



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**



RAFAEL CAMARGO CARDOSO

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO
DE MATERIAL RECICLADO DE PNEU AUTOMOTIVO PARA CONFECÇÃO DE PISOS**

VOLTA REDONDA

2018



**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS**



**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE CONCRETO COM ADIÇÃO
DE MATERIAL RECICLADO DE PNEU AUTOMOTIVO PARA CONFEÇÃO DE PISOS**

Dissertação apresentada para o colegiado do
Programa de Mestrado Profissional em Materiais,
no Centro Universitário de Volta Redonda, como
requisito para titulação de Mestre em Materiais.

Aluno: **RAFAEL CAMARGO CARDOSO**

Orientador: Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

VOLTA REDONDA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

C268p Cardoso, Rafael Camargo.

Produção e caracterização de compósitos de concreto com adição de material reciclado de pneu automotivo para confecção de pisos. / Rafael Camargo Cardoso. - Volta Redonda: UniFOA, 2018.

63 p. : Il

Orientador (a): Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em Materiais, 2018

1. Materiais - dissertação. 2. Compressão axial. 3. Abrasão. 4. Pisos ecológicos. I. Cabral, Ricardo de Freitas. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 620.1

FOLHA DE APROVAÇÃO

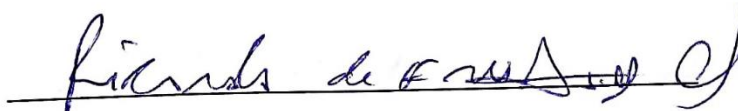
Aluno: Rafael Camargo Cardoso

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE CONCRETO COM
ADIÇÃO DE MATERIAL RECICLADO DE PNEU AUTOMOTIVO PARA
CONFEÇÃO DE PISOS**

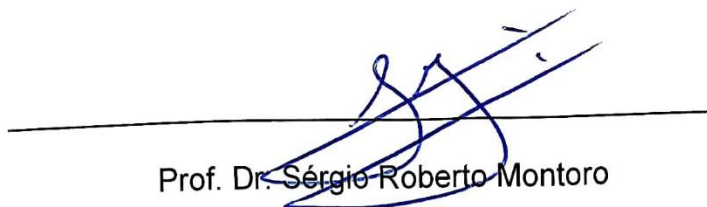
Orientadora:

Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral

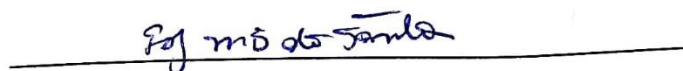
Banca Examinadora



Prof. Dr. Ricardo de Freitas Cabral



Prof. Dr. Sérgio Roberto Montoro



Profa. Dra. Évely Madeleine Bento dos Santos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada. Lá de cima, Ele me deu toda a coragem que eu precisava para ir além dos meus limites nestes quase dois anos dedicados ao mestrado e não me deixou faltar forças para ir até o final e quebrar as barreiras.

Aos meus pais, Adriana Camargo Cardoso e Ronaldo Cardoso, que são para mim um grande exemplo de força, coragem, perseverança e energia infinita para nunca desistir dos obstáculos encontrados. Com toda a certeza são os responsáveis por cada sucesso obtido e cada degrau avançado para o resto da minha vida. Obrigado por estarem sempre comigo.

Ao meu irmão Ronaldo Cardoso Júnior, que mesmo distante se fez presente em todos os momentos. Minha cunhada Elora Moura de Barros, minhas Tias Mara Ester Camargo da Silva e Rosely Cardoso minha prima Gabriela Martins e todos os meus familiares, amigos e afilhados que sempre acreditaram no meu potencial e incentivando a seguir em frente e desistir jamais. Um carinho especial também às companheiras e amigas que o mestrado me proporcionou Ariana Carmem Costa, Cynthia Machado e Vanessa Fernandes, o caminho com certeza ficou mais fácil com a parceria feita, obrigado.

Ao Técnico do Laboratório de Engenharia Civil Arthur Almeida Bitencourt, que incansavelmente auxiliou desde o início deste projeto.

Em especial, quero agradecer meu professor orientador Ricardo de Freitas Cabral, no qual não mediu esforços quando precisei de sua ajuda. Obrigado por contribuir com tantos ensinamentos, tanto conhecimento. Carrego tudo isso comigo como um exemplo de profissionalismo. Obrigado mesmo.

Agradeço ao Centro Universitário de Volta Redonda e todos os demais professores do Mestrado Profissional de Materiais por me proporcionar o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos.

Em fim, agradeço a todos que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Dedico esse trabalho a todos aqueles que sempre me apoiaram desde o início dessa trajetória e permaneceram até aos últimos momentos ao meu lado e principalmente aqueles que acreditaram em mim e me ajudaram no crescimento do meu conhecimento e aprendizado.

No fim todos viraremos pó, e o que fica é a lembrança de como nos relacionávamos com a vida.

Autor Desconhecido.

SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente;

ASTM - *Terminology for Composite Materials*;

NBR – Norma Brasileira;

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CP - Cimento Portland;

CPD- Corpo de Prova;

RS - Resistente aos Sulfatos;

RS - Resíduos Sólidos;

IBAMA - Instituto Brasileiro do Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;

ANIP - Associação Nacional de Indústria de Pneumática;

MME - Ministério de Minas e Energia;

°C – Graus Célsius;

mm- Milímetro;

g – Gramas;

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição dos Pneus	25
Tabela 2 – Tipos de areia.	30
Tabela 3 - Tamanho de brita.	30
Tabela 4 - Percentual de matéria prima.	33
Tabela 5 – Granulometria da areia.	39
Tabela 6 – Granulometria do pneu automotivo.	40
Tabela 7 – Granulometria da brita.	40
Tabela 8 - Resistência à compressão com sete dias.	41
Tabela 9 - Resistência à compressão com quatorze dias.	41
Tabela 10 - Resistência à compressão com vinte e um dias.	42
Tabela 11 - Resistência à compressão com vinte e oito dias.	43
Tabela 12 – Resultado do Ensaio de Absorção de água.	46
Tabela 13 – Resultado de abrasão com 500 metros	47
Tabela 14 – Resultado de abrasão com 1000 metros	49
Tabela 15 - Comparação dos Testes.	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação dos Compósitos.	18
Figura 2: Processo da criação dos pneumáticos.	24
Figura 3: Ciclo de Vida do Pneu.	26
Figura 4- Processo de destinação dos pneus.	26
Figura 5: Tipos de desgaste abrasivo	28
Figura 6- Estrutura da realização do trabalho.	29
Figura 7- Pneu moído.	31
Figura 8 - Análise de Granulometria	32
Figura 9 – Molde dos corpos de provas.	32
Figura 10 – Molde dos corpos de provas cheio.	33
Figura 11 – Máquina responsável por realizar o teste de Compressão axial.	34
Figura 12 (a) - Corpo de prova seco	35
Figura 12 (b) - Corpo de prova molhado	35
Figura 13- Teste de índice de vazios.	36
Figura 14- Microscópio Eletrônico de Varredura	36
Figura 15- Amostras do teste de abrasão.	37
Figura 16- Marcação dos corpos de prova.	37
Figura 17 – Máquina de medição pré-teste.	38
Figura 18 – Máquina de teste.	38
Figura 19 – Resultados do teste à compressão com sete dias.	38
Figura 20 – Resultados do teste à compressão com quatorze dias.	41
Figura 21 – Resultados do teste à compressão com vinte e um dias.	42
Figura 22 – Resultados do teste à compressão com vinte e oito dias.	42
Figura 23 (a)- Imagem estrutural 25x(Matriz).	44
Figura 23 (b)- Imagem estrutural 50x(Matriz).	42
Figura 24 (a)- Imagem estrutural 100x(5%)	45
Figura 24 (b)- Imagem estrutural 500x (5%)	45
Figura 25 (a)- Imagem estrutural 300x(10%)	45
Figura 25 (b)- Imagem estrutural 1000x(10%)	45
Figura 26- Resultado de abrasão com 500 m.	46
Figura 27- Resultados de absorção de água.	48
Figura 28- Resultado de abrasão com 500 m.	49
Figura 29- Resultado de abrasão com 1000 m.	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação do Cimento Portland.

21

LISTA DE EQUAÇÃO

Equação 1	35
Equação 2	35

RESUMO

A utilização da borracha foi desenvolvida em função das diversas descobertas científicas promovidas durante o século XIX. Depois da segunda Guerra Mundial (1939-1945), as indústrias passaram a adotar uma borracha sintética que poderia ser produzida mais rapidamente. Com as grandes revoluções e a maximização do crescimento populacional, resultou como consequência o aumento em grandes escalas de materiais que impactam direto ao meio ambiente devido ao descarte de forma incorreta. O presente trabalho teve esta temática como motivador, mais precisamente o crescimento exponencial do número de pneus descartados inadequadamente. O principal objetivo foi a produção de pisos de concreto utilizando como reforço pneus com granulometrias similares a da areia. Para tal utilizou-se como referência um matriz onde não havia percentual de agregado para, à partir desses resultados, realizar os comparativos com compósitos de medidas pré-estabelecidas de adição do pneu com as respectivas medidas: 5% 10% e 15%. Como instrumentos mediadores do processo foram utilizados a fim de comparar os resultados obtidos de cada material os seguintes testes: compressão axial, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), absorção de água por imersão, índice de vazios e abrasão. Como principais resultados pode-se descrever que quando mais borracha adicionada à matriz maior a perda de tensão. Quando comparado os resultados com 28 dias de vida, o compósito que apresentou melhores resultados quando comparado com a matriz, apresentou uma redução de 8% na tensão do material. Quando analisado as imagens do MEV, observou-se que não houve uma perfeita homogeneização entre a matriz e o reforço, acredita-se ser devido à geometria do reforço, como consequência tem-se a presença de vazios na estrutura. Quando analisado os índices de absorção de água, tem-se que o compósito com 15% apresentou a menor absorção com índice de 3,8%, enquanto que o de 5% apresentou uma elevação de 47% quando comparado ao de 15%. A análise de índice de vazios observou-se que o compósito de 5% apresentou a menor perda, variando em torno de 11%. Com base nos resultados do ensaio abrasão foi possível descrever que os compósitos apresentaram comportamentos coerentes ao esperado para esse estudo. Comportamentos esses que são causados pelas características do agregado. Comparado com a matriz o compósito de 5% apresentou o melhor desempenho quanto ao teste de abrasão, havendo um desgaste de aproximadamente 16%. Contudo percebeu-se a necessidade de estudos mais aprofundados, pois mesmo apresentando pequenas perdas de propriedades, foi perceptível os ganhos dos compósitos estudados.

Palavras-Chave: Compressão axial, Abrasão, Pisos ecológicos, Logística Reversa, Pavimentação.

ABSTRACT

The use of rubber was developed in function of the diverse scientific discoveries promoted during Century XIX. After World War II (1939-1945), industries began to adopt synthetic rubber that could be produced more quickly. With the great revolutions and the maximization of population growth, resulted in the increase in large scales of materials that directly impact to the environment due to the discard of incorrect form. The present work had this theme as motivator, more precisely the exponential growth of the number of tires discarded inappropriately. The main objective was the production of concrete floors using as reinforcement tires with granulometry similar to sand. For this purpose, a matrix was used where there was no percentage of aggregate to compare the composites with pre-established measures of addition of the tire with the respective measures: 5% 10% and 15%. The following tests were used as mediators of the process in order to compare the results obtained from each material: axial compression, Scanning Electron Microscopy (SEM), immersion water absorption, voids index and abrasion. As main results it can be described that when more rubber added to the matrix the greater the loss of tension. When comparing the results with 28 days of life, the composite that presented better results when compared to the matrix showed an 8% reduction in the material tension. When the SEM images were analyzed, it was observed that there was no perfect homogenization between the matrix and the reinforcement, believed to be due to the geometry of the reinforcement, as a result of the presence of voids in the structure. When the water absorption indexes were analyzed, it was observed that the composite with 15% showed the lowest absorption with a rate of 3.8%, while that of 5% presented a 47% increase when compared to 15%. The analysis of voids index showed that the composite of 5% had the lowest loss, varying around 11%. Based on the results of the abrasion test it was possible to describe that the composites presented behaviors coherent to that expected for this study. These behaviors are caused by the characteristics of the aggregate. Compared with the matrix, the 5% composite presented the best performance in the abrasion test, with a wear rate of approximately 16%. However, the need for more in-depth studies was observed, since even with small losses of properties, the gains of the composites studied were perceptible .

Keywords: Axial compression, Abrasion, Ecological floors, Logistics, Paving, Pavement.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1. Considerações Gerais e Importância do Tema	16
1.2. Objetivo	17
1.3. Justificativa	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Sustentabilidade e Meio Ambiente	18
2.2- Materiais Compósitos	19
2.3- Concreto	21
2.3.1 Materiais Constituintes	21
2.3.1.1- Cimento	21
2.3.1.2- Água	22
2.3.1.3-Areia	22
2.3.1.4- Brita	22
2.4- Resíduos Sólidos.....	22
2.6- Abrasão.....	27
3. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1. Materiais.....	29
3.1.1 Cimento Portland CPIII	29
3.1.2 Areia.....	29
3.1.3 Brita	30
3.1.4 Água.....	30
3.1.5 Pneu moído.....	30
3.2 Métodos.....	31
3.2.1 Granulometria.....	31
3.2.2- Corpos de prova.	32
3.2.3 – Preparação do concreto	33
3.2.4 Teste de compressão axial	34
3.2.5 Teste de absorção de água por imersão.....	34
3.2.6 Teste de índice de vazios	35
3.2.7 MEV	36
3.2.8 Resistência à abrasão	37
4- RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1- Granulometria dos Materiais	39
4.2- Ensaio de compressão axial.....	40
4.3 MEV	44

4.4- Absorções de Água por Imersão	45
4.5 Índice de vazios	47
4.6 Abrasão	48
5. CONCLUSÃO.....	52
6. TRABALHOS FUTUROS.....	54
7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXO.....	61

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais e Importância do Tema

O mundo contemporâneo sofre o impacto por diversas maximizações de questões ligadas a evolução da humanidade, sem quaisquer medidas prévias. O desenvolvimento industrial, os aspectos econômicos, assim como o aumento dos níveis de consumo, acarreta na geração de resíduos obsoletos de diversas naturezas e de diferentes características.

Estudos, pesquisas e ações que visam minimizar o impacto de quaisquer resíduos no meio ambiente vem sendo apresentado como uma medida que não tem apenas a finalidade de estar em conformidade com normas e leis regulamentadoras, mas também em contribuir de forma direta, com economia das organizações. Há três razões principais que as empresas visam, quando o assunto é a aplicabilidade da logística reversa: (1) legislação ambiental, a preocupação em cuidar e dar o tratamento necessário dos seus produtos depois do uso atendendo às leis que normatizam tais seguimentos; (2) Ganhos financeiros com a reinserção de seus produtos na linha de produção e; (3) a maximização e a percepção dos meios internos da visibilidade e importância com que a empresa dá para questões ligadas a conscientização ambiental (THOD e FILHO, 2015).

A logística reversa tem-se como principal finalidade reaver valor ou realizar uma disposição ambiental correta. Descreve-se ainda *“como o processo de planejamento, implementação e controle de fluxos de matérias-primas, de produtos em processo e acabados e de informações, desde o consumidor final até o fornecedor”*, (PEREIRA, 2010).

