



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

MATHEUS HENRIQUE BARZZOTTO DE OLIVEIRA

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE
RESÍDUOS PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS**

ARIQUEMES – RO

2021

MATHEUS HENRIQUE BARZZOTTO DE OLIVEIRA

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE
RESÍDUOS PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS**

Trabalho de Conclusão de curso para a
obtenção do Grau em Engenharia Civil
apresentado a Faculdade de Educação e
Meio Ambiente – FAEMA.

Orientadora: Prof^a Ma. Silênia Priscila da
Silva Lemes

ARIQUEMES - RO

2021

MATHEUS HENRIQUE BARZZOTTO DE OLIVEIRA

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA DO CONCRETO COM A ADIÇÃO DE
RESÍDUOS PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS**

Trabalho de Conclusão de curso para a
obtenção do Grau em Engenharia Civil
apresentado a Faculdade de Educação e
Meio Ambiente – FAEMA.

Banca Examinadora

Profª Ma. Silênia Priscila da Silva Lemes
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof. Esp. João Victos da Silva Costa
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

Prof. Esp. Bruno Dias Oliveira
Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA

ARIQUEMES - RO

2021

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

O48e Oliveira, Matheus Henrique Barzotto de.
Estudo da viabilidade técnica do concreto com a adição de resíduos pneumáticos inservíveis. / Matheus Henrique Barzotto de Oliveira. Ariquemes, RO: Faculdade de Educação e Meio Ambiente, 2021.
60 f. ; il.
Orientador: Prof. Ms. Silênia Priscila da Silva Lemes.
Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes RO, 2021.

1. Resíduo pneumático. 2. Concreto. 3. Sustentabilidade. 4. Aditivos em concreto. 5. Construção Civil. I. Título. II. Lemes, Silênia Priscila da Silva.

CDD 624

Bibliotecária Responsável
Herta Maria de Açucena do N. Soeiro
CRB 1114/11

AGRADECIMENTOS

A jornada foi longa, mais precisamente cinco de caminhada para chegar até aqui. E em toda longa jornada é essencial que tenhamos ao nosso lado aquelas pessoas que nos apoiam e ajudam a tornar o fardo mais leve.

E tenho muitas pessoas a quem ser grato:

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada nesse mundo há razão de ser.

À minha família que sempre esteve ao meu lado me dando forças e amparando nos momentos mais difíceis: A minha mãe Emília, minha irmã Uiara e ao meu pai, Raimundo que infelizmente não está mais aqui para me ver finalizando esse curso que ele tanto desejou e me apoiou a fazer, mas sei que onde quer que ele esteja, estará vibrando com minha vitória.

Aos meus amigos William, Joice e Ana, meus companheiros de jornadas durante todos esses anos de curso, o meu muito obrigado por estarem ao meu lado, pois foi com vocês que pude contar nas dificuldades.

E por último e não menos importante, à minha professora orientadora Prof.^a Ma. Silênia Priscila da Silva Lemes, que me ajudou a cada passo nesse trabalho de conclusão de curso, seus ensinamentos, experiências e disposição a me ajudar fizeram toda a diferença e serei eternamente grato por sua orientação.

“A persistência é o menor caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

O uso de resíduos na construção civil é algo fortemente trabalhado nos dias atuais, tendo em vista as diversas maneiras de incorporação, o que versa diretamente sobre as perspectivas de sustentabilidade tão necessárias para o século XXI. Nesse sentido, esse estudo teve como objetivo averiguar as propriedades mecânicas do concreto com a inserção de resíduos pneumáticos. A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi orientada a partir da observação da literatura pertinente e das normas técnicas de execução dos testes de ensaio. Para isso, foi realizada a confecção dos corpos de prova com traço de referência, traço com 10% e traço com 15% de resíduo pneumático. Os agregados miúdo e graúdo utilizados na produção do concreto foram submetidos à ensaios de caracterização e os corpos de prova foram submetidos à ensaios em estado fresco (Slump Test) e endurecido (resistência à compressão axial, resistência à tração por compressão diametral e teste de absorção de água). Como resultados, os ensaios de resistência à compressão axial e tração por compressão diametral indicaram que os traços de 10% e de 15% apresentaram resistência inferior ao traço de referência nos testes aos 7, 14 e 28 dias. O estudo conclui que a análise das propriedades mecânicas do concreto constituído de resíduo de pneu apresentou desempenho inferior em comparação ao concreto de referência no que tange a resistência à tração por compressão diametral.

Palavras-chave: Resíduo pneumático. Concreto. Aditivo. Sustentabilidade. Engenharia Civil.

ABSTRACT

The use of waste in civil construction is something heavily worked on these days, considering the various ways of incorporation, which directly addresses the sustainability perspectives that are so necessary for the 21st century. In this sense, this study aimed to investigate the mechanical properties of concrete with the insertion of pneumatic waste. The methodology used for the development of the research was guided by the observation of the relevant literature and the technical standards for carrying out the test tests. For this purpose, specimens were made with a reference line, a line with 10% and a line with 15% of pneumatic residue. The fine and coarse aggregates used in the production of concrete were subjected to characterization tests and the specimens were subjected to tests in a fresh state (Slump Test) and hardened (compressive strength, tensile strength and water absorption test). As a result, the axial and diametrical compressive strength tests indicated that the 10% and 15% mixes had lower strength than the reference mix in the tests at 7, 14 and 28 days. The study concludes that the analysis of the mechanical properties of concrete consisting of tire waste showed lower performance compared to reference concrete in terms of tensile strength by diametral compression.

Keywords: Pneumatic waste. Concrete. Additive. Sustainability. Civil Engineering.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Resíduos sólidos oriundos da construção civil.....	16
Figura 2 – Descarte indevido de pneus.....	18
Figura 3 – Agregado miúdo úmido.....	29
Figura 4 – Frasco ensaio de massa específica (agregado miúdo).....	30
Figura 5 – Amostra do agregado graúdo.....	31
Figura 6 – Peneiras agregado miúdo.....	32
Figura 7 – Peneiras agregado graúdo.....	33
Figura 8 – Comparação do agregado pneumático.....	34
Figura 9 – Mistura na betoneira.....	36
Figura 10 – Corpos de prova submersos.....	37
Figura 11 – Slump Test.....	38
Figura 12 – Rompimento do corpo de prova.....	39
Figura 13 – Rompimento do corpo de prova.....	40
Figura 14 – Teste de absorção de água.....	41
Figura 15 – Curva granulométrica do agregado miúdo.....	43
Figura 16 – Curva granulométrica do agregado graúdo.....	44
Figura 17 – Resistência à compressão axial aos 7, 14 e 28 dias. Erro! Indicador não definido.	
Figura 18 – Resistência à tração por compressão diametral aos 7, 14 e 28 dias Erro! Indicador não definido. 9	
Figura 19 – Ação do material pneumático no interior do concreto Erro! Indicador não definido. 50	
Figura 20 – Absorção de água aos 28 dias..... Erro! Indicador não definido. 1	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dosagem para os ensaios.....	35
Tabela 2 – Dados da granulometria	43
Tabela 3 – Dados da granulometria do agregado graúdo	44
Tabela 4 – Resultados do Slump Test	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANIP	Associação Nacional da Indústria dos Pneumáticos
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
NBR	Norma Brasileira
PIB	Produto Interno Bruto
SENAT	Serviço Nacional de Aprendizagem do Trânsito
SEST	Serviço Social do Transporte

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO	15
2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
3.2 UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO PNEUMÁTICO	17
3.3 CONCRETO	19
3.3.1 História do concreto.....	19
3.3.2 Composição e caracterização do concreto.....	20
3.3.3 Tipos de concreto.....	21
3.3.4 Concreto em estado fresco	22
3.3.5 Concreto em estado endurecido.....	24
3.4 INSERÇÃO DA BORRACHA NO CONCRETO.....	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 MATERIAIS	28
4.1.1 Cimento	28
4.1.2 Agregado miúdo (Areia).....	28
4.1.3 Agregado graúdo (Brita).....	30
4.1.4 Água	31
4.1.5 Composição granulométrica	31
4.1.6 Resíduo de pneu	33
4.2 PROCESSO DE CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA.....	34
4.2.1 Dosagem	34
4.3 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE CONCRETO.....	36
4.4 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO FRESCO	38

4.4.1 Ensaio de consistência – Slump Test.....	30
4.5 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO	39
4.5.1 Resistencia a compressão axial	39
4.5.2 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral	40
4.5.3 Absorção de água	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS.....	43
5.1.1 Agregado miúdo	43
5.1.1 Agregado graúdo	44
5.2 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO FRESCO	45
5.2.1 Índice de consistência	45
5.3 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO	46
5.3.1 Resistência à compressão axial	46
5.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL	48
5.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO.....	51
CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, discussões acerca da destinação dos resíduos sólidos são cada vez mais constantes no campo da construção civil. Essa preocupação é dada devido ao aumento preponderante de indústrias e de construções nos grandes centros urbanos, o que colabora para o aumento expressivo da quantidade de resíduos descartados diariamente de maneira incorreta no meio ambiente. Sendo assim, é fundamental que todo projeto e processo de execução da obra se atente ao fator ambiental (NAGALLI, 2016).

Nesse sentido, a incorporação de resíduos sólidos nas obras de engenharia civil é uma prática comum nos países desenvolvidos e se mostra como uma tendência nos países em desenvolvimento, tal como o Brasil, visto que os benefícios são inúmeros. Klein et al (2016) salientam que esse tipo de incorporação é importante pois além de trazer benefícios ambientais, proporciona benefícios sociais e econômicos, o que é primordial para uma construção sustentável.

Pensando nisso, muitos especialistas apontam para o uso de resíduos pneumáticos em massas de concretos para promover sua otimização. Esses resíduos podem ser incorporados de maneiras variadas no concreto e os resultados de estudos apontam para a melhoria significativa de fatores como elasticidade, isolamento térmico e acústico, durabilidade do concreto, absorção de energia, entre outros (BRAVO, 2014).

