



POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNCIAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO

LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE): ANALYSIS OF MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE WITH PARTIAL REPLACEMENT OF THE SMALL AGGREGATE

Tábata Esmeraldo Mariano¹, Anna Julia Ferreira Ribeiro², Michael Dowglas de Gois Silva³, Milton Batista Ferreira Junior⁴

e331271

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i3.1271>

PUBLICADO: 03/2022

RESUMO

O desenvolvimento dos polímeros revolucionou o modo de vida da sociedade moderna se fazendo presente em todas as áreas. Considerando que o plástico é um polímero com diversas aplicações nas Engenharias com propriedades físicas e químicas amplamente conhecidas, sua reutilização e reciclagem se fazem necessárias tendo em vista a importância de se pensar numa engenharia mais sustentável. Na construção civil, com vistas também na diminuição dos efeitos ocasionados pela poluição do plástico, pesquisas têm buscado caminhos para reutilizá-lo na matriz cimentícia através da utilização do Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) como substituição parcial do agregado miúdo no concreto. Tendo isso em mente, o objetivo dessa pesquisa foi substituir agregado miúdo por grãos de PEBD em um traço de referência e analisar as mudanças nas propriedades mecânicas ocasionadas por diferentes teores de substituição. Os resultados apontam que à medida que se aumenta a substituição há um aumento no abatimento do concreto, queda na resistência a compressão e absorção de água por capilaridade e aumento na resistência à tração para uma substituição de 5% de PEBD pelo agregado miúdo. Embora tenha havido uma perda nas propriedades mecânicas, há possibilidade de tentar melhorá-las com o uso de plastificantes, visto que o tipo de substituição aqui proposto faz com que o concreto se torne mais leve, o que torna o material interessante na construção civil.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto. Polietileno de Baixa Densidade (PEBD). Propriedades mecânicas

ABSTRACT

The development of polymers revolutionized the way of life of modern society, being present in all areas. Considering that plastic is a polymer with several applications in Engineering with widely known physical and chemical properties, its reuse and recycling is necessary in view of the importance of thinking about a more sustainable engineering. In civil construction, with a view to reducing the effects caused by plastic pollution, research has sought ways to reuse it in the cement matrix through the use of Low Density Polyethylene (LDPE) as a partial replacement of fine aggregate in concrete. With this in mind, the objective of this research was to replace fine aggregate with LDPE grains in a reference mix and analyze the changes in mechanical properties caused by different replacement levels. The results indicate that as the substitution increases, there is an increase in the slump of the concrete, a decrease in the compressive strength and water absorption by capillarity and an increase in the tensile strength for a replacement of 5% of LDPE by the fine aggregate. Although there was a loss in mechanical properties, there is the possibility of trying to improve them with the use of plasticizers, since the type of substitution proposed here makes the concrete lighter, which makes the material interesting in civil construction.

KEYWORDS: Concrete. Low Density Polyethylene (LDPE). Mechanical properties

¹ Graduada em Engenharia Civil. Universidade de Rio Verde.

² Graduada em Engenharia Civil. Universidade de Rio Verde.

³ Engenheiro Civil. Professor Adjunto da Universidade de Rio Verde. Mestre e doutorando em estruturas.

⁴ Físico. Professor Adjunto da Universidade de Rio Verde. Mestre em Educação e doutorando em Ciências dos Materiais.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNCIAS DO CONCRETO
COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento da humanidade e sua capacidade cognitiva, muitas alternativas e soluções foram criadas para garantir a sobrevivência. É visível o progresso tecnológico e científico em basicamente todas as áreas. Grande parte desse progresso se dá em função da curiosidade do homem na manipulação e transformação de materiais, que muitas vezes são empregados ao acaso (NUNES; LOPES, 2014).