Com base no Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) descrito em sua Resolução de nº416/2009, que cabe aos fabricantes, assim como os importadores, o cuidado com os pneus pós uso, com o peso superior a 2 kg.

Uma das principais maneiras, dentre as diversas, de se adequar à esta necessidade, o reaproveitamento de materiais, e a que se adequa melhor aos tempos atuais, a logística reversa se faz o mais eficiente, pois além de agregar propriedades de todas as esferas possíveis, faz com que as organizações passem a atender as normas relacionadas ao destino ecologicamente correto de resíduos.

Diversos são os trabalhos na área de adição do pneu automotivo em diferentes aplicabilidades, como por exemplo, em asfaltos, tubos de concretos em cerâmicos voltados para a construção civil, apresentados por outros profissionais que contribuíram

significativamente para o desenvolvimento deste, tais como, Queiroz (2012), dos Santos (2012) e Santos (2005).

1.2. Objetivo

O presente trabalho teve por finalidade a verificação das propriedades físicas e mecânicas de pisos de concreto agregado de resíduos de pneus reciclados.

Tem-se como objetivo específico a verificação da viabilidade técnica da nova composição de pisos comerciais de concreto com agregado de pneus.

1.3. Justificativa

O aumento da frota automotiva no Brasil cresce exponencialmente. Com a maximização transporte terrestre de uma forma geral, o país apresenta um indicador de um automóvel para cada 4,4 habitantes, enquanto na década passada este indicador era um automóvel por 7,4 habitantes (REIS, 2014).

Com aumento na frota de veículos, inúmeros são os componentes que crescem sem que ao menos tenha-se tempo hábil para estudos e medidas a serem instaladas para minimizar os impactos que estes terão no meio ambiente de forma geral.

Quando direciona-se à questionamentos ligados ao aumento da frota de veículos, é coerente e clara a percepção que há, de forma proporcional, o aumento dos pneus automotivos inservíveis. Considera-se pneu inservível quando este já não tem a possibilidade de ser reformado ou nem se encontra em condições de uso.

Estudos e questionamentos ligados ao descarte adequado de pneus veem apresentando uma grande preocupação em todos os segmentos, pois este, quando não tem um acompanhamento correto, pode causar danos ambientais irreversíveis.

O piso confeccionado nesse trabalho, terá como aplicações principais, pavimentações de shopping, condomínios, ambientes externos, entre outros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo procurou-se apresentar referências que auxiliassem na construção dessa dissertação. A busca por estudos anteriores que desenvolveram temas similares ajudam na veracidade e do desenvolvimento devido aos resultados obtidos.

A presente revisão bibliográfica esta subdividida em tópicos, onde serão apresentados conceitos relacionados à execução deste estudo.

2.1. Sustentabilidade e meio ambiente

Com o surgimento das primeiras indústrias, tem-se consigo os primeiros problemas ambientais em pequenas escalas, proporcional a produção da época. Com o passar do tempo, surgiram novas necessidades, assim como o aparecimento de outras indústrias. Houve-se então a uma preocupação de maiores estudos voltado para tal, pois chegava-se a conclusão que o crescimento industrial estava diretamente ligado aos impactos ambientais (OLIVEIRA, 2017).

Apenas por volta década de 70, as organizações perceberam que a obrigação de aderirem novos procedimentos e relacionar o progresso financeiro e o cuidado ambiental. Esta preocupação surgiu a partir de uma nova visão dos consumidores, sendo a criação de normas regulamentadoras, legislações mais eficazes, e até mesmo organizações não governamentais, visão esta que pressionou as empresas à buscarem novos meios de minimizarem os impactos ambientais, não apenas por vontade própria, e sim com base em penalidades judiciais que tem como topo as punições a sua permanência no mercado em que está inserido (OLIVEIRA, 2017).

Segundo Claro *et al* (2008), estudos e medidas ligados a sustentabilidade faz-se presente constantemente no empresarial. O autor ainda descreveu que a melhor forma de caracterizar a palavra sustentabilidade é a dita pela Comissão Brundtland, a qual descreve que o *“desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades da geração presente sem comprometer a das gerações futuras”*.

Inúmeras são as normas e leis regulamentadoras que vem a cada dia se adequando, dentre elas pode-se citar a Constituição Federal Brasileira que, em seu artigo 225 garante, como seres humanos, a prerrogativa de um meio ambiente equilibrado ecologicamente. Porém, é de grande valia a preservação e a defesa deste, a fim de garantir que este meio seja usufruído de forma benéfica pela presente e gerações futuras.

Inversão de valores e conceitos estão presentes em quaisquer meios. Denominar-se lixo partes do que não são aproveitadas pra determinado consumo, é um erro de grande

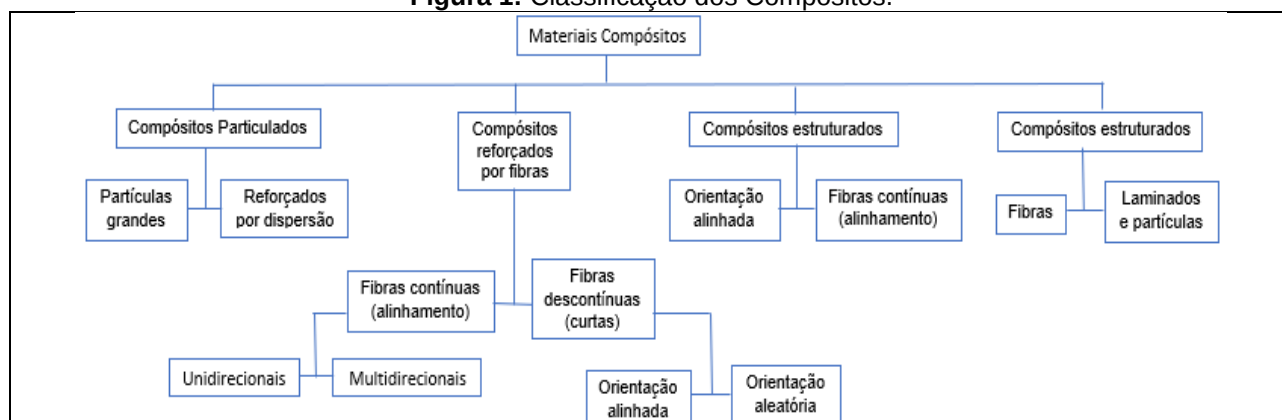
gravidade, pois o resíduo pode apresentar diversas aplicabilidades em outros ramos mesmo quando considerado inutilizado. Na última década, no Brasil, a produção de resíduos sólidos girou em torno de 2,9 milhões de toneladas/ ano sendo que apenas 22% destes foram tratados, onde desses resíduos tratados, 5% foram reaproveitados de forma correta e voltaram como matéria prima para a fabricação de cimento, 1% foi carbonizado e os 16% restantes foram direto para lixões e aterros sanitários (OLIVEIRA e CASTRO, 2007).

2.2- Materiais Compósitos

Define-se compósito sendo um material constituído por dois ou mais materiais distintos, que apresentam propriedades físico-químicas diferentes e ao serem combinados unem-se formando um material adequado, com propriedades mais apropriadas para um uso específico. O compósito subdivide-se em dois elementos: a) matriz – Denomina-se matriz sendo o material base para a confecção do novo material. Este apresenta o maior volume, e as suas propriedades que são mais evidentes. b) fase de reforço: caracteriza-se pelo material a ser agregado à matriz a fim de contribuir para a construção de um novo material com propriedades mais adequadas para uma determinada utilização (CARNEIRO e TEIXEIRA, 2008 ; NUNES, 1989; JUNIOR,1984).

Diversos são os componentes que influenciam de forma direta na classificação dos compósitos, dentre eles pode-se citar a geometria do compósito, o material base para a confecção (matriz), o material a ser agregado, entre outros. Santos (2012) descreveu que, quanto à fase de matriz, os compósitos, classificam-se em: metálico, cerâmico e polimérico. Já quanto ao material agregado, ou seja, fase de reforço classifica-se como: compósitos particulados, compósitos reforçados por fibras, compósitos estruturados e compósitos híbridos. Segundo Santos (2012) os compósitos podem ser; classificados conforme apresenta a Figura 1.

Figura 1: Classificação dos Compósitos.



Fonte: do autor adaptado de Santos (2012).

Os compósitos se subdividem conforme apresentados na Figura 1, e são classificados da seguinte maneira:

- a) Compósitos Particulados- define-se sendo um agrupamento de compósitos de geometria grande e sendo esses reforçados por dispersão. Diferencia-se estes dois tipos de compósitos apenas os artifícios que reforçam ou maximizam a resistência. Pode-se dizer que na fase de partícula, esta apresenta uma maior rigidez do que na fase de matriz, o que dificultam a mudança na matriz, em volta de cada partícula. Quanto aos compósitos que tem por classificação o reforço por dispersão, a interface entre a matriz e a partícula acontece espontaneamente devido apresentar partículas menores o que facilita a relação entre a matriz e a partícula. (MELO, 2013).
- b) Compósitos reforçados por fibras – os compósitos reforçados por fibras se subdivide em fibras contínuas e fibras descontínuas, onde os compósitos de fibras alinhadas ou fibras contínuas apresentam diferentes propriedades dependendo das características das fibras ao longo das estruturas, estas estruturas podem ser: multidirecional, bidirecional ou unidirecional, e essas características são as grandes responsáveis para a determinação da aplicação do material. Já quando refere-se aos Compósitos de Fibras descontínuas ou curtas, são constituídas de fibras pequenas, onde estas podem ser constituídas de forma aleatória ou de forma orientada em sua matriz (MELO, 2013).
- c) Compósitos Estruturais- Segundo Resende e Botelho (2000), os Compósitos Estruturais também conhecidos como compósitos avançados, possuiu aplicabilidades ampliadas em diversos segmentos do atual cenário da indústria mundial, apresentando um crescimento, ao ano, de cerca de 5%. Por apresentarem características como valores notáveis de rigidez, resistência a fadiga e à corrosão, isolamento térmico e acústico assim como massa específica baixa, possibilita a utilização deste tipo de compósito na substituição de tradicionais materiais metálicos nas indústrias espacial e aeronáutica.
- d) Compósitos Híbridos- são constituídos de uma matriz ou também de um tipo de reforço de fibra, ou seja é constituído de uma vasta fusão de reforços, que intercalam partículas de materiais semelhantes e fibras ou até mesmo partícula no mesmo material com mais de um tipo de fibra. Os compósitos híbridos ainda podem ser classificados como Composto Híbridos que caracteriza-se sendo compósito que apresenta em sua estrutura a presença de dois diferentes reforços em uma mesma matriz (TORRES, 2013).

2.3- Concreto

Define-se concreto sendo um material composto de cimento, água, areia (agregado miúdo) e brita ou pedra (agregado graúdo). Quando têm-se o objetivo de aumentar ou de obter novas propriedades, utiliza-se adições e aditivos químicos (BASTOS, 2014; NBR 12655, 2006).

Segundo Bastos (2014), com a evolução de estudos ligados a área de Ciências dos Materiais, mais precisamente estudos ligados a concretos, quando adicionado com o que denominam-se matriz, novas são as características que os compósitos apresentam. Esta característica relaciona-se diretamente com o material a qual foi agregado, como por exemplo, pigmentos, adições de minerais, fibras, entre outros materiais.

2.3.1 Materiais Constituintes

Concreto é constituído de uma combinação dos seguintes materiais (BASTOS (2014) e NBR 12655 (2006)).

2.3.1.1- Cimento

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, NBR 12655) caracteriza o cimento um composto químico seco, finamente moído, que ao ser misturado com água apresenta uma nova forma, sólida, após uma reação lenta.

Com base na Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), o cimento pode ser subdividido conforme a Quadro 1:

Quadro 1: Classificação do Cimento Portland.

Tipo de Cimento	Adição	Sigla	Norma
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filer (até 5%)	CP I – S 32 CP I – S 40	5732
Cimento Portland Composto	Escória (6-34%)	CP II – E 32 CP II – E 40	1158
	Pozolana	CP II – Z 32	
	Filer (6-10%)	CP II – F 32 CP II – F 40	
Cimento Portland de Alto-Forno	Escória (35-70%)	CP III 32	5734
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15-50%)	CP IV	5736
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial	Materiais carbonáticos (até 50%)	CP V- ARI	5733
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Estes cimentos são designados pela sigla RS. Ex: III-40 RS, CP V – ARI RS		5737

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002.

2.3.1.2- Água

Quando aplicado à água na produção de concreto, inicia-se neste instante o processo que faz com que o cimento comece a reagir quimicamente transformando-o em um ligante. Há a necessidade da utilização da proporção ideal de água para a quantidade de cimento, visto que em menor quantidade essa reação não acontece. Já em maior proporção, acarreta diretamente na redução da resistência em relação aos poros, quando a quantidade excedente dissipar (QUEIROZ, 2012). Segundo Trigo (2008), a quantidade de água está diretamente ligada a granulometria das partículas de cimento.

2.3.1.3-Areia

Dois são os aspectos que influenciam na escolha do tipo agregado miúdo que será utilizado, a demanda de água e o empacotamento físico. A utilização de partículas lisas e de formato arredondado são as de melhor característica para a escolha deste material, pois as areias com estas características exigem menor quantidade de água de amassamento (BASTOS, 2014).

2.3.1.4- Brita

Para obtenção de um material de alta qualidade, é de suma importância a triagem apropriada na seleção de agregado graúdo. Além de bastante atenção quanto às normas estabelecidas para o concreto convencional, é necessária uma análise mais minuciosa deste componente, pois estes podem influenciar de forma negativa tanto no estado final do produto (endurecimento) quanto no estado inicial (fresco), quando não apresentar as características adequadas (WATANABE, 2008).

2.4- Resíduos Sólidos

Diversos foram os fatores que contribuíram para o aumento da geração de resíduos sólidos (RS). O principal deles é mudanças nos padrões de consumo da sociedade, seguido do crescimento das cidades, o desenvolvimento industrial assim como os avanços tecnológicos. Mudanças essas que contribuem diretamente para o crescimento paralelo da quantidade e das características dos resíduos gerados. Com essas mudanças fizeram-se necessárias novas medidas e estudos voltados para os serviços ligados aos RS, tanto na coleta quanto no manejo, pelos órgãos competentes devido aos grandes impactos ambientais destes (TAVARES e TAVARES, 2014).

Classificam-se resíduos sólidos como sendo resíduos que se apresentam no estado sólido e semissólido, estes são provenientes de diferentes origens tais como: industrial, doméstica, de serviços de saúde, comercial, agrícola e de serviços (ABNT, 2004).

De acordo com Schalch *et al* (2002), os de resíduos sólidos classificam-se conforme sua origem, tais como:

- a) Urbano;
- b) Industrial;
 - Resíduos Classe I (perigosos);
 - Resíduos Classe II (não inertes);
 - Resíduos Classe III (inertes);
- c) Resíduos ligados serviços de saúde;
 - Resíduos comuns;
 - Resíduos sépticos;
- d) Resíduos de modos transporte;
- e) Resíduos agrícolas;
- f) Entulho;
- g) Resíduos Radioativos;

Os RS caracterizam-se dentre os demais resíduos como os que acarretam maiores impactos tanto ambientais quanto sanitário e social, quando mal gerenciados. Os principais pontos necessários para um gerenciamento eficiente dos RS é conhecer sua fonte geradora e os tipos, pois a partir desse conhecimento tem-se claro os elementos constituintes e também a quantidade de cada um deles (KGATHI e BOLAANE, 2001).

