%20Semestre%20Materias/TCC%20I/Pesquisas/Borracha%20de%20Opn.pdf>. Acesso em: 04 mar. Porto Nacional, 2017.

LIBÂNIO, Pinheiro et al. **Estruturas de Concreto**. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/introducao.pdf>. Acesso em: 04 mar. Porto Nacional, 2017.

MEHTA, P. K. ; MONTEIRO, J. M. (1994). **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo-SP: PINI.

ROBERTO, L.C. **Sustentabilidade Na Construção Civil**. Belo Horizonte: UFMG, 2009. 29p.

SANTOS, Roberto. **História Econômica da Amazônia**. 1800- 1920. São Paulo: T. A. Queiroz, 1980.

LI, G. et al. **Waste Tire Fiber Modified Concrete. Composites, Part B: Engineering**, v. pat B 35, p. 4, 2004.

OLIVARES, F.H; BARLUENGA, G. **Fire Performance of Recycled Rubber-Filled High- Strength Concrete. Cement And Concrete Research**. v. 34, p. 111, 2004.

KAEFER; Fernando. **A Evolução do Concreto Armado**. 1998 p. 3. Disponível em: <http://www.feb.unesp.br/lutt/Concreto%20Protendido/HistoriadoConcreto.pdf>. São Paulo. Acesso em: >. Acesso em: 08 abril. 2017.

ANEXOS