A partir dessas perspectivas, essa pesquisa busca trazer discussões acerca do uso de resíduos pneumáticos em concretos e como o mesmo deve ser incorporado dentro da construção civil. Para isso, questiona-se: é possível melhorar as propriedades do concreto com o uso de agregados recicláveis em seu meio, tais como pneus triturados? Sendo assim, avalia-se então a hipótese da inserção de materiais recicláveis para obtenção de melhores resultados na obra, diagnosticando se o mesmo contribui ou não para a melhora do concreto e em quais aspectos o mesmo atua.

Esse estudo é abraçado por uma pesquisa aplicada, a partir da observação dos resultados em prática. Primeiramente, realizou-se uma revisão teórica do assunto,

que permitiu direcionar cada etapa do processo. Posteriormente, realizou-se a confecção de concretos através da implementação dos resíduos pneumáticos, que permitiu a determinação de suas características, desempenho e qualidade.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Averiguar as propriedades mecânicas do concreto com a inserção de resíduos pneumáticos através de ensaios com o material.

2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

- Equiparar o comportamento de diferentes traços de concreto com adição de resíduos pneumáticos;
- Analisar a influência de cada teor adicionado de resíduo pneumático em concreto no estado fresco;
- Avaliar o comportamento mecânico das amostras com diferentes adições de teores de resíduos pneumáticos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é um pilar importante na indústria, sendo parte fundamental do processo de desenvolvimento e crescimento dos países. Nagalli (2016) ressalta que a construção civil vem conquistando espaço na economia brasileira cada vez mais, tendo em vista que cerca de 15% do PIB do país é oriundo desse setor. De igual maneira, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012) destaca que grande parte da relevância da construção civil está na sua função de indicativo de crescimento econômico e social e de gerador de emprego e renda.

É primordial compreender que a construção civil evoluiu muito ao longo dos anos, tanto no que tange às técnicas e metodologias de trabalho, quanto no que tange à preocupação social. Nesse sentido, uma grande demanda nos dias atuais se relaciona com o processo de reutilização de resíduos oriundos da própria construção (Figura 1) e também com o processo de incremento de resíduos sólidos durante o processo de execução da obra. Essa preocupação está relacionada com os aspectos de cuidado ambiental, que se mostra emergente e relevante na atualidade (SILVA; SANTOS; ARAÚJO, 2017).

Figura 1 – Resíduos sólidos oriundos da construção civil



Fonte: BRASIL (2014)

A necessidade de trabalhar a gestão dos resíduos sólidos foi bastante discutida com a definição da Agenda 21, a partir da Conferência ECO-92, onde a reciclagem foi compreendida como uma das alternativas principais para reutilização e destinação adequada dos resíduos. Nesse momento, a construção civil foi apontada como um dos grandes setores para esse processo, tendo em vista seu potencial de reutilização de resíduos (ROCHA; CHERIAF, 2003).

A partir desses aspectos, Marques et al (2014) apresentam que o trabalho sistemático no desenvolvimento de materiais alternativos no processo de construção é essencial para que haja redução de custos, melhoria do desempenho do material e diminuição do uso de matéria prima natural ou que possam ser danosas ao ambiente. A observância dessas perspectivas durante o projeto e execução da obra é fundamental em decorrência das vantagens ecológicas envolvidas.

Sendo assim, cada vez mais é possível observar o uso de resíduos sólidos na construção civil.

3.2 UTILIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DO RESÍDUO PNEUMÁTICO

De acordo com a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP, 2018), inicialmente, a borracha era compreendida como um material “grudento”, que apresentava riscos de dissolver quando submetida à temperatura elevada, sendo utilizada apenas para a impermeabilização de tecidos. Foi a partir do século XIX, com o surgimento do pneu, que a borracha começou a ser tida como um material essencial para a segurança dos veículos e de demanda mundial. A criação do pneu é atribuída a Charles Goodyear, que por volta de 1830 realizou a descoberta das potencialidades da borracha a partir do processo de vulcanização.

Ao longo da história, o pneu passou a ser fortemente utilizado pela sociedade, através dos carros, caminhões, aviões e outros. Segundo o Serviço Social do Transporte e o Serviço Nacional de Aprendizagem do Trânsito (SEST/SENAT, 2021) ao menos 450 mil toneladas de pneus são descartadas anualmente no Brasil. O descarte indevido (Figura 2) desse tipo de resíduo ainda é uma realidade nos dias atuais, que acarreta em sérios problemas ambientais e de saúde, tais como a compactação do solo, o risco de incêndio e o potencial risco dos pneus em se

tornarem vetores de doenças, como a dengue (*Aedes Aegypti*) e a malária (KAMIMURA, 2002).

Figura 2 – Descarte indevido de pneus



Fonte: G1 (2019)

É primordial citar que o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a partir da Lei nº 12.305/2010 trouxe premissas importantes para o manejo, tratamento, destinação final e reutilização adequada dos resíduos no país. A fim de atingir os aspectos regulamentados na legislação, algumas empresas privadas surgiram para a coleta e destinação final correta dos pneus inservíveis, o que é fundamental para o controle do dano ambiental (FLORIANI; FURLANETTO; SEHNEM, 2016).

Ao que abrange a construção civil, a utilização do resíduo pneumático nas obras é bastante diversificada. Conforme apontam Silva et al (2014), em estudo sobre a utilização da borracha como alternativa para sustentabilidade, uma das maneiras de incorporação do resíduo na construção civil é através da composição asfáltica, devido às propriedades de melhoria do ligante. Enquanto isso, Pinto et al (2016) apresentam a implementação do material na composição de gessos. Já Kurz et al (2018) se dedicam em determinar as vantagens da implantação do resíduo na composição de argamassas.

Evidentemente, observa-se que o resíduo pneumático é alvo de variados estudos dentro do campo da Engenharia Civil com propostas de determinação de suas

propriedades e capacidades para incorporação no processo de construção (BRAVO, 2014).

3.3 CONCRETO

3.3.1 História do concreto

De acordo com Oliveira (2016), a história do concreto acompanha a história da humanidade, tendo em vista que os inúmeros registros históricos e construções preservadas expõem precisamente as características da sociedade à época em que os mesmos foram construídos. Com isso, observa-se que todas as tecnologias para a produção do concreto passaram por diversas evoluções.

Muitas civilizações desenvolveram o concreto a partir de suas especificidades e conhecimentos. A arquitetura grega utilizou fortemente as pedras para funções estruturais e, pela baixa resistência à tração, eram alocadas com pequenos vãos (FUSCO; ONISHI, 2017).

No Egito, existem registros da utilização de materiais aglomerantes na construção de pirâmides, por exemplo. Os egípcios são conhecidos como os grandes construtores da Antiguidade, tendo em vista que dominaram essa ciência desde 2750 a.C., até a chegada das estruturas metálicas, com o advento da Revolução Industrial (HELENE; ANDRADE, 2007).

De igual maneira, na Roma Antiga, os construtores produziam seus concretos a partir da mistura de cal hidratada e argila pozolânica, que é compreendido como o concreto primitivo na história da construção civil (TOILLIER, 2017).

Com a queda do império romano, as civilizações se tornaram preponderantemente rurais durante todo o período compreendido como a Idade Média. Foi apenas na Renascença e principalmente com a Revolução Industrial que observou-se a sofisticação do concreto, a partir do surgimento do cimento Portland e do concreto armado (FUSCO; ONISHI, 2017).

O cimento Portland foi descoberto no final do século XIX, sendo utilizado intensamente ao longo do século XX até os dias atuais. Compreende-se que o concreto de cimento Portland é o material mais importante da construção civil atualmente, sendo um dos produtos mais consumidos pelo homem no mundo, atrás apenas da água (HELENE; ANDRADE, 2007).

Observa-se que as metodologias para confecção do concreto passaram por diversas civilizações e culturas e compreende-se hoje que cada conhecimento mostrou-se fundamental para a evolução histórica das estruturas de concreto (OLIVEIRA, 2016).

3.3.2 Composição e caracterização do concreto

Conforme pontuam Mendes, Silva e Barbosa (2014), o concreto convencional é obtido através da mistura de diversos componentes, tais como areia, brita, cimento e água. Em alguns casos, há o aditivo de outros componentes para aumento do desempenho de resistência e de trabalhabilidade.

Os agregados são classificados pela NBR 7211:2009 em miúdos e graúdos. Os agregados miúdos referem-se aos componentes cujas partículas são maiores que 75 µm (micrómetro) e menores que 4,75 mm, como exemplo a areia que é obtida através dos rios. Já os agregados graúdos referem-se aos componentes cujas partículas são maiores que 4,75 mm e menores que 75 mm, como exemplo a brita que é obtida através da degradação de rochas.

O cimento é um componente caracterizado pela capacidade de aglomeração na presença de água, através das reações de hidratação, tratando-se de um material extremamente fino e pulverizado. Existem diversos tipos de cimentos hidráulicos no mercado, no entanto, o cimento Portland é o mais utilizado na produção de concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

Um ponto importante no processo de produção do concreto é a dosagem, que influencia diretamente na sua qualidade e também está diretamente ligada com os fatores de redução do desperdício de materiais. A dosagem pode ser obtida através

do volume e massa por intermédio de traços otimizados (MENDES; SILVA; BARBOSA, 2014).

Outros aspectos indispensáveis para caracterização do concreto é a trabalhabilidade e a resistência à tração. A trabalhabilidade é observada ainda no estado fresco do concreto e refere-se à consistência e coesão do material, no sentido da observância da homogeneidade do mesmo no processo de manipulação. Já a resistência à tração se relaciona com a capacidade do concreto já endurecido em resistir às compressões, sendo a resistência determinada pela facilidade da propagação de fissuras no material (LEITE, 2018).