Contudo, pode-se dizer que os RS caracterizam-se como materiais reaproveitáveis e recicláveis que, após um tratamento adequado com base em suas especificações, podem ser reutilizados.

Para esse estudo, o material utilizado como agregado, o pneu automotivo, classifica-se como Resíduos Classe II- não inertes, segundo a norma materiais desse tipos apresentam as seguintes propriedades: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água (NBR 10.004 (2004)).

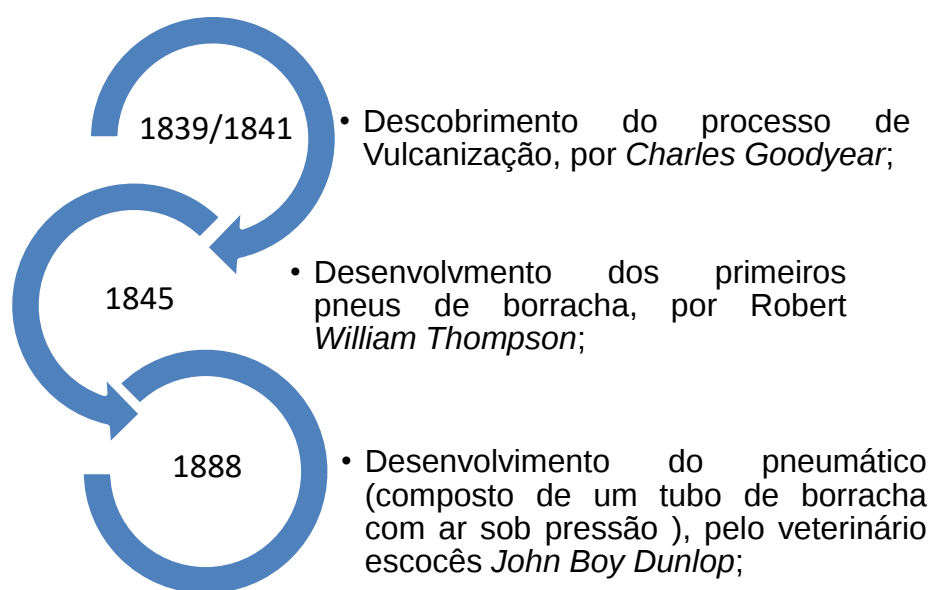
2.5- Pneu automotivo

Historicamente, o surgimento dos pneumáticos ocorreu por acidente. A borracha apresentava características pegajosas e baixa resistência a temperaturas e, apesar de apresentarem propriedades de impermeabilidade e flexibilidade, suas aplicabilidades eram

bastante limitadas. Apenas por volta do ano de 1839, ao estar sendo submetida a temperaturas, houve contato da borracha com enxofre, e assim que *Charles Goodyear* iniciou estudos do processo que foi denominado como processo de vulcanização (MARTINS, 2005).

O ano exato para o descobrimento do processo de vulcanização segundo os autores Queiroz (2012), Fazzan (2011) e Martins (2005) variam entre o ano de 1839 e 1841, porém são categóricos na concepção de que o surgimento dos pneus de borracha se deu a partir de uma cadeia de descobertas conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Processo da criação dos pneumáticos.



Fonte: Queiroz (2012), Fazzan (2011) e Martins (2005).

Define-se pneumático, de formas simples e direta como: pneu. Este caracteriza-se como um tubo de borracha que pode variar de diferentes formas, conforme o aro do automóvel, que é cheio de ar, o que permite o deslocamento do veículo. Em sua composição, um pneu novo possui 41% de borracha (sendo 27% borracha sintética e 14% borracha natural), 28% negro de fumo, 7% produtos químicos, 4% fibras orgânicas e 10% de arame de aço (SANTOS, 2012).

Com a maximização da produção da indústria automobilística, por volta do início de 1901, assim como de normas regulamentadoras, houve-se a necessidade da busca de meios que pudessem minimizar o impacto dos descartes irregulares de materiais deste ramo.

A Tabela 1 apresenta os materiais que constituem a composição de um pneu tanto de veículos quanto de cargas, de acordo com o trabalho de Lagarinhos (2011).

Tabela 1 – Composição dos Pneus

Componentes		Veículos	Pneu de Carga
Borracha	Natural	14	27
	Sintética	27	24
Negro de Fumo (Carbono)		28	28
Aço		14 -15	14 – 15
Outros(*)		16 – 17	16 – 17
Peso Total no Brasil		5,0 kg	40,0 kg

Fonte: Lagarinhos (2011).

(*) Tecidos, aceleradores, antiozônio, óleos e etc.

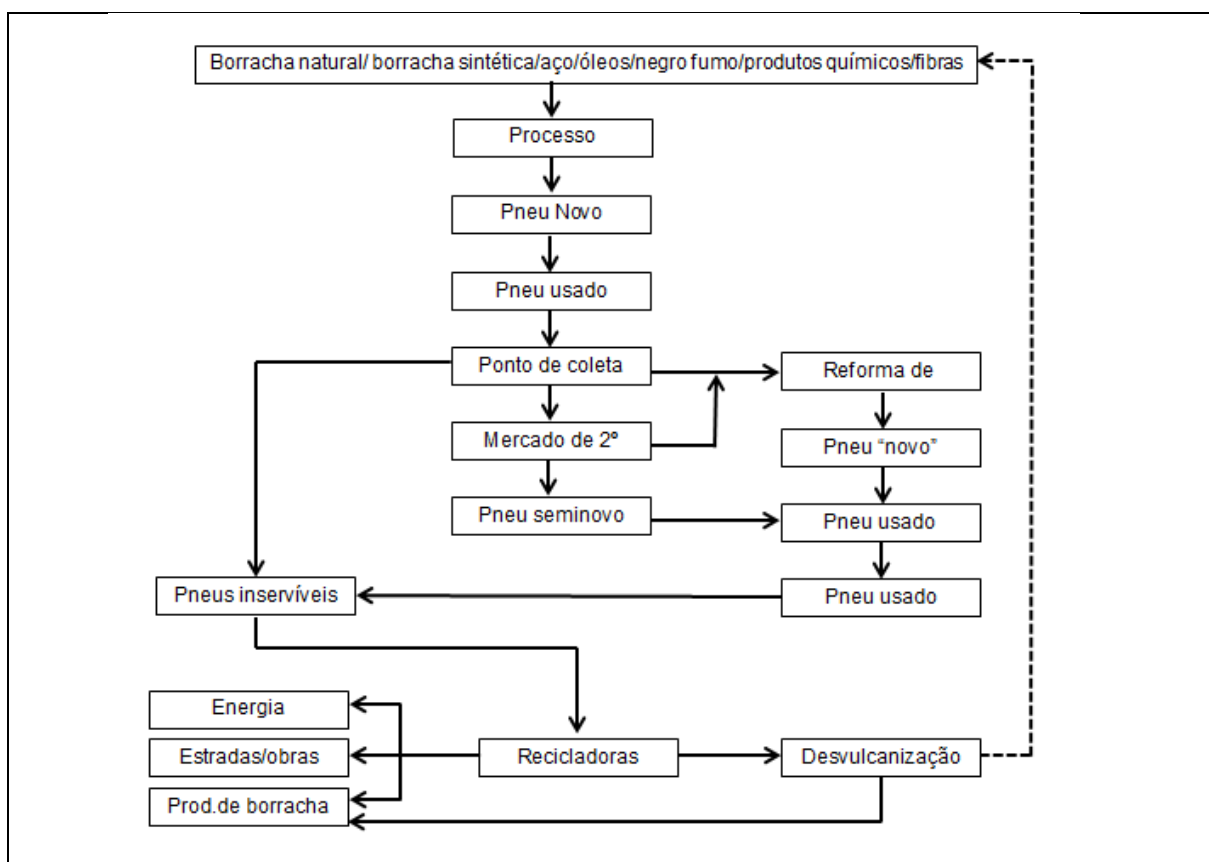
2.5.1- Reutilização e Reciclagem dos Pneus

Com aumento da fabricação de pneus, o quantitativo em circulação dos que apresentam-se em estados inoperantes e também os impactos ambientais que os mesmos apresentam, surgem a indispensabilidade de meios e medidas que reduzissem os impactos causados por esses materiais.

De acordo com Lagarinhos (2011), em 1999, foi aprovado o texto da Resolução do Conama nº258, onde descrevia que *“os fabricantes e importadores de pneus novos são os responsáveis pela coleta e destinação dos inservíveis”*. Ainda segundo o referido autor em 2005 a Resolução entrou em revisão com presença de diversas entidades ligadas ao assunto, pelo motivo do não cumprimento das metas, surgindo assim à Resolução 416/09, a qual veio a revogar a então vigente Resolução 258/99.

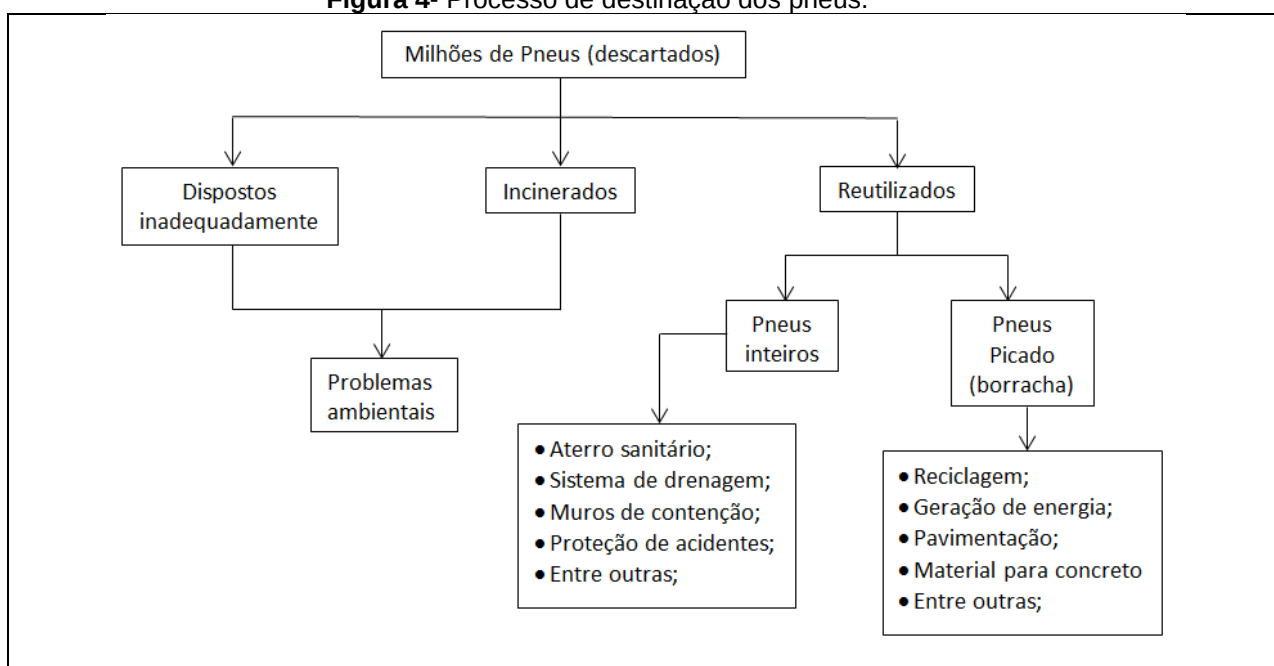
Assim como todo e qualquer produto, a vida útil do pneu também existe. O processo vai desde sua fabricação até as recicladoras, onde toda sua estrutura é reaproveitada, sendo ela em aplicações específicas ou até mesmo na reinserção pelo processo de desvulcanização (MOREIRA *et al*, 2010), como mostra a Figura 3.

Com base nos dados da Associação Nacional de Indústria de Pneumática (ANIP, 2010) houve um aumento de 15% na produção de pneus no território nacional quando comparado os anos de 2009 e 2010.

Figura 3: Ciclo de Vida do Pneu.

Fonte: Adaptado de Moreira *et al* (2010).

Com o crescimento da produção de pneu no Brasil, houve também um crescimento paralelo dos impactos ambientais causados por ele. A Figura 4 apresenta uma estrutura do processo da destinação desse produto.

Figura 4- Processo de destinação dos pneus.

Fonte: Adaptação de Santos(2012).

Diversos são os problemas gerados pelo mau descarte dos pneus. Quanto ao responsável para a realização da coleta e destino cabe ao produtor e importador, porém devido ao produto apresentar uma grande geometria, ocupando um grande espaço físico, sendo de difícil compactação, dificulta todo o processo de coleta e eliminação, o que faz com que os responsáveis legais não as realizem de forma eficaz, provocando um enorme impacto ambiental (Conselho Nacional do Meio Ambiente (1999)).

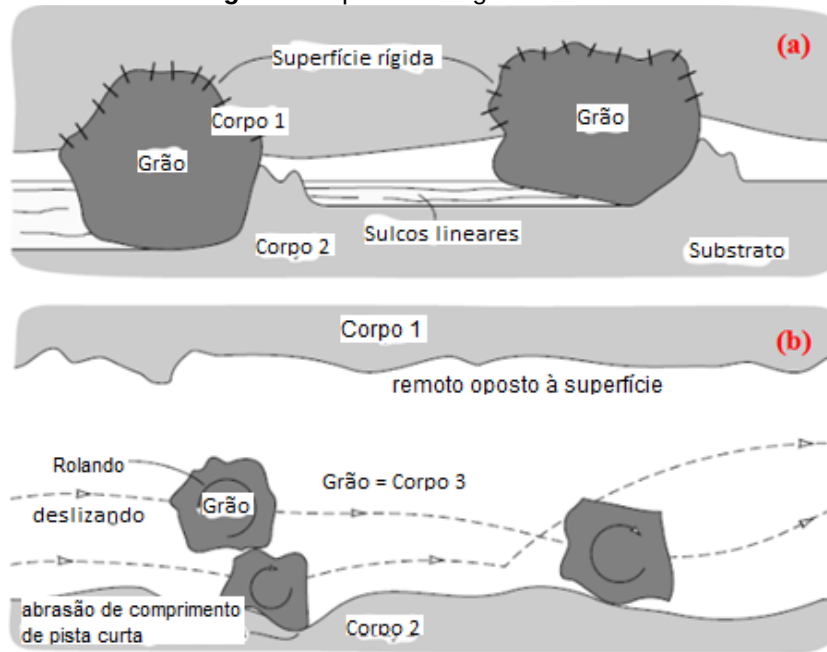
2.6- Abrasão

Caracteriza-se abrasão como o desgaste ocasionado pela locomoção de partículas em um determinado movimento. Descreve ainda que esta ocorrência se dá devido à existência de partículas resistentes como também de protuberâncias desprendidas e duras existentes entre as superfícies do compósito cerâmico. Este fenômeno tem como resultado a deformação do material podendo levá-lo até a ruptura (ANDRADE (2015)).

O ensaio à abrasão ao ser realizado aos 28 dias de vida de um corpo de prova, considera-se ter encontrado como resultado suas resistências finais, para efeito de projeto, pois a esta idade considera que os resultados mantêm-se inalterados ao longo da vida útil do material (PINHO, 2006).

A Figura 5 representa um esquema descrito por Santana (2009), nesta está exemplificado o desgaste de uma determinada superfície nas duas situações, na (a), mostra corpos duros estão fixados na superfície, estes são submetidas a uma região como uma ferramenta de corte. Já na situação (b), os corpos de provas estão livres.

