



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Thauã Nabut Carvalho Flores

**REUTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE POSTES DE CONCRETO DE ENERGIA ELÉTRICA
EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO GRAÚDO NO CONCRETO ESTRUTURAL.**

Palmas – TO

2019

Thauã Nabut Carvalho Flores

REUTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE POSTES DE CONCRETO DE ENERGIA ELÉTRICA
EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO GRAÚDO NO CONCRETO ESTRUTURAL.

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Denis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2019

Thauã Nabut Carvalho Flores

REUTILIZAÇÃO DE REJEITOS DE POSTES DE CONCRETO DE ENERGIA ELÉTRICA
EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO GRAÚDO NO CONCRETO ESTRUTURAL.

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II do curso de bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Msc. Denis Cardoso Parente.

Aprovado em: 11 / 11 / 2019

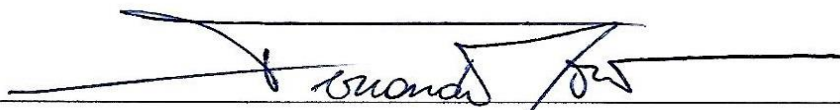
BANCA EXAMINADORA



Prof. Msc. Denis Cardoso Parente

Orientador

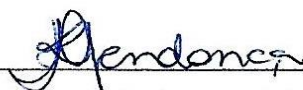
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Msc. Kenia Parente Mendonça.

Avaliador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus por me capacitar e me renovar a cada dia para realizar tal feito, posteriormente dedico aos meus pais, eternos guerreiros que estiveram ao meu lado, dando apoio e dicas sempre que possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela saúde, providência e presença constante. Aos meus pais pelo zelo, amor e carinho sempre postos a mim. Desde o primeiro dia da pré-escola até o término do ensino superior cuidando e se interessando sobre meus estudos.

À minha irmã Thayanne Nabut, sempre apoiadora.

À minha namorada Fernanda, sempre compreensiva e apoiadora.

Aos amigos que me ajudaram nos momentos difíceis dessa pesquisa Bruna Lira, Rafael Bielmayer, Carlos Adriano, Glauco Poyer, Pablo Teixeira e Lohane Albuquerque.

Meus agradecimentos ao Prof. Msc. Denis Cardoso Parente, pelo apoio e contribuição para realização deste trabalho.

Aos professores de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA por contribuírem na minha formação.

"Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar mais uma vez."

Thomas Edison

RESUMO

FLORES, Thauã Nabut flores. **Reutilização de rejeitos de postes de concreto de energia elétrica em substituição ao agregado graúdo no concreto estrutural**. 2019. 91 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas - TO.

O presente trabalho discute sobre a substituição parcial do agregado graúdo natural por Resíduo de postes de concreto de energia elétrica em seu estado graúdo no concreto, com intuito de avaliar suas características após a substituição. O uso de agregado graúdo reciclado no concreto tem se tornado, hoje em dia, um modelo bastante útil e eficaz no intuito de reforçar a qualidade essencial do concreto: a resistência. A utilização de RCC de postes de energia como agregado graúdo ao concreto é uma alternativa proposta para minimizar as limitações do material. Para tanto, foram feitos testes, através da confecção de corpos de prova, estes sendo dosado conforme dita o método ABCP/ACI com intuito de alcançar-se um f_{ck} de 25 MPa. Os corpos de prova foram testados quanto à resistência à compressão, tal como foram feitas análises visuais, dimensionais e testes de absorção de água nos CPS. O primeiro tratamento foi o do traço referência (TR), ou seja, aquele que não continha substituição do agregado graúdo. O restante dos tratamentos (outros quatro), foram fabricados com substituição de 15%, 30%, 45% e 60% do agregado graúdo em relação à massa da brita. Os corpos de prova foram moldados tendo em sua composição cimento, areia média, brita 01, água, tendo também nos segundos, terceiros, quartos e quintos testes a substituição do agregado graúdo natural por graúdo reciclado. Os testes realizados nos corpos de prova foram nos períodos de 3, 7, 14 e 28 dias após a sua fabricação. Absorção de água, inspeção visual e análise dimensional foram feitos somente aos 28 dias, já os testes de compressão foram feitos aos 3, 7, 14 e 28 dias, todos eles embasados na norma que regulamenta o concreto a ABNT NBR 5739:1994. Constatou-se que as análises visuais e dimensionais foram de acordo com o que rege a norma citada anteriormente. Quanto à absorção dos corpos de prova, concluiu-se que se teve resultados satisfatórios, todos atendendo a norma de absorção máxima que é de $4,2\% \leq a \leq 6,2$ para o concreto convencional não drenante. Já os testes de compressão nos corpos de prova foram variados. No geral, não sendo unanimidade, os CP'S ganharam resistência com a substituição do agregado graúdo por RCC em sua composição. Tem-se também que os CP'S com 60% de Substituição aos 28 dias de cura foram os que menos ganharam resistência, mesmo assim ultrapassaram a resistência mínima de 25 MPa, Concluiu-se então, que de acordo com as pesquisas e testes realizados, a substituição da brita natural por RCC nas dosagens de 15%, 30%, 45% e 60% são viáveis na fabricação de concreto estrutural de 25 MPa.

Palavras-chave: resíduos de postes, resistência à compressão, absorção de água, corpos de prova, concreto.

ASBTRACT

FLORES, Thauã Nabut flowers. **Reuse of tailings from electric power concrete poles to replace coarse aggregate in structural concrete.** 2019. 91 p. Final Paper of the Civil Engineering Course at the Lutheran Palmas University Center. Palmas - TO.

The present work discusses the partial replacement of the natural coarse aggregate by Waste concrete power poles in their coarse state in concrete, in order to evaluate their characteristics after replacement. The use of recycled coarse aggregate in concrete has become a very useful and effective model to reinforce the essential quality of concrete: strength. The use of RCC from power poles as coarse aggregate to concrete is a proposed alternative to minimize material limitations. For this, tests were made through the preparation of specimens, which were dosed according to the ABCP / ACI method in order to achieve a f_{ck} of 25 MPa. The specimens were tested for compressive strength, as were visual, dimensional analyzes and water absorption tests in the CPS. The first treatment was the reference trait (TR), that is, the one that did not contain substitution of the coarse aggregate. The remaining treatments (four others) were manufactured with substitution of 15%, 30%, 45% and 60% of the coarse aggregate in relation to the crushed stone mass. The specimens were molded having in their composition cement, medium sand, gravel 01, water, having also in the second, third, fourth and fifth tests the replacement of natural coarse aggregate with recycled coarse. The tests performed on the specimens were in the periods of 3, 7, 14 and 28 days after its manufacture. Water absorption, visual inspection and dimensional analysis were done only at 28 days, while the compression tests were done at 3, 7, 14 and 28 days, all based on the standard that regulates concrete to ABNT NBR 5739: 1994. It was found that the visual and dimensional analyzes were in accordance with the rules mentioned above. As for the absorption of the specimens, it was concluded that satisfactory results were obtained, all meeting the maximum absorption standard of $4.2\% \leq$ to ≤ 6.2 for conventional non-draining concrete. The compression tests on the specimens were varied. Overall, not being unanimous, CP'S gained resistance by replacing the coarse aggregate with RCC in its composition. It has also been found that the CP's with 60% Replacement at 28 days of cure were the least resistant, yet exceeded the minimum resistance of 25 MPa. Therefore, according to research and tests, the Replacement of natural gravel by RCC at dosages of 15%, 30%, 45% and 60 %% are feasible in the manufacture of 25 MPa structural concrete.

Key-words: post residues, compressive strength, water absorption, specimens, concrete.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Apresenta um poste de concreto destruído em um acidente.	11
Figura 2 - Apresenta postes de concreto descartados de forma incorreta	15
Figura 3 - Formas e angulosidades dos agregados.	17
Figura 4 – Processo de obtenção da areia.....	19
Figura 5 - Granulometria dos agregados - peneira mecânica.	19
Figura 6 – Gráfico de curva granulométrica dos agregados Miúdos.....	20
Figura 7 - Faixas granulométricas dos agregados graúdos.....	23
Figura 8 - Britador de mandíbula.	23
Figura 9 - Britador de impacto.	24
Figura 10 - Absorção de água do agregado graúdo reciclado de concreto.....	24
Figura 11 — Fluxograma das atividades que serão executadas	29
Figura 12 – Agregado miúdo sendo caracterizado	38
Figura 13 – Curva granulométrica agregado miúdo.....	40
Figura 14 – Curva granulométrica do agregado graúdo	42
Figura 15 – Teste da massa unitária do agregado graúdo.....	43
Figura 16 – Britador de mandíbula em funcionamento.....	45
Figura 17 – Resíduo de poste utilizado na pesquisa.....	45
Figura 18 – Curva granulométrica do resíduo de poste de energia elétrica.	47
Figura 19 – Slump test do concreto 60% de substituição.....	49
Figura 20 – Moldes preenchidos com concreto.....	51
Figura 21 – Cura dos traços de referência, 15% e 30%.....	52
Figura 22 – Análise dimensional	54
Figura 23 – Inspeção visual nos corpos de prova.....	55
Figura 24 – Gráfico absorção média geral.....	57
Figura 25 – Prensa EMIC	60
Figura 26: Gráfico geral de compressão.....	61
Figura 27 – Gráfico comparativo traço referência.....	63
Figura 28 – Gráfico traço referência.....	63
Figura 29 – Gráfico comparativo traço 15%	64
Figura 30 – Gráfico traço 15%	65

Figura 31 – Gráfico comparativo traço 30%	66
Figura 32 – Gráfico traço 30%	67
Figura 33 – Gráfico comparativo traço 45%	68
Figura 34 – Gráfico traço 45%	69
Figura 35 – Gráfico comparativo traço 60%	70
Figura 36 – Gráfico traço 60%	71

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Determinação do desvio padrão.....	33
Tabela 2 – Definição do abatimento.....	34
Tabela 3 – Volume de agregado graúdo por m ³ de concreto.....	36
Tabela 4 – Intervalo de classificação da Absorção com 72h.....	56

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 — Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (abertura nominal)	20
Quadro 2 — Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo	21
Quadro 3 — Limites da composição granulométrica do agregado graúdo	22
Quadro 4 — (conclusão).....	22
Quadro 5 – Número de unidades de corpos de prova do TCC	28
Quadro 6 – Estimativa da relação A/C em função da resistência do concreto.....	34
Quadro 7 - Requisitos aproximados de teores de água de amassamento e de ar em função do abatimento e do Ø máximo nominal do agregado, conforme ACI 211. 1-91.	35
Quadro 8 – Quadro geral de caracterização.....	37
Quadro 9 – Massa específica agregado miúdo	38
Quadro 10 – Granulometria agregado miúdo	39
Quadro 11 – Massa unitária agregado miúdo	40
Quadro 12 – Quadro Geral agregado miúdo	40
Quadro 13 – Massa específica agregado graúdo	41
Quadro 14 – Composição granulométrica brita.....	41
Quadro 15 – Massa unitária agregado graúdo	42
Quadro 16 – Quadro geral agregado graúdo	43
Quadro 17 – Início e fim de pega cimento	44
Quadro 18 – Granulometria RCC.....	46
Quadro 19 – Massa específica do RCC.....	46
Quadro 20 – Composição granulométrica do resíduo de poste de energia elétrica.....	47
Quadro 21 – Massa unitária do resíduo de poste de energia elétrica.	48
Quadro 22 – Dosagem do concreto	49
Quadro 23 – Abatimentos obtidos.....	50
Quadro 24 – Absorções gerais.....	56
Quadro 25 – Absorção traço referência.....	57
Quadro 26 – Absorção traço referencia 15%.....	58
Quadro 27 – Absorção traço referencia 30%.....	58
Quadro 28 – Absorção traço referencia 45%.....	59
Quadro 29 – Absorção traço referencia 60%.....	59

Quadro 17 – Quadro geral resistência à compressão.....	61
Quadro 31 – Compressão axial traço referência.....	62
Quadro 32 – Compressão axial traço com 15%	64
Quadro 33 – Compressão axial traço com 30%	65
Quadro 34 – Compressão axial traço com 45%	67
Quadro 35 – Compressão axial traço com 60%	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
NBR	Norma Brasileira
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
3R's	Reduzir, reutilizar e Reciclar
RCC	Resíduos de Construção Civil
NM	normativa
CP's	Corpo de Provas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ACI	American Concrete Institute
Fck	Feature Compression Know
Fcj	Resistencia a compressão do concreto
MPa	Mega Pascoal
Mm	Milímetro
Cm	Centímetro
G	Gramas
Kg	Quilograma
CR	Concreto Referência
TR	Traço Referência
Va	Volume absoluto de areia
C	Consumo de cimento
Cb	Consumo de brita
Cw	Consumo de água
Pc	Massa específica do cimento
Pb	Massa específica da brita
Pa	Massa específica da areia
Sd	Desvio Padrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.2 OBJETIVOS	9
1.2.1 OBJETIVO GERAL	9
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
1.3 JUSTIFICATIVA	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 RECICLAGENS DE RESIDUOS SOLIDOS	11
2.2 RECICLAGENS DE RESIDUOS SOLIDOS NO BRASIL E SUAS LEIS REGULAMENTADORAS	12
2.3 PORQUE USAR AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS DE POSTES.....	13
2.4 AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS E SUA INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO	15
2.4.1 FORMA E TEXTURA	16
2.4.2 RESISTÊNCIA MECÂNICA.....	17
2.4.3 POROSIDADE, PERMEABILIDADE E ABSORÇÃO.	17
2.4.4 MATERIAL PULVERULENTO	18
2.5 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS MIÚDOS.....	18
2.6 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS	21
2.6.1 FORMA DOS AGREGADOS.....	23
2.6.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA	24
2.7 ADITIVOS	25
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 APRESENTAÇÃO	27
3.2 OBJETO DE ESTUDO.....	27
3.3 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	29
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS	30
3.4.1 CIMENTO	30
3.4.2 AGREGADO MIÚDO	30
3.4.3 AGREGADO GRAÚDO	31
3.4.4 RESÍDUO DE POSTE DE CONCRETO.....	31

3.5	DOSAGEM DO CONCRETO	32
3.5.1	MÉTODO ABCP/ACI	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	37
4.1.1	AGREGADO MIÚDO	38
4.1.2	AGREGADO GRAÚDO.....	41
4.1.3	CIMENTO	43
4.1.4	RESÍDUO DE POSTE DE ENERGIA ELÉTRICA.....	44
4.2	DOSAGEM DO CONCRETO	49
4.2.1	PROPRIEDADES DO CONCRETO FRESCO.....	50
4.4	CRONOGRAMA DE AÇÕES	52
4.5	ESTUDO DIMENSIONAL	53
4.6	INSPEÇÃO VISUAL.	55
4.7	ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	55
4.7.1	ABSORÇÃO GERAL.....	56
4.7.2	ABSORÇÃO TRAÇO REFERÊNCIA	57
4.7.3	ABSORÇÃO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DE 15%	58
4.7.4	ABSORÇÃO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DE 30%	58
4.7.5	ABSORÇÃO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DE 45%	59
4.7.6	ABSORÇÃO TRAÇO COM SUBSTITUIÇÃO DE 60%	59
4.8	ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO	60
4.8.1	ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO REFERÊNCIA	62
4.8.2	ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO DE 15%.....	64
4.8.3	ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO DE 30%.....	65
4.8.4	ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO DE 45%.....	67
4.8.5	ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO DE 60%.....	69
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	72
	APÊNDICES	74
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil representa na atualidade um dos maiores consumidores de recursos naturais em todo o mundo (JOHN, 1999). Além disso, é a maior geradora de resíduos em massa e volume nos ambientes urbanos. A falta de políticas e diretrizes que se relacionam com estes resíduos culmina na disposição inadequada dos mesmos nos ambientes urbanos e naturais, acarretando impactos expressivos sobre o meio ambiente, tanto urbanos quanto rural (ANGULO 2002).

De acordo com a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA, 2012), a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta. No Brasil, o percentual gerado pela construção civil varia de 51 a 70%, da massa de resíduo sólido urbano (RSU). A limpeza deste material disposto inadequadamente nos ambientes urbanos gera aos municípios um alto custo, uma vez que não podem ser dispostos em aterros sanitários comuns (PINTO, 1999), sendo que esses recursos poderiam ser utilizados em benefício da sociedade tanto na infraestrutura urbana quanto na rural.

Segundo Hood (2006, p. 23) Deve-se levar em consideração que no ramo da construção civil a utilização de matérias primas para a confecção de uma obra, tem origem em grandes atividades de extração em jazidas sendo elas de areia ou agregados graúdos, na qual requer um cuidado ambiental uma vez que os impactos são notáveis e as retiradas descontroladas em longo prazo, implicando em escassez do material procurado, assim a utilização de um método renovável para se aprofundar além de se tornar sustentável podendo elevar a qualidade do seu empreendimento, pode-se relevar mais barato do que os métodos convencionais.

De acordo com dados fornecidos pela empresa concessionária de distribuição de energia elétrica no estado do Tocantins, ENERGISA, no ano de 2018 foram descartados somente em decorrência de acidentes de trânsito 406 postes de concreto armado, o que significa mais de uma queda por dia, tendo ainda mais de um poste derrubado em um mesmo acidente (ENERGISA, 2018).

Com a atual preocupação dos Países mundiais e das empresas com os 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), foram feitas diversas pesquisas com foco em diminuir o consumo exorbitante dos bens naturais não renováveis. Dentro deste contexto é que se insere a presente pesquisa, tentando diminuir consideravelmente o volume de resíduos oriundos da atividade de distribuição de energia elétrica e diminuir a exploração das jazidas minerais que

produzem material utilizado como agregado graúdo na construção civil.

Esta pesquisa visa o estudo da viabilidade da reutilização de rejeitos de postes de concreto de energia elétrica para a substituição do agregado graúdo no concreto estrutural, A fim de reduzir o custo do concreto e dar um foco sustentável ao descarte de postes de energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a possibilidade de utilização de resíduo de poste de energia elétrica na composição de concreto estrutural.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter agregado graúdo a partir de resíduo de postes de concreto de energia elétrica;
- Elaborar traços com percentuais de substituição de 15%, 30%, 45% e 60% a partir de um traço de referência.
- Avaliar as características do concreto tanto no estado fresco (Abatimento), como no estado endurecido (Absorção de água) e (Resistencia a compressão).

1.3 JUSTIFICATIVA

Analisando os 3R's (Reduzir, Reutilizar e Reciclar) vemos que a construção civil se porta como uma das maiores vilãs dessa filosofia de trabalho contribuindo para a exploração e contaminação dos meios naturais, contudo cada vez mais nações e empresas vêm tentando diminuir e minimizar os efeitos causados por tal exploração, com cada vez mais pesquisas e estudos.

O estudo da reutilização dos rejeitos de postes de concreto de energia elétrica para a substituição parcial do agregado graúdo visa ter como alternativa a possibilidade de elaborar um novo concreto estrutural, com isso dando um novo uso aos rejeitos de postes ajudando assim na diminuição desses que ocupam espaço nos depósitos de empresas de energia.

De acordo com dados fornecidos pela empresa concessionária de distribuição de energia elétrica no estado do Tocantins, ENERGISA, no ano de 2015 foram descartados 3940 postes de concreto armado (ENERGISA, 2016), justificando assim um olhar para o descarte desses postes.

Atualmente, em diversas cidades, existe o problema de descarte dos resíduos de postes de concreto, mais devido à falta de um sistema de reutilização eficiente esses ficam acumulados em depósitos sem nenhuma utilidade para a infraestrutura da cidade, por isso a importância de estudos e pesquisas para se efetuar um traço de concreto estrutural para a reciclagem dos postes trazendo benefício assim para a sociedade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RECICLAGENS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo De Sá (2016, p. 2) Dentro dos amplos tipos de resíduos sólidos que atingem o meio ambiente está situado também os resíduos provenientes dos postes de concreto armado de energia elétrica, visto que esses quando sofrem algum dano na sua estrutura não servem mais para a sua função, sendo assim por tanto esses descartados e substituídos por outros.

Dados recentes da ENERGISA revelam ainda que só no estado do Mato Grosso no ano de 2018 foram danificados somente por acidentes de trânsito 668 postes de concreto, Esses dados ainda revelam que o prejuízo financeiro que foi causado por esses acidentes somente com a substituição desses postes foi de mais 3 milhões de reais, tendo em vista que cada poste custa em torno de 5 mil reais cada, por tanto daí vem à importância dos estudos para a reutilização destes postes que são danificados, fazendo a substituição do agregado graúdo natural parcialmente por agregado reciclado em um novo concreto estrutural. (NETO, 2018 , p. 1)

Figura 1 - Apresenta um poste de concreto destruído em um acidente.