Os polímeros surgiram na metade do século XIX e revolucionaram o desenvolvimento tecnológico do século seguinte de forma impactante. O termo foi criado em 1832, por Jöns Jacob Berzelius, no intuito de diferenciar moléculas orgânicas com os mesmos elementos químicos, mas propriedades diferentes, como, por exemplo, os gases etileno e buteno. Para Berzelius, as moléculas de buteno seriam o “estado polimérico” das moléculas do etileno, ou seja, o termo polímero foi utilizado para representar as moléculas de buteno como sendo constituídas de muitas (poli) unidades (mero) de etileno (NUNES; LOPES, 2014).

Com o desenvolvimento da teoria da macromolécula no século seguinte, o termo polímero foi redefinido para categorizar materiais orgânicos ou inorgânicos, de elevada massa molar proveniente da repetição de meros. Os polímeros podem ter origem natural, como por exemplos, a celulose, amido, lignina, ou sintéticos, obtidos por reações de polimerização, com é o caso do polipropileno, poliestireno, poliamida, entre outros (NUNES; LOPES, 2014).

O plástico, por sua vez, é um material orgânico polimérico do tipo sintético, apresentando alta maleabilidade e podendo ser facilmente transformado por meio de calor e pressão. De acordo com Nunes e Lopes (2014), o polipropileno é a principal resina plástica consumida no Brasil (27%), seguido pelo Policloreto de Vinila (PVC), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) e Polietileno Linear de Baixa Densidade (PELBD), representando 17%, 16%, 13% e 10%, respectivamente. As aplicações do plástico vão desde a produção de embalagens, indústria automobilística, eletrônica, produtos hospitalares, tubulações e outras que são comumente encontradas no cotidiano das pessoas, até a sua utilização na produção de concreto e em outros materiais na construção civil.

Este material se faz presente nos mais diversos setores da economia por apresentarem propriedades distintas, tornando-o versátil. Na construção civil é interessante que se utilize materiais inoxidáveis, com alta durabilidade e leveza. Dessa forma, é possível observar seu uso para fins de design e na composição de elementos construtivos, como telhas, janelas, revestimentos, pisos, sistemas hidráulicos, caixa d'água e até tijolos (LOKENS GARD, 2013).

Os plásticos podem ser oriundos de diversos processos, entretanto nem todos podem ser reciclados, sendo considerados recicláveis aqueles que se submetem ao calor e amolecem, permitindo serem moldados, enquanto os plásticos não recicláveis são chamados de termofixos ou termorrígidos. Sua reciclagem é um processo que pode ser dividido entre três tipos: mecânica, química e energética. A primeira caracteriza-se pelo processo de moagem e transformação granulométrica do material. O segundo tipo mencionado consiste na utilização de solventes ou na



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO
COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO

Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

ação de variadas temperaturas para modificar o material quimicamente. Já a reciclagem energética corresponde ao processo de eliminação total dos materiais quando já tiveram todo tipo de reaproveitamento possível (FRAGA, 2014).

Dentre os plásticos recicláveis o polietileno ganha destaque por suas aplicações. O PEBD é amplamente utilizado na fabricação de embalagens de alimentos, o PEAD em frascos rígidos de produtos de limpeza e na fabricação de tubos para transporte de água e esgoto, o PELBD em embalagens filmes de uso industrial, revestimentos de fios e cabos, plástico bolha e brinquedos, já o Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM) é utilizado em revestimentos de tubos de mineração, engradados e potes de fábricas de papel e celulose, dentre outros (MIRANDA, 2017).

Segundo Miranda (2017), entre os tipos de polietileno, o mais comercializado é o PEBD em função de sua alta flexibilidade e transparência. Sua sintetização se dá a partir da polimerização do etileno a alta pressão. Sua baixa cristalinidade o permite ser caracterizado como opaco, resistente à tração e ao rompimento, além de apresentar rigidez e resistência química.

Para Lokensgard (2013), a ampla utilização de plástico em processos produtivos tem despertado uma necessidade de reciclagem do material, a qual se dá não apenas por consciência ambiental dado o seu tempo de degradação, mas também a possibilidade de geração de renda e trabalho, redução dos gastos com matéria prima virgem, redução no consumo de energia para o processo produtivo e economia na gestão das cidades, proporcionando um crescimento regional em totalidade advindo do lucro da reciclagem, que também gera um desenvolvimento sustentável com as cadeias de fornecimento sendo estimuladas através desse mercado.