O experimento (ensaio de abrasão) desenvolve-se a partir da rotação de uma roda de borracha na superfície, esta pressiona o corpo de prova. Entre a superfície da máquina e o corpo de prova há um fluxo de areia. Para a análise de resultados utiliza-se a massa antes de iniciar o procedimento e a massa final, ou seja, é calculada a diferença de densidade entre os materiais a partir da transformação da perda de massa transformada em perda de volume (BATISTA *et al*, 2009).

Figura 5: Tipos de desgaste abrasivo

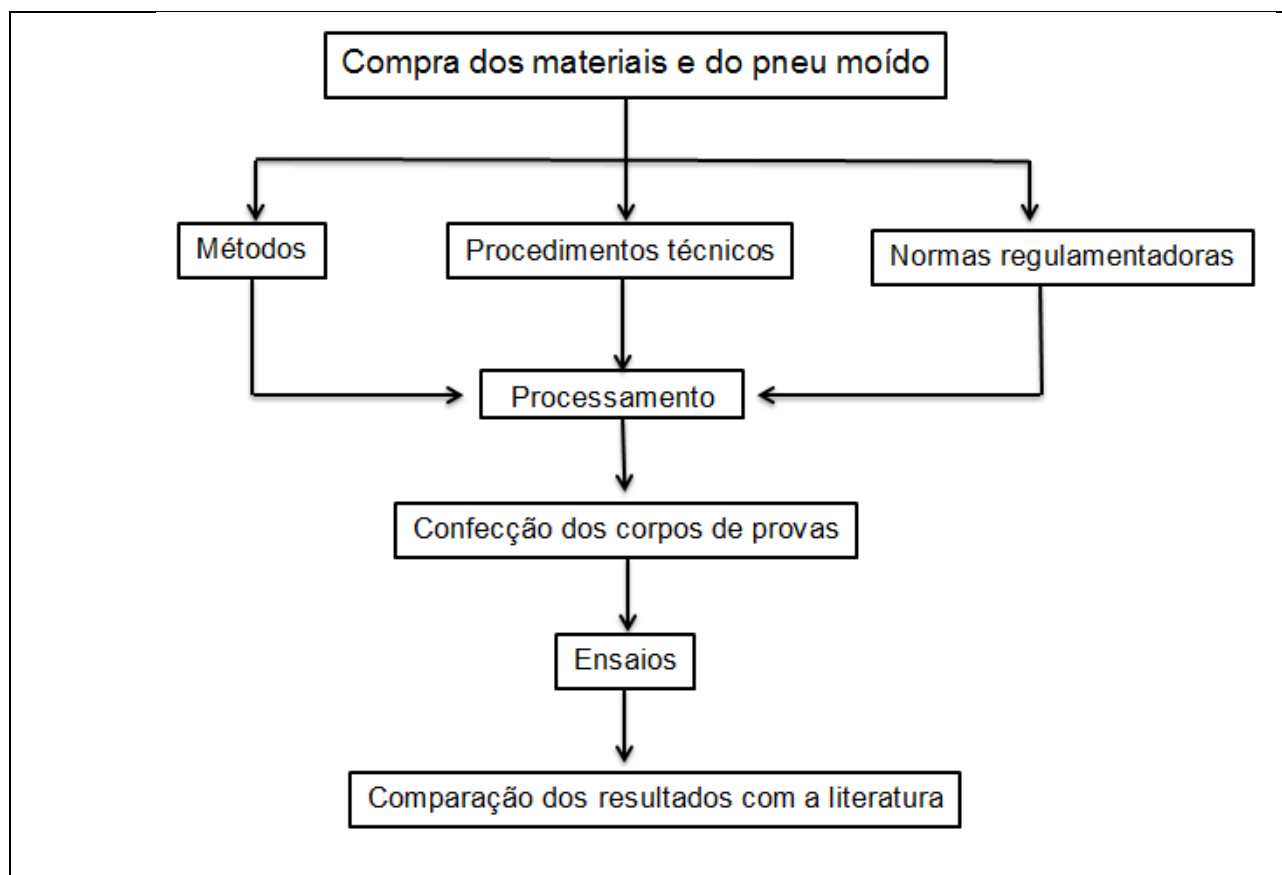
Fonte: Santana (2009)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi pautado no estudo da análise da viabilidade da aplicação de pneus automotivos em concretos, a fim fazer diversas análises sendo a de maior importância é o teste de abrasão. O estudo foi caracterizar um compósito constituído de areia, brita, cimento, água agregado do pneu automotivo.

A Figura 6 apresenta um organograma da pesquisa, uma estrutura que facilita todo o entendimento do passo a passo para a realização deste.

Figura 6- Estrutura da realização do trabalho.



Fonte: Autor, 2018.

3.1. Materiais

3.1.1 Cimento Portland CP III

O Cimento Portland CP III, foi adquirido na loja de Materiais de Construção São Jorge, localizado na cidade de Vassouras/RJ tendo o preço unitário de R\$ 17,50, com 50 kg, da marca CSN.

3.1.2 Areia

A areia para o desenvolvimento dessa pesquisa foi adquirida na empresa Jumacol-Pedra e Areia, localizado na Rodovia RJ 115, nº1231, Barão de Vassouras - Vassouras/RJ.

De acordo com a norma NBR 7225/93, que regulamenta os materiais de pedra e agregados naturais, divide estas em três diferentes categorias (Tabela 3).

Tabela 2 – Tipos de areia.

Tipo de Areia	Granulometria
Areia grossa	2+1,2 mm
Areia Média	1,2+0,42 mm
Areia Fina	0,42+0,075 mm

Fonte: NBR 7225, 1993.

Foi adquirido um total de 20 kg de areia média, sendo o valor por kg de R\$ 3,85.

3.1.3 Brita

A brita também foi adquirida na empresa Jumacol – Pedra e Areia, tendo um preço de venda de R\$ 96,00, o m³. Os tamanhos de britas são classificados pela ABNT NBR 7525/93, como descrito na Tabela 4.

Tabela 3- Tamanho de brita.

Brita	Tamanho (mm)
1	4,8 a 12,5 mm
2	12,5 a 25 mm
3	25 a 50 mm
4	50 a 76 mm
5	76 a 100 mm

Fonte: NBR 7525, 1993.

Para o presente estudo foram utilizadas britas N°1 que possuem granulometria variando de 4,8 a 12,5 mm. A compra teve um quantitativo de 20 kg.

3.1.4 Água

A água usada na mistura da massa foi a de abastecimento do UniFOA.

3.1.5 Pneu moído

O pneu moído para a confecção deste trabalho foi disponibilizado por uma empresa que trabalha com recauchutagem de pneu automotivo localizado no interior do estado do Rio de Janeiro, mais precisamente na cidade de Valença/RJ. A Figura 7 apresenta uma porção do material de pneu moído utilizado. A Figura 7 também representa as condições a

qual o material foi enviado pela empresa, este já foi encontrava-se triturado e com diferentes geometrias.

Figura 7- Pneu moído.



Fonte: Autor, 2018.

3.2 Métodos

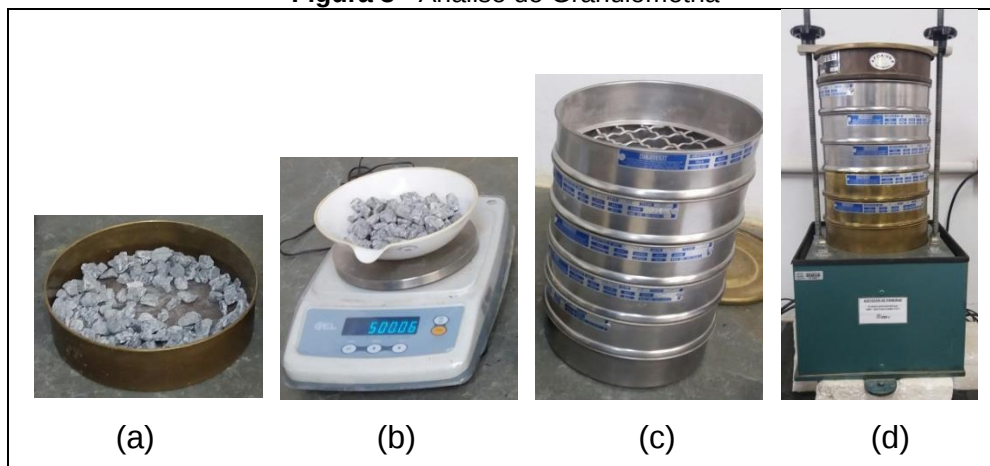
3.2.1 Granulometria

A análise do teste de granulometria dos materiais tem por finalidade, confirmar se o seu tamanho descrito, está de acordo com as especificações caracterizadas pelas normas regulamentadoras de cada material.

Para essa análise utilizou-se os seguintes procedimentos:

- a) Separação do material conforme suas normas regulamentadoras.
- b) Pesar os materiais com o auxílio de uma balança (BEL-Marck 5200- Classe 2, peso máximo 5200 g), para análise utilizou-se 500 g para cada material.
- c) Peneiramento do material, com as dimensões específicas de acordo com a norma (NBR 7225/ 93).
- d) Submeteu-se as peneiras no agitador de peneiras (Lab1000/Solotest), por 10 minutos, por três vezes para cada material, utilizou-se para a construção dos resultados a média de sua granulometria. As peneiras utilizadas para análise da areia variaram de 4,75 mm à 0,15 mm, que foram adequadas para a granulometria da borracha. Já para a brita variou de 25mm à 6,3mm.

A Figura 8 apresenta o procedimento adotado para a análise da granulometria dos materiais. O primeiro procedimento (A) consistiu da separação do material, em seguida a pesagem (B) destes, logo após eles foram submetidos a um conjunto de 6 peneiras (C) onde foram inseridas à máquina agitadora de peneiras (D) com a finalidade de separar cada material de acordo com a sua granulometria.

Figura 8 - Análise de Granulometria

Fonte: Autor, 2018.

3.2.2- Corpos de prova

Para a confecção dos corpos de provas foram utilizados como referências as normas regulamentadoras NBR 5738/03 e NBR 5739/09. Quanto ao do quantitativo de pneus foram utilizados os seguintes trabalhos: Junior *et al* (2016), Romualdo (2011) , pois esses realizaram trabalhos similares aos objetivos dessa pesquisa. A Figura 9 apresenta o molde utilizado para a confecção dos corpos de provas.

Figura 9 – Molde dos corpos de provas.

Fonte: Autor, 2018.

Os moldes utilizados estão de acordo com as especificações estabelecidas pela norma regulamentadora dentre elas a relação entre o diâmetro e a altura, onde a área dos corpos de provas foi de 78,54 cm², podendo o diâmetro exceder em 1% e a altura em 2%, nos casos dos moldes cilíndricos (NBR 5738/03). A Figura 10 apresenta os CPD's nos moldes após a preparação da mistura. Na mistura dos materiais foi utilizado uma betoneira Menegotti Prime de 400 Litros.

Figura 10 – Molde dos corpos de provas cheio.

Fonte: Autor, 2018.

Para a realização dessa pesquisa foram desenvolvidos 17 CPD's sendo 12 para o teste de compressão axial para serem realizados os testes nas idades de 7, 14, 21 e 28 dias de vida, 2 para o ensaio de absorção de água, 2 para o teste de índice de vazios e 1 CPD de reserva para quaisquer eventualidades. O óleo utilizado para que o material não agarre na estrutura do molde é o óleo lubrificante do motor, marca Shell Helix, modelo 15w40.

3.2.3 – Preparação do concreto

Para a preparação do concreto foi utilizado às medias previstas na NBR 12655/06, que apresentam as seguintes características de traços: 1 (cimento), 2 (areia) e 3 (brita), onde a quantidade estimada dos materiais do traço gira em torno de: 5 litros de cimento, 10 litros de areia, 15 litros de brita e 3,3 litros de água. A borracha foi adicionada nas medidas de 5%, 10% e 15% da medida da areia. A Tabela 2 apresenta o quantitativo em litros por traço.

Tabela 4 - Percentual de matéria prima.

Percentual	Cimento	Brita	Areia	Borracha
0%	5	15	10,0	0,0
5%	5	15	9,5	1,0
10%	5	15	9,0	2,0
15%	5	15	8,5	3,0

Fonte: Autor, 2018.

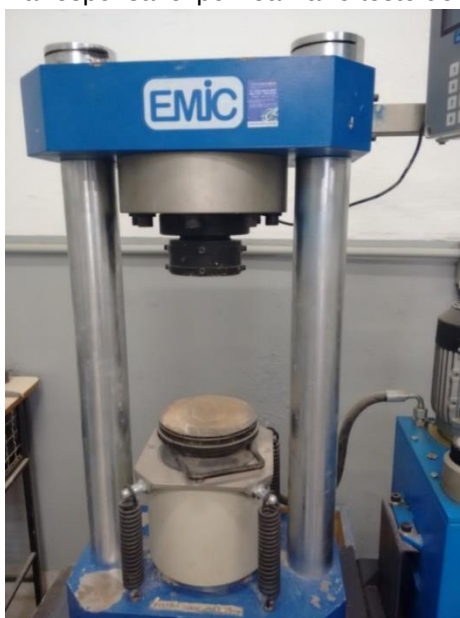
Quanto a preparação do concreto de 15% foi necessário o acréscimo de 27% de água, referente a proporção inicial dos demais concretos, para que fosse possível obter a

textura ideal do compósito. Este acréscimo acredita-se que ocorreu devido a dificuldade da homogeneização da borracha com os demais materiais.

3.2.4 Teste de compressão axial

O teste de compressão axial foi realizado no Laboratório da Construção Civil da UNIFOA. O presente teste foi realizado com o uso da prensa EMIC modelo T1000, que possui máxima capacidade de 100 MPa, (Figura 11) que tem por finalidade calcular o esforço de compressão, ou seja, determinar quantitativamente das tensões ou pressões que existe dentro de um sólido deformável ou meio contínuo. Toda sua estrutura, procedimentos e análises de resultados estão baseados conforme NBR 5739/2009.

Figura 11 – Máquina responsável por realizar o teste de Compressão axial.



Fonte: Autor, 2018.

3.2.5 Teste de absorção de água por imersão.

O teste de absorção de água por imersão está regulamentado na NBR 9778/87, e para a análise deste estudo foram utilizados corpos de provas de cada material seguindo os seguintes procedimentos:

- Secagem da amostra- para a realização deste foi utilizado à estufa (Odontobrás) submetida a uma temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, durante 72 horas. Após esse tempo realizou-se a pesagem das amostras balança de precisão (modelo Bel);
- Imersão das amostras em água: para esse procedimento também foi utilizado um período de 72 horas, a uma temperatura de 23°C .

$$A_{ag} = \frac{(M_{sat}-M_s)}{(M_s)} * 100 \quad (1)$$

Onde:

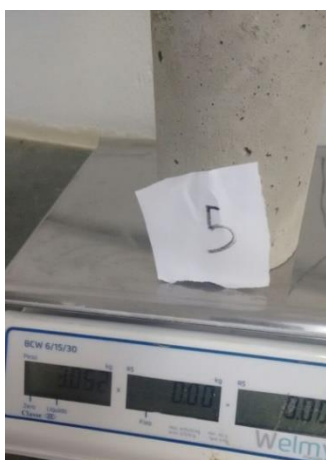
A_{ag} = índice de absorção de água;

M_s = Massa da amostra seca (g);

M_{sat} = Massa da amostra saturada (g)

A Figura 12 (a), apresenta o corpo de prova de 5% para a análise de absorção de água seco, já a Figura 12 (b) o corpo de prova molhado.