Fonte: (G1.globo.com 2018, p. 1)

Ainda de acordo com a Energisa somente do dia 27 de setembro a 25 de outubro de 2019, mais de 100 postes foram derrubados no Tocantins somente em decorrência dos

ventos fortes comuns nesse período chuvoso, só no dia 25 de outubro caíram 16 postes em 5 cidades diferentes do estado. (MACHADO, 2019)

2.2 RECICLAGENS DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL E SUAS LEIS REGULAMENTADORAS

Conforme De Sá (2016, p. 2) “No Brasil, a reutilização de resíduos de construção é um feito relativamente novo quando comparada a países europeus. O primeiro trabalho realizado no país foi realizado por pinto em 1986, intensificando-se a partir daí pelas universidades nacionais.” (PADOVAN, 2013)

O governo brasileiro somente reconheceu a gravidade dos problemas dos resíduos sólidos urbanos em 2010, quando estabeleceu um marco na gestão de resíduos sólidos no país, entrou em vigor a política nacional de resíduos sólidos (PNRS), que estabelece responsabilidade aos agentes públicos e privados pela destinação e reaproveitamento dos resíduos urbanos por eles gerados, promovendo obrigações de práticas de ações sustentáveis. (DE SÁ, 2016, p. 2)

Segundo Heber e Silva (2014):

A Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), apresenta diferentes problemas para sua efetiva aplicação, entre os quais se destacam a baixa disponibilidade orçamentária e a fraca capacidade institucional e de gerenciamento de muitos municípios brasileiros, especialmente os de pequeno porte. Para enfrentar esses desafios, essa lei estabelece diretrizes de gestão compartilhada, como a formação de consórcios intermunicipais de gerenciamento dos resíduos sólidos. Além disso, a PNRS define a proteção da saúde humana e a sustentabilidade como princípios norteadores de todas as ações de governo nesse âmbito identificando metas para a erradicação de lixões e impulsionando soluções ambientalmente adequadas para disposição final de RSU (Brasil, 2010).

A resolução Conama 307/2002 e a Resolução nº 348, de 5 de julho de 2002, (CONAMA, 2002, p. 571) classifica os resíduos em quatro categorias que são:

- I. Classe A – são resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados para a própria construção civil, tais como: (CONAMA, 2002, p. 571)
 - a) de construção, demolição, reforma e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, incluindo solos do processo de terraplenagem;
 - b) de construção, demolição, reforma e reparos de edificações;
 - c) do processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto, produzido dentro ou fora do canteiro de obra.

II. Classe B – são os resíduos recicláveis mais que têm outro destino, o que não a obra em que se encontram: plástico, papel, metal, vidro, madeira entre outros. (CONAMA, 2002, p. 571)

III. Classe C – resíduos que por precisarem de um processo de reciclagem ou recuperação mais específico, por ainda apresentar aplicações economicamente viáveis, tais como: gesso e seus derivados. (CONAMA, 2002, p. 571)

IV. Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, são eles: tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolição, reforma e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (CONAMA, 2002, p. 571)

Já a Classificação dos resíduos sólidos segundo a ABNT NBR 10.004:2004 segue o critério de riscos potenciais ao meio ambiente em três níveis: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 3)

Resíduos Classe I - resíduos perigosos com uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, toxicidade, reatividade e que representam risco à saúde pública e ao meio ambiente como por exemplo: baterias, produtos químicos, lâmpadas fluorescentes.

Resíduos Classe II – São os resíduos não inertes (inclusive os biodegradáveis, solúveis como lixo orgânico e papel).

Resíduos Classe III – São os resíduos inertes como por exemplo: tijolos, materiais de concreto, vidros, plásticos, compósitos de borrachas, embalagens plásticas e etc, ou seja, são produtos que não se decompõem a curto prazo.

Mesmo com programas de soluções de disposição final de resíduos, todo esse problema ambiental que é ocasionado pelas escórias sólidas é de complicada resposta, visto que 82% das cidades do Brasil não contém um programa de coleta que antevê a separação sustentável dos resíduos na fonte (RIBEIRO, 2012 *apud* LODI *et al.* 2014).

2.3 PORQUE USAR AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS DE POSTES

Conforme Ortiz (2010 *apud* DE SÁ, 2016, p. 3): Na união europeia 75% dos RCC derivados de construção nova, recuperação e demolição de edifícios, obras públicas e demais estruturas, são descartados em aterros. O país com maior percentual de reciclagem é a Dinamarca com cerca de 90%, graças a uma política do governo que estabeleceu elevados

impostos aos descartes de escórias que não são reciclados com a obrigatoriedade de separação seletiva na origem. A união Europeia está focada para atingir o maior nível possível de reciclagem além de estimular a indústria da construção civil a utilizar produtos reciclados de RCC. (MÁLIA, DE BRITO e BRAVO, 2011, p. 118)

As técnicas de reaproveitamento de resíduos no Brasil estão apenas começando e se concentram basicamente nas regiões sul e sudeste. Na região norte e em especial na cidade de Palmas Tocantins, estudos para o reaproveitamento de resíduos de concreto com aplicabilidade em concreto estrutural são praticamente inexistente, e, considerando a quantidade de empreendimentos em desenvolvimento na cidade, e certamente significativa quantidade de resíduos que são produzidos dentre eles os de concreto. (DE SÁ, 2016, p. 3)

Para Hood (2006, p. 48), A escassez de pesquisas científicas neste tipo de resíduos é justificada pelo seu baixo grau de disseminação em várias regiões do país. Isto é explicado pela falta de conhecimento técnico sobre o assunto, desde a fabricação em centrais de produção, até o desenvolvimento das potencialidades atribuídas à utilização dos concretos reciclados.

Hansen (1992 apud DE SÁ, 2016, p. 4) “em testes realizados com a substituição de agregado natural por reciclado alcançou grandes resultados e que se pode considerar que o concreto quando submetido a forças de compressão apresentam uma melhoria da resistência em até 33%”.

Sokolovicz (2013, p. 24) “afirma que o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, sendo superado somente pela água, estimando um consumo da ordem de 5,5 bilhões de toneladas/ano”.

Angulo (2000, p. 57) “em um trabalho de pesquisa de campo na qual a argamassa com produtos reciclados foi testada nas obras em meio a opiniões dos pedreiros, que avaliaram de forma positiva o material no qual as argamassas recicladas apresentando uma agradável aceitação”.

A Construção Civil sozinha foi responsável por 4,5% do PIB do Brasil em 2013, isso significa dizer que gerou também uma parcela muito grande da degradação do meio ambiente visto que para se construir houve a necessidade da exploração de jazidas de recursos naturais não renováveis. (DE SÁ, 2016, p. 6)

Quando se olha para o futuro nota-se que a de chegar a hora em que não haverá mais recursos naturais para provir à construção civil, nessa hora os processos construtivos terão de ser revistos, quando mensuramos as perdas que se tem na construção civil vemos que

material não falta para a construção, o que falta é a capacidade de transformar algo que não está servindo para nada em algo que sirva para construir.

Figura 2 - Apresenta postes de concreto descartados de forma incorreta



Fonte <http://apuama.org> (2017)

2.4 AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS E SUA INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES DO CONCRETO

Segundo Souza (2010, p. 41) “ são agregado, os materiais granulares, sem forma e volume definidos, inerte na sua maioria cujas dimensões e propriedades se adequam para uso em obras de engenharia, e se classificam quanto à sua origem em naturais, artificiais e industrializados e os define como”.

Agregados naturais – São aqueles que se encontram depositados em jazidas nas condições de emprego imediato, como, por exemplo, as areias e os seixos obtidos dos leitos dos rios;

Agregados artificiais – aqueles em que ocorrem alterações da maneira como se encontram depositados, sem que, no entanto, se verifique qualquer alteração da composição mineralógica das matérias-primas. São exemplos de agregados artificiais, a pedra britada e a argila expandida;

Agregados industrializados – aqueles que passam a condição de agregado após intervenções que provocam a alteração da composição mineralógica das matérias-primas, como, por exemplo, a escória de alto-forno.

Conforme Buttler (2003, p. 27) em sua Dissertação de Mestrado: Os resíduos de concreto incluem rejeitos de demolição de estruturas de concreto, resíduos de usinas de concreto pré-misturado, fábricas de elementos pré-moldados e de pavimentos de concretos e blocos, que após processo de britagem fornece o agregado reciclado de concreto, composto por agregado natural (seixo, granito) e argamassa aderida em sua superfície.

A NBR 9935:2011, “define o agregado reciclado de concreto como aquele material obtido pelo beneficiamento de resíduos pertencentes à classe A composto na sua fração gráuda, no mínimo 90% em massa de fragmentos à base de cimento Portland e rochas”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

Para a composição dos concretos, Mehta e Monteiro (2008, p. 674) consideraram como características relevantes dos agregados: A porosidade, distribuição granulométrica, absorção de água, forma e textura superficial, resistência à compressão, módulo de elasticidade, além da presença de substâncias insalubre, ou seja, as que estão presentes como constituintes minoritários tanto nos agregados gráudos como nos agregados miúdos, mas não são capazes de prejudicar a trabalhabilidade, a pega e endurecimento e as características de durabilidade do concreto.

2.4.1 FORMA E TEXTURA

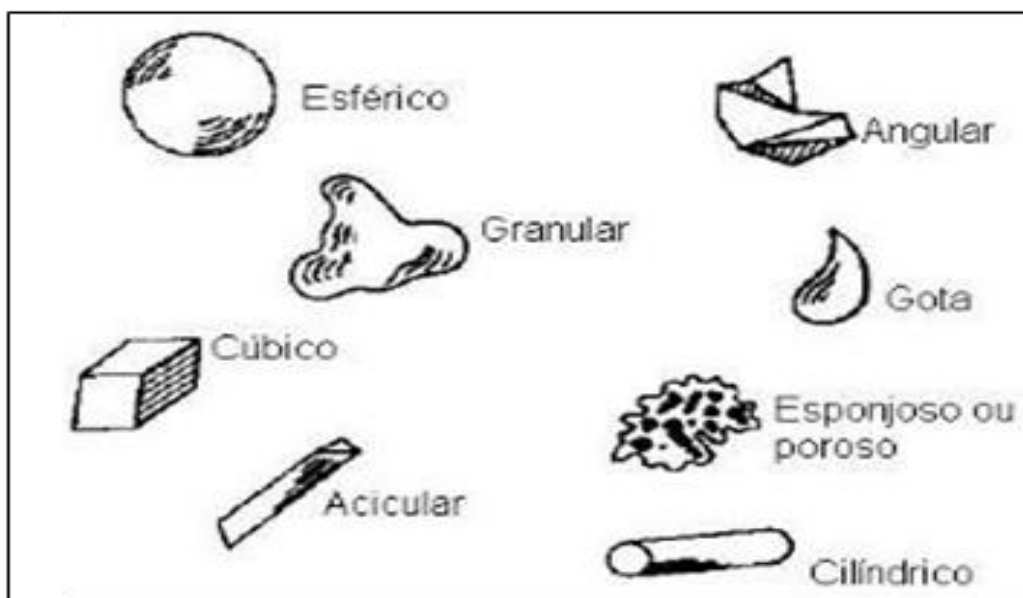
Outra característica que precisa ser observada é a textura superficial dos grãos por influenciar na aderência do agregado à pasta de cimento, pois uma textura mais áspera resulta em maiores forças de aderência entre as partículas e a matriz de cimento, o que conduz a uma maior resistência mecânica, principalmente à flexão. (NEVILLE, 2005)

De acordo com o livro de MEHTA e MONTEIRO (1994, p. 72): A forma e a textura dos agregados influenciam mais as propriedades no concreto fresco do que no endurecido; comparada as partículas lisas e arredondadas, as partículas de textura áspera, angulosas e alongadas requerem mais pasta de cimento para produzir misturas trabalháveis e, portanto, aumentam o custo do concreto.

De acordo com Bauer (2011) *apud* Azevedo *et al.* (2017), os agregados têm uma função primordial no concreto e contribuem em cerca de 80% do peso total do artefato e 20% do custo final do concreto estrutural, sem adicionar aditivos e um *fck* de 15Mpa. Os

agregados têm bastantes diferenças em lotes, podem ser de dimensões, de resistência, de textura, fazendo assim com que eles sejam constantemente estudados e testados, seja antes da obra seja durante ela.

Figura 3 - Formas e angulosidades dos agregados.



Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 1994).

2.4.2 RESISTÊNCIA MECÂNICA

Nunes (2005, p. 8) em seus estudos afirma que: A resistência mecânica do agregado geralmente não é um fator determinante da resistência do concreto convencional, isto porque, os agregados são bem mais resistentes que a matriz e a zona de transição do concreto, exceto os concretos leves e de alta resistência. Porém devem apresentar resistência significativamente maior que a pretendida para o concreto, porque as tensões na interface das partículas podem ser muito maiores que a tensão nominal aplicada.

2.4.3 Porosidade, Permeabilidade e Absorção.

De acordo com DE SÁ (2016, p. 15): São propriedades dos agregados que influenciam no desempenho do concreto, interferem na aderência entre o agregado e pasta de cimento. A porosidade de um concreto é influenciada pelas características da matriz de argamassa, que possui vazios capilares que podem ou não estarem conectados, existindo uma relação inversa entre porosidade e resistência.

Ainda conforme DE SÁ (2016, p. 15): como o agregado gráudo apresenta bastantes vazios permeáveis, a possibilidade de absorção de parcela de água necessária às reações

químicas que ocorrem na mistura é absorvida, produzindo alterações no fator água cimento. Para minimizar os efeitos negativos dessa absorção é necessário que se proceda a um pré-umedecimento fazendo o agregado atingir a condição de saturado, pois a absorção de água da mistura pelos agregados conduz a um aumento da consistência do concreto fresco, podendo comprometer a trabalhabilidade.

2.4.4 Material Pulverulento

Devemos levar em consideração ainda alguns cuidados com relação à contaminação dos agregados por materiais que podem ser nocivos e aderido ao concreto, pois a hidratação do cimento e facilmente afetada por impurezas existentes nos agregados, sendo que os materiais orgânicos são os mais prejudiciais, principalmente se estes forem em decorrência da decomposição de materiais vegetais. (SOUZA, 2010)

Temos por tanto que ter um controle tecnológico muito grande dos agregados tanto do gráudo quanto do miúdo para que as impurezas presente não afetem suas características, por tanto dai vem à importância de se fazer a caracterização dos agregados através dos ensaios pertinentes a cada tipo de agregado, para fazer tais ensaios temos que seguir as normas vigentes na ABNT NBR 7211 de 2005.

2.5 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS MIÚDOS

Por tanto a NBR 7211:2005 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005) estabelece zonas granulométricas para os agregados, mas considera a possibilidade de utilização de outros agregados que estejam fora dos estabelecidos na Norma, mas com a realização de estudos preliminares de dosagens.

Para a caracterização do agregado miúdo e também do gráudo e feito o uso do conjunto de peneiras das séries normal e intermediária que vai desde a malha de 150 μm ate a malha de 75 mm, o peneiramento pode ser feito tanto manualmente quanto por peneira mecanizada.

Em sua pesquisa, Azevedo (2017) concluiu:

[...] os agregados miúdos possuem grande variedade de características que influenciam e muito na qualidade do concreto produzido. Logo, quando não são conhecidas tais características, o risco de problemas em estruturas concretadas é grande, podendo a médio e longo prazo, provocar a deterioração precoce ou a ruína da estrutura. Portanto, recomenda-se que os agregados miúdos sejam submetidos aos ensaios, para obtenção de suas propriedades, para que sejam tomadas as medidas cabíveis para a confecção do concreto a ser utilizado. Porém, não basta apenas o controle tecnológico do agregado miúdo, recomenda-se ainda que todos os materiais usados no traço tenham o mesmo rigor no seu controle, bem como na confecção do concreto.

Figura 4 – Processo de obtenção da areia



Fonte: Bauer (2000) adaptada pelo autor (2019).

Figura 5 - Granulometria dos agregados - peneira mecânica.



Fonte: Autor (2019)

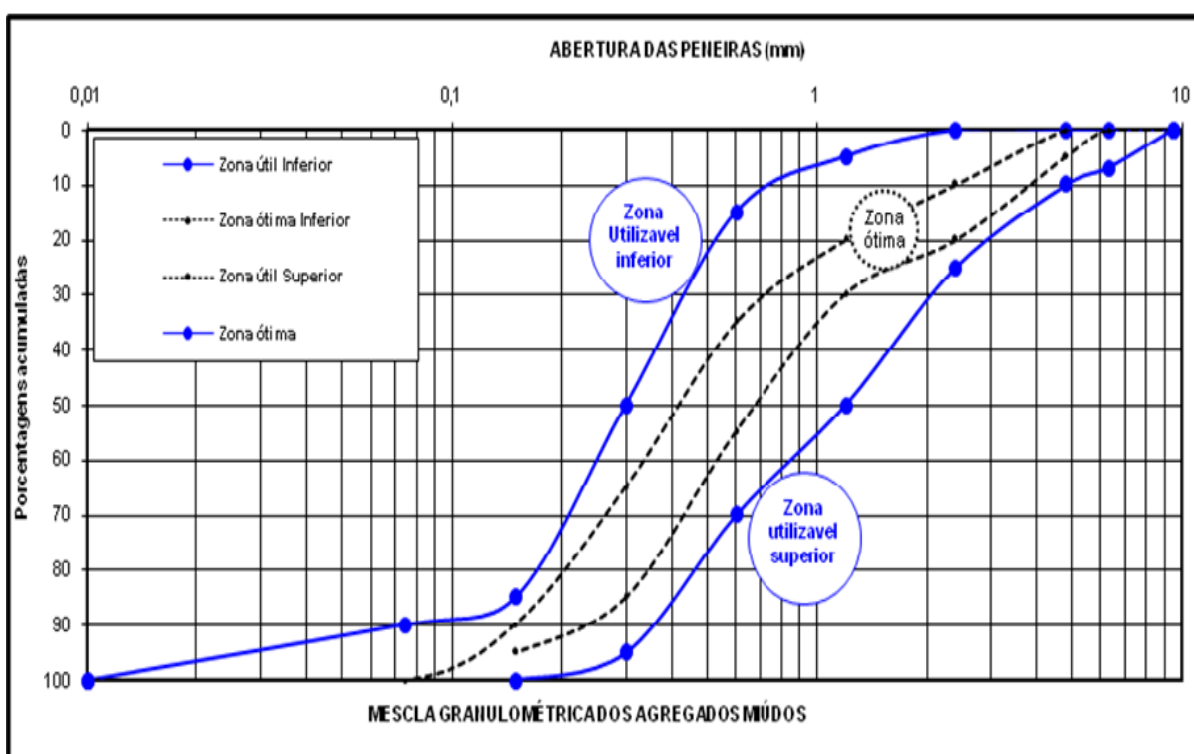
Segundo os ensaios realizados de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1, os agregados miúdos quanto a sua granulometria são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 μ m. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 3)

Quadro 1 — Conjunto de peneiras das séries normal e intermediária (abertura nominal)

Série normal	Série intermediária
75 mm	63 mm
37,5 mm	50 mm
19 mm	31,5 mm
9,5 mm	25 mm
4,75 mm	12,5 mm
2,36 mm	6,3 mm
1,18 mm	
600 μm	
300 μm	
150 μm	

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

Figura 6 – Gráfico de curva granulométrica dos agregados Miúdos.



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993)

Quadro 2 — Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada.			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS

- 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
- 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
- 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

De acordo com os dados da tabela da ABNT NBR 7211:2005, vamos estabelecer a granulometria do agregado miúdo que utilizaremos no traço do concreto estrutural para 15%, 30%, 45% e 60% de Substituição de agregado graúdo por resíduos de postes de concreto, lembrando e claro de fazer os ensaios de caracterização do agregado miúdo através dos ensaios pertinentes.

2.6 GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS

De acordo com a norma ABNT NBR 7211:2005, agregado graúdo é o agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm Para haver aceitação de lote, o agregado tem que ser aprovado em alguns requisitos impostos por norma anterior, tal como as ABNT NBR NM 27 e ABNT NBR NM 26. A seguir serão demonstrados os requisitos necessários para aprovação de lote:

- Quanto à forma dos grãos: O índice de forma dos grãos do agregado não deve ser superior a 3, quando determinado de acordo com a ABNT NBR NM 7809
- Quanto ao desgaste: Segundo a ABNT NBR NM 51, o índice de desgaste por abrasão deve ser inferior à 50% em massa do material (ABNT NBR 7211:2005).

- Quanto à distribuição granulométrica: Têm que haver o peneiramento dos agregados e baseados na quantidade de material, tem-se uma porcentagem de divisão de peneiras de acordo com a ABNT NBR NM 248. Certa quantidade deve ficar retida em diferentes peneiras, os agregados não podem ser totalmente uniformes.

Quadro 3 — Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada.				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25 ²⁾	87 – 100	-
19 mm	-	2 – 15 ²⁾	65 ²⁾ – 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

Quadro 4 — (conclusão)

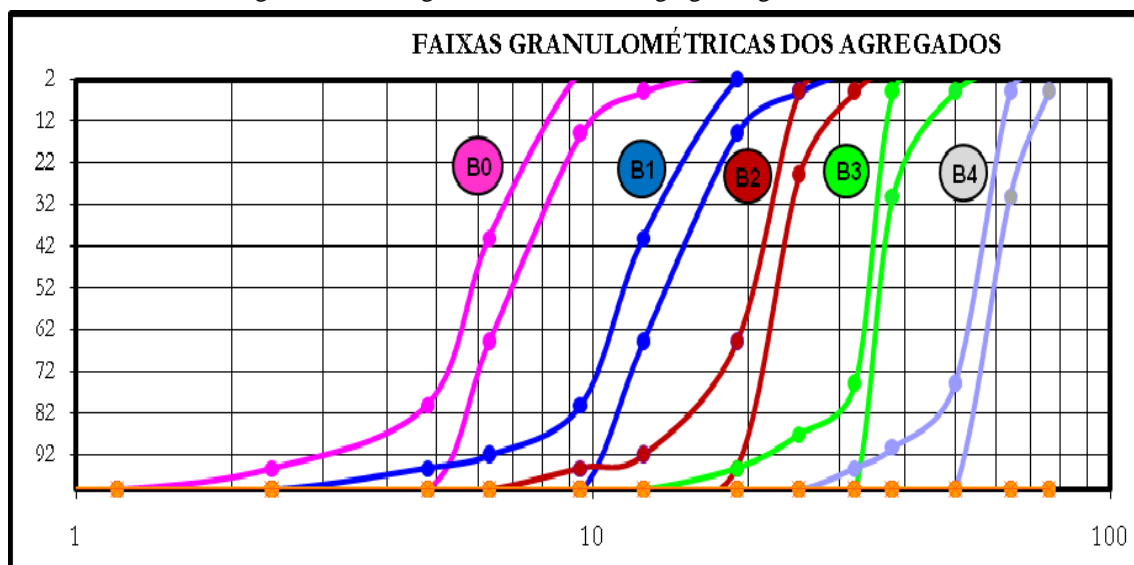
Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada.				
	Zona granulométrica $d/D^{1)}$				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
9,5 mm	2 – 15 ²⁾	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-
6,3 mm	40 ²⁾ – 65 ²⁾	92 – 100	-	-	-
4,75 mm	80 ²⁾ – 100	95 – 100	-	-	-
2,36 mm	95 – 100	-	-	-	-

¹⁾ Zona granulométrica correspondente à menor (d) e à maior (D) dimensões do agregado graúdo.