Sabe-se que a construção civil é um dos setores da economia responsável pela geração de muitos impactos ambientais, uma vez que produz muitos resíduos, tem um elevado consumo de energia, alto desperdício de água, muita poluição sonora, além de contribuir para o aumento do aquecimento global, visto que o desmatamento de áreas para construção gera um aumento na emissão de CO₂ (CORRÊA, 2009).

Buscando explorar o universo de aplicações do plástico, este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento mecânico do concreto com substituição parcial do agregado miúdo por grãos de PEBD (sacolas e/ou embalagens plásticas trituradas), a fim de conciliar estudos dentro do campo da ciência dos materiais na tentativa de reduzir parte dos problemas ambientais do mundo, atingindo, assim, métodos que contribuam para a sustentabilidade dentro do campo da Engenharia Civil, visto que o PEBD é um material que tem um tempo de decomposição muito prolongado na natureza.

Para isso, foi realizada a caracterização dos materiais que foram utilizados para a produção do concreto e em seguida foi definido o traço. Corpos de prova (CP) de referência e experimental foram moldados para a realização de ensaios mecânicos, tais como, abatimento, resistência à compressão, resistência à tração e capilaridade. Os CPs experimentais consistem em traços com substituição parcial do agregado miúdo por grãos de PEBD nas concentrações de 5%, 10% e 15%.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO
COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

A resistência à compressão permite avaliar a qualidade do concreto e é definida como a capacidade em resistir à tensão antes de sofrer ruptura. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), fatores como a relação água/cimento, adensamento, condições de cura, tipos de aditivos e adições, interferem na resistência à compressão. Sendo assim, é possível analisar se os traços produzidos oferecem boas estabilidade estrutural. Os resultados dos ensaios mecânicos dos CPs de referência foram comparados com os resultados dos CPs experimentais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