Figura 12 (a) - Corpo de prova seco



Fonte: Autor, 2018.

Figura 12 (b) - Corpo de prova molhado



Fonte: Autor, 2018.

3.2.6 Índice de vazios

O índice de vazios é subsequente ao teste de absorção de água, onde os percentuais foram extraídos a partir da pesagem das amostras saturadas, imersas em água à 23°C. A Figura 13 apresenta o corpo de prova de 5% submetido ao teste de índice de vazios.

Para a determinação dos percentuais deste teste fez-se o uso da Equação 1, que descreveu a seguinte relação:

$$I_v = \frac{(M_{sat}-M_s)}{(M_{sat}-M_i)} * 100 \quad (1)$$

Onde:

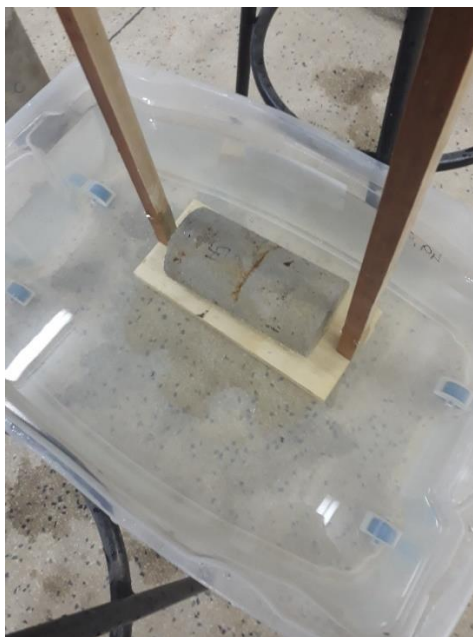
I_v = índice de vazios;

M_s = Massa da amostra seca (g)

M_i = Massa da amostra saturada, imersa (g)

M_{sat} = Massa da amostra saturada (g)

Figura 13- Teste de índice de vazios.



Fonte: Autor, 2018.

3.2.7 Microscópio Eletrônico de Varredura

A análise de MEV foi realizada no Microscópio Eletrônico de Varredura (Figura 14) da marca Hitachi e modelo TM3000, por meio de um detector de elétrons secundários. As amostras para essa análise não foram metalizadas. Para a realização deste estudo foram retiradas amostras dos corpos de provas e adequados a fim de submetê-los ao MEV e obter fotos com ampliações de 25x, 50x, 100x, 300x, 500x e 1000x .

Figura 14- Microscópio Eletrônico de Varredura.



Fonte: Autor, 2018.

3.2.8 Resistência à abrasão

O teste de abrasão fundamentou-se tendo a NBR 12042/92 (Materiais Inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão - Método de ensaio.) e a NBR 11801:2012 (Argamassa de alta resistência mecânica para pisos – Requisitos) e foi realizado pela empresa CONCREMAT, localizada na cidade de São Paulo. Para o presente teste foi enviado para a empresa 8 amostras, sendo dois CPD's de cada composição, conforme mostra a Figura 15.

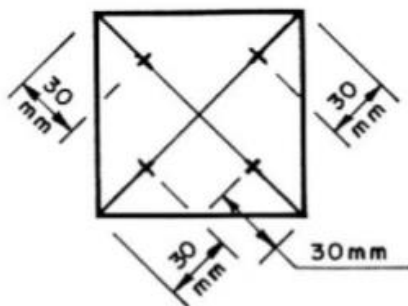
Figura 15- Amostras do teste de abrasão.



Fonte: Autor, 2018.

As amostras segundo a norma regulamentadora possuem dimensões de 7 centímetros de comprimento por 7 de largura e 4 de altura. Para a realização das do teste, o primeiro passo foi obter as marcações dos CPD's, conforme descrito na norma regulamentadora, Figura 16.

Figura 16- Marcação dos corpos de prova.



Fonte: NBR 12042, 1992.

Posteriormente realizou-se a medição de todas as amostras, a fim de se obter, os valores exatos de cada uma antes da realização do teste. Os valores encontrados é a média dos quatro pontos indicados na Figura 16, para a realização dessa medição fez-se o uso do maquinário apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Máquina de medição pré-teste.



Fonte: CONCRETMAT, 2018.

Após as medições, os CPD's foram submetidos a uma máquina (Figura 18), onde esta é programada para aplicar uma carga de 66 kN em um disco de ferro fundido, alimentado com areia a uma vazão de $72 \pm 6 \text{ cm}^3/\text{min}$. O teste realiza-se em dois períodos programados, um de 500 metros (aproximadamente 250 voltas) e outro de 1000 metros (aproximadamente 500 voltas). Períodos esses que são feitos de formas separadas, realiza-se o primeiro (500 metros), faz-se as devidas medições, para assim realizar o teste e a medição de 1000 metros.

Figura 18 – Máquina de teste.



Fonte: CONCRETMAT, 2018.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1- Granulometria dos Materiais

Com o objetivo de se comprovar que os materiais encontram-se dentro das classificações apresentadas para esse estudo, segundo as normas para cada material e como apresentada no Capítulo 3, realizou-se o teste da granulometria dos materiais utilizando como referência a NBR 7217/1987, descreve que para materiais com granulometrias inferiores a 4,8 mm, é preciso que a amostra seja de 0,5 kg, que foram as especificações utilizadas para areia e para a borracha. Apesar da borracha, nessa pesquisa, não irá substituir apenas a areia, utilizou-se as mesmas regulamentações da areia devido o material não apresentar uma granulometria regular. A brita foi utilizada também amostra com 0,5 kg.

a) Areia

A Tabela 5 apresenta o quantitativo médio de 3 análises da granulometria da areia, em cada uma delas foi feita a análise de 500 g desse material.

Percebeu-se que o somatório da coluna de material e do percentual não chegaram a 100% da análise, isso foi devido a perda de material durante o processo, essa perda para esse material é em torno de 1,93%, isso ocorre para todos os demais materiais.

De acordo com a Tabela 5 e com a NBR 7225/93, pode-se concluir que aproximadamente 80% do material analisado encontram-se no intervalo de 1,2 mm à 0,42 mm, o que pode ser caracterizado como areia média.

Tabela 5 – Granulometria da areia.

Malha	Peneira	Peneira + material	Material	Percentual	Percentual acumulado
4,75 mm	588,76 g	598,88 g	10,13 g	2,03%	2,03%
2,36 mm	390,75 g	408,25 g	17,50 g	3,50%	3,50%
1,20 mm	333,25 g	448,88 g	115,63 g	23,13%	28,65%
0,60 mm	325,92 g	608,62 g	282,70 g	56,54%	85,19%
0,30 mm	348,15 g	399,89 g	51,74 g	10,35%	95,54
0,15 mm	342,58 g	352,79 g	10,21 g	2,04%	97,58%
Fundo	397,35 g	399,73 g	2,38 g	0,48%	98,06%

Fonte: Autor, 2018.

b) Pneu automotivo

A análise da granulometria do pneu automotivo, não foi realizado a fim de classificá-lo, e sim mensurar a porcentagem de material similar a areia. Após 3 análises de 0,5 Kg cada, foi realizado o peneiramento do material a fim de utilizar apenas as borrachas que estão dentro do intervalo de 1,2 mm à 0,42 mm, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Granulometria do pneu automotivo

Malha	Peneira	Peneira + material	Material	Percentual	Percentual acumulado
4,75 mm	588,76 g	640,36	51,6	10,32%	10,32%
2,36 mm	390,75 g	438,35	47,6	9,52%	19,84%
1,2 mm	333,25 g	478,00	144,75	28,95%	48,79%
0,60 mm	325,92 g	483,07	157,15	31,43%	80,22%
0,30 mm	348,15 g	404,00	55,85	11,17%	91,39%
0,15 mm	342,58 g	371,63	29,05	5,81%	97,2%
Fundo	397,35 g	410,60	13,25	2,65%	99,85%

Fonte: Autor, 2018.

c) Brita

Para a determinação da granulometria da brita, foi realizado 3 análises de 0,5 Kg cada, para se obter uma média, visto que a norma regulamentadora pede que faça num quantitativo que os materiais disponíveis no laboratório não comportam. A Tabela 5 apresenta o resultado médio obtido. Apesar de não ser uma prática realizar o teste de granulometria deste material, optou-se por realiza-lo para uma análise de conferência, afim de comprovar que o material utilizado era o mesmo descrito pelo vendedor.

Com base na Tabela 7 foi possível perceber que 92% do material está entre os limites determinados para a brita 1 (4,8 mm – 12,5 mm), o que comprova a proposta inicial da característica com o material.

Tabela 7 – Granulometria da brita.

Malha	Peneira	Peneira + material	Material	Percentual	Percentual acumulado
25 mm	406,76 g	406,76 g	-	-	0%
19 mm	420,30 g	456,17 g	35,87 g	7,17 %	7,17%
12,5 mm	449,80 g	793,17 g	343,37 g	68,67 %	75,74%
9,5 mm	404,18 g	508,09 g	103,91 g	20,78 %	96,52%
6,3mm	412,26 g	425,00 g	12,74 g	2,55%	99,07%
Fundo	379,25 g	379,26 g	0,01	0,002%	99,072%

Fonte: Autor, 2018.

4.2- Ensaio de compressão axial

O teste de compressão axial foi dividido em dias de vida dos materiais confeccionados, sendo analisada cada uma das proporções utilizadas para a confecção dos corpos de provas, utilizado como parâmetro os corpos de prova sem adição de pneu.

a) Resultados com sete dias

A Tabela 8 descreve os resultados obtidos a partir do ensaio com os corpos de provas no sétimo dia.

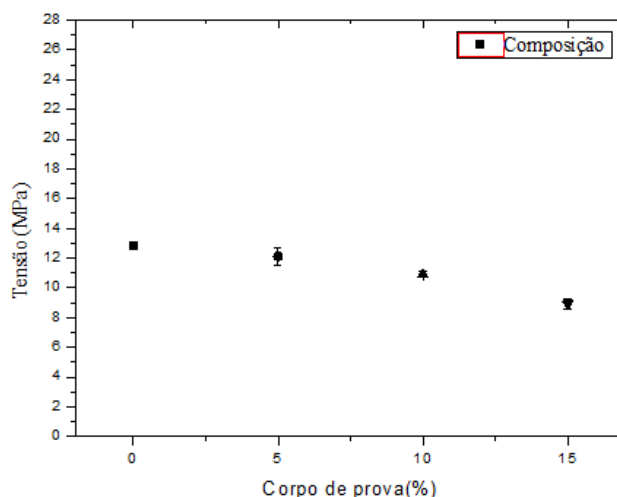
Observou-se que para os corpos de provas com 7 dias de vida, tendo como base os corpos de provas sem adição de pneu, que quanto maior a porcentagem aplicada de agregado, menor a tensão nos CPD. Ou seja, a adição de borracha foi inversamente proporcional a tensão.

Tabela 8- Resistência à compressão com sete dias.

	CP1			CP2			CP3			Média
	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (Mpa)	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
0%	78,5	101,8	12,9	78,5	99,5	12,6	78,5	103,7	13,2	12,9±0,2
5%	78,5	93,2	11,8	78,5	91,2	11,6	78,5	101,4	12,9	12,1±0,6
10%	78,5	85,8	10,9	78,5	83,9	10,6	78,5	87,8	11,1	10,9±0,2
15%	78,5	66,6	8,5	78,5	71,8	9,2	78,5	70,0	8,92	8,9±0,3

Fonte: Autor, 2018.

A Figura 19 apresenta o comparativo médio dos CPD's com 7 dias. O principal comparativo que pode-se observar com base no gráfico, é a proximidade dos resultados da Tensão dos CPD's de 0% e de 5%, onde há uma redução de tensão de aproximadamente 6%.

Figura 19 – Resultados do teste à compressão com sete dias.

Fonte: Autor, 2018.

b) Resultados com 14 dias

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos a partir do ensaio com os corpos de provas com 14 dias de vida. Observou-se que a relação estabelecida para os CPD's com 7 dias se manteve, quando analisou-se os CPD's com 14 dias, porém houve uma redução na perda de tensão entre os corpos de provas de 0% e 5%, perda essa que girou em torno de 5%, ou seja, uma redução de 1% num período de 7 dias de vida.

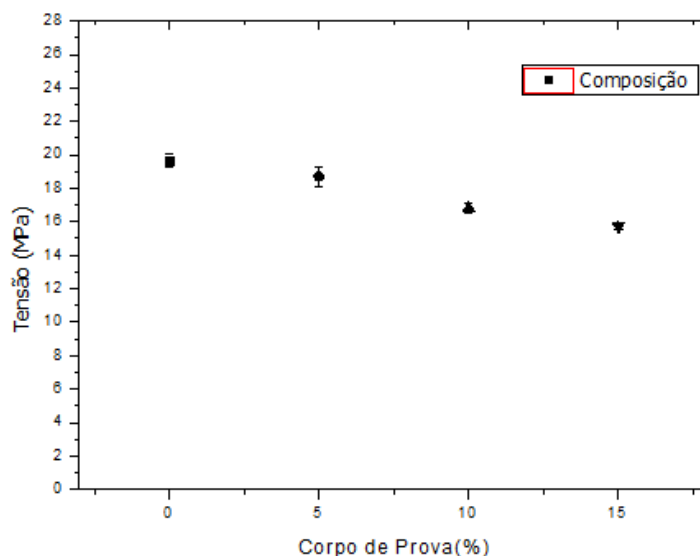
Tabela 9- Resistência à compressão com quatorze dias.

	CP1			CP2			CP3			Média
	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
0%	78,5	155,8	19,8	78,5	150,8	19,2	78,5	157,2	20,1	19,7±0,4
5%	78,5	148,2	18,8	78,5	144,3	18,3	78,5	154,1	19,6	18,7±0,6
10%	78,5	133,4	16,9	78,5	129,4	16,4	78,5	134,5	17,1	16,8±0,3
15%	78,5	123,8	15,8	78,5	121,1	15,4	78,5	125,5	15,9	15,7±0,2

Fonte: Autor, 2018.

A Figura 20, descreve que quando analisado de forma geral, todos os corpos de provas, observou-se que houve uma proporcionalidade entre os dias de vidas e o ganho na tensão desses materiais, proporcionalidade essa que maximizou entre 6,7 MPa em todos os casos.

Figura 20 – Resultados do teste à compressão com quatorze dias.



Fonte: Autor, 2018.

c) Resultados com 21 dias.

A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos a partir do ensaio com os corpos de provas com 21 dias de vida. Quando avaliou-se este momento, houve uma maior harmonia entre as tensões nas diferentes proporções analisados, além da minimização entre essas variações observou-se a proximidade entre elas.

Tabela 10- Resistência à compressão com vinte e um dias.