²⁾ Em cada zona granulométrica deve ser aceita uma variação de no máximo cinco unidades percentuais em apenas um dos limites marcados com 2). Essa variação pode também estar distribuída em vários desses limites.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005)

Figura 7 - Faixas granulométricas dos agregados graúdos.



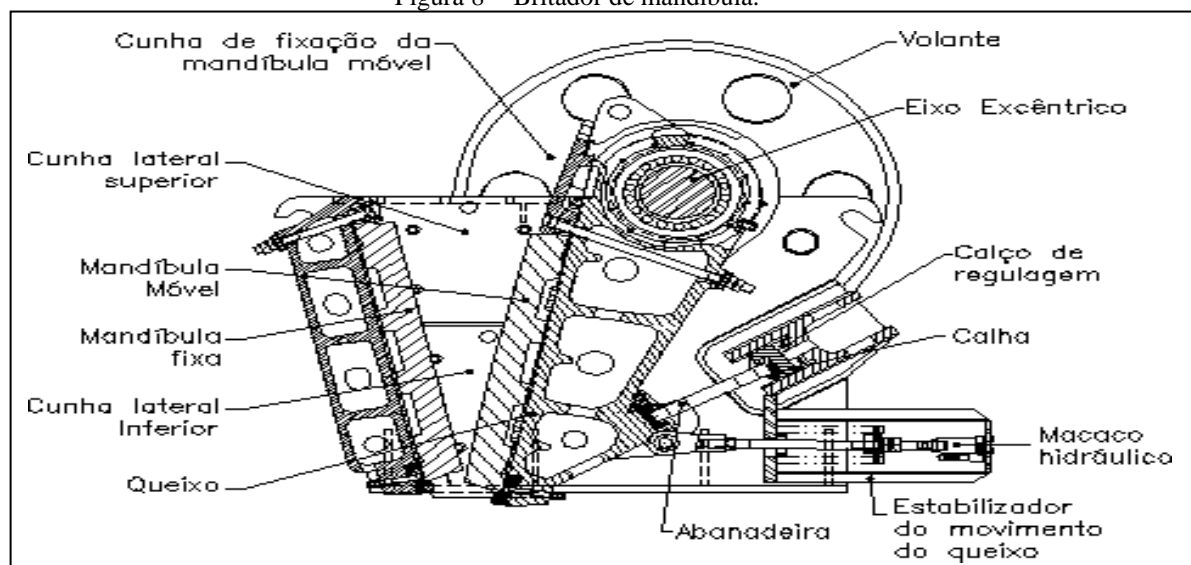
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993)

2.6.1 FORMA DOS AGREGADOS.

Tseng (2010, p. 21) “realizou um estudo comparativo entre agregados produzidos através de dois britadores (mandíbulas e de impacto) e concluiu que para o índice de forma não existe diferença acentuada nos grãos obtidos a partir desses dois britadores”.

Fonseca (2002 apud DE SÁ, 2016) assegura que o contorno final dos agregados pode ser anguloso ou lamelar a depender do material que está presente nos resíduos de concreto (RCC), sendo importante também que o tipo de equipamento utilizado na britagem acarretara no aumento de sua superfície específica sugerindo uma maior quantidade de argamassa a ser aderida.

Figura 8 - Britador de mandíbula.



Fonte: (TSENG, 2010)

Figura 9 - Britador de impacto.

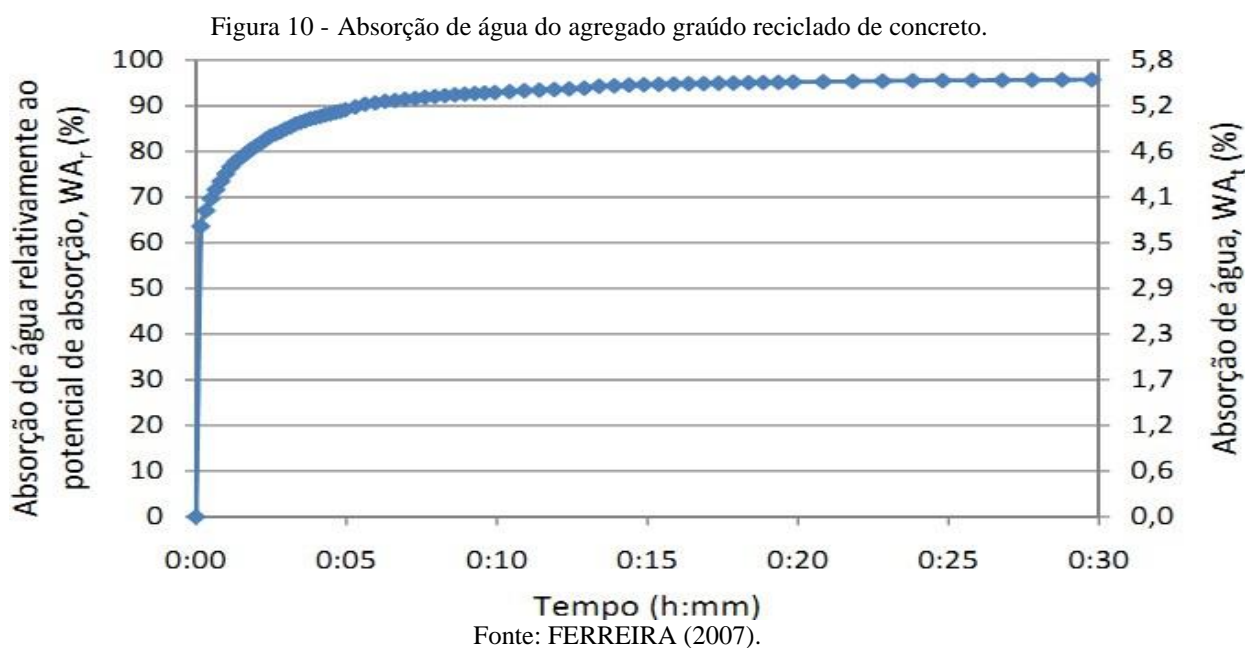


Fonte: (TSENG, 2010)

2.6.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA

Oliveira e Vazquez (1996 apud DE SÁ, 2016) encontraram taxa de absorção de água de 7,6% para agregados de graduação de 5-10 mm e 7,7% para agregados de graduação de 10-20 mm.

Ferreira (2007 apud DE SÁ, 2016) ao analisar a velocidade da absorção de água ao longo do tempo, percebeu que os agregados reciclados de concreto absorvem, nos primeiros cinco minutos, cerca de 90% da sua capacidade total de absorção, tornando-se pouco significativa nos minutos seguintes à velocidade de absorção (Figura 9).



O controle de qualidade dos agregados de RCC para uso no concreto deve ser rigoroso, devendo apresentar teor baixo de contaminantes ($< 1\%$), baixa absorção de água ($< 7\%$) e teores controlados de finos ($< 10\%$) (RILEM RECOMMENDATION, 1994; ABNT NBR 15116:2004; DIN 4226-100:2002). Para o atendimento dessas exigências, enfatizam-se a necessidade de controle de qualidade e emprego de tecnologias de processamento mais avançadas, buscando a obtenção de agregados de RCC de melhor qualidade.

2.7 ADITIVOS

De acordo com Freitas (2013), aditivos são produtos que quando empregados no concreto ou argamassa de cimento, modificam propriedades específicas das mesmas, seja ele no estado fresco ou endurecido. Em países de primeiro mundo, de 70 á 80% dos concretos contêm algum tipo de aditivo. Ainda de acordo com o autor, os aditivos têm como principais funções:

- Aumentar a trabalhabilidade ou plasticidade do concreto;
- Reduzir o consumo de cimento, interferindo diretamente no custo final do concreto;
- Alterar o prazo de pega, acelerando-a ou retardando-a;
- Reduzir a retração;
- Aumentar a durabilidade

Este último tópico contém quatro maneiras diferentes de atuação do aditivo no concreto. O aditivo pode aumentar a durabilidade inibindo a corrosão das armaduras ou neutralizando as reações álcali-agregado, reduzindo o efeito do ataque por sulfatos ou até diminuindo a permeabilidade. (FREITAS, 2013).

Segundo a ABNT NBR 11768:2011 os aditivos são produtos que são adicionados no processo de fabricação do concreto, em quantidades menores que 5% da massa do material cimentício contida no concreto, e tem como característica e função modificar algumas funções do concreto.

Contudo, de acordo com a concentração de aditivo no concreto a efetividade do aditivo imposto no artefato pode variar. O que também pode fazer modificar a efetividade é o tipo de material cimentício ali usado, a temperatura do local a produção da peça, os materiais que estão incluídos no concreto além dos aditivos e energia necessária para mistura. Portanto são vários fatores atuando na efetividade do aditivo. (INSTITUTO BRASILEIRO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, 2014).

A norma ABNT NBR 11768:2011 classifica os aditivos como:

- Alta redução de água/superplastificante;
- Acelerador de pega;
- Redutor de água/plastificante;
- Incorporador de ar;
- Retardador de pega;
- Acelerador de resistência;
- Hiperplastificantes;
- Polifuncional/multifuncional;

3 METODOLOGIA

3.1 APRESENTAÇÃO

Essa pesquisa possui caráter qualitativo e quantitativo e foi feita visando estudar a utilização de resíduos de postes de concreto de energia elétrica em substituição parcial do agregado graúdo, A pesquisa foi elaborada com controle da britagem dos resíduos, visando a elaboração de um concreto de alta resistência, Os resíduos foram provenientes de postes de concretos de energia elétrica cedidos pela SEINF (Secretaria Municipal de Infraestrutura) de Palmas Tocantins.

Cada vez mais vemos a pratica de reuso de resíduos no Brasil, isso dar-se pela a atual discussão e difusão de políticas socioambientais praticadas por diversos países mundo a fora, nesse sentido e que se enquadra esta pesquisa experimental de substituição de agregado graúdo por agregado reciclado de postes de concreto.

Além disso, o uso de resíduos no concreto tem se mostrado cada vez mais imprescindível, pois além do material possuir um custo praticamente nulo ainda é feito um reaproveitamento de materiais que possivelmente iriam continuar poluindo o meio ambiente ou indo para aterros sanitários.

A pesquisa foi no seu total elaborado no complexo laboratorial do Ceulp-Ulbra em Palmas Tocantins, sempre em acordo com as normas pertinentes a esse estudo.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

Para conseguir atingir o objetivo geral e os objetivos específicos desse trabalho, foram necessários os desenvolvimentos de programas experimentais que auxiliem na avaliação das características físicas e mecânicas do concreto de alta resistência com substituição parcial do agregado graúdo natural pelo agregado graúdo reciclado de postes de energia. O resíduo foi coletado logo após a quebra manual com marreta sendo isso efetuado o mais rápido possível com objetivo de se obter um RCC com o mínimo de interferência possível de outros materiais que possam acabar prejudicando a amostragem. O programa foi dividido em quatro partes essenciais para a pesquisa:

- Estudo físico dos materiais;
- Produção e ensaio do CR (concreto referência) utilizando o TR (traço referência);
- Produção e ensaio do concreto com substituição do agregado graúdo por RCC;
- Estudo qualitativo das peças.

A presente pesquisa teve o intuito de analisar e comparar as propriedades do

concreto com finalidade estrutural fazendo a substituição parcial do agregado graúdo natural pelo reciclado de postes de concreto, foram analisadas as substituições nas proporções de 15%, 30%, 45% e 60% de RCC e também foram executadas as mesmas análises no concreto proveniente do traço referência. (NETO, PARENTE e AMARAL, 2017, p. 4)

Para a produção do concreto com RCC e do concreto referência, ou seja, aquele que não há substituição do graúdo na dosagem, foram moldados para cada modelo de concreto 12 corpos de prova de dimensões (100 mm x 200 mm) para ensaio de resistência à compressão, seguindo a ABNT NBR 5738:2015. E mais 3 corpos de prova (100mm x 200 mm) para ensaio de absorção de água, seguindo a ABNT NBR 9778:2005 para cada teor de substituição assim como para o traço de referência. Para realizar o estudo dimensional das peças e a inspeção visual, foram utilizados os mesmos corpos de provas destinados ao ensaio de resistência à compressão. Os corpos de prova de concreto para o teste de resistência à compressão foram testados com 3 dias, 7 dias, 14 dias e 28 dias de cura úmida. Já os de absorção serão avaliados somente com 28 dias.

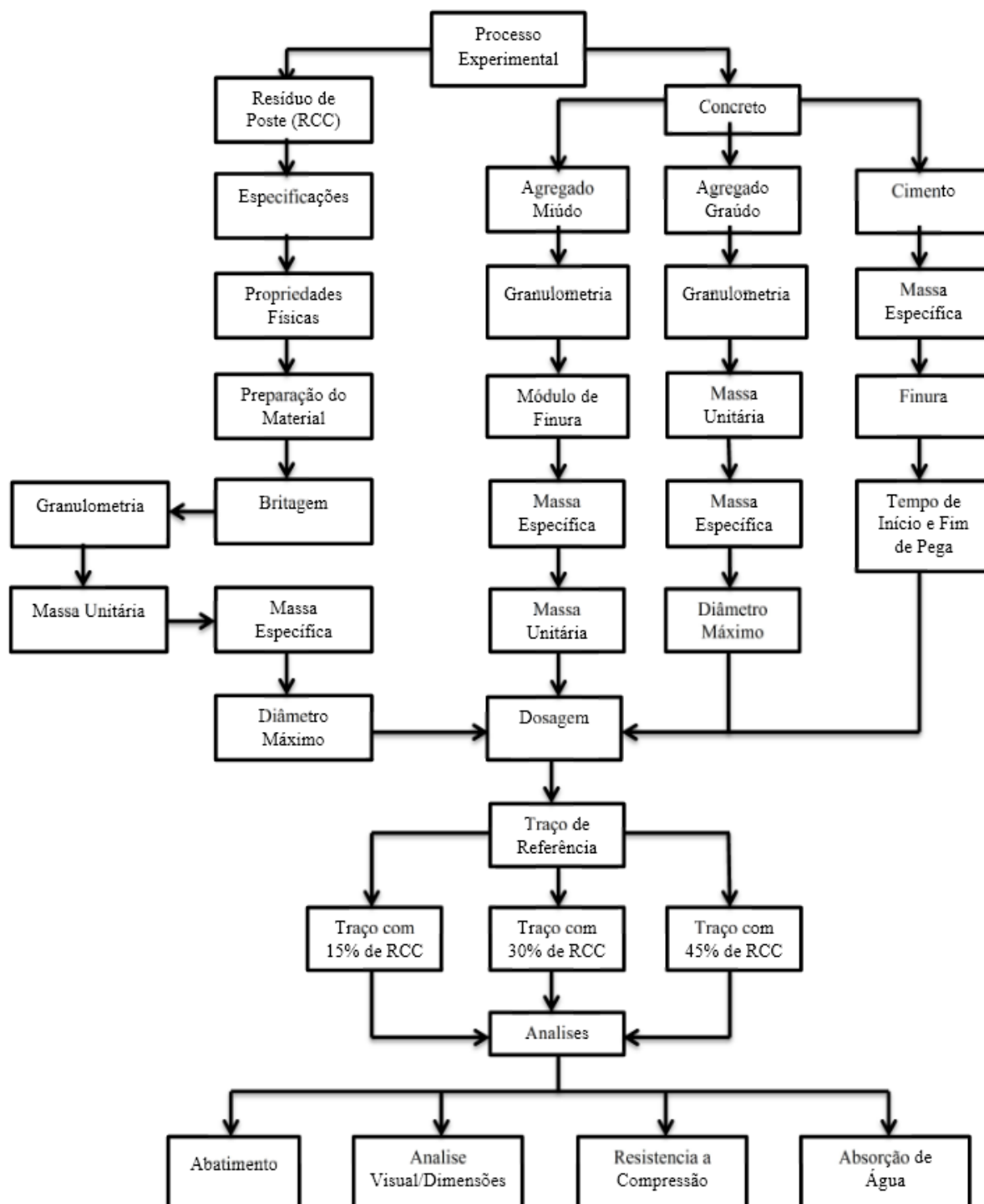
Quadro 5 – Número de unidades de corpos de prova do TCC

Tipos de Ensaio	Dias de Ensaio	Percentuais de Substituição de agregado Graúdo natural por agregado Reciclado				
		15%	30%	45%	60%	TR
Ensaio de Compressão	3 dias	3	3	3	3	3
	7 dias	3	3	3	3	3
	14 dias	3	3	3	3	3
	28 dias	3	3	3	3	3
Ensaio de Absorção	28 dias	3	3	3	3	3
Sub- Total (Un)		15	15	15	15	15
Total (Un)		75				

3.3 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este capítulo apresenta de forma sistemática o programa experimental que foi desenvolvido neste trabalho.

Figura 11 — Fluxograma das atividades que serão executadas



Fonte: Autor (2019)

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Todos os ensaios para caracterização dos materiais da presente pesquisa foram realizados de acordo com as normas pertinentes para cada material, seguindo sempre a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os ensaios foram realizados no completo laboratorial do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA) no segundo semestre de 2019.

3.4.1 CIMENTO

Foi escolhido para a realização do estudo o Cimento Portland CP II Z-32 (Cimento Portland composto com pozolana) (NETO, PARENTE e AMARAL, 2017, p. 4). O cimento Portland composto tem diversas possibilidades de aplicação sendo um dos cimentos mais utilizados no Brasil. Suas propriedades atendem desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, concreto massa e concreto para pavimentos. O CP II-Z-32 leva, em sua composição, de 6 a 14% de pozolana e até 10% de material carbonático. A compra do material foi feita na loja AB-Cimentos em Palmas Tocantins.

Para sabermos as características do cimento, foram necessárias a idealização de 3 tipos de ensaios, que são eles:

- Ensaio de massa específica. Foi utilizado a ABNT NBR NM 23:2001 – Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica.
- Ensaio de finura. Foi utilizado a ABNT NBR 11579:1991 – Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 μm (n°200).
- Ensaio tempo de início e fim de pega, na qual foi utilizado a ABNT NBR NM 65:2003 - Cimento Portland – Determinação do tempo de pega.

3.4.2 AGREGADO MIÚDO

O agregado miúdo que foi utilizado nessa pesquisa foi uma areia média, adquirida na loja de matérias de construção Alvarenga na região norte de Palmas – Tocantins. Suas características serão determinadas pelos 4 ensaios a seguir:

- Agregado miúdo- Determinação de massa específica e massa específica aparente ABNT NBR NM 52:2009.
- Agregado miúdo- Determinação da massa unitária e do volume de vazios.
NBR NM 45:2006.
- Agregado miúdo- Determinação da composição granulométrica NBR NM 248:2003.

- Determinação do módulo de finura. Foi seguida a norma da ABNT NBR 7211:2009 Agregados para concreto – Especificação.

3.4.3 AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo utilizado foi a brita 1, essa brita tem diâmetro que varia entre 9,5mm e 19mm. Esse material foi comprado na loja de materiais de construção Alvarenga na região norte da cidade de Palmas Tocantins, e suas características serão determinadas pelos 4 ensaios a seguir:

- Determinação da composição granulométrica. Foi seguida a norma da ABNT NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.
- Determinação da massa unitária. Foi seguida a norma da ABNT NBR NM 45:2006 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios.
- Determinação da massa específica. Foi seguida a norma da ABNT NBR NM 53:2009 – Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.
- Determinação do diâmetro máximo. Corresponde ao número da peneira da série normal na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo. Segue a mesma norma da composição granulométrica.

3.4.4 RESÍDUO DE POSTE DE CONCRETO

Por conta de suas características e tendo em mente o potencial de uso do RCC foi escolhida como substituição em parte do agregado graúdo os resíduos de postes de concreto de energia elétrica. O RCC foi antes do uso britado em britador de mandíbula tendo como objetivo obter uma granulometria mais uniforme do resíduo e o mais próximo possível da mesma granulometria da brita natura que foi escolhida, nesse caso a brita 1. Para determinação de suas características serão efetuados os seguintes ensaios;

- Determinação da composição granulométrica. Foi seguida a norma da ABNT NBR NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.
- Determinação da massa unitária. Foi seguida a norma da ABNT NBR NM 45:2006 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios.