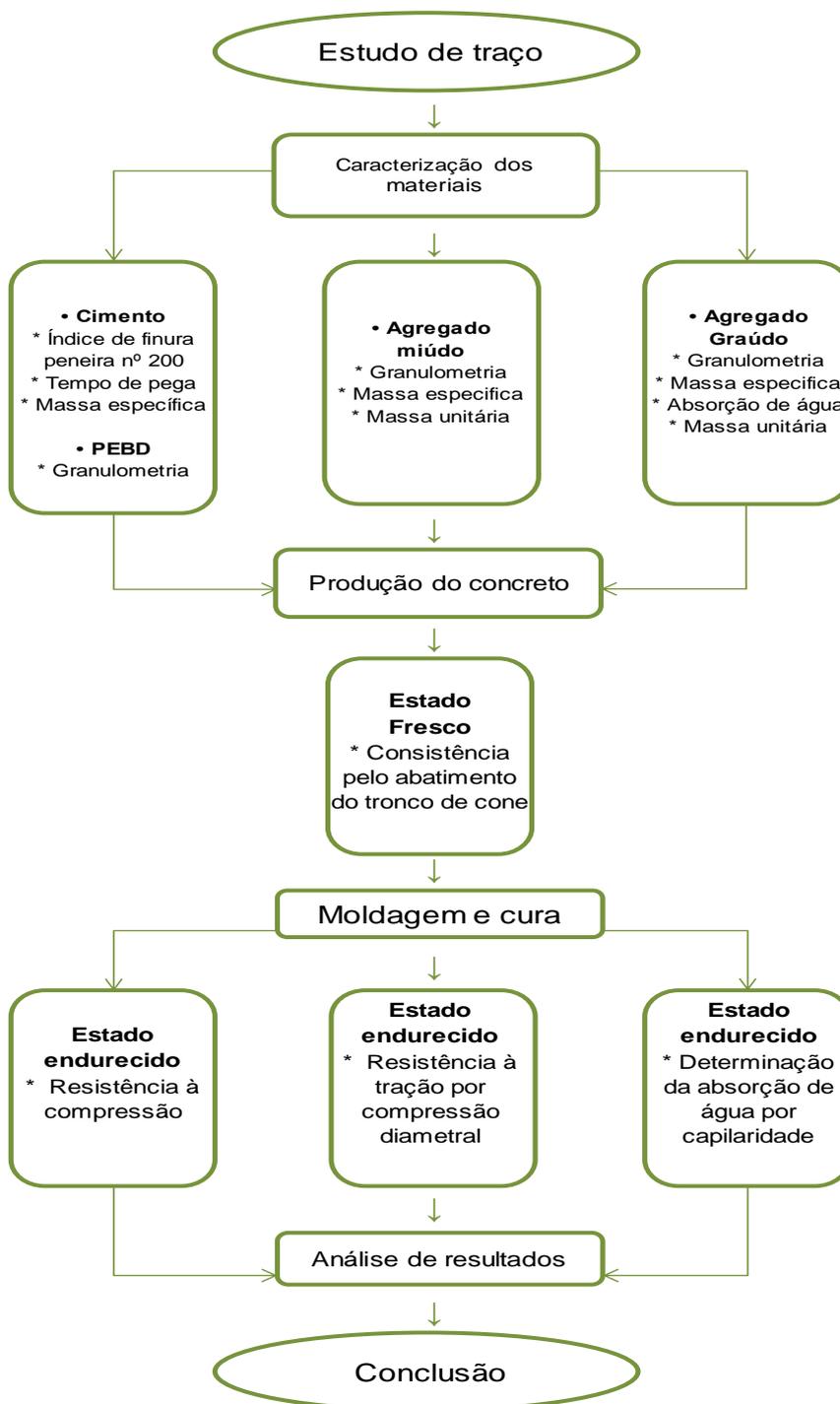
Tendo em mente o objetivo do trabalho, foram produzidos diferentes traços de concreto com substituição parcial do agregado miúdo nas porcentagens de 5%, 10% e 15% por PEBD. Para realizar a análise das propriedades mecânicas, corpos de prova cilíndricos com dimensões de 20 cm x 10 cm (altura x diâmetro) foram ensaiados. Foi usado agregado miúdo, agregado graúdo, grãos de PEBD, cimento Portland (CPII-F32) e água. A metodologia empregada neste trabalho está detalhada no fluxograma da Figura 1.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO
COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

Figura 1: Fluxograma de pesquisa





RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNCIAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