3.3.3 Tipos de concreto

Dentro da construção civil existem variados tipos de concretos, com especificidades e indicações distintas, entre os quais cita-se: concreto convencional, concreto armado, concreto auto-adensável e concreto de alta resistência.

O concreto convencional é o mais usado no mundo e pode ser utilizado em diversos tipos de estruturas. Esse tipo de concreto é constituído de cimento, agregados miúdos e graúdos e água, podendo ser utilizado em fundações ou mesmo em blocos, pisos e lajes. É caracterizado pela necessidade de utilizar ferramentas vibradoras para garantir o adensamento adequado da mistura (SATHLER et al, 2017).

Enquanto isso, o concreto armado surgiu a partir da Revolução Industrial e utiliza aditivos de aço em sua composição. Os aços são utilizados para melhoria do desempenho do concreto na resistência à tração e compressão e por isso são muito comuns em vigas e pilares de sustentação (BASTOS, 2015).

Já o concreto auto-adensável se diferencia dos demais pela presença de aditivos finos dando maior resistência à segregação e coesão à mistura. É caracterizado por sua capacidade de preencher pequenos locais que ficariam vagos com a utilização de outro tipo de concreto. Seus aditivos atuam quimicamente diminuindo a utilização de água e aumentando a durabilidade do material (SATHLER et al, 2017).

Por fim, o concreto de alta resistência é caracterizado por apresentar uma resistência superior a do concreto convencional. A resistência à compressão desse tipo de concreto é superior a 50 MPa, podendo chegar a 100 MPa. Sua dosagem deve ser criteriosa, a fim de garantir uma resistência excelente no final e sua composição é baseada em adições químicas e o cimento convencional é substituído por adições cimentícias (CAMPOS, 2015).

3.3.4 Concreto em estado fresco

É importante compreender que todos os estágios para produção do concreto influenciam no resultado final, ou seja, o concreto em estado endurecido pode receber influência dos aspectos observados em seu estado fresco, por exemplo. Durante a mistura dos materiais envolvidos no concreto deve-se observar que a adição inapropriada de água aumenta a trabalhabilidade, dificultando o espalhamento, moldagem e aplicação do concreto. Esses primeiros cuidados são primordiais para uma boa concretagem (NEVILLE, 2013).

Nesse sentido, mostra-se relevante compreender a respeito das características de trabalhabilidade, consistência e exsudação.

3.3.4.1 Trabalhabilidade

Conforme pontua Neville (2013, p. 97) “[...] a trabalhabilidade pode ser definida como a quantidade de trabalho interno útil necessário à obtenção do adensamento total”. Sendo assim, o trabalho interno deve ser compreendido como uma propriedade física fundamental e inerente ao concreto.

Nesse mesmo sentido e de maneira bem compreensível Filho (2011) salienta que a trabalhabilidade refere-se ao grau de facilidade ou dificuldade do concreto em se moldar, criar forma, consolidar e dar acabamento. Sendo assim, verifica-se que a trabalhabilidade influencia diretamente da qualidade do serviço de produção do concreto.

Na prática, uma trabalhabilidade não satisfatória indica que um concreto pode ser afetado negativamente em decorrência da presença de vazios na massa compactada. Esses vazios são bolhas de ar aprisionado que podem ser observados pela saída da água excedente. Para que tal situação seja evitada, é necessário objetivar uma trabalhabilidade satisfatória através do alcance na maior massa específica possível (NEVILLE, 2013).

Há que se citar que muitos fatores influenciem negativamente na trabalhabilidade. A vibração, por exemplo, é um dos aspectos que podem provocar atritos internos entre as partículas, assim como a água o uso de aditivos. A temperatura também pode exigir o acréscimo de água, o que pode interferir diretamente na trabalhabilidade (TOILLIER, 2017).

Observa-se que todos os constituintes do concreto podem influenciar em sua trabalhabilidade, tendo em vista que a quantidade de água, a presença de aditivos, o tipo de granulometria dos agregados e as reações dos mesmos com o cimento são recorrentemente indicados em estudos a respeito do desempenho do material, sendo evidenciadas suas interferências nesse sentido (NEVILLE, 2013).

Importante citar que a maioria dos pesquisadores no campo da construção civil indica que a quantidade de água talvez seja um dos aspectos que mais influenciam no nível de trabalhabilidade do concreto. Isto posto, uma quantidade inapropriada de água irá interferir na consistência compatível do concreto a ser utilizado (FILHO, 2011).

3.3.4.2 Consistência

A consistência se relaciona com a resistência da forma de uma substância ou também a facilidade como ela flui. Em se tratando do concreto, a consistência pode ser utilizada como medida do grau de umidade, pois em alguns casos os concretos que apresentam maior quantidade de água podem desenvolver uma trabalhabilidade superior em comparação aos concretos secos. No entanto, mesmo que haja a mesma consistência, alguns concretos apresentarão trabalhabilidade distinta (NEVILLE, 2013).

De acordo com Filho (2017), essa característica deve ser a primeira observada em um concreto fresco. Segundo o autor, consistência deve ser compreendida como a capacidade que o concreto tem em deformar-se em seu estado fresco. Essa capacidade pode ser afetada por fatores como: a quantidade de água utilizada na confecção, o transporte do material, a iluminação, entre outros.

Salienta-se que a consistência (justamente com a trabalhabilidade) do concreto fresco é a base para a qualidade do material, tendo em vista que a mesma interfere diretamente na resistência, na estabilidade e na durabilidade do concreto após seu endurecimento (GHENO et al, 2019).

3.3.4.3 Exsudação

A exsudação refere-se à capacidade com que a água presente na mistura dos constituintes do concreto tem em migrar para superfície quando o mesmo é recém-produzido. Esse fenômeno é observado quando os constituintes sólidos não conseguem absorver por completo a água presente na mistura. Com isso, a superfície do concreto acaba ficando com excesso de água, o que resultará em um concreto poroso, com pouca durabilidade e fraco (NEVILLE, 2013).

É importante compreender que a exsudação influencia da exsudação na qualidade do concreto envolve a reincorporação da água exsudada na fase de acabamento. É a partir desse processo que a superfície será diferenciada, tornando-se pouco aderente e estando sujeita à fissuras caso haja evaporação da água (FILHO, 2017).

Silva et al (2017) salientam que o processo de exsudação é normal e acontece em todos os concretos, visto que a água é o elemento mais leve de sua constituição, estando assim sujeita à aflorar. No entanto, o problema é observado no excesso de água exsudada. Os autores salientam que o excesso será observado quando a taxa de exsudação for superior a taxa de evaporação.

3.3.5 Concreto em estado endurecido

Quando é abordado o concreto em estado endurecido alguns aspectos precisam ser salientados, tais como a resistência à tração, a retração e durabilidade.

3.3.5.1 Resistência à compressão

A resistência à compressão está relacionada com a capacidade do concreto em resistir à determinada tensão sem que haja sua ruptura, que é evidenciado pela presença de fissuras capazes de rompê-lo. Nesse sentido, ensaios de resistência à compressão podem ser realizados para garantia da qualidade do material, bem como para verificar os níveis e indicações de utilização do mesmo. Destaca-se que o índice de resistência à compressão é umas das tangentes principais da qualidade do concreto (TOILLIER, 2017).

A importância desse parâmetro também é destacada por Filho (2017). Segundo o autor, essa é a maior característica de um concreto e é o principal índice para os processos de dosagem e controle de qualidade dos materiais na construção civil.

A resistência à compressão pode ser facilmente alterada pelos componentes da mistura do concreto. Essa interferência da resistência à compressão pode incidir em modificações de outros parâmetros do material, pois quando há uma resistência insuficiente, aspectos como durabilidade e segurança são alterados. Isso implica no desgaste precoce do concreto e na necessidade de manutenções (TEIXEIRA; ANDRADE; BONIFÁCIO, 2015).

3.3.5.2 Retração

A retração do concreto refere-se ao processo que acontece com qualquer material constituído a partir de aglomerantes. Esse processo determina o aparecimento de forças de tração do material. As forças podem ser naturalmente absorvidas pelo concreto, quando a resistência à tração for maior que a força gerada. Em alguns casos, o concreto não consegue absorver as forças, haverá a deformação ou ruptura do concreto (RECENA, 2014).

De acordo com Milagres (2019) a retração ainda é tratada de maneira empírica na construção civil, mas trata-se de um parâmetro fundamental para o desempenho do material. Segundo o autor, o fenômeno acontece no estado fresco e no estado endurecido do material. Em ambos os estados, a retração acontece a partir da redução do volume do concreto pela perda da umidade, que o tornará suscetível a deformações internas ou externas.

Dessa maneira, é possível compreender o processo da retração através dos volumes do concreto: volume aparente e volume absoluto. O volume aparente é obtido sem desconsiderar os vazios do material, enquanto o volume absoluto relaciona-se apenas aos sólidos presentes no material. Nesse sentido, quando o concreto é curado em água a retração poderá ser observada, através da diminuição do volume absoluto e aumento do volume aparente (ONGHERO, 2013).

3.3.5.3 Durabilidade

A durabilidade do concreto é um dos aspectos de preocupação dentro da construção civil devido aos altos custos de manutenção de estruturas existentes. A durabilidade relaciona-se com o prazo de tempo que o concreto poderá ser utilizado até que passe a ser impróprio para fim objetivado. Trata-se então da vida útil do material. Salienta-se que a qualidade de execução de uma obra é fator primordial para uma vida útil longa dos materiais, sendo então essencial para os objetivos sustentáveis emergentes ao mundo nos dias atuais (REBMANN, 2011).

É importante compreender que toda obra da construção civil deve estar em conformidade com as normas estabelecidas à época em que foi projetada e construída. É necessário que todas as etapas de execução da obra garantam segurança e estabilidade durante toda sua vida útil (AGUIAR, 2006).