	CP1			CP2			CP3			Média
	Área (cm²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Área (cm²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Área (cm²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Tensão (MPa)
0%	78,54	173.8	22,1	78,54	169.7	21,6	78,54	176.1	22,4	22,0±0,3
5%	78,54	163.1	20,7	78,54	166.4	21,1	78,54	170.5	21,7	21,2±0,4
10%	78,54	155.9	19,8	78,54	148.3	18,9	78,54	157.9	20,1	19,6±0,5
15%	78,54	161.1	20,5	78,54	148.3	18,8	78,54	163.3	20,8	20,0±0,9

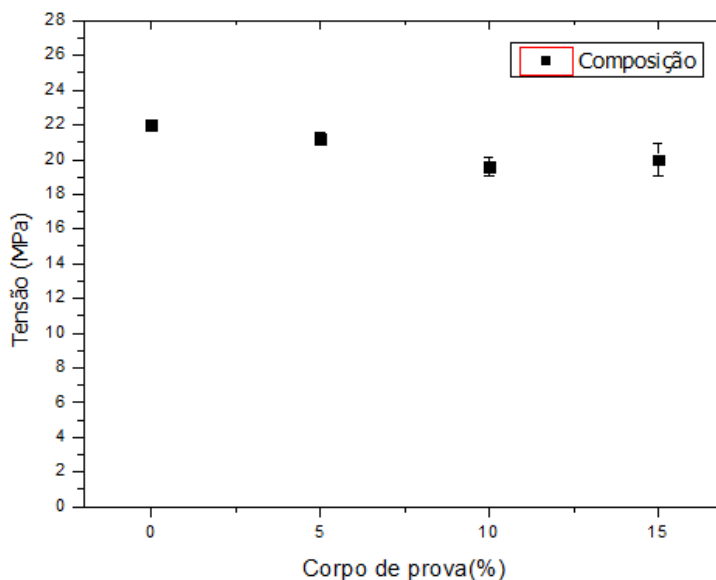
Fonte: Autor, 2018.

Quando analisou-se a Figura 21 observou-se que os CPD's apresentaram resultados mais próximos quanto a tensão, houve ainda um maior ganho na tensão do CPD's de 5% quando comparado a matriz, ganho esse que girou em torno 8%

Analisando ainda os CPD's com 21 dias de vida, observou-se a ocorrência de uma anomalia, os CPD's de 15% obtiveram os resultados próximos dos CPD's de 10%.

Percebeu-se ainda que para os resultados com vinte e um dias de vida os CPD's de 10% apresentaram uma perda relevante em suas propriedades quando comparado os resultados das análises anteriores.

Figura 21 – Resultados do teste à compressão com vinte e um dias.



Fonte: Autor, 2018.

d) Resultados com 28 dias

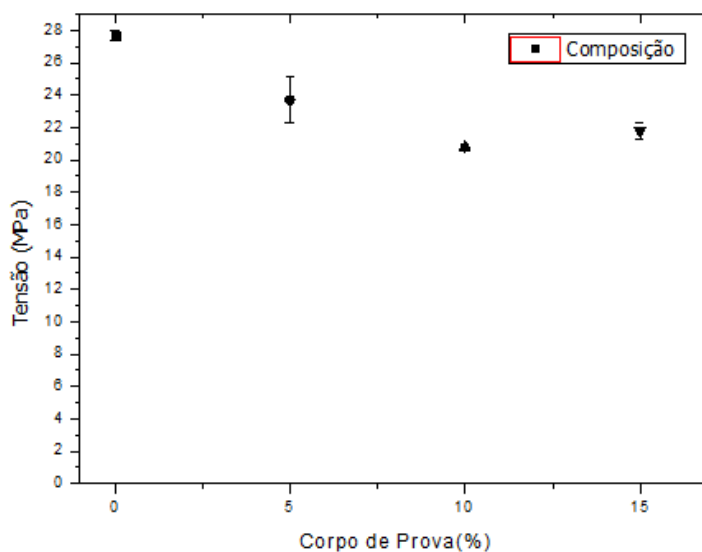
Os resultados dos CPD's com 28 dias (Tabela 9) apresentaram resultados bem maiores do que os dos outros períodos analisados, isso devido ao maior tempo para os materiais atingirem a homogeneização. Os resultados obtidos descreveram que ao longo do período analisado, o CPD de 5% de ação de borracha foi o mais eficiente em relação as análises do teste de compressão, quando comparado os outros CPD's produzidos para essa pesquisa.

Tabela 11- Resistência à compressão com vinte e oito dias.

	CP1			CP2			CP3			Média
	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (MPa)	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (mpa)	Área (cm ²)	Força (kN)	Tensão (Mpa)	Tensão (Mpa)
0%	78,5	201,8	25,6	78,5	200,4	25,5	78,5	205,3	26,1	25,7±0,3
5%	78,5	181,5	23,1	78,5	177,1	22,5	78,5	202,5	25,7	23,7±1,4
10%	78,5	163,8	20,8	78,5	165,9	21,1	78,5	161,7	20,5	20,8±0,2
15%	78,5	172,3	21,7	78,5	160,1	20,4	78,5	183,9	23,3	21,8±0,5

Fonte: Autor, 2018.

A Figura 22 descreve que os resultados bastantes similares aos resultados de 21 dias, onde os CPD's de 15% apresentaram resultados mais satisfatórios do que o de 10%. Percebeu-se também que houve uma perda de tensão do CPD's de 5% e quando comparado a matriz, aos 28 dias de vida, perda de aproximadamente 8%.

Figura 22 – Resultados do teste à compressão com vinte e oito dias.

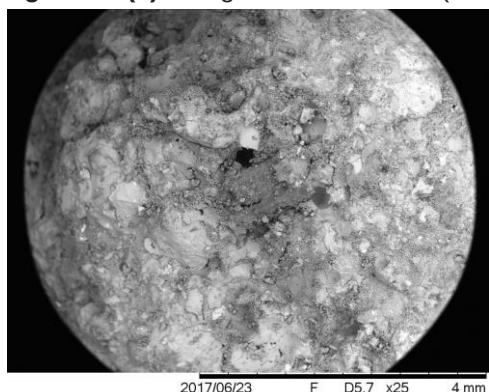
Fonte: Autor, 2018.

Os resultados de compressão axial apresentaram valores bastante similares as referencias utilizadas como base para este estudo. Apesar de não apresentarem os mesmos procedimentos, os autores Queiroz (2012), dos Santos (2012), *Werle et al* (2010) e Santos (2005), apresentaram resultados similares a esta. Os resultados foram dentro do que se esperava, pois ao acrescentar pneu ao concreto haveria uma perda na tensão quando comparado a matriz. Pode-se concluir com base nas análises deste teste que mesmo não atingindo níveis maiores do que a matriz, o compósito com 5% de adição de pneu apresentou resultados satisfatórios.

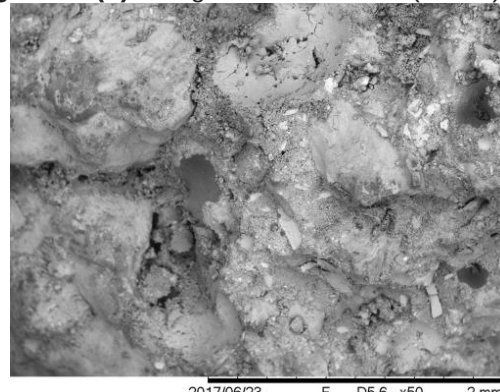
4.3 Microscópio Eletrônico de Varredura

Os resultados obtidos da análise do teste com o MEV são apresentados nas Figuras 23 (a) e (b), 24 (a) e (b), 25 (a) e (b), onde percebeu-se que quando comparado com a matriz, os corpos de provas que receberam reforços apresentaram uma ineficiência quanto a homogeneização, essa percepção ficou de fácil entendimento devido a uma fase mais escura do que a outra, ou seja, foi possível em alguns espaços perceber a matriz e o reforço. Observou-se também que nos corpos de provas com adição de pneu houve a presença de vazios, o que reduziu algumas propriedades desses materiais, tais como, resistência à compressão e abrasão. Este resultado também foi obtido por Souza *et al* (2014) e Santos (2005).

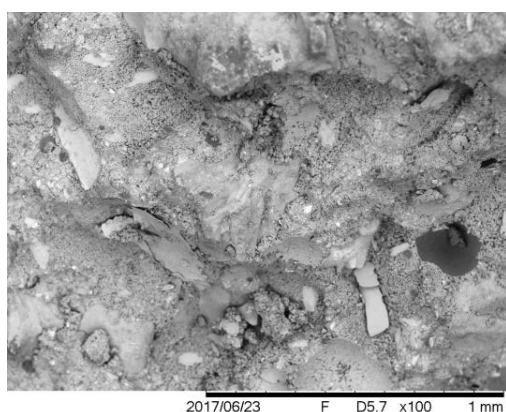
Quando associados os presentes resultados com os testes de absorção de água e o de índice de vazio do CPD's, observou-se que o compósito com 5% de adição de borracha apresentou, provavelmente, melhor adesão da matriz com o agregado.

Figura 23 (a)- Imagem estrutural 25x(Matriz).

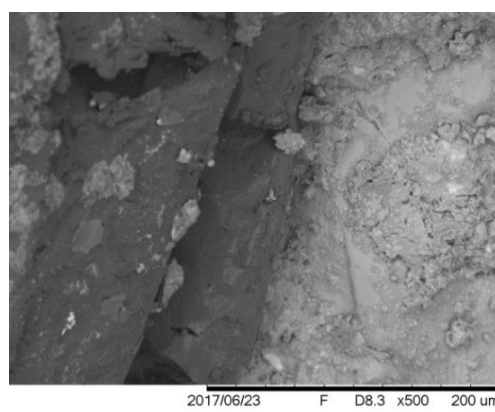
Fonte: Autor, 2018.

Figura 23 (b)- Imagem estrutural 50x(Matriz).

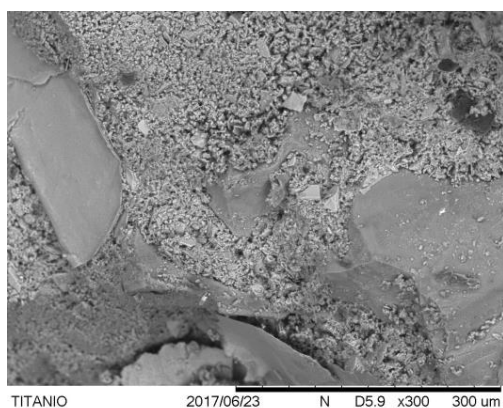
Fonte: Autor, 2018.

Figura 24 (a)- Imagem estrutural 100x(5%)

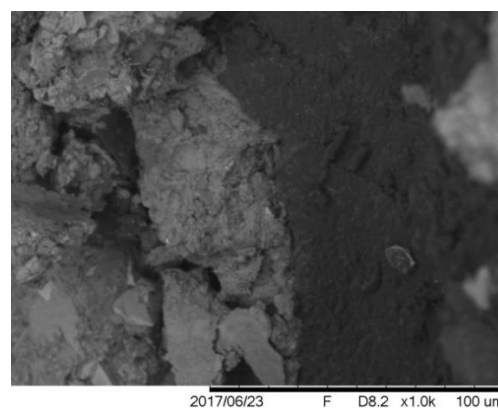
Fonte: Autor, 2018.

Figura 24 (b)- Imagem estrutural 500x (5%)

Fonte: Autor, 2018.

Figura 25 (a)- Imagem estrutural 300x(10%)

Fonte: Autor, 2018.

Figura 25 (b)- Imagem estrutural 1000x(10%)

Fonte: Autor, 2018.

4.4- Absorções de Água por Imersão

A Tabela 12 apresenta os resultados médios do teste de absorção de água por imersão. Observou-se que todos os CPD's encontraram-se de acordo com o limite pré-estabelecido por Neville (1997), onde o autor descreveu que as análises de absorção de água não podem ser caracterizadas como uma medida a fim de definir qualidade do

concreto, porém ele relata que concretos de boa qualidade apresentam resultados de absorção inferiores a 10%.

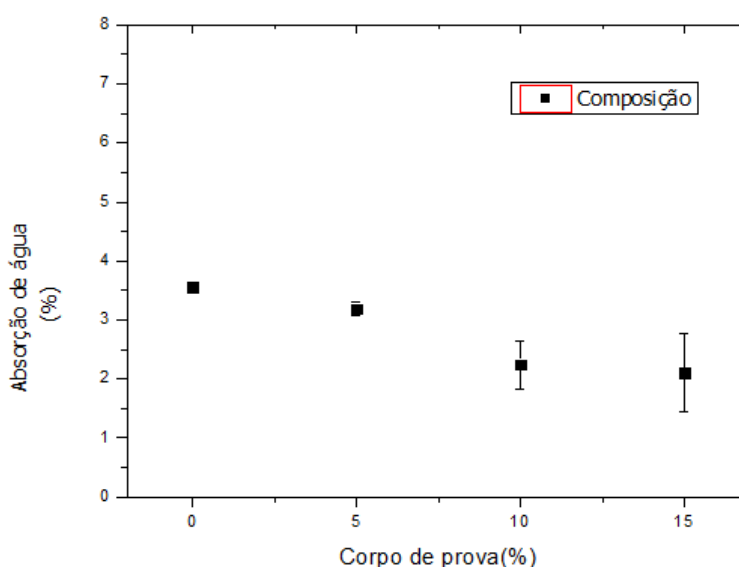
Tabela 12– Resultado do Ensaio de Absorção de água.

Corpo de Prova	CP1		Absorção de água	CP2		Absorção de água	Absorção de água (Média)
	Seco (Kg)	Molhado (Kg)	(%)	Seco (Kg)	Molhado (Kg)	(%)	
0%	3,219	3,336	3,63	3,365	3,482	3,48	3,56±0,08
5%	3,21	3,309	3,08	3,008	3,107	3,29	3,19±0,11
10%	3,56	3,625	1,83	3,592	3,687	2,64	2,24±0,41
15%	3,471	3,521	1,44	3,625	3,725	2,76	2,10±0,66

Fonte: Autor, 2018.

Outra relevância que foi possível observar, é a relação entre a adição de borracha com a absorção de água, quanto maior a adição, menor a absorção. Isso ocorre devido a borracha ser caracterizada como um material hidrofóbico, ou seja, suas moléculas normalmente são polarizadas, portanto não há uma atração com as moléculas da água acarretando assim a não atração entre elas. Segundo PAL (2005), a palavra “hidrofóbico” está refere-se às superfícies que apresenta repulsa à água e, ainda segundo o autor, “*uma superfície hidrofóbica é aquela em que o ângulo de contato com a água é superior a 90°*”. A Figura 26 apresenta essa relação de forma mais clara.

Figura 26 – Resultados de absorção de água.



Fonte: Autor, 2018.

Os índices encontrados nessa pesquisa são similares aos descritos nos trabalhos de autores como Werle *et al* (2010) e Queiroz (2012). Observou-se também com base na Figura que quando comparado com a matriz o CPD com 5% apresentou uma minimização de 10,4%, o CPD de 10% uma redução mais acentuada que gira em torno de 37% e já o CPD de maior adição de borracha (15%) minimizou cerca de 41%.

FREITAS (2007), SEGRE *et al* (2004) e FIORITI (2002) apresentavam em sua pesquisa resultados similares aos encontrados nesta, resultados esses que descreveram que os compósitos cimentícios com adição de borracha reduziram o índice de absorção de água.

4.5 Índice de vazios

A Tabela 13 apresenta os resultados que foram utilizados para as conclusões do percentual do índice de vazios, encontrados em cada uma das amostras estudadas. O presente resultado é oriundo do teste de absorção de água, sendo agregados apenas os resultados dos corpos de provas submersos.

Tabela 13– Resultado do Ensaio de Índice de vazios.