- Determinação da massa específica. Foi seguida a norma da ABNT NBR NM 53:2009 – Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água.
- Determinação do diâmetro máximo. Corresponde ao número da peneira da série normal na qual a porcentagem acumulada é inferior ou igual a 5%, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo. Segue a mesma norma da composição granulométrica.

Esses resíduos de postes de concreto de energia elétrica foram cedidos pela SEINF (Secretaria Municipal de Infraestrutura) de Palmas Tocantins. Foi feita a quebra bruta no local da coleta com o uso de marreta. A escolha deste material se deu pelo enorme descarte nos depósitos da SEINF (Secretaria Municipal de Infraestrutura) causando poluição visual e até mesmo riscos à saúde tendo em vista que animais peçonhentos podem utilizar esses postes como abrigo.

3.5 DOSAGEM DO CONCRETO

As dosagens estabelecidas para a fabricação dos corpos-de-prova de dimensão (100 mm X 200 mm) foi estipulada na intenção de se atingir a resistência mínima à compressão de 25 Mpa aos 28 dias com um abatimento do concreto (*slump test*) de 100 mm \pm 20 mm. O traço utilizado neste estudo foi definido através do método ABCP/ACI sendo que todos os cálculos foram estipulados em volume porém foi utilizado para a dosagem em massa. Este método ABCP é adaptado do método ACI (American Concrete Institute) para agregados brasileiros, foi utilizado esse método porque ele leva em consideração o custo benefício do concreto por ele dosado, além de levar também em consideração a trabalhabilidade da mistura através do Abatimento. (DE SÁ, 2016)

Tivemos que seguir ainda a recomendação de LEITE (2001) quando fomos dosar o concreto com o RCC, ele fala que como procedimento preliminar os agregados reciclados terão de ser molhados previamente por um intervalo de tempo de 10 minutos, e, somente após poderá ser incorporado ao concreto como agregado graúdo.

Para cada passo dado tivemos que ter as informações preliminares dos agregados e do cimento, tais como massa específica dos agregados, massa unitária, módulo de finura, diâmetro máximo dos agregados, abatimento do concreto (*slump test*) e desvio padrão (S_n) da resistência.

Tendo todos os parâmetros dos materiais e a resistência pretendida, que no caso da pesquisa é de 25 Mpa após 28 dias de cura úmida. Após a definição do traço de referência

foi feita a substituição em volume do agregado graúdo natural pelo agregado graúdo reciclado (RCC), com os respectivos percentuais de 15%, 30%, 45 % e 60%, desta forma teremos o traço de cada percentual estudado. (NETO, PARENTE e AMARAL, 2017)

3.5.1 MÉTODO ABCP/ACI

O primeiro passo que foi dado para a definição dos traços foi definir as características dos componentes do concreto – características, essas, citadas anteriormente. Tendo todos esses valores em mãos, demos partida aos cálculos. O primeiro cálculo é a determinação da resistência de dosagem, segundo a ABNT NBR 6118:2014, nele foi utilizado o f_{ck} do concreto, que é 25 Mpa (resistência escolhida para estudo), utilizamos também uma constante de 1,65 e este foi multiplicado pelo desvio padrão das amostras, valor que será definido através da tabela a seguir:

$$1) f_{cj28} = f_{ck} + 1,65 \times S_d$$

Tabela 1 – Determinação do desvio padrão

Sd	Condição	Classe	Tipo de Concreto
4,0	A	C10 a C80	Quando todos os materiais foram medidos em peso e houver medidor de água, corrigindo-se as quantidades de agregado miúdo e água em função de determinações frequentes e precisas de teor de umidade dos agregados, e houver garantia de manutenção, no decorrer da obra, da homogeneidade dos materiais a serem empregados.
5,5	B	C10 a C25	Quando o cimento for medido em peso e os agregados em volume, e houver medidor de água, com correção do volume do agregado miúdo e da quantidade de água em função de determinações frequentes e precisas do teor de umidade dos agregados.
7,0	C	C10 a C15	Quando o cimento for medido em peso e os agregados em volume, e houver medidor de água, corrigindo-se a quantidade de água em função da umidade dos agregados simplesmente estimadas.

Fonte: Castro (2014), adaptado pelo autor (2019).

No caso deste trabalho, o S_d utilizado foi o 4,0, tendo em vista que este valor foi o que encaixava com a proposta do trabalho.

Chegou-se então a um f_{cj28} 31,6 MPa, tendo em vista que se foi usado um f_{ck} de 25 MPa, e um S_d de 4,0. Após ser calculado o valor do f_{cj28} , foi fixado o valor do fator água/cimento, este foi obtido através do quadro exposto na figura abaixo.

Quadro 6 – Estimativa da relação A/C em função da resistência do concreto

f_{cj28} (MPa)	Relação água/cimento		
	Mehta & Monteiro		Ciminas
	Concreto sem ar incorporado	Concreto com ar incorporado	
41	0,41	-	0,44
34	0,48	0,40	0,50
28	0,57	0,48	0,58
21	0,68	0,59	0,68
14	0,82	0,74	-

Fonte: (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Faz-se assim uma interpolação entre a resistência do concreto aos 28 dias (31,6Mpa), e a relação água/cimento, o valor encontrado será o fator água/cimento que será utilizado no traço referência.

O próximo passo foi apurar a água estimada por metro cúbico (m^3) de concreto (C_w). Para isso foi necessário ter-se consigo o valor do diâmetro máximo do agregado graúdo em mm, e o abatimento estimado do tronco de cone, também em mm. Quanto ao abatimento, foi-se estimado o seu valor de acordo a tabela a seguir.

Tabela 2 – Definição do abatimento

Tipos de construção	Abatimento (mm)	
	Máximo*	Mínimo
Paredes de fundações armadas e sapatas	75	25
Sapatas não armadas, caixões e paredes da vedação	75	25
Vigas e paredes armadas	100	25
Pilares de edifício	100	25
Pavimentos e lajes	75	25
Concreto massa	50	25

* Pode ser aumentada em 25 mm com o uso de métodos de consolidação que não a vibração.

Fonte: ACI 211 (1991).

Como o estudo é feito para um concreto estrutural para pilares e vigas de acordo com o uso, foi escolhido um abatimento de $100\text{mm} \pm 20\text{mm}$ para efeitos de cálculos e estudos.

Contendo então o abatimento e o diâmetro máximo do agregado, usa-se também um quadro para se ter o consumo aproximado de água. Segue o quadro:

Quadro 7 - Requisitos aproximados de teores de água de amassamento e de ar em função do abatimento e do ϕ máximo nominal do agregado, conforme ACI 211. 1-91.

Abatimento	Água (L/m ³ de concreto para o ϕ máximo indicado do agregado)							
	9,5	12,5	19	25	37,5	50	75	150
Sem ar incorporado								
25-50	207	199	190	179	166	154	130	113
75-100	228	216	205	193	181	169	145	124
150-175	243	228	216	202	190	178	160	-
Ar aprisionado (%)	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2
Com ar incorporado								
25-50	181	175	168	160	150	142	122	107
75-100	202	193	184	175	165	157	133	119
150-175	216	205	197	184	174	166	154	-
Teor recomendável total de ar em função do grau de exposição								
Exposição fraca (%)	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
Exposição moderada (%)	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5	3,0
Exposição severa (%)	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0

Fonte: ACI 211 (1991)

Como o abatimento utilizado máximo será de $100\text{mm} \pm 20$, então usaremos a segunda linha que tem um abatimento de 75mm a 100mm e de acordo com diâmetro máximo do agregado graúdo chegaremos a um C_w (consumo de água).

Logo em seguida foi encontrado o consumo de cimento, que é a relação do C_w (consumo de cimento), com o fator água/cimento (a/c), o consumo de cimento é dado pela abreviação C_c .

Após ser encontrado o consumo de cimento, foi achado através de outra tabela o consumo de agregado graúdo (C_b). Este em volume de concreto (m³) é dada pela função da dimensão máxima característica do agregado graúdo com o módulo de finura encontrado através de ensaios feitos inicialmente. A tabela 3 a seguir demonstrará a logística de cálculo para se encontrar o C_b .

Tabela 3 – Volume de agregado graúdo por m³ de concreto

Módulo de finura	Dimensões máximas características do agregado graúdo (D _{máx}), em mm.			
	9,5	19,0	25,0	32,0
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660

Fonte: Castro (2014), adaptada pelo autor (2019)

Então, de acordo com o diâmetro máximo característico do agregado graúdo e do módulo de finura da areia, foi achado o consumo de agregado graúdo. Logo em seguida foi necessário utilizar de todos os valores encontrados anteriormente para se chegar a um volume absoluto de areia (V_a). Segue a fórmula necessária para a obtenção do mesmo:

$$V_a = 1 - \left(\frac{C}{\rho_c} + \frac{C_b}{\rho_b} + C_w + ar \right)$$

Onde:

VA – Volume absoluto da areia.

C – Consumo de Cimento.

C_b – Consumo de Brita.

C_w – Consumo de Água.

ρ_c – Massa específica do cimento.

ρ_b – Massa específica da brita.

Portanto, o consumo de areia (C_a) é: C_a = V_a x ρ_a

Onde:

ρ_a – Massa específica da areia

Os cálculos realizados para o traço seguem conforme apêndice A.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

A caracterização dos materiais serviu como base para realização da dosagem do concreto. Para realizar o traço, foi necessário acharmos uma gama de valores, como por exemplo: massa específica dos agregados, massa unitária, diâmetro máximo do agregado graúdo e assim por diante. Para tal foi-se necessário estudar os agregados para achar tais valores.

Observou-se durante o estudo que existe diferença entre os agregados naturais e os agregados reciclados, mais especificamente devido a heterogeneidade apresentada no material em análise.

A pesquisa bibliográfica enfatiza na sua grande maioria que os agregados reciclados são bastante influenciados pela quantidade de argamassa aderida na superfície do agregado graúdo, fazendo com que tenha uma densidade menor que a dos agregados naturais proporcionando uma maior absorção de água. Esse fato por si só já é suficiente para caracterizar o agregado reciclado como um novo material, justificando, portanto, a necessidade de estudos que possibilitem analisar de forma mais conclusiva o comportamento destes materiais, quando utilizados como componentes de um concreto com fins estruturais, seja no concreto fresco ou no concreto endurecido.

A seguir tem-se um quadro geral de massas e valores encontrados caracterizando os materiais utilizados nesse trabalho.

Quadro 8 – Quadro geral de caracterização

DESCRIÇÃO	MASSA UNITÁRIA (kg/m ³)	MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)	MÓDULO DE FINURA	ØMáx (mm)	INÍCIO DE PEGA	FIM DE PEGA	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)
AREIA	1554,4	2,69	2,69	4,8	-	-	-
BRITA	1407,2	2,67	6,81	19	-	-	1,68
RESIDUO DE POSTE	1270,0	2,56	6,15	19	-	-	2,88
CIMENTO	-	3,15	2,1	-	3h15min	4h30min	

Fonte: Autor (2019)

4.1.1 Agregado Miúdo

O estudo do agregado miúdo (areia) foi composto por três partes:

- Compra do material
- Secagem
- Aplicação das normas para a as devidas caracterizações

Portanto, para fazer os testes citados no capítulo 3.4.2, foram necessárias preparações prévias. Segue o quadro com os resultados e caracterizações:

Quadro 9 – Massa específica agregado miúdo

MASSA ESPECÍFICA - ABNT NBR 6508:1984			
Picnômetro Nº	#	1	2
Massa Picnômetro+Brita+Água, T°C de Ensaio	(g)	1326,80	1326,80
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	1201,70	1201,70
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24
Massa Material Seco	(g)	200,00	200,00
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981
Massa Específica	(g/cm³)	2,69	2,69
Massa Específica Média	(g/cm³)	2,69	

Fonte: Autor (2019)

Chegou-se então a massa específica da areia que foi de 2,69 g/cm³.

Figura 12 – Agregado miúdo sendo caracterizado



Fonte: Autor (2019)

Quanto á granulometria, foi seguido à norma pertinente citada no capítulo 3.4.2. A partir dos valores encontrados neste teste foram extraídos os valores do módulo de finura, diâmetro máximo, tal como a curva granulométrica do agregado. A seguir há o quadro com os resultados:

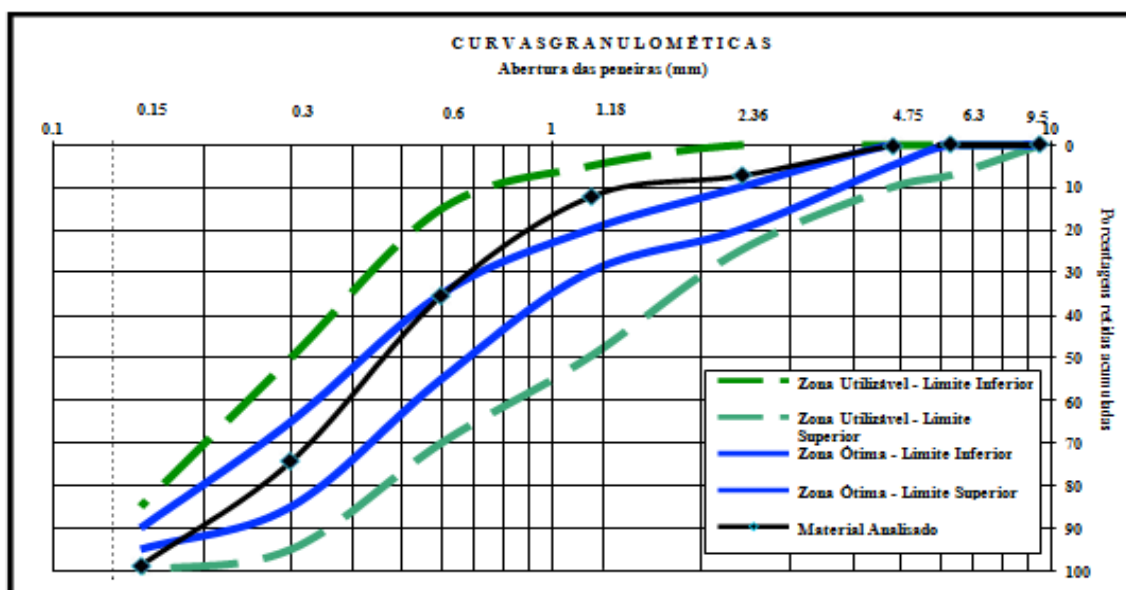
Quadro 10 – Granulometria agregado miúdo

Composição Granulométrica da Areia Natural						
	1ª Amostra		2ª Amostra		% Retida	% Retida
Peneiras	Massa Retida (g)	% Retido	Massa Retida (kg)	% Retido	Média	Acumulado
4,8	6,50	1,30	6,50	1,30	1,30	3,5
2,4	25,20	5,04	25,20	5,04	5,04	5,70
1,2	35,30	7,06	35,30	7,06	7,06	18,90
0,6	54,10	10,82	54,10	10,82	10,82	46,00
0,3	242,00	48,39	242,00	48,39	48,39	95,00
0,15	121,30	24,26	121,30	24,26	24,26	99,99
fundo	15,70	3,14	15,70	3,14	3,14	100,00
TOTAL	500,10	100	500,10	100	100	
Diâmetro Máximo	4,8 mm	Módulo de finura				2,69

Fonte: Autor (2019)

Com esses valores, logo após de ter passado 500g de agregado miúdo seco nas peneiras de 4,8mm; 2,4mm; 1,2mm; 0,6mm; 0,3mm; 0,15mm e fundo, obtivemos a curva granulométrica que representa tal material. Foram usados tais valores para realizar a dosagem do concreto seguindo o método ABCP/ACI.

Figura 13 – Curva granulométrica agregado miúdo



Fonte: Autor (2019)

Quanto a massa unitária do agregado miúdo, foi obtido a tabela, após fazer as pesagens da areia e comparar com o volume de uma padiola, seguindo a ABNT NBR NM 45:2006.

Quadro 11 – Massa unitária agregado miúdo

Areia (kg)	Volume Padiola (m ³)	Massa Unitária	Unidade
1,5544	0,001	1554,4	kg/m ³
1,5546	0,001	1554,6	kg/m ³
MÉDIA		1554,5	kg/m ³

Fonte: Autor (2019)

A seguir será demonstrado o quadro geral, onde contém valores de todos os ensaios de caracterização do material realizados:

Quadro 12 – Quadro Geral agregado miúdo

ENSAIOS	RESULTADOS
M. Específica (g/cm ³)	2,69
M. Unitária (kg/m ³)	1554,4
Mód. Finura	2,69
Diâmetro máximo (mm)	4,8

Fonte: Autor (2019)

4.1.2 Agregado Graúdo

Quanto ao agregado graúdo foi escolhido brita 01, ou seja, aquela com diâmetro entre 9,5 e 19mm. Para as caracterizações foram usadas às normas conforme o capítulo 3.4.3. A seguir os resultados:

Quadro 13 – Massa específica agregado graúdo

MASSA ESPECÍFICA AGREGADO GRAÚDO			
Picnômetro N°	#	1	2
Massa Picnômetro + Brita + Água, T° C de Ensaio	(g)	1326,80	1326,80
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	1201,00	1201,00
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24
Massa Material Seco	(g)	200,00	200,00
Massa Específica da Água, T° C de Ensaio	(g/cm³)	0,9981	0,9981
Massa Específica	(g/cm³)	2,67	2,67
Massa Específica Média	(g/cm³)	2,67	

Fonte: Autor (2019)

Foi obtida uma massa específica do agregado graúdo de 2,67g/cm³, este será usado para a dosagem do concreto conforme especificações no capítulo 3.5.1.

Na granulometria, foram usadas diferentes peneiras, com específicas aberturas: 25mm; 19mm; 12,5mm; 9,5mm; 6,3mm; 4,8mm; 2,36mm; 1,16mm; 0,6mm e o fundo. Através da análise granulométrica foi-se possível obter o módulo de finura e o diâmetro máximo característico.

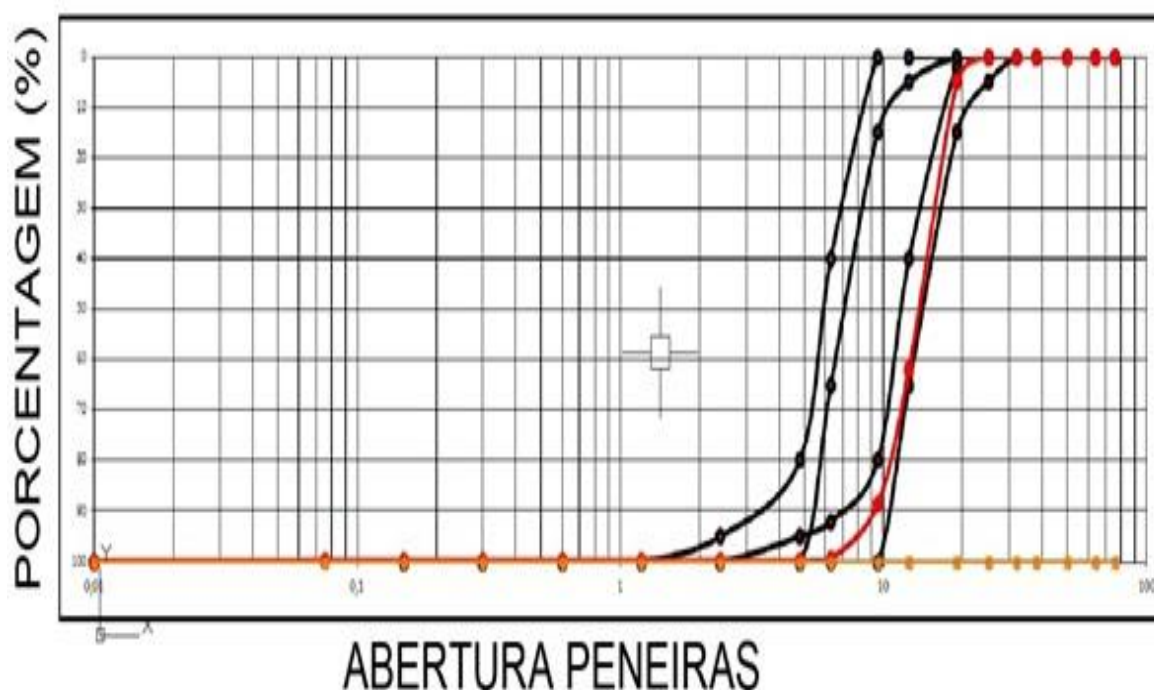
Quadro 14 – Composição granulométrica brita

Composição Granulométrica Agregado Graúdo - Brita						
	1º Amostra		2º Amostra		% Retida	% Retida
Peneiras	Massa Retida (g)	% Retido	Massa Retida (g)	% Retido	Média	Acumulado
25	2,0	0,04	2,0	0,04	0,00	<u>0</u>
19	255,0	5,10	253,0	5,06	5,08	5,08
12,5	2833,0	56,65	2835,0	56,7	56,67	61,75
9,5	1341,0	26,81	1340,0	26,8	26,81	88,56
6,3	541,0	10,82	544,0	10,88	10,85	99,41
4,8	23,0	0,46	21,0	0,42	0,44	99,85
2,36	2,0	0,04	2,0	0,04	0,04	99,89
1,16	0,0	0,00	0,0	0	0,00	99,89
600	0,0	0,00	0,0	0	0,00	99,89
fundo	4,00	0,08	3,00	0,06	0,07	99,96
TOTAL	5.001,00	100	5.000,00	100	100,00	
Diâmetro Máximo	25 mm		Módulo de finura			6,81

Fonte: Autor (2019)

Chegou-se aos resultados: Diâmetro máximo característico 25mm, módulo de finura 6,81, além da curva granulométrica exposta a seguir.