Observa-se nesse sentido que a durabilidade de uma estrutura depende de diversos parâmetros de qualidade.

3.4 INSERÇÃO DA BORRACHA NO CONCRETO

O concreto possui diversas utilizações dentro da construção civil, sendo produzido a partir da mistura de diversos componentes supracitados. Esse material deve ter plasticidade para que possa ser manuseado e transportado com segurança, além de possuir resistência aos eventos naturais sem que sua função seja perdida. Atualmente, muitos estudos têm surgido avaliando o incremento de borracha em concretos que apresentam resultados promissores (SILVA et al, 2019).

De acordo com Romualdo (2011), além dos benefícios ambientais, a utilização do resíduo pneumático em concretos permite resistência às deformações e controle de fissuras na estrutura.

A partir das experiências de alguns autores em estudos sobre o uso de resíduo pneumático inservível na confecção de concretos é possível observar variedades de resultados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da pesquisa foi orientada a partir da observação da literatura pertinente e das normas técnicas de execução dos testes de ensaio. Nesse sentido, foram identificados os materiais necessários para a confecção do concreto.

Foram produzidos 63 corpos de provas ao todo para a realização de testes em diferentes idades, a saber: 7 dias, 14 dias e 28 dias. Os corpos de prova foram confeccionados em 3 traços: o traço de referência, o traço com 10% de acréscimo de resíduo pneumático e outro traço com 15% de acréscimo, para execução do ensaio de compressão, tração, Slump Test e absorção de água.

4.1 MATERIAIS

4.1.1 Cimento

O cimento utilizado na fabricação dos corpos de prova foi o Cimento Votorantim CP-II, classificado em CP II-F, que conta com clínquer e gesso em sua fórmula. O cimento foi adquirido em uma loja de materiais de construção da cidade e foi armazenado em uma sala na faculdade sem exposição aos agentes naturais.

4.1.2 Agregado miúdo (Areia)

A areia média para a confecção do concreto (Figura 3) foi disponibilizada pelo laboratório de Engenharia Civil da Faculdade FAEMA e que foi utilizada nos espécimes. A areia é utilizada geralmente na parte de concretos e argamassas para o assentamento de tijolos.

Figura 3 – Agregado miúdo úmido



Fonte: Aatoria própria (2021)

Inicialmente, foi realizado o ensaio de massa específica, onde 2,5 kg de agregado miúdo foram colocados em uma forma de alumínio e cobertos por água por 24 horas, a fim de desenvolver o processo de saturação, conforme NBR 16605:2017. Posteriormente, a água foi retirada da forma, o agregado foi colocado em uma superfície plana e submetido ao processo de secagem através de uma suave corrente de ar. As amostras foram revolvidas frequentemente e o processo de secagem foi prosseguido até que os agregados miúdos não ficassem fortemente aderidos entre si.

Com o agregado em estado ideal para o ensaio, foi realizado inserção do mesmo no molde tronco-cônico, com cuidado para não o comprimir. Posteriormente, foram aplicados 25 golpes no local através do soquete. Ao final, o molde foi cuidadosamente removido para evidenciar a saturação do agregado miúdo.

Após o desmoronamento parcial, 500 g do agregado foram inseridos em um Frasco de Erlenmeyer. Posteriormente, foi inserido água no frasco até que o mesmo atingisse a marca de 50 mL.

Cuidadosamente, agitou-se o frasco a fim de eliminar as bolhas de ar existentes, em alguns segundos a solução se estabilizou e por fim, foi registrado o

volume final através da leitura do nível de água do conjunto, agregado mais a água. A Figura 4 apresenta o ensaio com o Frasco de Erlenmeyer.

Figura 4 – Frasco ensaio de massa específica (agregado miúdo)



Fonte: Autoria própria (2021)

4.1.3 Agregado graúdo (Brita)

A brita presente na composição do concreto e dos exemplares de teste foi a brita nº 1 com sua malha de 19 mm, utilizada na confecção de estruturas pré-moldadas de concreto, chapiscos e outros e também foi disponibilizada pelo laboratório da faculdade. A brita utilizada for fornecida pela faculdade, a mesma não foi peneirada.

Inicialmente, foi realizado o ensaio de massa específica, onde as amostras de agregado graúdo foram colocadas em uma forma de alumínio e submergidas com água por 24 horas, a fim de desenvolver o processo de saturação. Posteriormente, o excesso de água foi removido e o agregado graúdo foi colocado em uma superfície plana sobre um tecido. Com o auxílio do tecido, a superfície das britas foi secada, mantendo seu interior saturado.

Após isso, o agregado graúdo foi inserido em um cesto de tela e foi pesado em um balde com água, conforme demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Amostra do agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2021)

4.1.4 Água

A água utilizada no processo é oriunda da rede de água do município de Ariquemes-RO.

4.1.5 Composição granulométrica

O método de análise da granulometria do agregado tem a finalidade de classificar as partículas de uma amostra através de seus tamanhos e da parcela corresponde cada tamanho.

Para tanto, foi utilizada como base a NBR 248:2003. De início, foram recolhidas quantidades de areia e brita para a secagem, as mesmas permaneceram

24 horas na estufa a 105 °C até que estivessem sem umidade. Primeiro, separou-se duas amostras de 500 g de agregado miúdo que seriam peneiradas em um agitador elétrico fornecido no laboratório da FAEMA. As peneiras utilizadas para esse ensaio foram as com diâmetro de abertura de 2,36 mm, 1,18 mm, 0,60 mm, 0,425 mm, 0,30 mm, 0,15 mm e o fundo na parte inferior.

A Figura 6 apresenta a composição do equipamento.

Figura 6 – Peneiras agregado miúdo



Fonte: Autoria própria (2021)

Posteriormente, foi realizado o teste de granulometria no agregado graúdo, nesta etapa foram separadas duas amostras de 2000 g secas na estufa para o teste. As amostras foram peneiradas no agitador elétrico passando pelas peneiras com diâmetro de abertura de 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75 mm e o fundo na parte inferior, conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7 – Peneiras agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2021)

4.1.6 Resíduo de pneu

O resíduo de pneu presente neste trabalho foi adquirido na Recapadora Renoop, localizada nas margens da BR – 364 no município de Ariquemes-RO. O material é fruto do processo de recapagem de pneus de caminhão. A Figura 8 apresenta as amostras do resíduo pneumático, juntamente com o agregado miúdo e graúdo.

Figura 8 – Comparação do agregado pneumático



Fonte: Autoria própria (2021)

Os resíduos pneumáticos foram cortados através de uma máquina presente na empresa e o tamanho dos mesmos seguiram o padrão operacionalizado pelo equipamento.

4.2 PROCESSO DE CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

4.2.1 Dosagem

A dosagem do traço foi elaborada com o auxílio da tabela de Caldas Branco. Por meio da mesma, obteve-se o traço de 1: 2: 3 juntamente com a relação a/c (água em temperatura ambiente e cimento) que foi de 0,6. O traço teve embasamento também na ABNT NBR 9781:2013 que definiu uma resistência mínima de 25 MPa após 28 dias.

Após a definição do traço principal foi necessário acrescentar em cima da quantidade de areia o agregado pneumático. Com isso foram definidos 3 tipos de traços, sendo um dele o de referência e os outros dois com porcentagens diferentes de agregado de borracha em cada um, conforme expressa a Tabela 1.

Tabela 1 – Dosagem para os ensaios

Traço (assentamento)	Cimento (kg)	Areia (kg)	Brita	Pneu (kg)	Água
Traço 0% = 100% cimento (traço referência)	12,114	24,228	36,342	0,000	7,268
Traço F10	12,114	24,228	36,342	2,42281	7,268
Traço F15	12,114	24,228	36,342	3,63422	7,268
Total (kg)	36,342	72,68	109,027	6,057	21,81
TOTAL (g)	36342,189	72684,38	10902,66	6057,032	21805,31

Fonte: Aatoria própria (2021)

Como pode ser observado, o Traço 0% é o original (referência) sem a presença do resíduo pneumático. O Traço F10 obteve 10% em relação ao agregado miúdo, de resíduo pneumático acrescido aos demais agregados. Já o Traço F15 obteve 15% em relação ao agregado miúdo, de resíduo pneumático acrescido aos demais agregados. Os traços foram definidos conforme experiências satisfatórias de outros autores nesse sentido.

No primeiro dia (04/05/2021), foram confeccionados 18 corpos de prova do traço de referência, sendo 9 (7, 14 e 28 dias) corpos de prova pra compressão, 9 (7, 14 e 28 dias) para tração por compressão diametral e mais 3 para o teste de absorção de água, totalizando 21 corpos de prova.

No segundo dia (05/05/2021), foi confeccionado o traço com 10% de acréscimo de pneu, 9 (7, 14 e 28 dias) corpos de prova pra compressão, 9 (7, 14 e 28 dias) para tração e mais 3 para o teste de absorção de água, totalizando 21 corpos de prova.

No terceiro dia (06/05/2021), foi confeccionado o traço com 15% de acréscimo de pneu, 9 (7, 14 e 28 dias) corpos de prova pra compressão, 9 (7, 14 e 28 dias) para tração e mais 3 para o teste de absorção de água, totalizando 21 corpos de prova.

Sendo assim, foram totalizados 63 corpos de prova.

4.3 PRODUÇÃO DOS CORPOS DE PROVA DE CONCRETO

Para dar início ao processo de fabricação do concreto e dos corpos de prova, foi introduzida a betoneira, que foi fornecida pela Faculdade FAEMA. Também foi incorporado a brita, o cimento e a água. A mistura foi desenvolvida de acordo com a sequência PACAAAA (MAPA DA OBRA, 2017).

Após a mistura desses elementos por alguns minutos, foram introduzidos os resíduos pneumáticos (apenas nos traços de 10% e 15%), a areia e a outra metade da água. Esses elementos foram misturados novamente para a homogeneização.