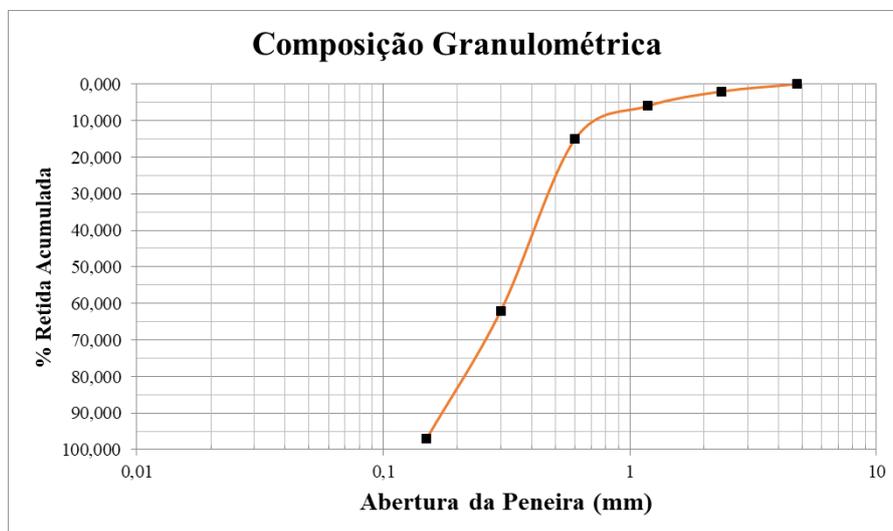
2.1 CIMENTO

Para este trabalho foi utilizado o CPII-F32 da marca Goiás conforme requisitos da norma ABNT NBR 16697:2018. A caracterização desse material foi executada a partir dos seguintes ensaios: determinação do índice de finura pelo método da peneira nº 200 (ABNT NBR 11579:2012) com resultado de 4,61%; tempo de pega com 190 min (ABNT NBR 16607:2018) e determinação da massa específica (ABNT NBR 16605:2017) com resultado de 2,993 kg/m³. Esse ligante foi designado devido a sua extensa utilidade e aplicabilidade no setor da construção civil.

2.2 AGREGADO MIÚDO

Foi utilizado a areia média que é uma areia lavada de rio da região de Rio Verde conforme requisitos da norma ABNT NBR 7214:2015. A caracterização desse material foi executada a partir dos seguintes ensaios: granulometria (ABNT NBR 248:2003) mostrado no Gráfico 1; determinação da massa específica (2,65 g/cm³) (ABNT NBR 16916:2021) e massa unitária (1,66 g/cm³) (ABNT NBR 16972:2021) com módulo de finura de 1,82 e dimensão máxima de 2,36 mm.

Gráfico 1 – Composição granulométrica do agregado miúdo.



2.3 AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo foi brita 0 e brita 1 extraídos de rochas duras. A caracterização desse material foi executada a partir dos seguintes ensaios: granulometria de acordo com a ABNT NBR 248:2003 e apresentado nos Gráficos 2 e 3; massa específica da Brita 0 (2,76 g/cm³), da Brita 1 (2,86 g/cm³), absorção de água da Brita 0 (2,45%) e absorção de água da Brita 1 (1,06%) de acordo com



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO
COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

ABNT NBR 16917:2021; massa unitária da Brita 0 e da Brita 1 é $1,64 \text{ g/cm}^3$ (ABNT NBR 16972:2021); diâmetro máximo de 12,5 mm para Brita 0 e 19 mm para Brita 1.

Gráfico 2 – Composição granulométrica do agregado graúdo brita 0.

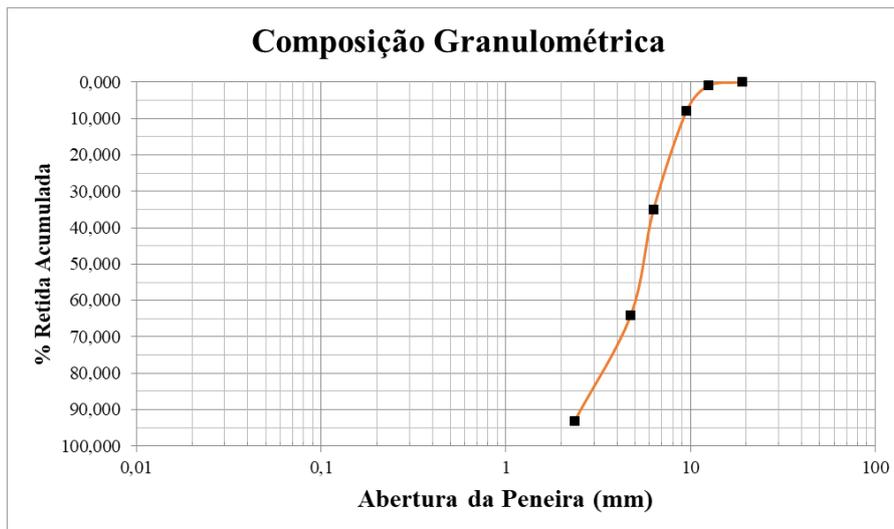
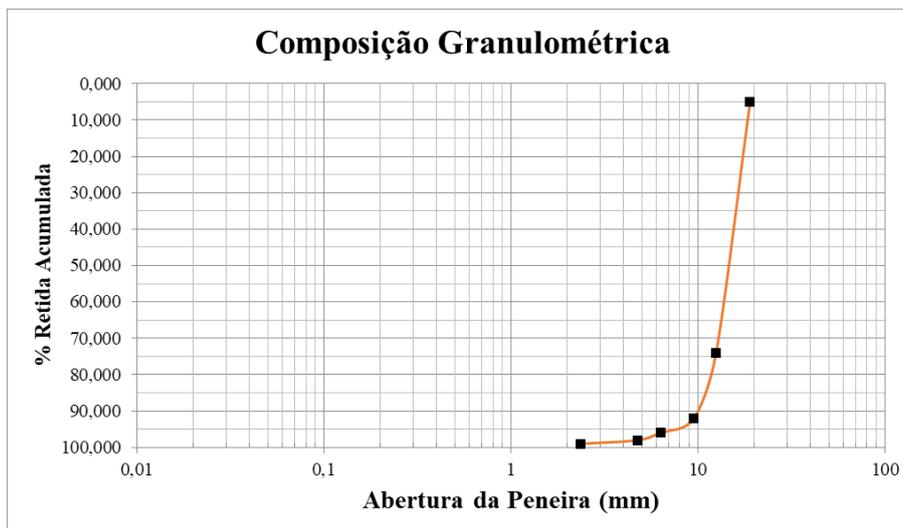