Figura 14 – Curva granulométrica do agregado graúdo



Fonte: Autor (2019)

Seguindo o mesmo roteiro da massa unitária do agregado miúdo, foi feito também a massa unitária do agregado graúdo, na qual foi feita uma relação do peso com o volume do agregado em uma padiola.

Quadro 15 – Massa unitária agregado graúdo

Brita (kg)	Volume Padiola (m ³)	Massa Unitária	Unidade
1,3424	0,001	1342,4	kg/m ³
1,472	0,001	1472,0	kg/m ³
MÉDIA		1407,2	kg/m ³

Fonte: Autor (2019)

Concluiu-se então que o agregado graúdo teve uma massa unitária maior que o agregado miúdo, devido ao preenchimento total dos vazios na padiola há uma impressão que a brita contém uma massa unitária maior, mas foi provado o contrário.

Figura 15 – Teste da massa unitária do agregado graúdo



Fonte: Autor (2019).

A seguir será demonstrado o quadro geral, onde contém os valores de todos os ensaios de caracterização do material realizados:

Quadro 16 – Quadro geral agregado graúdo

ENSAIOS	RESULTADOS
M. Específica (g/cm ³)	2,67
M. Unitária (kg/m ³)	1407,2
Mód. Finura	6,81
Diâmetro máximo (mm)	19
Absorção de água (%)	1,68

Fonte: Autor (2019)

4.1.3 Cimento

O cimento utilizado foi o cimento Ciplan CP II Z-32. Cimento este que tem uma boa avaliação dos profissionais de Palmas e apresentava-se em um preço acessível. Os testes realizados foram o de Início e Fim de pega, o módulo de finura e a massa específica. Todos estes conforme as normas apresentadas no capítulo 3.4.1.

A massa específica, seguindo a ABNT NBR NM 23:2001, foi de 3150 kg/m³. Já o início e fim de pega, de acordo com a ABNT NBR NM 65:2003 será exposto a seguir:

Quadro 17 – Início e fim de pega cimento

ABNT NBR NM 65 - TEMPO DE PEGA	RESULTADOS
MASSA H2O	120g
INÍCIO	3h15min
FIM	4h30min

Fonte: Autor (2019)

Foi obtido também o módulo de finura do cimento, de acordo com ABNT NBR NM 11579:1991, na qual foi chegado ao resultado de 2,1 (valor este que é adimensional).

4.1.4 Resíduo de poste de energia elétrica

A caracterização do RCC foi umas das partes mais complexas do presente trabalho. Para fazer a caracterização foi necessária toda uma gama de preparação do material, desde a quebra manual do poste até o peneiramento final para obtenção da brita mais próxima possível da brita natural. Para obtenção de um resíduo de poste de qualidade para ser usado como substituto ao agregado graúdo natural, foi necessário fazer a britagem do mesmo apenas 1 vez e em seguida passar por uma série de peneiras. Primeiramente, o RCC foi quebrado no depósito da SEINF (Secretaria Municipal de Infraestrutura) de Palmas - TO em pedaços grandes para fazer o transporte até o laboratório de Engenharia de Minas. Depois houve a quebra do material em pedaços menores para isso foi utilizada uma marreta para realizar tal ação. Logo em seguida houve a britagem, na qual foi usado o britador de mandíbula, localizado no Laboratório de Minas na CEULP/ULBRA. O mesmo funciona de uma forma eficiente. É colocado o material quebrado no buraco mandibular do britador isso com máquina já ligada. O britador ficou ligado mais ou menos 1 hora até a britagem de todo o RCC, o seu movimento faz com que a mandíbula entre em choque com o resíduo, britando assim, o material.

Antes da quebra e da britagem, o material foi colado em sacos de náilon para fazer a pesagem. Foi pesado ao todo 140 kg de RCC. Então esta foi à disposição de resíduo para realizar esta pesquisa.

Notamos ainda que devido à britagem através do britador de mandíbula do material, foram gerados bastante finos que tiveram de ser descartados para esse estudo.

Figura 16 – Britador de mandíbula em funcionamento.



Fonte: Autor (2019).

Em seguida foi passado na série de peneiras de 25mm, 19mm, 12,5mm, 9,5mm, 6,3mm e 4,8mm para separar a brita utilizada no concreto da brita mais grossa e mais fina que foi guardado para eventuais necessidades posteriores.

O resultado do peneiramento será demonstrado a seguir. O material que foi utilizado na pesquisa foi o material passante na peneira 19mm e que ficou retida na peneira de 12,5mm, essa granulometria foi escolhida por ser a mais próxima da granulometria do agregado graúdo natural.

Figura 17 – Resíduo de poste utilizado na pesquisa.



Fonte: Autor (2019).

A seguir serão demonstradas as medidas encontradas após o peneiramento do material.

Quadro 18 – Granulometria RCC.

Granulometria RCC	
Peneira Nº	MATERIAL RETIDO (kg)
19	10,47
12,5	117,18
Fundo 12,5	117,18

Fonte: Autor (2019).

Ao todo, no final da britagem e peneiramento, obteve-se 117,18kg de brita passante da peneira 19mm e retida na peneira de 12,5mm, porem no total foi utilizado apenas 34kg para objeto de estudo nos corpos de Provas. Material este que trabalhou como gráudo e foi parcialmente adicionado na composição do concreto.

Para estudo do resíduo foi feito a massa específica do mesmo, utilizando a mesma metodologia do agregado gráudo. A seguir mostra-se o quadro correspondente à massa específica do RCC.

Quadro 19 – Massa específica do RCC.

MASSA ESPECÍFICA			
Picnômetro Nº	#	1	2
Massa Picnômetro+Brita+Água, T°C de Ensaio	(g)	1505,0	1505,0
Massa Picnômetro Cheio de Água	(g)	1200,0	1200,0
Temperatura de Ensaio	(°C)	24	24
Massa Material Seco	(g)	500,00	500,00
Massa Específica da Água, T°C de Ensaio	(g/cm ³)	0,9981	0,9981
Massa Específica	(g/cm ³)	2,56	2,56
Massa Específica Média	(g/cm ³)	2,56	

Fonte: Autor (2019).

A realização deste ensaio foi-se necessária para obtermos as configurações do RCC, e poder ter, assim, um maior conhecimento sobre o material. A massa específica do resíduo foi feita através da utilização do picnômetro, ou seja, utilizaram-se os mesmos ensaios do agregado gráudo.

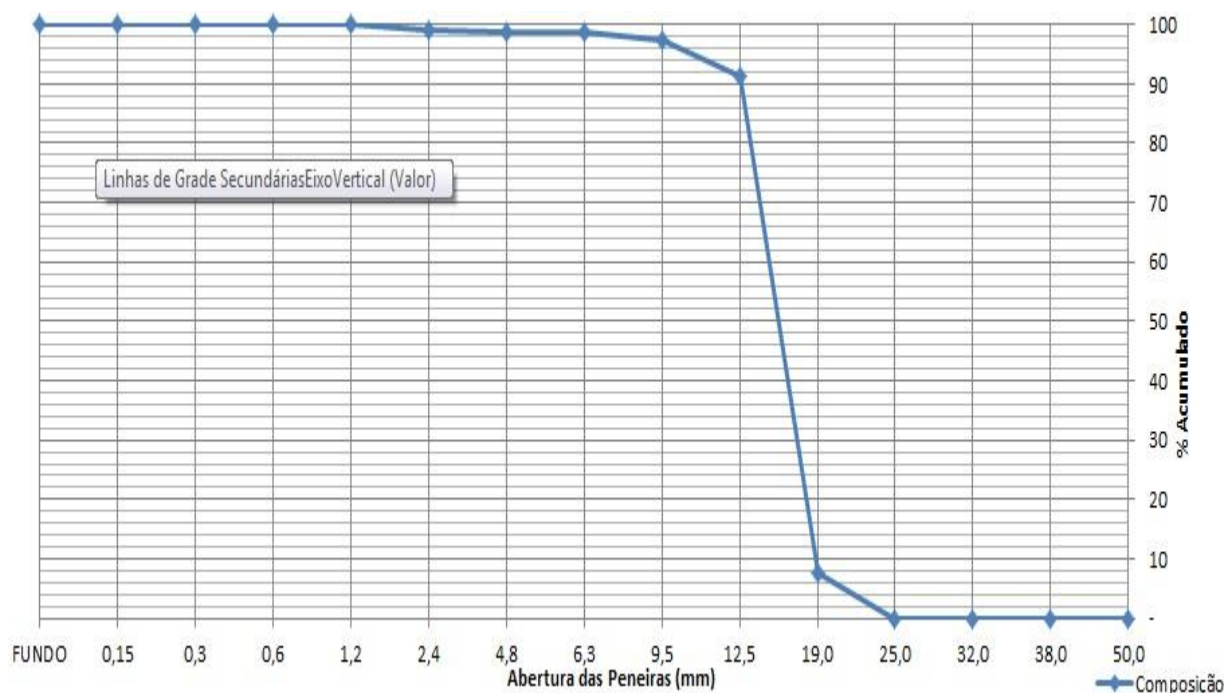
Nos estudos do resíduo de poste de energia elétrica também se fez necessário fazer o ensaio de granulometria, e através desse foi traçada a curva granulométrica do resíduo, todos estes conforme as normas apresentadas no capítulo 3.4.4.

Quadro 20 – Composição granulométrica do resíduo de poste de energia elétrica.

Composição Granulométrica do resíduo de poste- Britado						
	1º Amostra		2º Amostra		% Retida	% Retida
Peneiras	Massa Retida (g)	% Retido	Massa Retida (g)	% Retido	Média	Acumulado
25	-	-	-	-	-	0
19	0,37	7,48	0,37	7,48	7,48	7,48
12,5	4,19	83,70	4,19	83,70	83,70	91,18
9,5	0,30	6,06	0,30	6,06	6	97
6,3	0,07	1,41	0,07	1,41	1	99
4,8	0,01	0,21	0,01	0,21	0	99
2,36	0,01	0,30	0,01	0,30	0	99
1,16	0,04	0,76	0,04	0,76	1	100
600	-	-	-	-	-	100
fundo	-	-	-	-	-	100
TOTAL	5.000,00	100	5.000,00	100	100,00	100
Diâmetro Máximo	25 mm		Módulo de finura			6,15

Fonte: Autor (2019)

Figura 18 – Curva granulométrica do resíduo de poste de energia elétrica.



Fonte: Autor (2019).

Depois de termos feito o peneiramento, a massa específica e a granulometria, partimos então para a massa unitária, essa foi feita conforme a norma ABNT NBR NM 45:2006 – Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios, e obtemos os seguintes valores.

Quadro 21 – Massa unitária do resíduo de poste de energia elétrica.

RCC (kg)	Volume Padiola (m ³)	Massa Unitária	Unidade
1,261	0,001	1261,0	kg/m ³
1,274	0,001	1274,0	kg/m ³
1,275	0,001	1275,0	Kg/m ³
MÉDIA		1270,0	kg/m ³

Fonte: Autor (2019)

A seguir será demonstrado o quadro geral, onde contém os valores de todos os ensaios de caracterização do material realizados:

Quadro 21 – Quadro geral do RCC.

ENSAIOS	RESULTADOS
M. Específica (g/cm ³)	2,56
M. Unitária (kg/m ³)	1270,0
Mód. Finura	6,15
Diâmetro máximo (mm)	19
Absorção de água (%)	2,88

Fonte: Autor (2019)

Como a etapa de preparação do material foi uma das mais complexas desta pesquisa, a seguir será demonstrado um fluxograma que demonstra a sequência de tratamentos que foram feitos no RCC, desde a quebra do material até a pesagem do material já peneirado para o estudo de suas características gerais, todas as características do resíduo foram obtidas de acordo com seus respectivos ensaios em laboratório.

4.2 DOSAGEM DO CONCRETO

A dosagem do concreto seguiu o proposto no capítulo 3.5 e os cálculos realizados seguem conforme o apêndice A. A seguir será demonstrado o quadro realizado com a dosagem para cada tratamento (15%, 30%, 45% e 60% de substituição). Lembrando que foram utilizados para dosagem um f_{ck} de 25 Mpa e f_{cj28} de 31,6 MPa.

Quadro 22 – Dosagem do concreto

TRAÇOS	CIMENTO	AREIA	BRITA	RCC	ÁGUA	ABATIMENTO
Ref (kg/m ³)	394,23	855,42	886,54	0,00	205,00	100 mm
Unitário	1,00	2,17	2,25	0,00	0,52	
15% (kg/m ³)	394,23	855,42	752,98	133,56	205,00	100 mm
Unitário	1,00	2,17	1,91	0,34	0,52	
30% (kg/m ³)	394,23	855,42	618,94	247,60	205,00	100 mm
Unitário	1,00	2,17	1,57	0,68	0,52	
45% (kg/m ³)	394,23	855,42	488,85	397,70	205,00	100 mm
Unitário	1,00	2,17	1,24	1,01	0,52	
60% (kg/m ³)	394,23	855,42	354,81	511,73	205,00	110 mm
Unitário	1,00	2,17	0,90	1,35	0,52	

Fonte: Autor (2019)

Além do traço referência, foram feitos os traços com substituições de agregado graúdo natural, por agregado reciclado de postes de energia elétrica, e para obter-se o abatimento de 10 ± 2 cm, surpreendentemente não foi necessário fazer correções no traço, pois todos os abatimentos deram entre 8cm e 12cm. Abaixo tem-se a figura do concreto com 60% de substituição do agregado graúdo.

Figura 19 – Slump test do concreto 60% de substituição.



Fonte: Autor (2019).

Notou-se que o traço de 60% de RCC foi o único que deu um abatimento diferente dos demais traços, enquanto o traço de referência, 15%, 30% e 45% deu um abatimento de exatamente 100mm, o de 60% deu um abatimento de 110mm, porém ainda ficou no intervalo de abatimento escolhido de 10 ± 2 cm, portanto não foi necessário fazer uma correção no fator água/cimento.

4.2.1 Propriedades do concreto fresco

Neste trabalho foi feito o estudo do concreto fresco quanto seu abatimento (*Slump Test*). Nesta pesquisa foi fixado um abatimento de 100 ± 20 mm. Que de acordo com ACI 211 (1991) é um valor aceitável para o tipo de concreto e a sua utilização final. Lembrando que os resultados a seguir seguiram as recomendações da NBR NM 67:1998.

Quadro 23 – Abatimentos obtidos.

	REF	15%	30%	45%	60%
ABATIMENTO	100mm	100mm	100mm	100mm	110mm

Fonte: Autor (2019)

Tendo então os traços prontos e seus devidos ajustes, restou a confecção dos corpos de prova.

4.3 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Para confecção dos *corpos de prova*, foram necessários o uso dos materiais pré-caracterizados e dosados como dito anteriormente, como também o uso de uma betoneira para rodagem dos produtos, além dos materiais necessários para realização do *Slump-Test*, que são o Cone de Abrams, uma placa metálica, uma haste para adensamento e régua para medir o abatimento do concreto. A sequência de colocação do material na betoneira seguiu a seguinte ordem:

1. Adição do agregado graúdo
2. Adição de parte da água
3. Adição do cimento
4. Rodagem da betoneira por 2 minutos
5. Adição do agregado miúdo
6. Adição do agregado graúdo reciclado (saturado com superfície seca)
7. Rodagem da betoneira por aproximadamente 2 minutos

8. Adição do restante da água
9. Rodagem da betoneira por aproximadamente 6 minutos

O tempo de rodagem na betoneira foi de aproximadamente 10 minutos, em seguida foi feito o teste de abatimento para a conferência da consistência, se atingido o proposto ($100\text{mm} \pm 20\text{mm}$), desligava-se a betoneira e partia para a moldagem do *corpo de prova* através dos moldes cilíndricos de ($100\text{mm} \times 200\text{mm}$), e em seguida era feita a devida vibração. Antes de colocar o concreto dentro dos moldes, foi necessário unta-los com óleo lubrificante para facilitar a desmoldagem. Os moldes foram preenchidos com o concreto em duas camadas sucessivas, cada uma delas recebendo 12 golpes com a haste de socamento, em seguida era regularizada a parte superior das formas. Restando apenas esperar o tempo de desmoldagem que foi aproximadamente 24 ± 4 horas.

Figura 20 – Moldes preenchidos com concreto



Fonte: Autor (2019).

Após esperarem-se aproximadamente 24 horas para tirar os *corpos de provas* dos moldes, próximo passo foi escrever sua respectiva composição na parte superior dos CP's e colocá-los na câmara úmida, onde os mesmos iriam ficar submersos na água durante os dias de cura proposto anteriormente no trabalho (3, 7, 14 e 28 dias).

Segundo Bresolin (2016), fazer o processo de cura do concreto através de câmara úmida com o concreto submerso em água auxilia no ganho de desempenho (resistência) do concreto. Pensando nisto, todos os 75 corpos de provas fabricados para utilização desta pesquisa foram curados submersamente, locado nas câmaras úmidas.

A seguir mostra-se o processo de cura dos corpos de provas do traço de referência, 15% de substituição e 30% de substituição. Os demais corpos de provas de 45% de substituição e 60% seguiram para a câmara úmida depois.

Figura 21 – Cura dos traços de referência, 15% e 30%.



Fonte: Autor (2019).

Realizado então a fabricação do concreto, a moldagem, “desforma” e cura, foram estudadas as características do concreto com e sem substituição do agregado graúdo natural por reciclado, conforme explicitado nos objetivos desta pesquisa.

4.4 CRONOGRAMA DE AÇÕES

Para a realização das ações necessárias para que atingisse os objetivos propostos no trabalho, foram necessárias a realização de cronograma e planejamento, pois como são vários corpos de prova a serem fabricados com variados tipos de tratamento, foram necessários organização para realização dos mesmo para serem realizados nos devidos tempos e cronogramas pré- planejados. Seguiu-se a seguinte ordem para cada tratamento:

- Rodagem

- Desforma
- Ensaio de compressão 3 dias
- Ensaio de compressão 7 dias
- Ensaio de compressão 14 dias
- Ensaio de compressão 28 dias / Inspeção Visual / Estudo dimensional/Absorção de água

Assim, obteve-se o seguinte cronograma:

Quadro 24 – Cronograma de serviços

CRONOGRAMA SERVIÇOS					
DATAS	TRAÇO REFERÊNCIA	15%	30%	45%	60%
27/Ago	Rodagem	Rodagem	Rodagem	Rodagem	Rodagem
28/Ago	Desforma	Desforma	Desforma	Desforma	Desforma
30/Ago	Comp. 3 dias	Comp. 3 dias	Comp. 3 dias	Comp. 3 dias	Comp. 3 dias
03/Set	Comp. 7 dias	Comp. 7 dias	Comp. 7 dias	Comp. 7 dias	Comp. 7 dias
10/Set	Comp. 14 dias	Comp. 14 dias	Comp. 14 dias	Comp. 14 dias	Comp. 14 dias
24/Set	Comp. 28 dias	Comp. 28 dias	Comp. 28 dias	Comp. 28 dias	Comp. 28 dias
24/Set	Inspeção visual	Inspeção visual	Inspeção visual	Inspeção visual	Inspeção visual
24/Set	Inspeção dimensional	Inspeção dimensional	Inspeção dimensional	Inspeção dimensional	Inspeção dimensional
07/Out	Absorção de água	Absorção de água	Absorção de água	Absorção de água	Absorção de água

Fonte: Autor (2019)

Conclui-se que foram necessários aproximadamente 45 dias para a completa realização da parte prática deste trabalho, desde a primeira rodagem do concreto até o último ensaio.

4.5 ESTUDO DIMENSIONAL

Foi feito o estudo dimensional das peças de concreto, tanto do traço referência, quanto os demais traços. Estudo feito para poder-se saber se as dimensões estão de acordo

com o proposto no trabalho e não haver erros na hora da realização do ensaio de compressão.

De acordo com o proposto nesse trabalho, os *CP's* teriam dimensões de 10cm de diâmetro por 20cm de comprimento. Foi seguido à norma ABNT NBR 5738:2015 para realização dos ensaios de estudo dimensionais, na qual a norma dita uma tolerância de apenas 2mm para mais ou para menos das medidas dos corpos de prova de concreto.

Para todos os tratamentos e todas as idades obteve-se resultados satisfatórios, seguindo a ABNT NBR 5738:2015, houve-se em alguns corpos de prova, como por exemplo nos corpos de prova com porcentagem de substituição de 30% e 60% e nos *CP's* de 7 dias do traço referência, em que houve leve diferença das medidas reais – 100mm, 200mm – de diâmetro e comprimento, respectivamente, mas todos dentro do limite da norma. Então, pode-se concluir que não há diferenciação de dimensões quando se fala nas porcentagens de substituição do agregado graúdo natural por reciclado no concreto, tendo em vista que todos os corpos de prova serão padrões devido às dimensões dos moldes usados para confecção dos *CP's*.

A seguir tem-se na figura 22 uma demonstração de como foram feitas as medidas para determinação de tal tópico. O modelo utilizado seguiu essa norma para todas as dimensões (diâmetro e comprimento), com isso, foi possível ter-se a conclusão deste tópico.

Figura 22 – Análise dimensional



Fonte: Autor (2019).

4.6 INSPEÇÃO VISUAL.

Ensaio realizado com intuito de identificar defeitos nas peças, na qual, estes defeitos podem afetar na resistência dos CP's, dificultando assim uma melhor análise da resistência. A análise foi feita também para analisar a homogeneidade dos *corpos de prova*, diâmetro e comprimento regulares, tal como analisar se os corpos de prova continham rebarbas, delaminação ou descamação.