A Figura 9 apresenta a mistura dos elementos de fabricação do concreto na betoneira, que ocorreu no laboratório de engenharia civil da faculdade.

Figura 9 – Mistura na betoneira



Fonte: Autoria própria (2021)

Após o processo de produção da massa, foram confeccionados os corpos de prova com o auxílio de moldes com dimensões de 10 x 20 cm como previsto na NBR 5738:2013.

Em seguida os corpos de prova foram deixados em repouso por 24 horas em um local fechado sem intervenções externas no laboratório da faculdade. Decorrido esse tempo os exemplares foram retirados das formas e colocados submersos em uma solução de água e hidróxido de cálcio (Figura 10), permanecendo ali até os ensaios aos 7, 14 e 28 dias.

Figura 10 – Corpos de prova submersos



Fonte: Autoria própria (2021)

Os corpos de provas submersos são muito importantes para os ensaios de resistência do concreto. Todos devem ser devidamente identificados com data, hora segundo ABNT NBR 5738:2013.

4.4 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO FRESCO

4.4.1 Ensaio de consistência – Slump Test

O ensaio do material do estado fresco foi realizado de acordo com a ABNT NBR 16889:2020.

Para que o teste fosse efetuado foi necessário o uso de um molde em forma de cone oco com as seguintes dimensões: diâmetro da base inferior de $200\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$; diâmetro da base superior de $100\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$; altura do cone de $300\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$. Além disso, também foi necessária uma haste de metal circular para a compactação com 600 mm e extremidades arredondadas e por um fim uma placa de metal retangular que serve de apoio para o molde.

Com todos os utensílios, deu-se início ao teste que consiste em preencher o cone em três camadas de concreto com alturas próximas, cada uma das camadas adensadas por 25 golpes com o subsídio da haste, de modo que a haste não afete a camada anterior. Os utensílios foram adquiridos no laboratório da faculdade.

Após o preenchimento completo do cone, a superfície foi regularizada com uma colher de pedreiro e o cone levantado verticalmente entre 5 a 10 segundos, por fim foi medida a diferença entre a altura do cone e do molde de concreto com o auxílio de uma trena. Tal procedimento é demonstrado na Figura 11.

Figura 11 – Slump Test



Fonte: Autoria própria (2021)

4.5 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO

Após o processo de cura e o processo de endurecimento finalizados os corpos de prova foram submetidos aos seguintes ensaios:

4.5.1 Resistencia a compressão axial

O teste teve como objetivo medir a resistência dos corpos de prova à compressão, o ensaio foi efetuado com o auxílio de uma prensa hidráulica disponibilizada pela Faculdade FAEMA.

Os testes tiveram início após 7 dias da retirada dos corpos de prova dos moldes e também de cura (ocorridos nos dias 10/05/2021, 11/05/2021 e 12/05/2021). Posteriormente, com 14 dias (ocorridos nos dias 17/05/2021, 18/05/2021 e 19/05/2021) e por fim com 28 dias (ocorridos nos dias 31/05/2021, 01/06/2021 e 02/06/2021), de acordo com a idade de cada um, segundo a NBR 5739:2018.

A Figura 12 apresenta o rompimento do corpo de prova.

Figura 12 – Rompimento do corpo de prova



Fonte: Autoria própria (2021)

Esse ensaio técnico determinará após o rompimento do corpo de prova a capacidade de resistência à compressão do concreto analisado, de acordo com a idade analisada.

4.5.2 Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

O ensaio de resistência à tração visa avaliar as propriedades mecânicas dos materiais, levando em consideração a função estrutural que os concretos desempenham.

Os testes tiveram início após 7 dias da retirada dos corpos de prova dos moldes e também de cura, depois com 14 dias e por fim com 28 dias, de acordo com a idade de cada um, segundo a NBR 7222:2011. A Figura 13 apresenta o rompimento do corpo de prova.

Figura 13 – Rompimento do corpo de prova



Fonte: Autoria própria (2021)

Esse equipamento constitui-se de dois pratos de prensa entre o corpo de prova, fazendo uma força ou uma pressão sobre o material, em determinado momento este corpo se rompe e daí se tem o resultado da compressão da resistência à tração por compressão diametral.

Esses testes são fundamentais para se estabelecer a estabilidade e a segurança estrutural.

4.5.3 Absorção de água

O teste em questão (Figura 14) teve como objetivo verificar o nível de porosidade da peça, compreendendo que quanto menor for a porosidade da peça, melhor será seu desempenho nas suas características mecânicas.

O teste foi realizado somente com os corpos de prova com idade de 28 dias.

Após o processo de cura, os mesmos foram retirados da água e colocados no forno por 72 horas. Decorrido este tempo, os corpos de prova foram retirados e pesados e colocados na água por mais 72 horas e posteriormente pesados novamente.

Figura 14 – Teste de absorção de água



Fonte: Autoria própria (2021)

Depois dessas etapas foi possível observar a absorção da umidade com o acréscimo do material pneumático, onde o traço de 10% absorveu mais água que o traço de 15%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

5.1.1 Agregado miúdo

Com a análise granulométrica efetuada foi possível obter os seguintes dados da areia média: módulo de finura, diâmetro máximo e a curva granulométrica. Tais dados são expressos na Tabela 2.

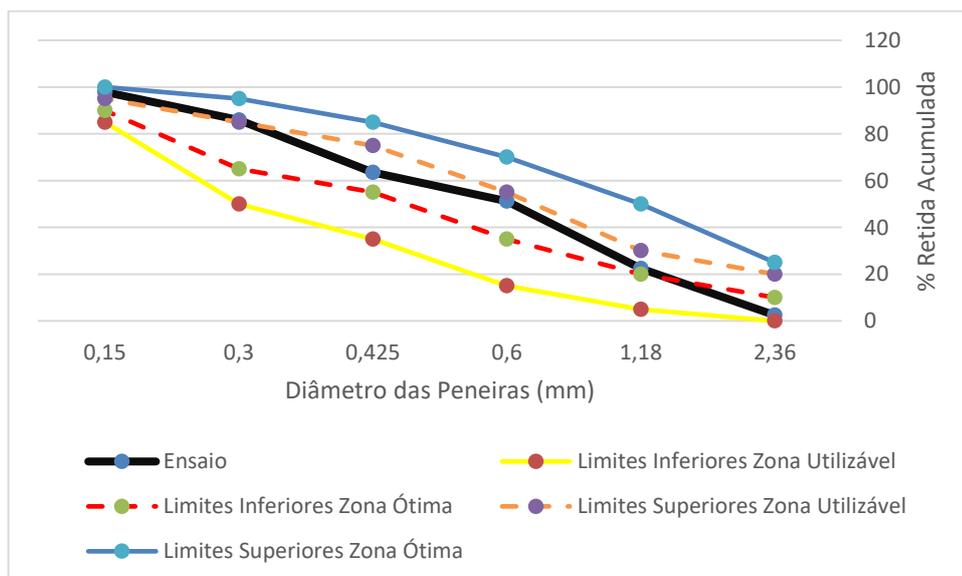
Tabela 2 – Dados da granulometria

Diâmetro máximo (mm)	Módulo de finura	Massa específica (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)
2,36	3,23	2,96	1,41

Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 15 apresenta o gráfico com a curva granulométrica do agregado miúdo.

Figura 15 – Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Autoria própria (2021)

Como pode ser observado na Figura 15, a linha que aponta o resultado do ensaio se estabeleceu entre a linha de limite de limites inferiores e superiores de zona ótima. Dessa maneira, o agregado miúdo apresentou desempenho satisfatório para ser utilizado no experimento.

5.1.1 Agregado graúdo

Com a análise granulométrica efetuada foi possível obter os seguintes dados da areia brita 1: massa específica, massa unitária, módulo de finura, diâmetro máximo e a curva granulométrica. Tais dados são expressos na Tabela 3.

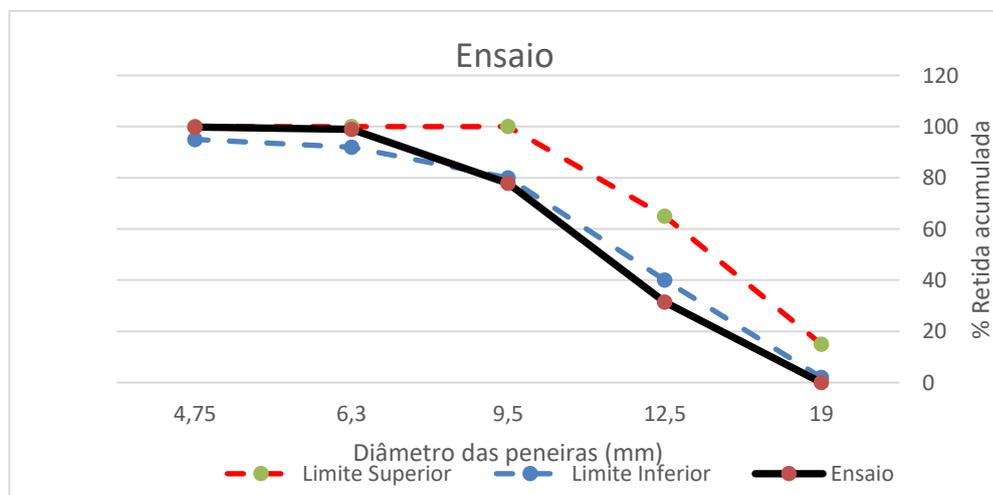
Tabela 3 – Dados da granulometria do agregado graúdo

Diâmetro máximo (mm)	Módulo de finura	Massa específica (g/cm ³)	Massa unitária (g/cm ³)
12,5	3,08	2,47	1,54

Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 16 apresenta o gráfico com a curva granulométrica do agregado graúdo.