Gráfico 3 – Composição granulométrica do agregado graúdo brita 1.



2.4 ÁGUA

A água utilizada para dosagem foi da rede de abastecimento da Universidade de Rio Verde à temperatura ambiente.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

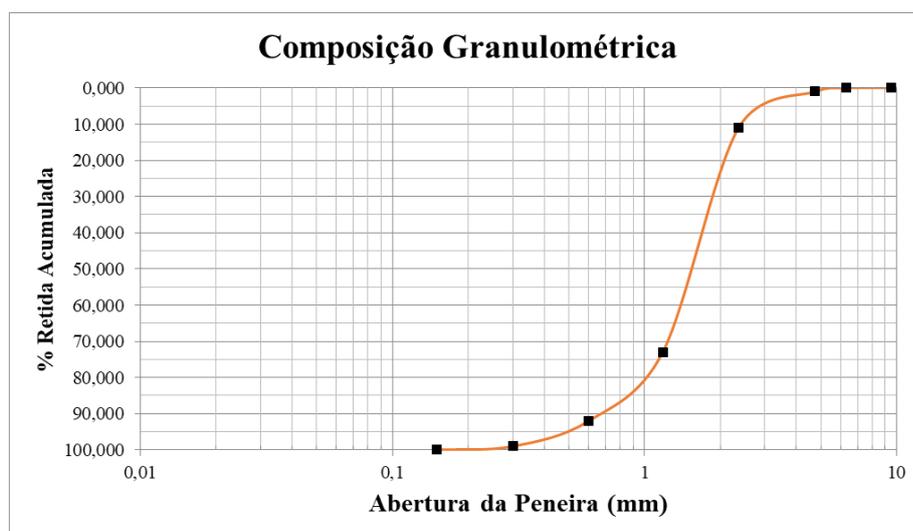
2.5 POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD)

Os grãos de PEBD apresentados na Figura 2 foram adquiridos em uma empresa de reciclagem da cidade de Rio Verde – GO. A empresa recolhe sacolas e/ou embalagens plásticas que envolvem fardos de alimentos (arroz, refrigerantes etc.) e as trituram em um moinho para plásticos, após serem lavadas. Para a caracterização dos grãos de PEBD foram realizados os ensaios de granulometria de acordo com ABNT NBR 248:2003 e apresentado no Gráfico 4, com modulo de finura de 3,76 e diâmetro máximo de 9,5 mm.

Figura 2 – Grãos de PEBD.



Gráfico 4 – Composição granulométrica do PEBD.





RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

2.6 TRAÇO

O traço utilizado como referência foi 1:1,034:2,904:0,473 (cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água), e que está de acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). Foi utilizado dois tipos de agregado graúdo, Brita 0 e Brita 1, para assim ter um melhor preenchimento de vazios nos CP. Sendo que 60% foi usado Brita 0 e 40% Brita 1. Com esse traço referência foram realizadas as substituições parciais do agregado miúdo por PEBD, com teores de 5%, 10% e 15%, totalizando 4 tipos de traço conforme o quadro 1 abaixo.