Foram separados 6 corpos de prova de cada tratamento (traço referência, 15%, 30% , 45% e 60%) para fazer a inspeção visual, seguindo assim a norma pertinente, a ABNT NBR 5738:2015 , onde auxilia tal ensaio. Foi feito a análise individual de cada bloco, onde foi visto minuciosamente cada detalhe de possível defeito na peça.

Os resultados foram satisfatórios, onde mostrou-se que independente da substituição do grão natural por reciclado no concreto, os aspectos físicos mantiveram-se iguais. Não houve rebarbas, delaminação, descamação, e o diâmetro continuou regular.

Figura 23 – Inspeção visual nos corpos de prova



Fonte: Autor (2019).

4.7 ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.

O teste de absorção de água por imersão tem como propósito figurar o comportamento dos CP's em contato com a água e apresentados em condições climáticas de

precipitações (chuvas), lavagem ou algum outro fator que exponha os mesmos a condições de saturação de água.

Segundo Neville (2005), os corpos de prova devem apresentar um valor médio de absorção de água, esse valor deve estar entre o intervalo de $0\% \leq a \leq 6,2$ na qual não se admite valor médio individual maior de 6,2%. No caso de ter-se valor médio maior que 6,2% conforme o autor o corpo de prova fica com sua resistência a compressão comprometida, podendo assim o concreto causar danos às estruturas, segue abaixo a tabela 4 com os intervalos de absorção.

Tabela 4 – Intervalo de classificação da Absorção com 72h.

Classificação do concreto	Teor de absorção de água (a)
Durável – Alto desempenho	$\leq 4,2\%$
Convencional	$4,2\% \leq a \leq 6,2\%$
Deficiente	$\geq 6,2\%$

Fonte: (NEVILLE, 2005).

Para a realização do teste de absorção foi utilizado à máquina de secagem (estufa) FANEM ORION 515 – Modelo A-HT. Na qual de acordo com a norma ABNT NBR 9778:2009 a temperatura deve ser controlada entre 105 ± 5 °C.

4.7.1 ABSORÇÃO GERAL.

Na figura 24 e no quadro 25 foram demonstrados em âmbito geral as absorções encontradas nos 15 corpos de prova analisados, contendo massa saturada, massa seca e absorções médias encontradas.

Quadro 24 – Absorções gerais.

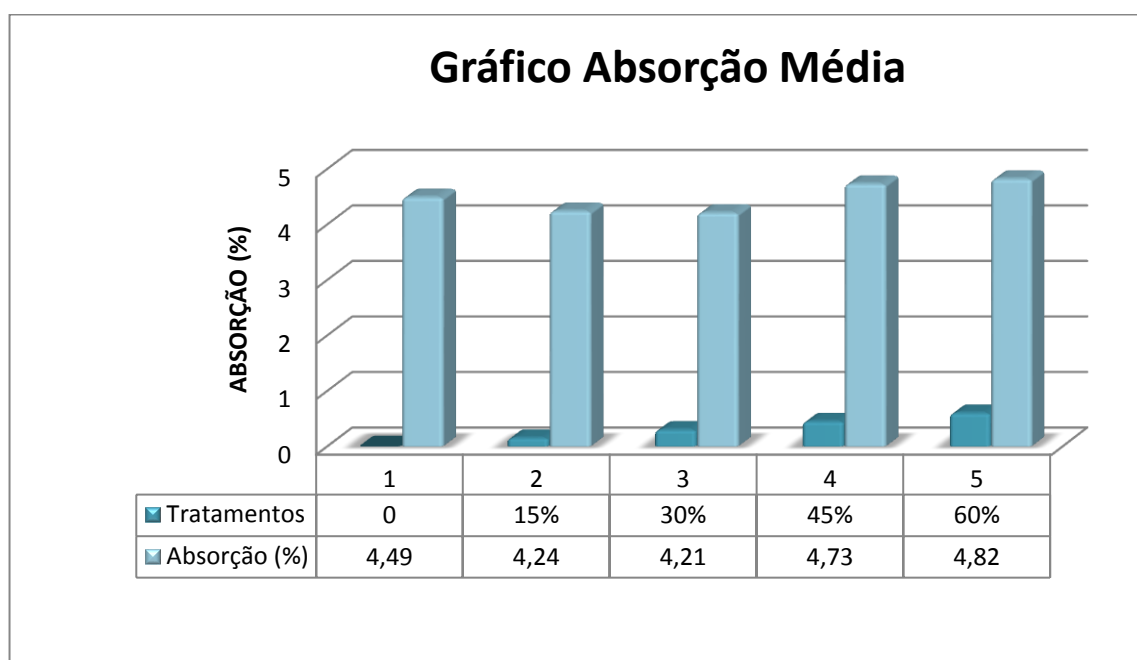
TRATAMENTOS	Nº de Amostras	Peso saturado médio (kg)	Peso seco médio (kg)	Absorção (%)	Valor recomendado ABNT NBR 9778:2009
Traço Referência	3	3,6819	3,5238	4,49	6,2%
15%	3	3,6542	3,5057	4,24	
30%	3	3,6779	3,5292	4,21	
45%	3	3,6421	3,4777	4,73	
60%	3	3,6530	3,4852	4,82	

Fonte: Autor (2019)

Notou-se que a substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado fez com que o concreto fosse menos permeável nas substituições de 15% e 30%, em relação ao traço de referência, ou seja, a substituição do graúdo em 15% e 30% fez com que a água penetre menos dentro do concreto, podendo prevenir assim, contra futuras patologias que a água pode trazer para o concreto estrutural, já as substituições de 45% e 60% ficaram mais permeáveis em relação ao traço de referência, porém ainda obtiveram um bom resultado se comparado ao limite estabelecido por (NEVILLE, 2005) de 6,2%, sendo assim um bom resultado.

A seguir tem-se o gráfico referente ao quadro 25 exposto anteriormente:

Figura 24 – Gráfico absorção média geral



Fonte: Autor (2019).

4.7.2 Absorção traço referência

Será demonstrado a seguir a massa dos três corpos de prova do traço referência utilizados para a determinação da absorção dos mesmos, tais como o desvio padrão, taxa de variação e a absorção dos corpos de prova em porcentagem.

Quadro 25 – Absorção traço referência.

TR						
	CP 1	CP 2	CP3	Sd (adm)	Tx. Var. (%)	Média
Massa Saturada (g)	3690,7	3685,0	3670,0	10,69	0,29	3681,9
Massa Seca (g)	3532,8	3518,0	3520,5	7,92	0,22	3523,8
Resultado Absorção (%)	4,47	4,75	4,25	-	-	4,49

Fonte: Autor (2019).

Conclui-se que a absorção do traço referência de 4,49% deu satisfatória, atendendo as especificações de (NEVILLE, 2005). Quanto à taxa de variação, a amostra classifica-se como uma amostra com baixa dispersão de dados, isso significa que os dados coletados/amostras são homogêneos.

4.7.3 Absorção traço com substituição de 15%

Será demonstrado a seguir a massa dos três corpos de prova com substituição de 15% do agregado gráudo natural por gráudo reciclado, utilizados para a determinação da absorção dos mesmos, tais como o desvio padrão, taxa de variação e a absorção dos corpos de prova em porcentagem.

Quadro 26 – Absorção traço referencia 15%

15%						
	CP 1	CP 2	CP3	Sd (adm)	Tx. Var. (%)	Média
Massa Saturada (g)	3656,7	3640,6	3665,3	12,54	0,34	3654,2
Massa Seca (g)	3519,4	3488,6	3509,1	15,68	0,45	3505,7
Resutado Absorção (%)	3,90	4,36	4,45	-	-	4,24

Fonte: Autor (2019).

Conclui-se que a absorção do traço com 15% de substituição deu satisfatória, atendendo a o limite estabelecido por (NEVILLE, 2005). Quanto à taxa de variação, a amostra classifica-se como uma amostra com baixa dispersão de dados, isso significa que os dados coletados/amostras são homogêneos.

4.7.4 Absorção traço com substituição de 30%

Será demonstrado a seguir a massa dos três corpos de prova com substituição de 30% do agregado gráudo natural por gráudo reciclado, utilizados para a determinação da absorção dos mesmos, tais como o desvio padrão, taxa de variação e a absorção dos corpos de prova em porcentagem.

Quadro 27 – Absorção traço referencia 30%

30%						
	CP 1	CP 2	CP3	Sd (adm)	Tx. Var. (%)	Média
Massa Saturada (g)	3705,2	3666,8	3661,6	23,81	0,65	3677,9
Massa Seca (g)	3558,4	3525,5	3503,6	27,58	0,78	3529,2
Resutado Absorção (%)	4,13	4,01	4,51	-	-	4,21

Fonte: Autor (2019).

Conclui-se que a absorção do traço com 30% de substituição deu satisfatória, atendendo as especificações de (NEVILLE, 2005). Quanto à taxa de variação, a amostra classifica-se como uma amostra com baixa dispersão de dados, isso significa que os dados coletados/amostras são homogêneos.

4.7.5 Absorção traço com substituição de 45%

Será demonstrado a seguir a massa dos três corpos de prova com substituição de 45% do agregado gráudo natural por gráudo reciclado, utilizados para a determinação da absorção dos mesmos, tais como o desvio padrão, taxa de variação e a absorção dos corpos de prova em porcentagem.

Quadro 28 – Absorção traço referencia 45%

45%						
	CP 1	CP 2	CP3	Sd (adm)	Tx. Var. (%)	Média
Massa Saturada (g)	3647,5	3640,2	3638,7	4,71	0,13	3642,1
Massa Seca (g)	3473,5	3493,5	3466,1	14,17	0,41	3477,7
Resutado Absorção (%)	5,01	4,20	4,98	-	-	4,73

Fonte: Autor (2019).

Conclui-se que a absorção do traço com 45% de substituição deu satisfatória, atendendo ao limite estabelecido por (NEVILLE, 2005). Quanto à taxa de variação, a amostra classifica-se como uma amostra com baixa dispersão de dados, isso significa que os dados coletados/amostras são homogêneos.

4.7.6 Absorção traço com substituição de 60%

Será demonstrado a seguir a massa dos três corpos de prova com substituição de 60% do agregado gráudo natural por gráudo reciclado, utilizados para a determinação da absorção dos mesmos, tais como o desvio padrão, taxa de variação e a absorção dos corpos de prova em porcentagem.

Quadro 29 – Absorção traço referencia 60%

60%						
	CP 1	CP 2	CP3	Sd (adm)	Tx. Var. (%)	Média
Massa Saturada (g)	3624,5	3671,1	3663,5	25,00	0,68	3653,0
Massa Seca (g)	3459,8	3510,3	3485,4	25,25	0,72	3485,2
Resutado Absorção (%)	4,76	4,58	5,11	-	-	4,82

Fonte: Autor (2019).

Conclui-se que a absorção do traço com 60% de substituição deu satisfatória, atendendo ao limite estabelecido por (NEVILLE, 2005). Quanto à taxa de variação, a amostra classifica-se como uma amostra com baixa dispersão de dados, isso significa que os dados coletados/amostras são homogêneos.

4.8 ANÁLISE DA DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA Á COMPRESSÃO

Os ensaios realizados para determinação da resistência à compressão foram feitos com quatro idades distintas, idealizadas assim para analisarmos como trabalha a resistência do concreto com o passar dos dias. As quatro idades foram: 3 dias, 7 dias, 14 dias e 28 dias. Segundo dita a ABNT NBR 6118:2014 para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II, deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias.

O ensaio foi realizado no laboratório da CEULP/ULBRA na qual foi utilizada a prensa de compressão EMIC PC 200, como segue a figura 25.

Para a realização de tal ensaio foram fabricados 3 (três) corpos de prova de concreto para cada tipo de tratamento, totalizando 12 CP's para cada idade e 60 corpos de prova para o teste de compressão axial. Os resultados médios obtidos no estudo serão demonstrados a seguir.

Figura 25 – Prensa EMIC



Fonte: Autor (2019).

A seguir será demonstrado através de gráfico e tabela o resumo das cargas de rupturas e idades dos 60 (sessenta) corpos de prova ensaiados. O gráfico é comparativo, onde, através dele, será possível ter uma noção de ganho de resistência conforme as idades, além, claro, de analisar as diferenciações de resistência à compressão conforme a substituição do agregado graúdo natural por agregado reciclado utilizado no concreto.

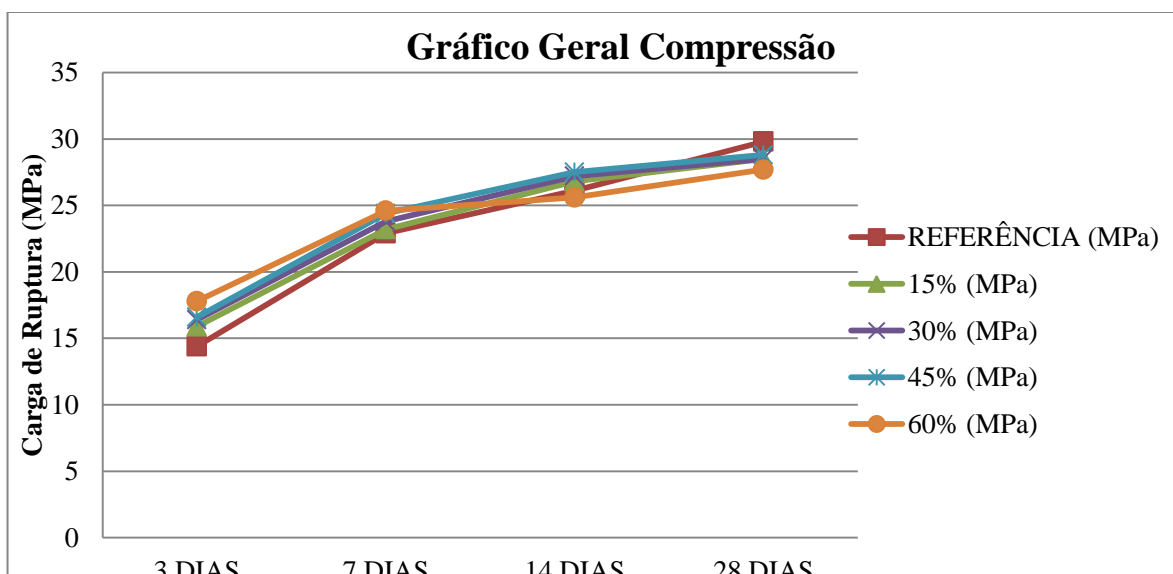
Quadro 30 – Quadro geral resistência à compressão

TEORES/IDADES	3 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	28 DIAS
REFERÊNCIA (MPa)	14,4	22,9	26,1	29,8
15% (MPa)	15,9	23,2	26,8	28,5
30% (MPa)	16,4	23,8	27,2	28,5
45% (MPa)	16,6	24,4	27,5	28,8
60% (MPa)	17,8	24,6	25,6	27,7

Fonte: Autor (2019).

Percebe-se que, como o cimento utilizado é CP II, o patamar de resistência mais elevada vem ao longo dos dias e não nos primeiros dias de cura como acontece com o cimento CP V ARI.

Figura 26: Gráfico geral de compressão



Fonte: Autor (2019).

Nota-se através da figura 26 que o teor que ficou mais estático, ou seja, aquele que não houve tanta variação de resistência conforme as idades foi o traço de 60%. O que houve mais disparidade entre a resistência aos 3 dias e a resistência aos 28 dias foi o traço de referência, com uma diferença de aproximadamente 15,4 MPa seguido pelo traço de 15% com 12,6 MPa.

Nos tópicos abaixo serão demonstrados os resultados de cada teor ensaiado (traço referência, 15%, 30%, 45% e 60%). Valores apresentados serão:

- Carga de ruptura (MPa)
- N° de amostras ensaiadas
- Desvio padrão (Sd)
- Coeficiente de variação (%)
- Gráfico representativo (coluna)
- Gráfico representativo (linha)

4.8.1 ENSAIO DE COMPRESSÃO AXIAL DO TRAÇO REFERÊNCIA

Serão demonstrados a seguir os ensaios realizados com os corpos de prova sem substituição do agregado graúdo (traço de referência), tais como serão demonstrados os gráficos de compressão.

Quadro 31 – Compressão axial traço referência

IDADES	N° DE AMOSTRAS	CARGA DE RUPTURA MÉDIA	DESVIO PADRÃO (Sd)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
3 dias	3	14,4	1	6,94
7 dias	3	22,9	0,53	2,31
14 dias	3	26,1	1,06	4,05
28 dias	3	29,8	0,42	1,40

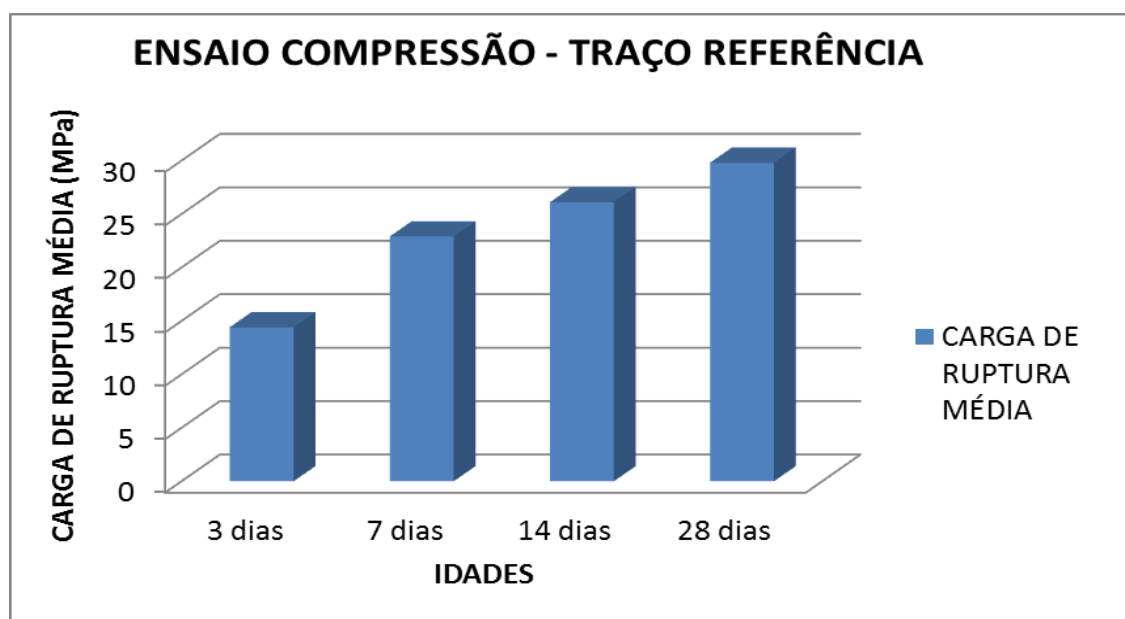
Fonte: Autor (2019).

Avalia-se que o coeficiente de variação se manteve abaixo de 15%, ou seja, os dados podem ser considerados homogêneos e de baixa dispersão. Assim podemos concluir que este ensaio foi satisfatório, tendo em vista que a norma ABNT NBR 6118:2014 dita que para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II,

deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias, e no objeto deste estudo chegou-se a 29,8 MPa, portanto, os corpos de prova estão de acordo com o que a devida norma dita.

A seguir será demonstrado nas figuras gráficos para melhor visualização dos dados adquiridos.

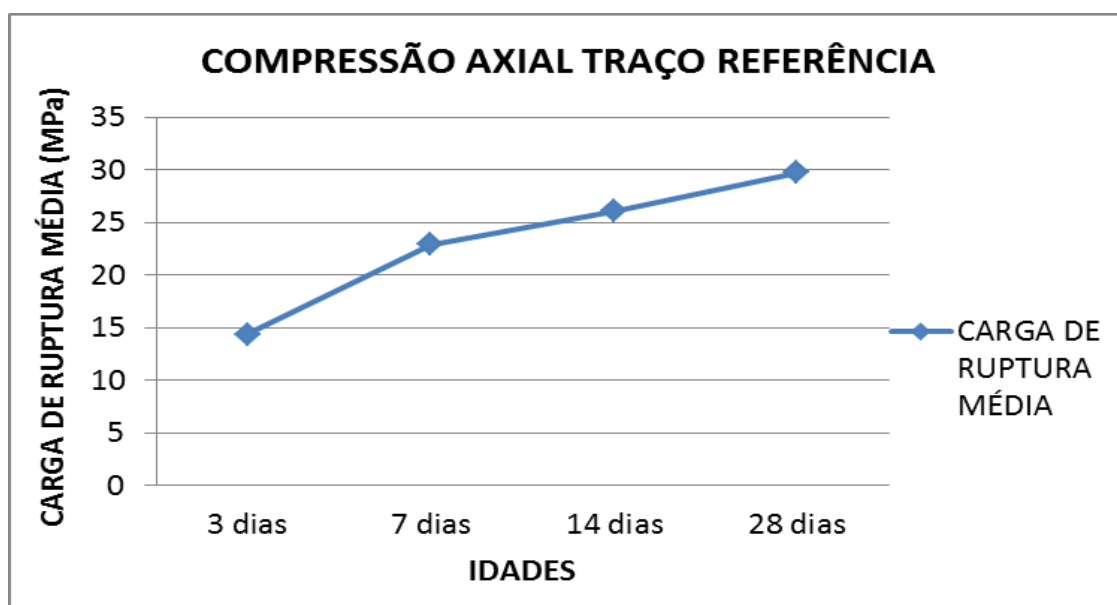
Figura 27 – Gráfico comparativo traço referência



Fonte: Autor (2019).