Figura 16 – Curva granulométrica do agregado graúdo



Fonte: Autoria própria (2021)

É possível observar na Figura 16 que os resultados dos ensaios do agregado graúdo também foram favoráveis, visto que a linha do ensaio se manteve próximo à linha inferior. Com isso, o material também se apresentou viável para confecção dos corpos de prova.

5.2 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO FRESCO

5.2.1 Índice de consistência

A Tabela 4 apresenta o gráfico com o resultado obtido através do Slump Test, que foi efetuado no concreto em seu estado fresco.

Tabela 4 – Resultados do Slump Test

Traço	Abatimento (cm)
Referência	4
P10%	2
P15%	1

Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que no traço de referência o resultado da consistência do concreto foi de 4 cm. Enquanto isso, no traço P10%, o resultado da consistência foi de 2 cm. Enquanto isso, no traço P15% o resultado da consistência foi de 1 cm.

De acordo com a NBR 16889:2020, esse concreto se enquadra na classe S10 com característica de pouca plasticidade, pois todos os traços se encontram entre $10 \leq a < 50$ mm. Outro ponto importante a observar é que o índice de consistência foi diminuindo conforme foi adicionando resíduo pneumático. Tal fato pode ter ocorrido pois, a relação a/c foi fixada em 0,60.

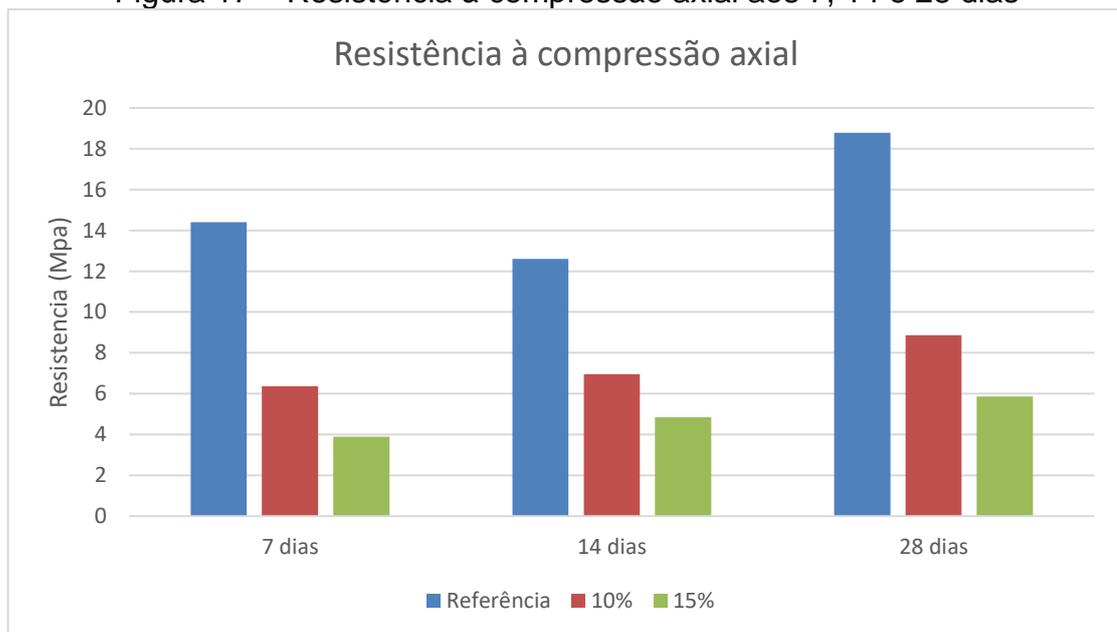
5.3 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO NO ESTADO ENDURECIDO

5.3.1 Resistência à compressão axial

Neste ensaio, foi possível encontrar os resultados da resistência dos corpos de prova quanto à compressão axial de acordo com a idade de cada um (7, 14 e 28 dias).

A Figura 17 apresenta o gráfico da resistência dos corpos de prova quanto à compressão axial dos concretos com idades de 7, 14 e 28 dias. Os resultados dos traços de referência, 10% e 15% foram obtidos através da média dos dias para cada um.

Figura 17 – Resistência à compressão axial aos 7, 14 e 28 dias



Observa-se que o traço de referência apresentou uma resistência pouco superior a 14,00 Mpa aos 7 dias. Já o traço de 10% apresentou uma resistência pouco superior a 6,00 Mpa aos 7 dias. Enquanto o traço de 15%, apresentou uma resistência de 4,00 Mpa aos 7 dias.

É possível observar também que o traço de referência apresentou uma resistência pouco superior a 12,00 Mpa aos 14 dias. Já o traço de 10% apresentou

uma resistência de 7,00 Mpa aos 14 dias. Enquanto o traço de 15%, apresentou uma resistência de 5,00 Mpa aos 14 dias.

No último caso, observa-se que o traço de referência apresentou uma resistência pouco superior a 18,00 Mpa aos 28 dias. Já o traço de 10% apresentou uma resistência pouco superior a 8,00 Mpa aos 28 dias. Enquanto o traço de 15%, apresentou uma resistência próxima a 6,00 Mpa aos 28 dias.

Spósito, Berto e Silva (2017) em seu estudo avaliaram a viabilidade do uso de resíduos de pneu em concreto estrutural. A partir dos resultados aos 28 dias, os autores observaram que houve queda na resistência à compressão axial, bem como na densidade do material.

Marques et al. (2019) procuraram realizar um estudo experimental com concretos submetidos a adição de resíduos de pneu. Foram realizados traços de 10% e 15% e a maior resistência observada foi de 25,98 Mpa, valor inferior ao que estabelece a ABNT (35 Mpa). Apesar de a resistência ser insuficiente para utilização do material, os autores apontaram a proximidade do resultado observado com o que é estabelecido em norma e atribuíram como fator de melhoria do desempenho o maior controle do processo de fabricação.

Enquanto isso, Fioriti, Ino e Akasaki (2010) buscaram avaliar a utilização do resíduo em blocos intertravados de concreto. Foram avaliados traços de 8%, 10%, 12% e 15%. Todos os traços apresentaram desempenho inferior ao traço de referência. No entanto, as resistências de todos os traços estiveram acima do que é estabelecido pelo ABNT (35 Mpa). Os autores concluem que os resultados foram satisfatórios e representam uma alternativa importante para o trabalho da sustentabilidade na construção civil.

Conforme pontuam Lauermann et al. (2018), a inserção da borracha em concretos reduz a resistência à compressão, o que impossibilita sua utilização em edifícios estruturais, por exemplo. No entanto, desde que haja resistência à abrasão, o concreto que utiliza o resíduo pneumático em sua composição pode ser aplicado em estruturas cujas quais há a aplicação de força abrasiva, tais como pisos, estruturas hidráulicas e rodovias.

De igual maneira, Rabelo (2017) avaliou a adição de resíduos pneumáticos em concretos. O autor utilizou traços de 4% e 8%. O autor concluiu que a substituição

pelo resíduo gerou redução na resistência à compressão axial. No entanto, os ensaios com os traços de 4% apresentaram resultados satisfatórios, dentro do que está estabelecido em norma.

Os concretos analisados nos ensaios desta pesquisa, conforme Figura 16, apresentaram resistência à compressão inferior a 20 Mpa, valor abaixo do que é estabelecido pelo ABNT NBR 8953/2015 para concretos estruturais, no entanto, nada impede que os percentuais sejam revistos e adaptados como menciona Rabelo (2017) em seus estudos de 4% que apresentaram resultados satisfatórios, e este aditivo pneumático seja aplicado em estruturas mais leves como enumeram Lauermann et al. (2018). Ressalta-se ainda as vantagens apresentadas por Marques et al. (2019) e pelos autores Fioriti, Ino e Akasaki (2010).

5.4 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

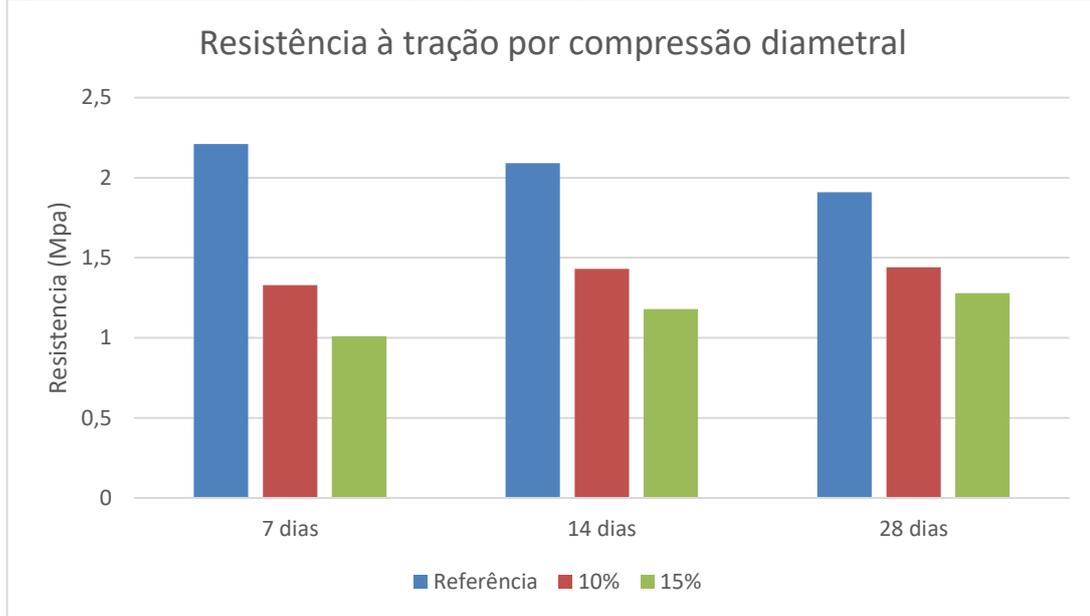
Neste ensaio foi possível encontrar os resultados da resistência dos corpos de prova quanto à resistência à tração por compressão diametral de acordo com a idade de cada um (7, 14 e 28 dias).