Corpo de Prova	CP1			Índice de vazios (%)	CP2			Índice de vazios (%)	Índice de vazios (Médio) (%)
	Seco (Kg)	Molhado (Kg)	Imerso (Kg)		Seco (Kg)	Molhado (Kg)	Imerso (Kg)		--
0%	3,194	3,307	1,766	7,33	3,39	3,511	1,982	7,91	7,62±0,29
5%	3,22	3,312	1,9	6,52	2,998	3,104	1,598	7,04	6,78±0,26
10%	3,56	3,629	2,022	4,29	3,592	3,683	2,2	6,14	5,31±0,92
15%	3,471	3,53	2,12	4,18	3,625	3,717	2,148	5,86	4,97±0,84

Fonte: Autor, 2018.

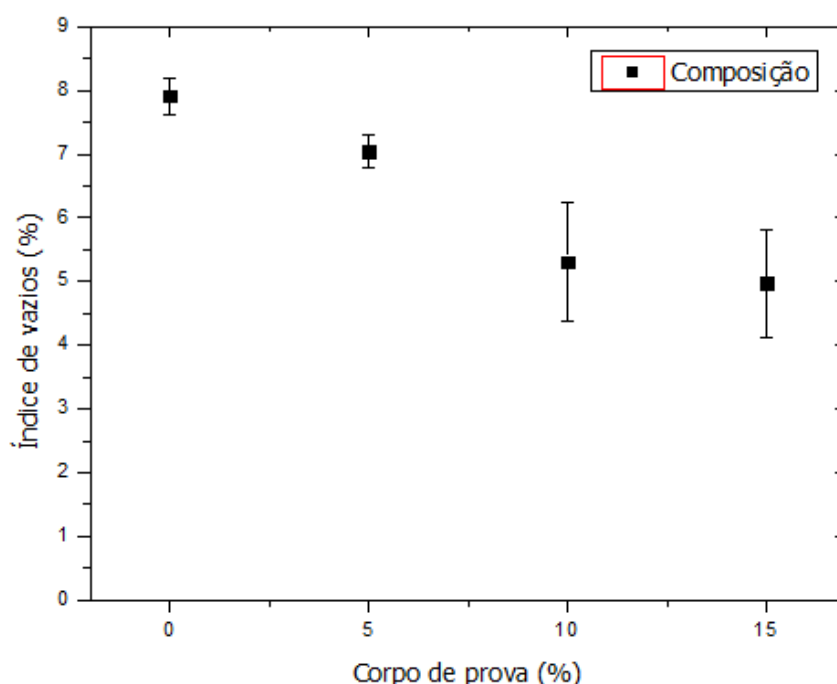
Com base na Figura 27 percebeu-se que o índice de vazios e a absorção de água estão dentro do previsto, e apresentaram uma relação de quanto maior a presença de borracha, menor o índice de vazios e de absorção de água. Acredita-se que os resultados encontrados podem estar diretamente ligados, ao fato de que há um preenchimento total dos vazios no CPD's, com a presença das fibras do pneu, e devido a borracha ser um material hidrofóbico.

Observa-se com base nas informações contidas na Figura 27, que a redução do índice de vazios dos compósitos quando comparados com a matriz reduziu em torno de

11%, em relação aos compósitos com 5% de adição, de 30% os CPD's com 10% e de 34% com CPD's com maior percentual de adição.

Os indicadores de distribuição encontrada nos resultados dos índices de vazios, descritos na Figura 21, são semelhantes aos encontrados no estudo de FREITAS (2007). O autor ainda descreve que a redução do índice de absorção de água pode estar diretamente ligado ao aumento na quantidade de pequenos poros no interior da estrutura do material.

Figura 27 – Resultados de absorção de água.



Fonte: Autor, 2018.

4.6 Abrasão

O resultado do teste de abrasão para o percurso de 500 metros foi apresentado na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultado de abrasão com 500 metros.

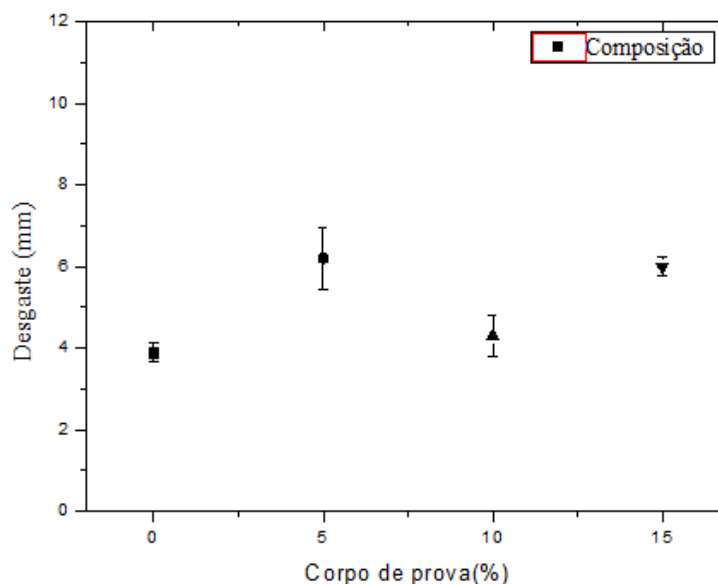
Corpo de Prova	Análise 1 (mm)	Análise 2 (mm)	Média (mm)
0%	4,1	3,6	$3,9 \pm 0,25$
5%	5,4	6,9	$6,2 \pm 0,75$
10%	4,8	3,8	$4,3 \pm 0,50$
15%	6,2	5,7	$6,0 \pm 0,25$

Fonte: CONCREMAT, 2018.

Quando analisado os resultados de 500 m, foi possível descrever que não há uma boa relação com os resultados esperados. Observou-se que os CPD's de 10% obtiveram

valores inferiores aos CPD's de 5%, o que considera-se inviável, pois devido as características do agregado esperava-se que quanto maior o percentual do agregado maior o índice de desgaste, devido as características do agregado. A Figura 28, apresenta os resultados encontrados na análise de 500 metros.

Figura 28- Resultado de abrasão com 500 m.



Fonte: CONCREMAT, 2018.

Observa-se ainda com base na Tabela 14 e com auxílio da Figura 26 que a anomalia existente nessa análise pode ser resultado da grande variação presente nos CPD's de 5%.

Quanto aos resultados obtidos com a análise com 1000 metros, observou-se que os resultados apresentam uma linearidade coerente. A Tabela 14 descreve esses valores encontrados.

Tabela 14 – Resultado de abrasão com 1000 metros

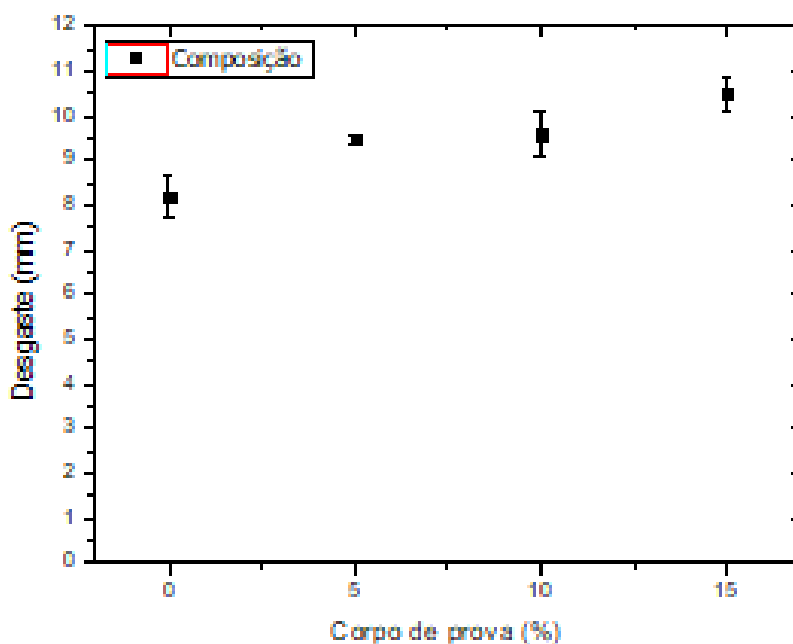
Corpo de Prova	Análise 1 (mm)	Análise 2 (mm)	Média (mm)
0%	8,7	7,7	$8,2 \pm 0,50$
5%	9,4	9,6	$9,5 \pm 0,10$
10%	10,1	9,1	$9,6 \pm 0,50$
15%	10,1	10,8	$10,5 \pm 0,35$

Fonte: CONCREMAT, 2018.

Diferentemente dos resultados de 500 metros, os valores obtidos com a análise 1000 metros encontraram-se coerentes a perspectiva de que, quanto maior adição de borracha maior o desgaste. Perspectiva essa pautada na concepção de que a borracha é um material a qual, de acordo com suas características, permite que o material se deforme

mais facilmente, atuando esses como vazios dentro da estrutura do material. A Figura 29 apresenta os resultados do teste de abrasão com 1000 metros.

Figura 29- Resultado de abrasão com 1000 m.



Fonte: CONCREMAT, 2018.

Observou-se que não há uma razão fixa entre os CPD's analisados. Quando comparado o CPD's que obtiveram melhores resultados (5%), houve uma perda de aproximadamente 16% na propriedade do material.

4.7 Comparação dos resultados

A Tabela 15 apresenta um comparativo entre dos testes realizados para esse estudo, onde as cores representam uma escala de melhor desempenho, sendo analisado os resultados com 28 dias de vidas dos compósitos.

Observou-se com base na Tabela 15, que o compósito que apresentou melhor desempenho quando comparado com a matriz foi o compósito com 5% de adição de pneu automotivo, mesmo este apresentando perdas em todos os testes realizados.

Quando analisou-se os resultados obtidos a nível técnico, observou-se que a inserção da borracha a matriz cimentícia, apresentaram perdas relevantes desde o teste de compressão, que pode ser justificado devido à resistência da borracha ser menos resistente que o concreto, até o teste de abrasão, que também justifica-se tendo em vista a resistência dos materiais.

Já quanto a análise de cunho ambiental, mesmo em pequena escala, percebeu-se que há a viabilidade da utilização do pneu automotivo, como agregado no material cimentício mesmo depois de ter sua vida útil finalizada para seu objetivo primário.

Tabela 15- Comparação dos Testes.

	Compressão	Absorção de água	Índice de vazios	Abrasão
#	0%	0%	0%	0%
*	5%	5%	5%	10%
&	15%	10%	10%	5%
Δ	10%	15%	15%	15%

Excelente; * Bom; & Regular; Δ Ruim.

Fonte: Autor, 2018.

5. CONCLUSÃO

Avaliando-se os resultados obtidos nessa pesquisa experimental, quando comparado com a matriz, os concretos onde foram adicionados os resíduos de borracha automotiva moído apresentou uma minimização quanto à resistência a compressão, resultado esse que apresenta todo um diferencial para o novo produto.

Os resultados do ensaio de compressão descreveram também que não há uma razão fixa entre o quantitativo de adição de borracha e a perda de sua resistência, uma vez que a proporção de borracha utilizada é duplicada e triplicada e o mesmo não acontece com a perda da propriedade. Assim, observar-se que o compósito com 5% de adição de pneu apresenta pequenas perdas nos períodos analisados, com 7 dias há uma perda de 6% quando comparado com a matriz, já com 14 dias a perda reduz para 5%, com 21 dias de vida maximiza seus ganhos, tendo um ganho de 8 % quando comparado a matriz, e aos 28 dias a perda maximiza para aproximadamente 8%. Outro aspecto que pode-se analisar quando ao teste de compressão é que com 21 dias os CDP's com 15% ultrapassam os valores dos CDP's de 10%, essa variação gira em torno de 2% e quando analisado os resultados com 28 dias essa variação aumenta para 5%.

Quanto aos resultados obtidos a partir das análises das imagens de MEV mostram que não há uma homogeneização completa entre os elementos da matriz e o agregado, havendo assim a presença de vazios na estrutura do material. Desta forma, pressupõem-se a partir de então que mesmo não havendo uma perfeita homogeneização entre as partes, a adição de pneu quando analisado o MEV e o ensaio de compressão, apresenta benefícios significativos no produto final, benefícios esses que podem ser descritos com a observação dos indicadores próximos do da matriz.

O ensaio de absorção de água demonstra uma relação entre si e a e a adição de pneu automotivo, pode-se descrever que quanto maior a adição, menor é a absorção de água, ou seja, o compósito de 5% apresenta um percentual de aproximadamente 5,6%, os CDP's de 10% apresentam minimização de 8% comparado com o anterior já o compósito que apresentou menor indicador, quando comparado aos CDP's de 5% apresentou uma redução de aproximadamente 32%.

O índice de vazios descreveu uma redução de aproximadamente 11% quando comparado o compósito de 5% com a matriz. Quando comparou-se os compósitos de 10% e 15% obteve-se respectivamente uma redução de 30% e 34%.

O teste de abrasão apresentou para o presente estudo que na primeira medição não há uma razão entre os resultados, isso pode ser justificado pelo fato de ter sido apenas 500

metros de contato entre disco e CPD. Quando analisou-se a segunda medição, 1000 metros, percebeu-se que o CPD com maior adição de pneu (15%) apresentou uma perda de 28% quando comparado com a matriz. Essa perda pode ser justificada tendo em vista a característica do agregado, a borracha é um material menos resistente que o concreto, sendo assim, permite que o material se desgaste mais facilmente. A perspectiva pode ainda ser comprovada quando comparado o compósito com menor adição, este apresentou valores mais próximos da matriz, apresentando apenas uma perda de 16%.

Quando comparado todos os testes realizados, foi possível observar que, no ensaio de compressão o compósito que obteve o maior ganho foi o compósito de 15%, porém quando comparado a matriz, o compósito de 5% foi o que mais se aproximou dos resultados da referência, perdendo apenas cerca de 9% da tensão. Quanto aos resultados do MEV, o resultado que mais se aproximou da matriz foi também o compósito de 5%, resultado esse que pode ser pautado na menor quantidade de borracha, sendo assim, uma menor quantidade de vazios existentes na estrutura do material. Hipótese essa que pode ser comprovado com o ensaio de absorção de água e índice de vazios. Quanto maior quantidade de borracha, menor a absorção de água e maior o índice de vazios. Ou seja, a perda de tensão está diretamente relacionada ao acréscimo de agregado na matriz, visto que a borracha possui menor resistência que o concreto.

Conclui-se então, com base nos testes realizados que há possível aplicabilidade da borracha de pneu reutilizado, na proporção de 5%, na confecção do concreto. Apesar de apresentarem perda de tensão média total, de aproximadamente 9%, quando comparado a matriz. Contudo, estes apresentaram características consideráveis para aplicação em produtos que não apresentam como principal objetivo o recebimento de cargas em pontos específicos, apenas cargas distribuídas, sendo assim não terão fragilidade como a apresentada nos testes.

Diversos são os aspectos que contribuem positivamente para a aplicação desta pesquisa como impacto ambiental que o agregado representa no meio ambiente, a redução do consumo das fontes naturais, a menor taxa de emissão atmosférica de alguns poluentes provenientes da queima do pneu, além de obter maior visibilidade perante suas concorrentes. Isto porque atualmente quanto mais próximo de questões ambientais a organização estiver, além de cumprir com suas obrigações legais passam a apresentar diferenciais e com isso conquistar novos clientes.

6. TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de trabalhos futuros, propõe-se:

- O estudo do teste de densidade do material;
- Análise de impacto;
- Determinação do quantitativo da redução do número de pneus com a produção dos pisos de concreto;
- Estudos com granulometrias diferentes;
- Uso de aditivos para melhorar as propriedades dos compósitos com maiores percentuais de pneu moído;
- Agregar o pneu em substituição a brita;

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AITA, J. A ; R, J. E. **Logística reversa: a preocupação com o pós-consumo**. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil- 2008.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3878-07**. Standard Terminology for composite materials. 2007.
- ANDRADE,G.T- **Resistência à abrasão de aço Hadfield para britadores**- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- Dissertação de Mestrado- São Paulo, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de CIMENTO PORTLAND - ABCP. “Guia básico de utilização do Cimento Portland.” Boletim técnico 106, São Paulo, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7º.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004** - Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de Cimento Portland- Preparo, controle e recebimento- Procedimentos - Rio de Janeiro, 2º ed. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5735**: Cimento Portland comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**, 2003 “Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova”, Rio de Janeiro
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto- Ensaio de Compressão de corpos-de-prova cilíndricos - Rio de Janeiro: ABNT,2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217** - Agregado: determinação da composição granulométrica, especificação. Rio de Janeiro, 1987. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7217**: Determinação da composição granulométrica. - Rio de Janeiro: ABNT,1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7225**: Materiais de pedra agregados naturais. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PNEUMÁTICOS (ANIP). [2014]. Disponível em: <http://www.anip.com.br/> . Acesso em: Janeiro de 2017.
- BASTOS, P. S. S. Notas de aula da disciplina Estruturas de Concreto 1. Bauru/SP. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual Paulista. 2014.

BATISTA,V. R.;FILHO, H. P. A.; CUNHA,H T.- **Ensaio de resistência á abrasão de polietilenos de ultra alto peso molecular (PEUAPM) com abrasímetro de queda de areia** - Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros – Foz do Iguaçu, PR – Outubro/2009.

Braga, V. - Logística, planejamento territorial dos transportes e o projeto dos Centros Logísticos Integração no Estado de São Paulo. **E-premissas Revista de Estudos Estratégicos**, No. 3, pp. 1-25.,São Paulo - 2008

CARNEIRO, L. A. V.; TEIXEIRA, A. M. A. J.; **Propriedades e características dos materiais compósitos poliméricos aplicados na Engenharia de Construção**. Revista Tecnologia. pag: 54-66. 3º Quadrimestre-2008.

CHING, H. Y.. Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain. São Paulo: Atlas, 1999.

CLARO, Priscila Borin de Oliveira; CLARO, Danny Pimentel Claro e AMÂNCIO, Robson - Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações **R.Adm.**, São Paulo, v.43, n.4, p.289-300, out./nov./dez. 2008.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL BRASILEIRA DE 1988. Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: <http://www.senado.gov.br/sf/legislacao/const/>. Acesso: 16 fev. 2017.

DOS SANTOS, R.M.- Efeito da adição de partículas de borracha de pneus nas propriedades físico-mecânicas de compósito cimentício Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado da Universidade Federal de São João del-Rei, São João del Rei – 2012.

FAZZAN, J. V. Comportamento estrutural de lajes pré-moldadas treliçadas com adição de resíduo de borracha de pneu. 2011. 176 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

FIORITI, C. F.; AKASAKI, J. L.; NIRSCHL, G. C.. **Fabricação de Blocos de Alvenaria Utilizando Resíduos de Borracha nos Compósitos de Concreto**. In: / CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL. Juiz de Fora/Mg, 2002

FREITAS, C. **Estudo do desempenho mecânico de concreto com adição de partículas de borracha para aplicação como material de reparo em superfícies hidráulicas**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná – Curitiba, 2007.

GOMES, Carlos Francisco Simões; RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral. **Gestão da cadeia de suprimentos integrada à tecnologia da informação**. São Paulo: Thomson, 2004.

GONÇALVES, M. E.; MARINS, F. A. S. Logística Reversa numa empresa de laminação de vidros. **Gestão & Prod**, set-dez 2006, v.13, n. 3, p.397-410.

- Guereschi, J.S.- **Logística de transporte: a importância dos custos logísticos AJM Transporte LTDA** - Universitário Católico Salesiano Auxilium – UNISALESIANO, Lins-SP, , 2012.
- GUERRA, A. T. Dicionário geológico-geomorfológico. Rio de Janeiro,, IBGE, 1978 (5a. edição).
- JÚNIOR, E. H. (1984) Materiais Conjugados. São Carlos; Universidade Federal de São Carlos –UFSCar, 24p.
- JÚNIOR, R. A. M.; LIMA M. G.; ARAÚJO, V. C. C.;LIGIERA M. C.- Avanço do ataque do ácido acético ao concreto - influência da idade de exposição - Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 11, n. 1, 01–09 **ISSN 1809-8797**, 2016.
- KGATHI, D. L., BOLAANE, B. Instruments for sustainable solid waste management in Botswana. Waste Management & Research 19: 342-353. 2001.
- LACERDA, L. - **LOGÍSTICA REVERSA UMA VISÃO SOBRE OS CONCEITOS BÁSICOS E AS PRÁTICAS OPERACIONAIS**. Artigos CEL. 2002..
- LAGARINHOS, Carlos Alberto Ferreira – **Reciclagem de pneus: análise do impacto da legislação ambiental através da logística reversa** -Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.
- Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 05 abril. 2017.
- LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- MARTINS, I.R.F. - **Concreto de Alto Desempenho com Adição de Resíduos de Borracha de Pneu.-** Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira- Ilha Solteira, 2005
- MELO. P. M.A –Compósito Particulados de Polietileno de Alta Densidade e Concha de Molusco:Efeito do tero e da Granulometria. Universidade Federal da Paraíba- Programa de Pós-Graduação em Engenharia dos Materiais- João Pessoa, Paraíba-2013.
- MOREIRA, S. P. L ; BITENCOURT, C. M. G.; MOTTA, M. E. V.; CAMARGO, M. E.; MACIEL, J. M. C. - Um estudo exploratório da cadeia produtiva da recapagem de pneus. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas – Ano 5, nº 4, 2010.
- MOURA A. R, **Dicionário de Logística**. São Paulo: IMAN, 2004.
- NEVILLE, A. M., Propriedades do Concreto, Editora Pini, 2º ed., pp.828, 1997.
- NOVAES, A. G.** Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

Nunes, R. C. - Celulose Regenerada em Compósitos Poliméricos. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia dos Polímeros), Rio de Janeiro-RJ, Instituto de Macromoléculas Professora Eloísa Mano/ Universidade Federal do Rio de Janeiro IMA/UFRJ, 1-19p, 1989.

OLIVEIRA, F. P. O meio ambiente e o setor industrial: desafio para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/meio-ambiente.pdf> . Acesso em: 07 NOV. 2017. As 15:25.

OLIVEIRA, O. J. CASTRO, R – Estudo da Destinação e da Reciclagem de Pneus Inservíveis no Brasil. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Foz do Iguaçu, PR-2007.

PAL S., ROCCATANO D., WEISS H., KELLER H., MULLER-PLATHE F. 2005. **Molecular dynamics simulation of water near nanostructured hydrophobic surfaces: interfacial energies**. *Chemical Physics and Physical Chemistry*, 6, 1641-1649.

PINHO, J. R. **Avaliação de Sistemas de Reparo para o Problema de Abrasão do Concreto de Superfícies Úmidas em Usinas Hidrelétricas**. Dissertação (mestrado). UFPA – Departamento de Engenharia Civil, 2006.

QUEIROZ, R. M. Tubos de concreto com adição de resíduos de borracha de pneu. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Estruturas, 2012.

REIS, T. - Com aumento da frota, país tem 1 automóvel para cada 4 habitantes. G1-São Paulo. Marco de 2014 <http://g1.globo.com/brasil/noticia/2014/03/com-aumento-da-frota-pais-tem-1-automovel-para-cada-4-habitantes.html> Acessado 27 de Janeiro de 2017 as 15:53.

RESENDE, M. C.; BOTELHO, R. C - Centro Técnico Aeroespacial, Instituto de Aeronáutica e Espaço, Divisão de Materiais. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol 10, nº 2, 2000.

ROMUALDO, A. C. A.; SANTOS, D. E.; CASTRO, L. M.; MENEZES, W. P.; PASQUALETTO, A.; SANTOS, O. R. Pneus inservíveis como agregados na composição de concreto para calçadas de borracha. In: 3rd International workshop advances in cleaner production. São Paulo, Brasil, 2011.

SANTANA, J. S.- **Avaliação tribológica dos polímeros NBR, PTFE e PTFE gravitado em contato com aço AISI 52100** – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Dissertação de Mestrado- Natal, Rio grande do Norte, 2009.

SANTOS, A. C, **Avaliação do comportamento do concreto de borracha obtida a partir da reciclagem em placas pré-moldadas** – Universidade Federal de Alagoas – Mestrado em Engenharia Civil- Alagoas, 2005.

SCHALCH, V; LEITE, W C de A; JÚNIOR, J L F; CASTRO,M.C. A.A.- **GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS** – Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Hidráulica e Saneamento-São Carlos, 2002.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Resolução SMA-24, de 30 de março de 2010. Estabelece a relação de produtos geradores de resíduos de significativo impacto ambiental, para fins do dispositivo no artigo 19, do Decreto Estadual nº54.645, de 05 de agosto de 2009, que regulamenta a Lei Estadual nº 12.300, de 16 de março de 2006, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 31 de mar..2010. capítulo 1.

SEGRE, N.; JOEKES, I.; GALVEZ, A. D.; RODRIGUES, J. A.. Rubbermortar composites: effect of composition on properties. **Journal of Materials Science**, v 39, p. 3319-3327, 2004.

TAVARES, F. G. R.; TAVARES , H. S. P. – **RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA ÁREA URBANA DE MACAPÁ-AP** – Universidade Federal do Amapá Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento - Macapá-AP, 2014.

THODE FILHO, S.; MACHADO; C. J. S.; VILANI, R. M.; PAIVA, J. L.; MARQUES, M. R. C. A Logística Reversa e a Política Nacional de Resíduos Sólidos: desafios para a realidade brasileira. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, p. 529-538, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/19322/pdf> . Acesso em: 10 de Março, 2017. DOI: 105902/2236117019322

TORRES, R. B.-Desenvolvimento de compósito híbrido de fibra de vidro e micropartículas de sílica e cimento para uso em caneleiras - Universidade Federal de São João del-Rei. Departamento de Engenharia Mecânica . São João Del-Rei – 2013.

TRIGO, A. P. M. **Estudo de lajes com adição de resíduo de pneu**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

UBRIG, H.M. Modelagem da Rede Logística como fonte de vantagem competitiva. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

WATANABE, P. S; BASTOS P.S.S- **Concretos Especiais– Propriedades, Materiais e Aplicações** - Universidade Estadual Paulista UNESP - Faculdade de Engenharia- Departamento de Engenharia Civil- Bauru, São Paulo-2008.

WELE, A.P, TROIAN, A. ALCÂNTARA, J. KULAKOWSKI, M. KAZMIERCZAK, C. S - **Análise de metodologias utilizadas para a caracterização da absorção de água de concreto reciclado como agregado.** – XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído- Canela, RS- 2010.

ANEXO



IDENTIFICAÇÃO DO RELATÓRIO DE ENSAIO	
NÚMERO	01
CENTRO DE CUSTO	2.64.8.001.4887
PEDIDO DE ENSAIO	185.
PÁGINA	61/03

TÍTULO	:	
INTERESSADO	:	Ensaio de desgaste por abrasão.
REFERÊNCIA	:	Mara Ester Camargo da Silva - Rua Bernardino de Souza Rocha, 689 – Centro - Valença - Barão de Juparanã - RJ
NATUREZA DO TRABALHO	:	n/d
		Determinação do desgaste por abrasão, conforme NBR 12042:2012.

NOTA IMPORTANTE

OS RESULTADOS DESTE ENSAIO TEM SIGNIFICADO RESTRITO, SE APLICAM TÃO SOMENTE A AMOSTRA ENTREGUE PELO INTERESSADO

1 – OBJETIVO

Determinar o desgaste por abrasão.

2 – AMOSTRA

Amostra composta por corpos de prova de concreto moldado com (Brita 1, Areia Média, Água, Cimento e Pneu de Carro moído), coletados e entregues pelo interessado em nosso laboratório em 17/11/17, conforme tabela abaixo

AMOSTRA Nº	MATERIAL	QUANTIDADE Nº	IDENTIFICAÇÃO Nº	DIMENSÕES APROXIMADAS (mm)		
				LARGURA	COMPRIMENTO	ESPESSURA
01	Corpos de prova de concreto moldado	02	0	69,07	69,22	33,52
02		02	5	69,61	69,28	36,97
03		02	10	69,07	69,22	33,52
04		02	15	69,95	69,15	36,49

3 – METODOLOGIA

As amostras foram ensaiadas com base nas metodologias prescritas pelas seguintes normas da ABNT:

NBR 12042:2012 : Materiais Inorgânicos – Determinação do desgaste por abrasão - Método de ensaio.

NBR 11801:2012 : Argamassa de alta resistência mecânica para pisos –

Requisitos.

4 – RESULTADOS OBTIDOS

4.1 – Determinação do desgaste por abrasão.

Determinação do desgaste por abrasão:				
AMOSTRA Nº	CP Nº	DATA DO ENSAIO	DESGASTE 500m (mm)	DESGASTE 1000m (mm)
01	01	21/11/17	4,1	8,7
	02		3,6	7,7
	MÉDIA (mm)		3,9	8,2
02	01	21/11/17	5,4	9,4
	02		6,9	9,6
	MÉDIA (mm)		6,2	9,5
03	01	21/11/17	4,8	10,1
	02		3,8	9,1
	MÉDIA (mm)		4,3	9,6
04	01	21/11/17	6,2	10,1
	02		5,7	10,8

	MÉDIA (mm)	6,0	10,5
--	------------	-----	------

5 – ANÁLISES DOS RESULTADOS

Não existe normalização específica para desgaste em corpos de prova de concreto moldado com (Brita 1, areia média, água, cimento e pneu de carro moído). A título de referência apresentamos os valores da NBR 11801:2012 – Argamassa de alta resistência mecânica para pisos – Requisitos.

Grupo A – Solicitação predominante por abrasão, causada pelo arraste e rolar de cargas pesadas, tráfego de veículos de rodas rígidas e impacto de grande intensidade. Especificação: - 0,8mm.

Grupo B – Solicitação predominante por abrasão, causada pelo arraste e rolar de cargas médias, tráfego de veículos de rodas rígidas, tráfego intenso de pedestres e impacto de pequena intensidade. Especificação: $0,8\text{mm} < D - 1,6\text{ mm}$.

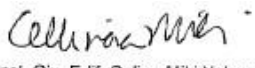
Grupo C – Solicitação predominante por abrasão, causada pelo arraste e rolar de pequenas cargas leves, tráfego de veículos de rodas macias e pequeno trânsito de pedestres. Especificação: $1,6\text{mm} < D - 2,4\text{ mm}$.

Obs.: Os valores limites são referenciados ao desgaste no percurso de 1000 m.

A análise deverá ser realizada de acordo com a especificação ou projeto do interessado.

São Paulo, 27 de novembro de 2017.


Téc. Edif. Gustavo Soares
Ass. Téc. do Laboratório de SP
Concremat Engenharia e Tecnologia


Tecg. Const. Civ. Edif. Celina Miki Yokoyama
Gerente do Laboratório de SP
Concremat Engenharia e Tecnologia