O gráfico a cima demonstra claramente que com o passar dos dias os corpos de prova ganharam resistência, isso deve-se, principalmente as características do cimento. A figura a seguir demonstrará outra perspectiva para o ensaio do traço de referência.

Figura 28 – Gráfico traço referência



Fonte: Autor (2019).

4.8.2 Ensaio de Compressão axial do traço de 15%

Serão demonstrados a seguir os ensaios realizados com os corpos de prova com substituição do agregado graúdo em 15%, tais como serão demonstrados os gráficos de compressão.

Quadro 32 – Compressão axial traço com 15%

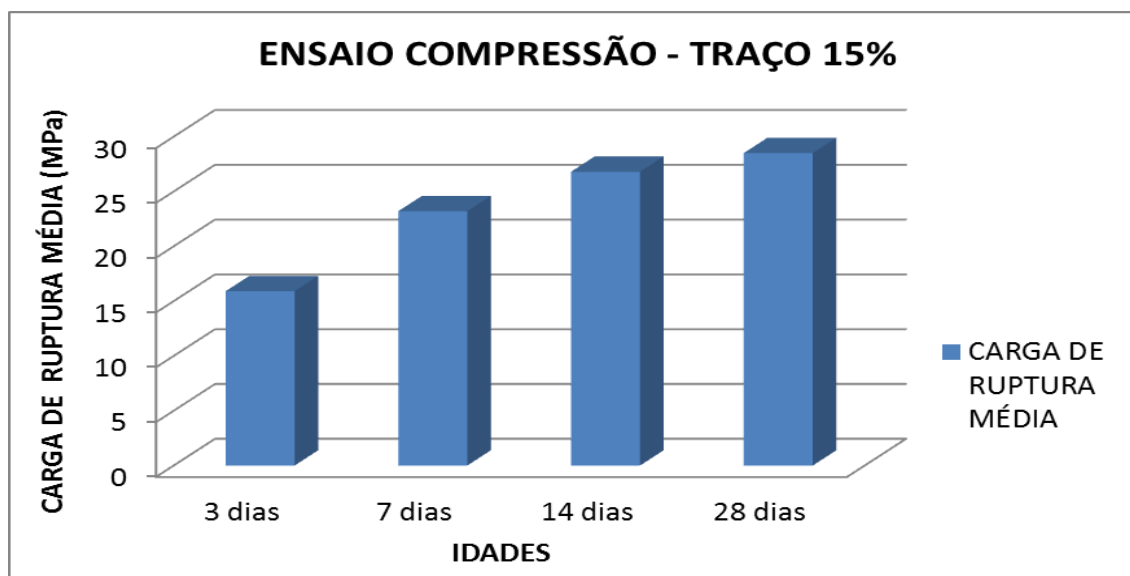
IDADES	Nº DE AMOSTRAS	CARGA DE RUPTURA MÉDIA	DESVIO PADRÃO (Sd)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
3 dias	3	15,9	0,73	4,62
7 dias	3	23,2	0,79	3,39
14 dias	3	26,8	0,26	0,98
28 dias	3	28,5	0,20	0,70

Fonte: Autor (2019).

Avalia-se que o coeficiente de variação se manteve abaixo de 15%, ou seja, os dados podem ser considerados homogêneos e de baixa dispersão. Assim podemos concluir que este ensaio foi satisfatório, tendo em vista que a norma ABNT NBR 6118:2014 dita que para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II, deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias, e no objeto deste estudo chegou-se a 28,5 MPa, portanto, os corpos de prova estão de acordo com o que a devida norma dita.

A seguir será demonstrado nas figuras gráficos para melhor visualização dos dados adquiridos.

Figura 29 – Gráfico comparativo traço 15%

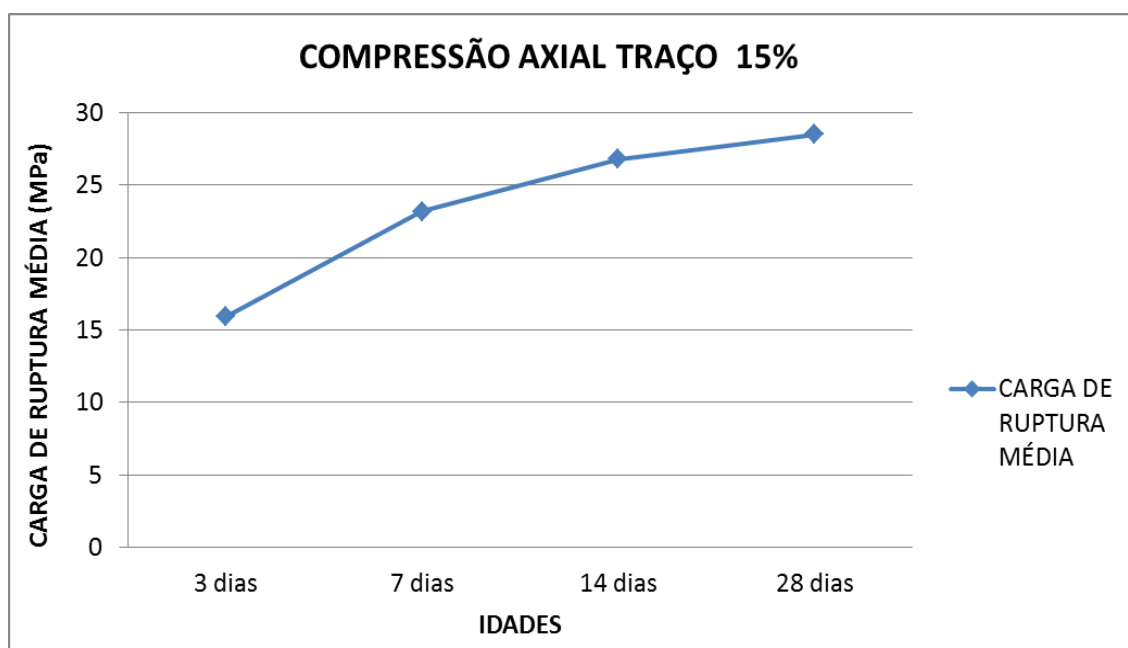


Fonte: Autor (2019).

O gráfico a cima, diferente das amostras do traço referência que com o passar dos dias os corpos de prova foram ganhando resistência gradativamente, demonstra que dos 3 dias aos 7 dias de cura houve um grande ganho de resistência, dos 7 dias de cura aos 14 dias o traço teve um leve ganho de desempenho, todavia o ganho de resistência dos 14 dias de cura aos 28 dias foi o menor ganho de resistência desse traço.

A figura a seguir demonstrará outra perspectiva para o ensaio a compressão do traço de 15% de substituição do agregado graúdo.

Figura 30 – Gráfico traço 15%



Fonte: Autor (2019).

4.8.3 Ensaio de Compressão axial do traço de 30%

A seguir serão demonstrados os ensaios realizados com os corpos de prova com substituição do agregado graúdo em 30%, tais como serão demonstrados os gráficos de compressão.

Quadro 33 – Compressão axial traço com 30%

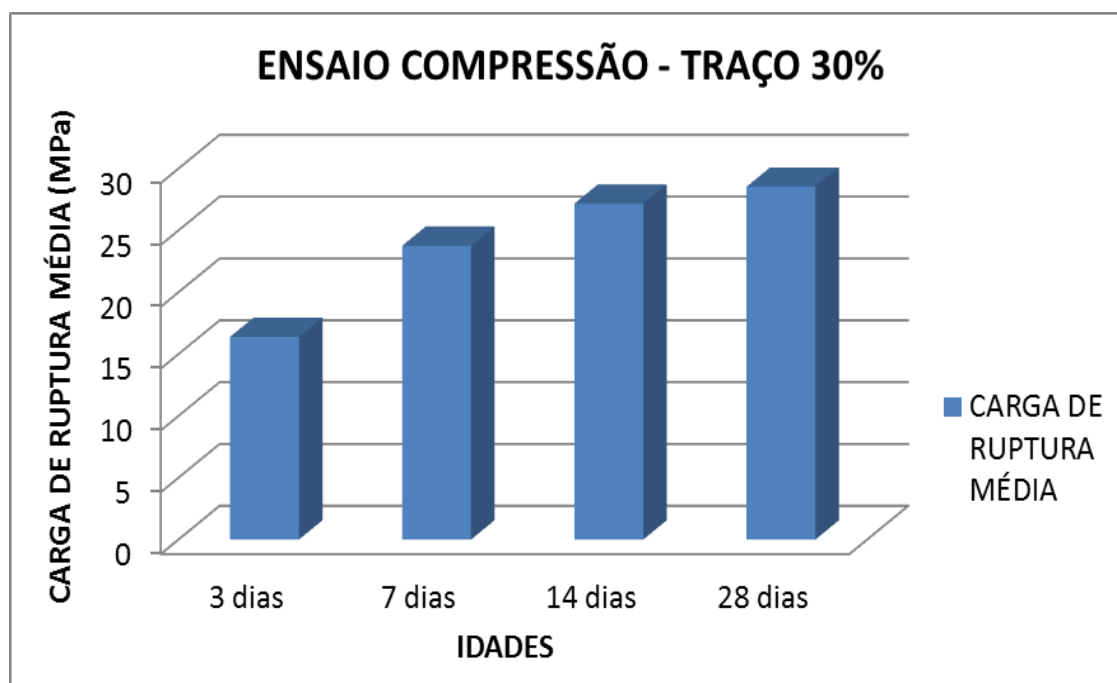
IDADES	Nº DE AMOSTRAS	CARGA DE RUPTURA MÉDIA	DESVIO PADRÃO (Sd)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
3 dias	3	16,4	1,71	10,40
7 dias	3	23,8	0,25	1,06
14 dias	3	27,2	0,42	1,53
28 dias	3	28,5	0,50	1,76

Fonte: Autor (2019).

Avalia-se que o coeficiente de variação se manteve abaixo de 15%, ou seja, os dados podem ser considerados homogêneos e de baixa dispersão. Assim podemos concluir que este ensaio foi satisfatório, tendo em vista que a norma ABNT NBR 6118:2014 dita que para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II, deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias, e no objeto deste estudo chegou-se a 28,5 MPa, portanto, os corpos de prova estão de acordo com o que a devida norma dita.

A seguir será demonstrado nas figuras gráficas para melhor visualização dos dados adquiridos.

Figura 31 – Gráfico comparativo traço 30%

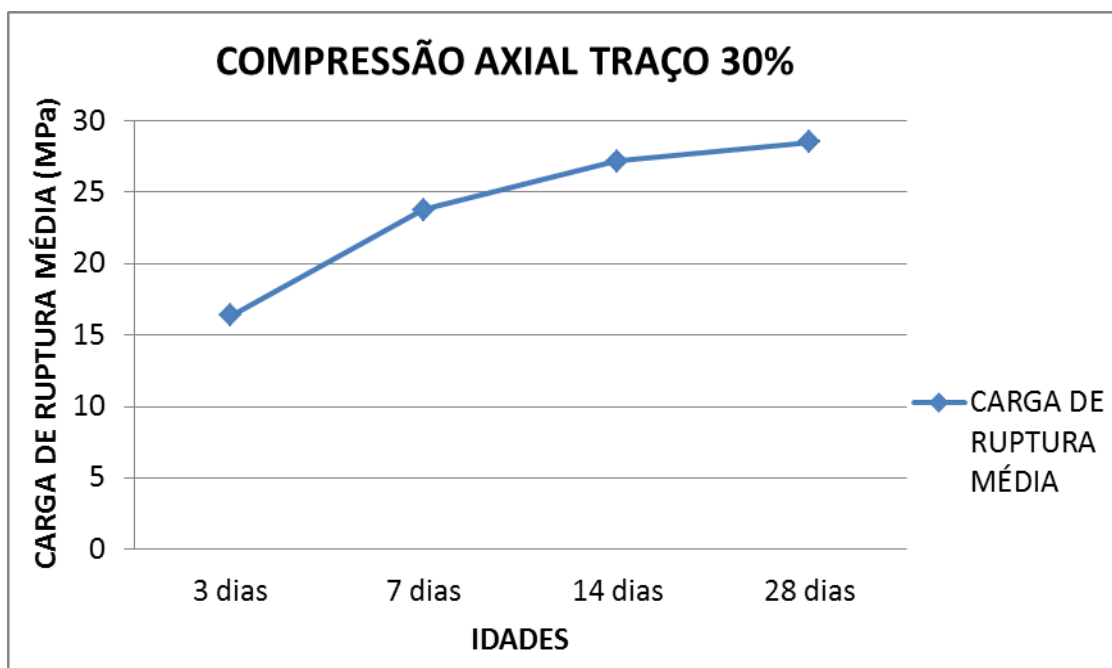


Fonte: Autor (2019).

O gráfico a cima, assim como no traço referência mostrou-se constante no ganho de resistência, sendo que o maior ganho de resistência deu-se dos 3 dias aos 7 dias, dos 7 dias aos 28 dias o ganho de resistência se mostrou constante. Isso indica que pelo crescimento da resistência, esse traço de 30% de substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de postes de energia elétrica teve uma moldagem e um adensamento bastante próximo do efetuado no traço de referência tendo em vista que seus crescimentos de resistência se assemelham bastante.

A figura a seguir demonstrará outra perspectiva para o ensaio a compressão do traço de 30% de substituição do agregado graúdo.

Figura 32 – Gráfico traço 30%



Fonte: Autor (2019).

4.8.4 Ensaio de Compressão axial do traço de 45%

A seguir serão demonstrados os ensaios realizados com os corpos de prova com substituição do agregado graúdo em 45%, tais como serão demonstrados os gráficos de compressão.

Quadro 34 – Compressão axial traço com 45%

IDADES	Nº DE AMOSTRAS	CARGA DE RUPTURA MÉDIA	DESVIO PADRÃO (Sd)	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)
3 dias	3	16,6	1,10	6,59
7 dias	3	24,4	0,60	2,47
14 dias	3	27,5	0,51	1,87
28 dias	3	28,8	0,30	1,04

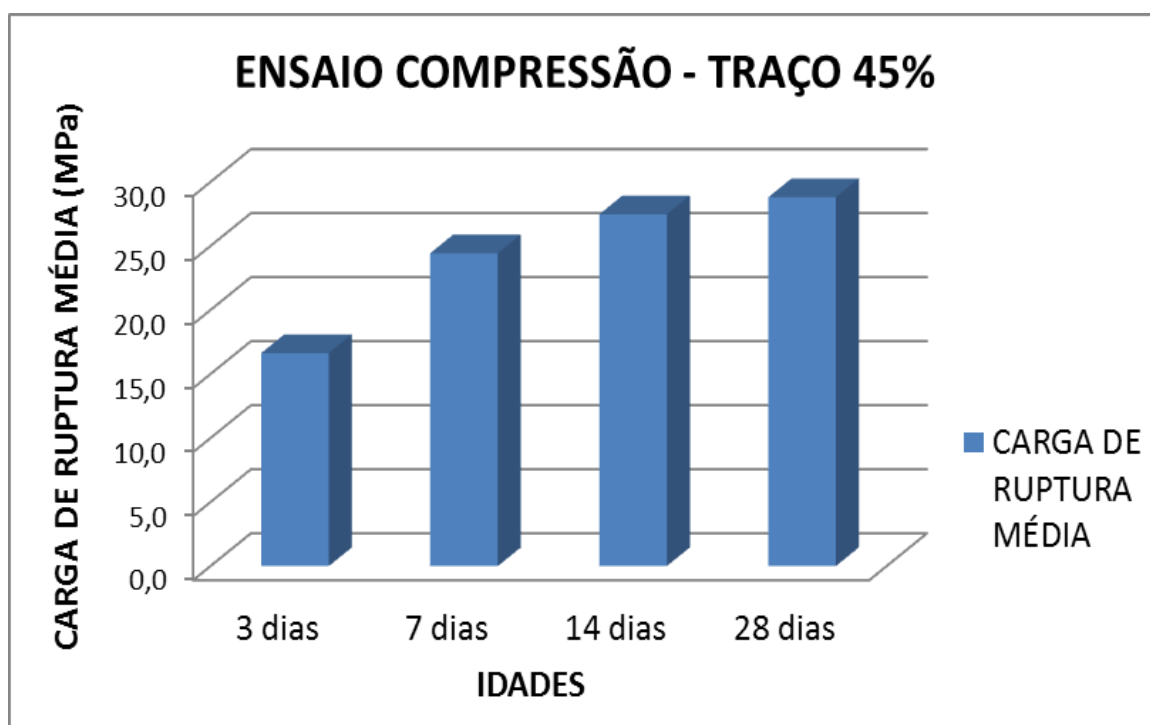
Fonte: Autor (2019).

Avalia-se que o coeficiente de variação se manteve abaixo de 15%, ou seja, os dados podem ser considerados homogêneos e de baixa dispersão. Assim podemos concluir que este ensaio foi satisfatório, tendo em vista que a norma ABNT NBR 6118:2014 dita que para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II, deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias, e no objeto deste estudo

chegou-se a 28,8 MPa, portanto, os corpos de prova estão de acordo com o que a devida norma dita.

A seguir será demonstrado nas figuras gráficos para melhor visualização dos dados adquiridos.

Figura 33 – Gráfico comparativo traço 45%



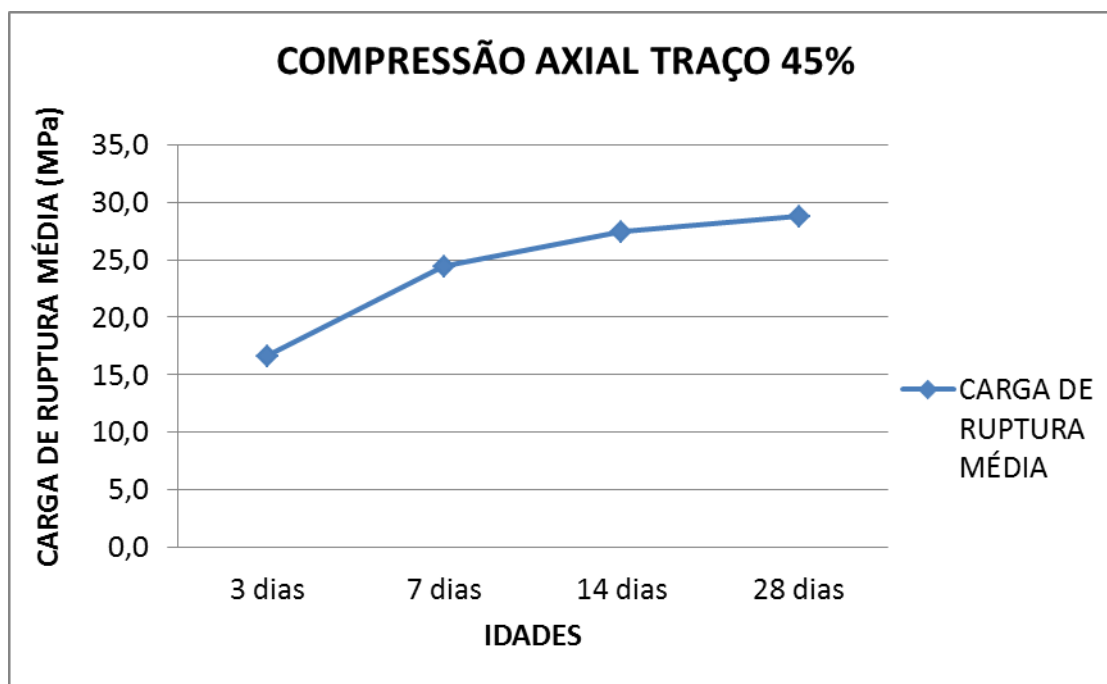
Fonte: Autor (2019).

O gráfico a cima, mostra que, esse traço de 45% de substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de poste de energia elétrica teve seu maior ganho de resistência dos 3 dias aos 7 dias como mostra o gráfico a cima, surpreendentemente nesse traço de 45% o esperado era que a resistência aos 28 dias de cura úmida fosse menor que a resistência do traço de 30% de substituição do agregado graúdo, mais pelo contrário o traço de 45% aumentou um pouco mais a resistência a compressão.

Provavelmente esse fato a cima citado deve-se a origem do resíduo utilizado nessa pesquisa, o resíduo utilizado nesse projeto foi proveniente de postes de concreto de energia elétrica esses postes foram fabricados com brita, e seu adensamento foi feito através de centrifuga própria para sua fabricação o que explica a auto resistência que o RCC obteve nesse ensaio.

A figura a seguir demonstrará outra perspectiva para o ensaio a compressão do traço de 45% de substituição do agregado graúdo.

Figura 34 – Gráfico traço 45%



Fonte: Autor (2019).

4.8.5 Ensaio de Compressão axial do traço de 60%

A seguir estão demonstrados os ensaios realizados com os corpos de prova com substituição do agregado graúdo em 60%, tais como serão demonstrados os gráficos de compressão.