Destaca-se que não existe um valor pré-determinado para a resistência à tração por compressão de acordo com a ABNT NBR 7222/2011, tudo dependerá do diâmetro e comprimento dos corpos de prova e da força máxima obtida no ensaio.

Campos (2015), em sua pesquisa de resistência à compressão diametral afirma que a variedade dos ensaios realizados é confiável, devendo sempre considerar os fatores relacionados, quais sejam: água, cimento e idade, bem como os fatores de carregamento, pré e pós, onde seu resultado se atrelou a aproximadamente 95%.

A Figura 18 apresenta o gráfico da resistência dos corpos de prova quanto à resistência à tração por compressão diametral dos concretos com idades de 7, 14 e 28 dias.

Figura 18 – Resistência à tração por compressão diametral aos 7, 14 e 28 dias



Observa-se que o traço de referência apresentou uma resistência à tração diametral pouco superior a 2,00 Mpa aos 7 dias. O traço de 10% apresentou uma resistência de quase 1,50 Mpa aos 7 dias. Já o traço de 15%, apresentou uma resistência de 1,00 Mpa.

A resistência à tração do traço de referência aos 14 dias se apresentou pouco superior a 2,00 Mpa. Enquanto isso, a resistência do traço de 10% foi de quase 1,50 aos 14 dias. Já o traço de 15% apresentou uma resistência pouco superior a 1,00 Mpa aos 14 dias.

Observa-se que aos 28 dias a resistência à tração por compressão diametral do traço de referência foi de quase 2,00 Mpa. O traço de 10% apresentou resistência de quase 1,50 Mpa. Enquanto o traço de 15% apresentou resistência pouco superior a 1,00 Mpa.

Comparando os níveis de resistência, observa-se que tanto no teste de resistência à compressão axial, quanto no teste de resistência à tração por compressão diametral o traço de referência apresentou desempenho superior do que os que sofreram adição do resíduo de pneu.

Salienta-se que o traço de referência apresentou resistência superior aos traços de 10% e de 15% nos testes de resistência à compressão axial e de resistência à compressão diametral realizados aos 7, aos 14 e aos 28 dias.

Também é importante salientar que comparando o traço de 10% com o traço de 15%, observa-se que o traço de 10% apresentou resistências superiores em todos os testes. Sendo assim, determina-se que quanto maior a presença de resíduo pneumático na composição do concreto, menor será sua resistência à compressão.

Por fim, observa-se o estudo de Granzotto (2010), que buscou avaliar a adição de resíduos de borracha em pó na confecção de concretos. A pesquisa avaliou os traços de 5%, 10% e 15%. Os resultados da pesquisa foram satisfatórios, principalmente nos traços de 5% e 10% de adição. O autor salienta que essa incorporação se mostra como uma alternativa ecologicamente viável.

Um ponto interessante a se atentar referente a inserção do resíduo pneumático no concreto é uma maior dificuldade do mesmo de se despedaçar quando é rompido, o resíduo atua em meio ao material como se fosse uma “teia” evitando que as partes que foram danificadas sejam separadas do todo com mais facilidade como mostra a figura 19:

Figura 19 – Ação do material pneumático no interior do concreto



Fonte: Autoria própria (2021)

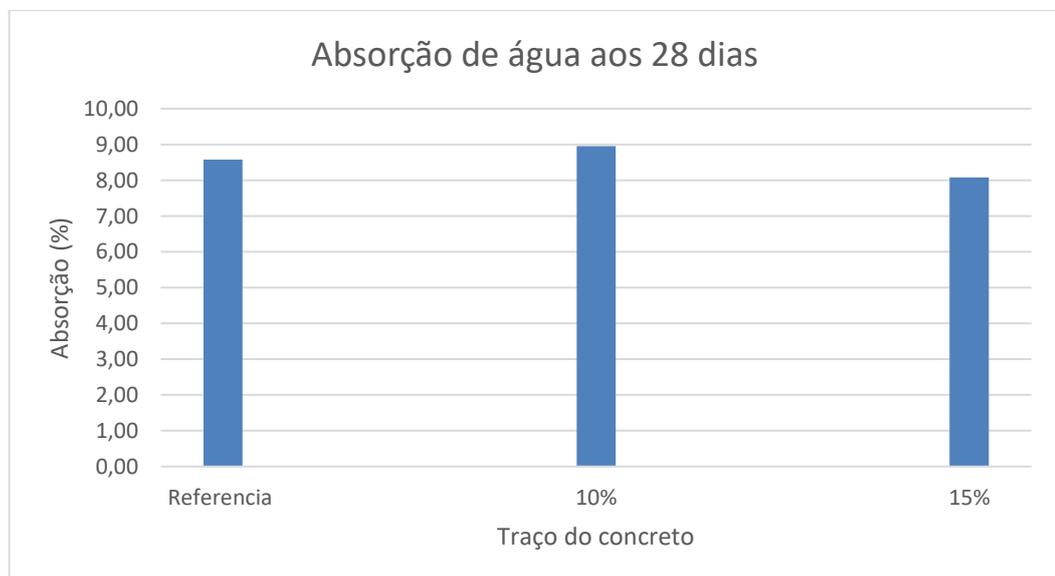
Através disso é possível observar com mais clareza os fragmentos de borracha atuando de forma a evitar que o material seja separado com facilidade, evitando que os destroços se separem.

5.5 ABSORÇÃO DE ÁGUA POR IMERSÃO

Com a execução desse ensaio foi possível a determinação da absorção de água por imersão em porcentagem. O ensaio foi executado de acordo com a NBR 9778:2005 versão corrigida 2:2009.

Conforme supracitado, o ensaio de absorção de água foi executado apenas com o concreto com idade de 28 dias. A Figura 20 apresenta o gráfico com os resultados obtidos nesse ensaio.

Figura 2017 – Absorção de água aos 28 dias



Fonte: Autoria própria (2021)

Observa-se que o traço de referência apresentou uma absorção de água de quase 9,00%, enquanto o traço de 10% apresentou absorção de 9,00% precisamente. Já o traço de 15% apresentou absorção de 8,00%. Compreende-se então que o traço de 10% foi o que mais apresentou porcentagem de absorção aos 28 dias do concreto.

CONCLUSÕES

Observou-se que o uso de resíduos de pneus na constituição do concreto mostra-se coerente com as perspectivas sustentáveis que precisam fazer parte da construção civil, tendo em vista os inúmeros resíduos que podem ser introduzidos de maneira satisfatória em obras e projetos.

Para a evidenciação da qualidade do concreto com adição de resíduo pneumático, foram realizados ensaios de resistência à compressão axial a tração por compressão diametral dos corpos de prova com traço de referência (ou seja, sem a presença de resíduo de pneu), traço com 10% e traço com 15% de resíduo pneumático.

Os resultados dos testes de resistência aos 7, 14 e 28 dias dos corpos de prova do traço de 10% e 15% indicam que o concreto constituído por resíduo pneumático não apresenta resultado satisfatório de resistência e qualidade, tendo em vista que em todos os ensaios o traço de referência apresentou resistência superior aos demais.

Dessa maneira, esse estudo conclui que o concreto de resíduo de pneu mostra-se desvantajoso em comparação com o concreto convencional, visto que as resistências foram diminuídas a partir da incorporação dos resíduos. Tal determinação é importante, pois um concreto com baixa resistência à compressão é tido como um material de baixo desempenho e qualidade, podendo até mesmo representar riscos à obra.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, José Eduardo de. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis**. 2006. 173 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ISMS-6ZNRER>. Acesso em: 26 ago. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2009b.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2009b.

_____. **NBR 7222**: Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 9781**: Peças de concreto para pavimentação — Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

_____. **NBR 16889**: Concreto — Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. História do pneu: quase 200 anos de tecnologia. **ANIP**: São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.anip.org.br/historia-e-fabricacao/>. Acesso em: 06 abr. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio. Lajes de Concreto Armado. **Bauru: Universidade Estadual de São Paulo**, 2015. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2021.

BRAVO, Rafael Segantini. **Análise de blocos de concreto com resíduo de borracha de pneu e metacaulim**. 2014. 75 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia. Ilha Solteira, 2014. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/124467>. Acesso em: 23 mar. 2021.

CAMPOS, Heloisa Fuganti. **Concreto de alta resistência utilizando pó de pedra como substituição parcial do Cimento Portland: Estudo experimental**. 2015.

152 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/38859>. Acesso em: 04 jul. 2021.

FILHO, Joao Gualberto Leite Figueirêdo. **Avaliação da trabalhabilidade de concretos contendo agregado reciclado de argamassa**. 2011. 89 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Feira de Santana, 2011. Disponível em: <http://tede2.uefs.br:8080/handle/tede/1076>. Acesso em: 04 jul. 2021.

FILHO, Julio Cesar de Paiva. **Análise da resistência à compressão e consistência de concreto produzido com brita calcária e aditivo plastificante**. 2017. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5067>. Acesso em: 25 ago. 2021.

FIORITI, Cesar Fabiano; INO, Akemi; AKASAKI, Jorge Luís. Análise experimental de blocos intertravados de concreto com adição de resíduos do processo de recauchutagem de pneus. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 32, n. 3, p. 237-244, 2010. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/6013>. Acesso em: 26 ago. 2021.

FLORIANI, Marco Antonio; FURLANETTO, Vinicius Cadore; SEHNEM, Simone. Descarte sustentável de pneus inservíveis. **Navus-Revista de Gestão e Tecnologia**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 37-51, 2016. Disponível em: <http://navus.sc.senac.br/index.php/navus/article/view/347>. Acesso em: 06 abr. 2021.

FUSCO, Péricles Brasiliense; ONISHI, Minoru. **Introdução à engenharia de estruturas de concreto**. 1 ed. São Paulo: Cengage, 2017.

GHENO, Simoni Maria et al. SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DO TESTE DE CONSISTÊNCIA DO CONCRETO SEGUNDO NORMA NBR–NM67. **SITEFA-Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho**, v. 2, n. 1, p. 377-390, 2019. Disponível em: <https://sitefa.fatecsertaozinho.edu.br/index.php/sitefa/article/view/70/65>. Acesso em: 25 ago. 2021.

GRANZOTTO, Laura. **Concreto com adições de borracha: uma alternativa ecologicamente viável**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/3554>. Acesso em: 25 ago. 2021.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de cimento Portland. **Isaia, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: IBRACON, v. 2, p. 905-944, 2007. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2021.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Relatório de Pesquisa. **IPEA**: Brasília, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7669>. Acesso em: 31 mar. 2021.

KAMIMURA, Eliane. **Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil**. 2002. 143 f. Dissertação (Especialização) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83493>. Acesso em: 06 abr. 2021.

KLEIN, Leander Luiz et al. Uso de Resíduos de Pneumáticos Inservíveis na Produção de Concreto Para Blocos: uma simulação computacional. **Sustainability in Debate/Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n. 1, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/download/15845/14144/26954>. Acesso em: 23 mar. 2021.

KURZ, Mônica Navarini et al. A potencialidade do uso de resíduo de borracha de pneu em argamassa: análise das propriedades físicas e mecânicas. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, 2018. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762018000300407&script=sci_arttext. Acesso em: 06 abr. 2021.

LAUERMANN, Ethier et al. Análise dos aspectos de viabilidade do uso de concreto com resíduos de borracha para passeios públicos em município do rio grande do sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 4, p. 113-133, 2018. Disponível em: http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/7264. Acesso em: 31 mar. 2021.

LEITE, Alex Macêdo. **Avaliação do uso da macrofibra polimérica na composição de concreto para fins estruturais**. 2018. 259 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-23042018-094235/en.php>. Acesso em: 08 abr. 2021.

MAPA DA OBRA. Traço da obra: o que é o conceito de mistura PACAAAA. Votorantim Cimentos. 2017. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/traco-de-concreto-o-que-e-o-conceito-de-mistura-pacaaaa/>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MARQUES, Maria Lidiane et al. Potencialidades do uso de resíduos de celulose (DREGS/GRITS) como agregado em argamassas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 423-431, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Everton_Silva12/publication/277927578_POTENCIALIDADES_DO_USO_DE_RESIDUOS_DE_CELULOSE_DREGSGRITS_COM_O_AGREGADO_EM_ARGAMASSAS/links/55ac3aac08aea3d08685eb92.pdf. Acesso em: 30 mar. 2021.

MARQUES, Samuel Guilherme Freire et al. Produção de concreto para piso intertravado com adição de resíduos de borracha de pneu inservível. **Brazilian**

Journal of Development, v. 5, n. 8, p. 11260-11275, 2019. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/2672/2677>. Acesso em: 26 ago. 2021.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto, microestrutura, propriedades e materiais**. 4 ed. São Paulo: Ibracon, 2014. 751 p.

MENDES, Marcos Vinicius; SILVA, André Carlos; BARBOSA, Diego Henrique. Substituição do agregado miúdo por magnetita na composição do concreto. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, 2014. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/2573/2471>. Acesso em: 08 abr. 2021.

MILAGRES, Eduardo Araújo et al. **Retração e secagem do concreto: estudo da retração do concreto e o aparecimento de patologias**. 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/34122>. Acesso em: 25 ago. 2021.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. Oficina de Textos, 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ebcWDAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=res%C3%ADduos+solidos+na+constru%C3%A7%C3%A3o+civil&ots=EVozYzUhtk4&sig=rVr6LUulvSijyhXK8A1Nd0sh1Ek>. Acesso em: 23 mar. 2021.

NEVILLE, A. M. **Tecnologia do concreto**. 2 ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2013.

OLIVEIRA, Fabiana. **O Concreto: sua origem, sua história**. 2016. 20 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2016. Disponível em: https://www.academia.edu/download/51155957/Concreto_Sua_origem_sua_historia.pdf. Acesso em: 04 jul. 2021.

ONGHERO, Lucas. **Combate à retração do concreto com promoção de cura interna**. 2013. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/115430>. Acesso em: 26 ago. 2021.

PINTO, Nayra Alberici et al. Avaliação de matriz de gesso com incorporação de borracha de pneus para utilização na construção civil. **Revista Tecnológica**, v. 25, n. 1, p. 103-117, 2016. Disponível em: <https://riunet.upv.es/handle/10251/81585>. Acesso em: 06 abr. 2021.

RABELO, Cláudio Rodrigues. **Análise de concreto com resíduo de pneu inservível**. 2017. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Unievangélica. Anápolis, 2017. Disponível em: <http://45.4.96.19/handle/ae/32>. Acesso em: 26 ago. 2021.

REBMANN, Markus Samuel. **Durabilidade de concretos estruturais com baixo consumo de cimento Portland e alta resistência**. 2011. 213 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011. Disponível em:

<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-10062011-150726/en.php>. Acesso em: 04 jul. 2021.

RECENA, Fernando Piazza. **Retração do concreto**. 1 ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2014. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=fekuBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA9&dq=Retra%C3%A7%C3%A3o&ots=LAvF6G287I&sig=oGAhCH-CAssF_cDXjf_zwV_yYHU. Acesso em: 04 jul. 2021.

ROCHA, Janaíde Cavalcante; CHERIAF, Malik. Aproveitamento de resíduos na construção. **Coleção Habitar: Utilização de Resíduos na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, v. 4, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/download/48380876/UTILIZACAO_DE_RESIDUOS_NA_CONSTRUCAO_HABITACIONAL.pdf#page=74. Acesso em: 06 abr. 2021.

ROMUALDO, A. C. A. et al. Pneus inservíveis como agregados na composição de concreto para calçadas de borracha. In: **3rd International Workshop Advances in Cleaner Production-Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World**. 2011. p. 18-20. Disponível em: http://www.advancesincleanerproduction.net/third/files/sessoes/6A/7/Romualdo_ACA%20-%20Paper%20-%206A7.pdf. Acesso em: 31 mar. 2021.

SATHLER, João Eduardo Versiani et al. Comparativo do concreto convencional com o concreto auto-adensável. **Revista Vozes dos Vales UFVJM**. V. 1, n. 12, p. 1-38, 2017. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/revistamultidisciplinar/files/2017/08/Stenio1108.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2021.

Serviço Social do Transporte e o Serviço Nacional de Aprendizagem do Trânsito. Cerca de 450 mil toneladas de pneus são descartados por ano no Brasil. **SEST/SENAT**: Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.sestsenat.org.br/imprensa/noticia/cerca-de-450-mil-toneladas-de-pneus-sao-descartados-por-ano-no-brasil>. Acesso em: 06 abr. 2021.

SILVA, Carlos Eduardo dos Santos et al. O uso da borracha enquanto um elemento que proporciona a sustentabilidade na construção civil. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, Maceió, v. 1, n. 1, p. 51-59, 2014. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/1237/757>. Acesso em: 06 abr. 2021.

SILVA, Welighda Christia da; SANTOS, Gilmar Oliveira; ARAÚJO, Weliton Eduardo Lima de. Resíduos Sólidos de Construção Civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286-301, 2017. Disponível em: http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/3790. Acesso em: 31 mar. 2021.

SILVA, Ana Claudia da et al. Influência da distribuição granulométrica do agregado na exsudação de água em concretos destinados a aplicação em pisos. **Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto**. Bento Gonçalves, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Abraham-Rohden->

[2/publication/321012526](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762019000200321&script=sci_arttext) Influencia da distribuicao granulometrica do agregado na exsudacao de agua em concretos destinados a aplicacao em pisos/links/5a07496b0f7e9b68229b365b/Influencia-da-distribuicao-granulometrica-do-agregado-na-exsudacao-de-agua-em-concretos-destinados-a-aplicacao-em-pisos.pdf. Acesso em: 25 ago. 2021.

SILVA, Luzilene Souza et al. Concreto com borracha de recauchutagem de pneu para uso em pavimentação de baixo tráfego. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-70762019000200321&script=sci_arttext. Acesso em: 31 mar. 2021.

SPÓSITO, Felipe de Almeida; BERTO, Ana Beatriz Farias Kuester; SILVA, Bruno do Vale. Análise da viabilidade técnica do uso do resíduo de borracha de pneus inservíveis incorporado no concreto. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 10, n. 20, 2017. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/File/1665/1652. Acesso em: 26 ago. 2021.

TEIXEIRA, Regiane Farias; ANDRADE, Paulo César de Resende; BONIFÁCIO, Elton Diêgo. Análise estatística da resistência a compressão do concreto. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 13, n. 1, p. 635-643, 2015. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5168593>. Acesso em: 25 ago. 2021.

TOILLIER, Helena Carolina. **Estudo do desempenho de aditivos de manutenção de trabalhabilidade no concreto**. 2017. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/2064>. Acesso em: 04 jul. 2021.



RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Matheus Henrique Barzzotto de Oliveira

CURSO: Engenharia Civil

DATA DE ANÁLISE: 09.09.2021

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: 4,23%

Percentual do texto com expressões localizadas na internet ⚠️

Suspeitas confirmadas: **2,33%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados ⚠️

Texto analisado: **91,35%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.7.1
quinta-feira, 9 de setembro de 2021 14:05

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho do discente **MATHEUS HENRIQUE BARZZOTTO DE OLIVEIRA**, n. de matrícula **28099**, do curso de Engenharia Civil, foi **APROVADO** na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 4,23%, devendo o aluno fazer as correções necessárias.

(assinado eletronicamente)
HERTA MARIA DE AÇUCENA DO N. SOEIRO
Bibliotecária CRB 1114/11
Biblioteca Júlio Bordignon
Faculdade de Educação e Meio Ambiente