Quadro 35 – Compressão axial traço com 60%

IDADES	Nº DE AMOSTRAS	CARGA DE RUPTURA MÉDIA	DESVIO PADRÃO (Sd)	COEFICIENTE DE VARIÇÃO (%)
3 dias	3	17,8	0,32	1,80
7 dias	3	24,6	0,60	2,45
14 dias	3	25,6	0,81	3,19
28 dias	3	27,7	0,35	1,27

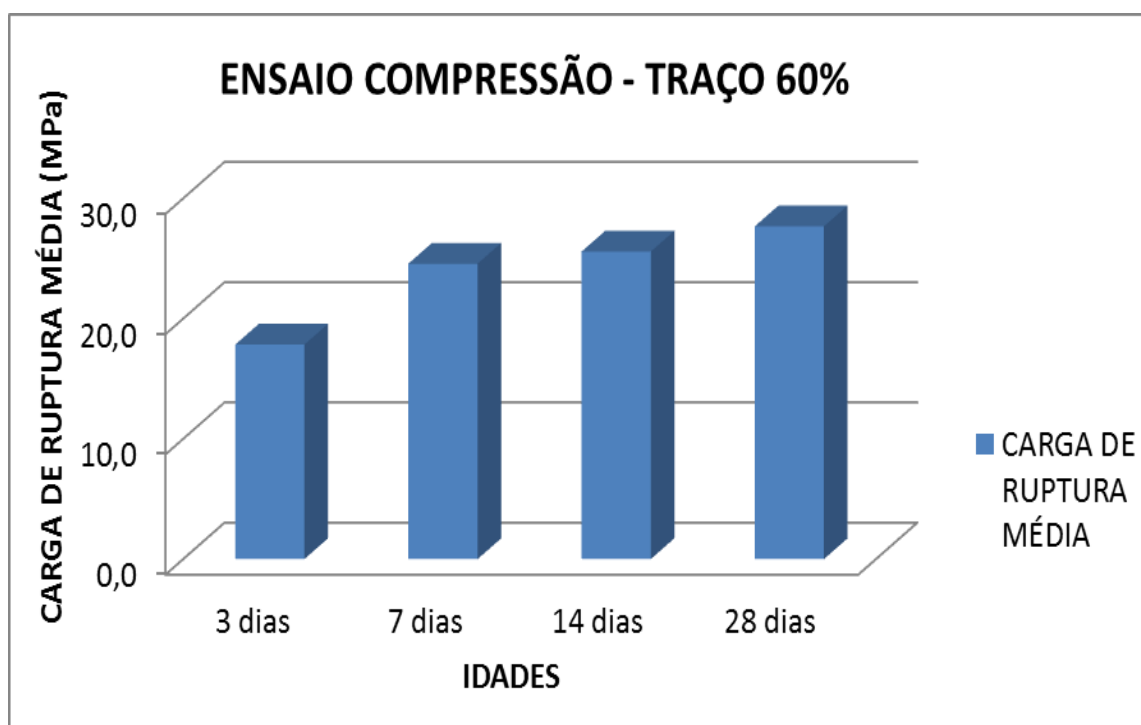
Fonte: Autor (2019).

Avalia-se que o coeficiente de variação se manteve abaixo de 15%, ou seja, os dados podem ser considerados homogêneos e de baixa dispersão. Assim podemos concluir que este ensaio foi satisfatório, tendo em vista que a norma ABNT NBR 6118:2014 dita que para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II, deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias, e no objeto deste estudo

chegou-se a 27,7 MPa, portanto, os corpos de prova estão de acordo com o que a devida norma dita.

A seguir será demonstrado nas figuras gráficos para melhor visualização dos dados adquiridos.

Figura 35 – Gráfico comparativo traço 60%



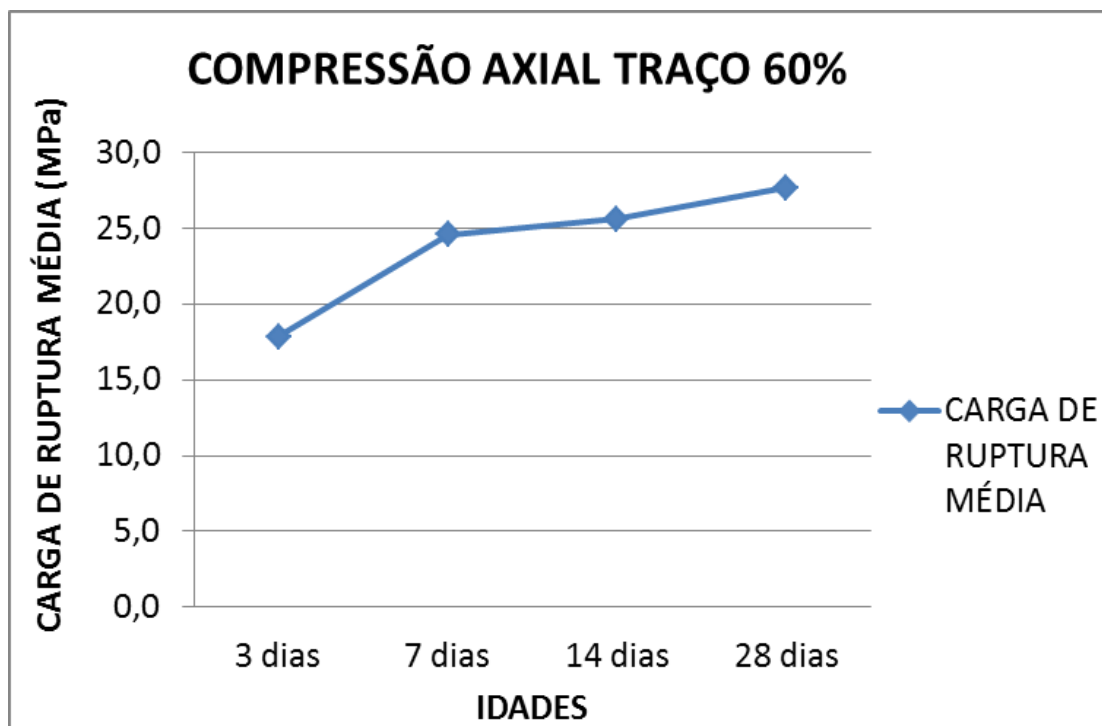
Fonte: Autor (2019).

O gráfico a cima, mostra que, esse traço de 60% de substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de poste de energia elétrica teve seu maior ganho de resistência dos 3 dias aos 7 dias como mostra o gráfico a cima, surpreendentemente esse traço foi o que teve a maior resistência dos 3 dias aos 7 dias, porem também teve o pior ganho de resistência dos 7 dias aos 28 dias.

No geral o traço com 60% de substituição do agregado graúdo natural por graúdo reciclado teve o pior resultado de resistência a compressão aos 28 dias, porem o resultado ainda deu a cima da resistência esperada que era de 25 MPa, essa queda na resistência provavelmente deve-se ao concreto com 60% de substituição ter sido o mais poroso dentre todos os concretos estudados nessa pesquisa, como podemos ver no item 4.7.1 que mostra que esse traço de concreto foi o que mais absorveu água cerca de 4,82% , isso mostra que esse foi o concreto mais poroso.

A figura a seguir demonstrará outra perspectiva para o ensaio a compressão do traço de 45% de substituição do agregado graúdo.

Figura 36 – Gráfico traço 60%



Fonte: Autor (2019).

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos seguiram em suma maioria, conforme as normas vigentes. Para absorção e compressão aos 28 dias, os corpos de prova trabalharam conforme a norma ABNT NBR 9778:2009 para absorção, tendo todos uma absorção igual ou inferior a 6,2%, e resistência à compressão axial maior ou igual a 25 MPa aos 28 dias segundo a norma ABNT NBR 6118:2014 que dita que para o concreto ser classificado como concreto estrutural para ambiente urbano de classe II, deve-se atender a uma resistência mínima de 25 MPa aos 28 dias. Conclui-se que no quesito resistência e absorção a substituição parcial do agregado gráúdo natural por agregado gráúdo reciclado de postes de energia elétrica é viável.

Comparando os corpos de prova ensaiados a compressão axial aos 28 dias contendo substituição de 60% em relação ao agregado gráúdo, com os corpos de prova do traço referência, também aos 28 dias, houve uma pequena piora no desempenho do concreto de 7,05%. Com relação à absorção, comparando o traço referência com o traço de 60% de substituição do gráúdo, houve um aumento na absorção de 0,33%, ou seja, houve um acréscimo total de 7,35%. Mesmo assim, o concreto com 60% de substituição do gráúdo ainda superou o mínimo estabelecido no estudo que foi de 25 MPa de resistência a compressão, com relação a sua absorção concluímos que o concreto de 60% de substituição ficou classificado como concreto convencional quanto a sua absorção, ou seja, atingiu o objetivo estabelecido na pesquisa.

Quanto às inspeções visuais e análise dimensional tiveram-se resultados ótimos, tendo em vista que os corpos de prova não continham rebarbas, nem quebras e/ou trincas, e as suas dimensões estavam todas de acordo com a ABNT NBR 5738:2015.

Conclui-se então que a substituição do agregado gráúdo natural pelo agregado gráúdo reciclado de poste de energia elétrica pode ser vantajosa para economizar na compra do material, e principalmente para a preservação do meio ambiente tendo em vista que essa é uma prática sustentável, que não só ajudaria a diminuir a exploração de jazidas de agregados como também ajudaria a diminuir a poluição visual e residual do meio ambiente. E considerando os teores adotados nesse trabalho, o teor mais indicado para aplicação do agregado reciclado de poste de energia em um concreto estrutural de 25 MPa tendo em vista apenas a resistência a compressão, seria o teor de substituição de 45% do gráúdo, tendo em vista que este foi o teor que teve a maior resistência a compressão depois do traço de referência.

Porem tendo em vista que o traço com o teor de substituição de 60% também obteve resistência maior que a mínima estabelecido nesse estudo que e de 25 MPa, podemos dizer que esse traço seria o mais indicado para uma maior economia, sendo essa economia 15% maior em relação ao traço de 45% de substituição, em relação a preservação do meio ambiente o teor mais indicado também seria o de 60% de substituição tendo em vista que esse teor de substituição seria o que traria a maior preservação das jazidas de agregados.

Sugere-se então para pesquisas futuras que mais teores possam ser testados e outras dosagens de concreto possam ser feitas para confirmar o teor e traço ideal para a substituição do agregado graúdo natural por agregado graúdo reciclado de postes de energia. Outro ponto que pode ser sugerido é realização de estudos para substituir o agregado miúdo natural por agregado miúdo reciclado de poste de energia, essa sugestão e bem pertinente tendo em vista que no processo de britagem do poste geraram-se bastantes finos, que para esse estudo não foram utilizados. Por fim podemos sugerir também que usem outros tipos de materiais como, por exemplo, peças pré-moldadas de concreto danificadas, corpos de provas descartados do laboratório de estruturas e outros tipos de resíduos.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Cálculos e valores da dosagem Dados:

Onde:

Fck	Feature Compression Know
Fcj	Resistencia a compressão do concreto
MPa	Mega Pascoal
Va	Volume absoluto de areia
C	Consumo de cimento
Cb	Consumo de brita
Cw	Consumo de água
Pc	Massa específica do cimento
Pb	Massa específica da brita
Pa	Massa específica da areia
Sd	Desvio Padrão

Modulo de Finura areia: 2,69

Fck: 25 MPa

Sd: 4 Mpa

$\gamma_c = 3150 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_a = 2690 \text{ kg/m}^3$

$\delta_a = 1554,4 \text{ kg/m}^3$

$\gamma_b = 2670 \text{ kg/m}^3$

$\delta_b = 1407,2 \text{ kg/m}^3$

$\phi_{\max} = 19 \text{ mm}$

1º Passo – Abatimento

$10 \pm 20 \text{ mm}$

2º Passo – Diâmetro máximo característico Ag. Graúdo:

$\phi_{\max} = 19 \text{ mm}$

3º Passo – Consumo de água e teor de ar

$H_2O = 205,0 \text{ L/m}^3$; ar = 2,0 %

4º Passo – Relação a/c

$$f_{c,j} = f_{ck} + 1,65 \times s_d \quad (1)$$

$$\therefore f_{c,j} = 31,6 \text{ Mpa} \therefore a/c \approx 0,52$$

5º Passo – Consumo de Cimento

$$CC = \frac{H_2O}{a/c} \quad (2)$$

$$\therefore CC = 394,23 \text{ Kg/m}^3.$$

6º Passo – Consumo de Agregado Graúdo

$$0,63 \times \delta_b \quad (3)$$

$$\therefore M_b = 886,54 \text{ Kg/m}^3$$

7º Passo – Teor de Areia

$$1 \text{ m}^3 \text{ de concreto} = V_c + V_b + V_a + V_{H_2O} \quad (4)$$

$$V_a = 1 - (V_c + V_b + V_{H_2O} + V_{ar}) \therefore M_a = 855,42 \text{ Kg/m}^3$$

Traço em Massa REF (kg/m³)

394,23: 855,42: 886,54: 205

Traço Unitário REF

1 : 2,17 : 2,25 : a/c \approx 0,52

Traço volumetrico REF

1: 2,0 : 2,29 : 0,74

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGULO,. **Variabilidade de Agregados Graúdos de Resíduos de Construção e Demolição Reciclados**. Mestrado(Mestrado em Engenharia Civil)Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 148. 2000.

AZEVEDO, Felipe; MARTINS, Romulo; PARANAIBA, Nathalia; OLIVO, Jaqueline. **AGREGADOS MIÚDOS: A importância dos agregados miúdos no controle tecnológico do concreto**. Revista Conexão Eletrônica. Três Lagoas. v.14. p. 2079-2086. 2017.

ALMEIDA, Vânia Machado (Ed.). **Tempestades derrubam mais de 100 postes no Tocantins**. Disponível em: <<https://www.jornaldotocantins.com.br/editorias/vida-urbana/tempestades-derrubam-mais-de-100-postes-no-tocantins-1.1918166>>. Acesso em: 22 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:1993 :Materiais de Pedra e Agregados Naturais**. Rio de Janeiro, p. 4. 1993.

_____. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (nº200). Rio de Janeiro, 1991.

_____. **NBR NM 65**: Cimento Portland – Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo – Determinação da massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR NM 248:** Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7211:** Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT NBR 5738:2015 (Rio de Janeiro). **Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** 2015. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

ABNT NBR 6118:2014 (Rio de Janeiro). **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.** 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

ABNT NBR 9778:2009 (Rio de Janeiro - Rj). **Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica.** 2009. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>. Acesso em: 22 set. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:2004^a: Classificação de Resíduos Sólidos:critério de riscos potenciais ao meio ambiente em três níveis.** Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211:2005: Agregados para concreto: Especificação.** Rio de Janeiro, p. 11. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935:2011 : Agregados: Terminologia.** Rio de Janeiro, p. 12. 2015.

BAUER, Falcão. **Materiais de construção.** 5. ed. v.1. Uberlândia, MG. LTC. Disponível em:<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAhSswAG/materiais-construcao-falcao-bauer-vol-1-5-ed-p-25>>. Acesso em 09 set. 2018.

BARROS, R. A história do saneamento básico na Idade Antiga, 03 Dezembro 2014.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007. **Saneamento Básico**, Brasília, DF, 05 Jan 2007. 19.

BUTTLER,. **Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto : influência da idade de reciclagem nas propriedades dos agregados e concretos reciclados**. Mestrado(Mestrado em Engenharia de Estruturas)Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. [S.l.], p. 220. 2003.

CABRAL, A. E. B. **Modelagem de Propriedades Mecânicas e de Durabilidade de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados, Considerando-se a Variabilidade da Composição do Rcd**. Doutorado(Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental)Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, p. 248. 2007.

CONAMA. Conama 307/2002 Resolução nº 348, de 5 de jul. de 2002. **Classificação dos resíduos em quatro categorias**, Brasília,DF, jul 2002.

DE SÁ, A. J. M. **AGREGADOS GRAÚDOS RECICLADOS DE CONCRETO – UMA OPÇÃO PARA USO EM DOSAGENS ESTRUTURAIS**. Mestrado (Mestrado em Engenharia de Processos)PPGEP ITEC. Belém, p. 81. 2016.

DIAS PIMENTA, HANDSON CLÁUDIO; RUZO MACÊDO TORRES, FELIPE; SILVA RODRIGUES, BERNADO; MARTINS DA ROCHA JÚNIOR, JOSEBERG. O ESGOTO: A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO E AS. **abepro.org.br**, 23 Outubro 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR104_0458.pdf>.

FERREIRA, L. M. M., 2007, **Betões estruturais com incorporação de agregados grossos reciclados de betão. Influência da pré-saturação**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

GOVERNO DO BRASIL. **Site do Governo do Brasil**, 19 Maio 2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2018/03/por-que-o-saneamento-basico-e-tao-importante-para-as-cidades>>.

HOOD, R. D. S. S. **Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação**. Mestrado(Mestrado em Engenharia)Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 149. 2006.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**. Título de Livre Docente(Título de Livre Docente em Engenharia Civil)Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 89. 2000.

LIMBACHIYA, C.; LEELAWAT, T.; DHIR, K. Use of recycled concrete aggregate in high-strength concrete. **TECHNICAL REPORTS**, Scotland, v. 33, p. 574 - 580, 25 February 2000.

MÁLIA, M.; DE BRITO, J.; BRAVO, M. Indicadores de Resíduos de Construção e Demolição para Construções Residenciais Novas. **Revista Ambiente Construído** , Porto Alegre, v. 11, p. 117-130, Julho 2011.

MEHTA, K.; MONTEIRO, J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 1994. 573 p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. **IBRACON**, São Paulo, p. 674, 2008.

NETO, J. L. D. C.; PARENTE, D. C.; AMARAL, D. E. VIABILIDADE TÉCNICA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE POSTES COMO AGREGADO GRAÚDO NA CONSTITUIÇÃO DE CONCRETO PARA FINS ESTRUTURAIIS. **IBRACON**, São Paulo-SP, n. 59, p. 14, Outubro-Novembro 2017.

NETO, L.. Mais de 600 postes de energia são danificados por acidentes de trânsito em 2018 em MT e prejuízo passa de R\$ 3 milhões. **g1.globo.com**, 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2018/09/05/mais-de-600-postes-de-energia-sao-danificados-por-acidentes-de-transito-em-2018-em-mt-e-prejuizo-passa-de-r-3-milhoes.ghtml>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

NEVILLE,. **Propriedades do Concreto**. São Paulo: Pini Ltda, 2005. 2866 p.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1997. 828 p.

NUNES , F. W. D. G. **RESISTÊNCIA E MÓDULO DE ELASTICIDADE DE CONCRETOS USADOS NO RIO DE JANEIRO**. Mestrado(Mestrado em Ciências em Engenharia Civil)UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro, p. 105. 2005.

OLIVEIRA, M. B.; VAZQUEZ, E., 1996, **The influence of retained moisture in aggregates from recycling on the properties of new hardened concrete**. Waste Management. v.13, n. 1-3, p.113-117.

PADOVAN, R. G. **Influência da pré-molhagem nas propriedades de concretos produzidos com agregado reciclado de concreto**. Mestrado(Mestrado em Engenharia Civil) Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. São Leopoldo, p. 154. 2013.

SOKOLOVICZ, B. C. **MICROESTRUTURA E DURABILIDADE A CLORETOS DE PROTÓTIPOS DE CONCRETO COM CINZA DE CASCA DE ARROZ COM E SEM MOAGEM PRÉVIA**. Mestrado(Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Maria - (UFSM/RS). Santa Maria, p. 154. 2013.

SÃO PAULO - SP. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **. Método de Dosagem ABCP - ACI**. 1936. Disponível em: <<https://abcp.org.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

SOUZA, J. A. D. S. **Estudo e Avaliação do Uso de Resíduos do Processo Bayer como Matéria-Prima na Produção de Agregados Sintéticos para a Construção Civil**. Doutorado(Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais)Universidade Federal do Pará. Belém. 2010.

TSENG,. **Reciclagem total de pavimentos de concreto como agregados para a construção novos pavimentos de concreto: O caso do rodoanel metropolitano Mário Covas**. Mestrado(Mestrado em Engenharia de Transportes)Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 2017. 2010.

[↓ Exportar relatório](#)
[Referências ABNT](#)
[Visualizar ▾](#)

2019-2 TCC2 THAUÃ NABUT CARVALHO FLORES.docx (05/12/2019):

Documentos candidatos

[scielo.br/scielo.php... \[2,08%\]](#)
[studentosmxz.myq-see... \[0,85%\]](#)
[redacaofcnf.duckdns... \[0,83%\]](#)
[redacaousj.duckdns... \[0,81%\]](#)
[tecnosilbr.com.br/ag... \[0,67%\]](#)
[bibliodigital.unijui... \[0,45%\]](#)
[repositorio.ufsc.br/... \[0,28%\]](#)
[portaldococonreto.com... \[0,2%\]](#)
[biblioteca.fsp.usp.b... \[0%\]](#)

Arquivo de entrada: 2019-2 TCC2 THAUÃ NABUT CARVALHO FLORES.docx (11441 termos)

Arquivo encontrado		Total de termos	Termos comuns	Similaridade (%)
scielo.br/scielo.php...	Visualizar	3440	304	2,08
studentosmxz.myq-see...	Visualizar	1069	106	0,85
redacaofcnf.duckdns...	Visualizar	1376	106	0,83
redacaousj.duckdns...	Visualizar	1583	105	0,81
tecnosilbr.com.br/ag...	Visualizar	1354	86	0,67
bibliodigital.unijui...	Visualizar	341	53	0,45
repositorio.ufsc.br/...	Visualizar	806	35	0,28
portaldococonreto.com...	Visualizar	374	24	0,2
biblioteca.fsp.usp.b...	Visualizar	1	0	0
es.scribd.com/docume...	Visualizar	277	1	0