Quadro 1 – Traço unitário referência e com teores de 5%, 10% e 15% de PEBD.

Traço	Materiais					
	Cimento	Areia	PEBD	B1	B0	Água
ref	1,000	1,034	0,000	1,743	1,162	0,473
5%	1,000	0,982	0,052	1,743	1,162	0,473
10%	1,000	0,930	0,103	1,743	1,162	0,473
15%	1,000	0,879	0,155	1,743	1,162	0,473

2.7 ESTADO FRESCO

No estado fresco foi determinado a consistência pelo abatimento do tronco de cone conforme solicitado na NBR 16889:2020, como pode ser visto na Figura 3. Com base nesses traços foram produzidos 108 CP com dimensões de 20 cm x 10 cm (altura x diâmetro) de acordo com a NBR 5738:2016.

Figura 3 – Ensaio de consistência pelo abatimento do tronco de cone.





RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

2.8 ESTADO ENDURECIDO

No estado endurecido foram realizados ensaios de resistência à compressão de acordo com NBR 5739:2018, resistência à tração por compressão diametral de acordo com NBR 7222:2011, com idades de 7, 14 e 28 dias, para os 4 traços e, absorção de água por capilaridade.

Para a realização do ensaio de capilaridade, os corpos de prova foram inicialmente pesados a seco e em seguida imersos parcialmente em água em um recipiente não podendo ter contato com o fundo do recipiente. A massa dos CPs é medida após 3h, 6h, 24h, 48h e 72h, do início do ensaio.

A NBR 9779:2012 estabelece como deve ser realizado o cálculo para a obtenção dos resultados a partir da Equação 1.

$$C = \frac{m_{sat} - m_s}{S}$$

Equação 1: capilaridade da água.

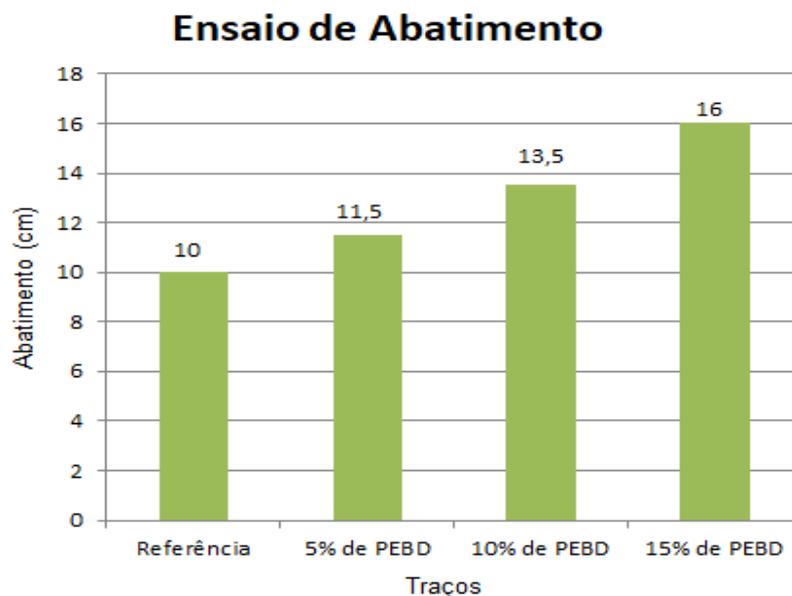
Em que C representa a absorção de água por capilaridade em g/cm^2 , m_{sat} a massa saturada do corpo de prova em g, m_s a massa a seco do corpo de prova em g, e S a área da seção transversal em cm^2 .

3. RESULTADOS

3.1. ABATIMENTO

Para avaliar a trabalhabilidade e a qualidade do concreto o ensaio de consistência pelo abatimento do tronco foi realizado. Os resultados estão apresentados no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone





RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

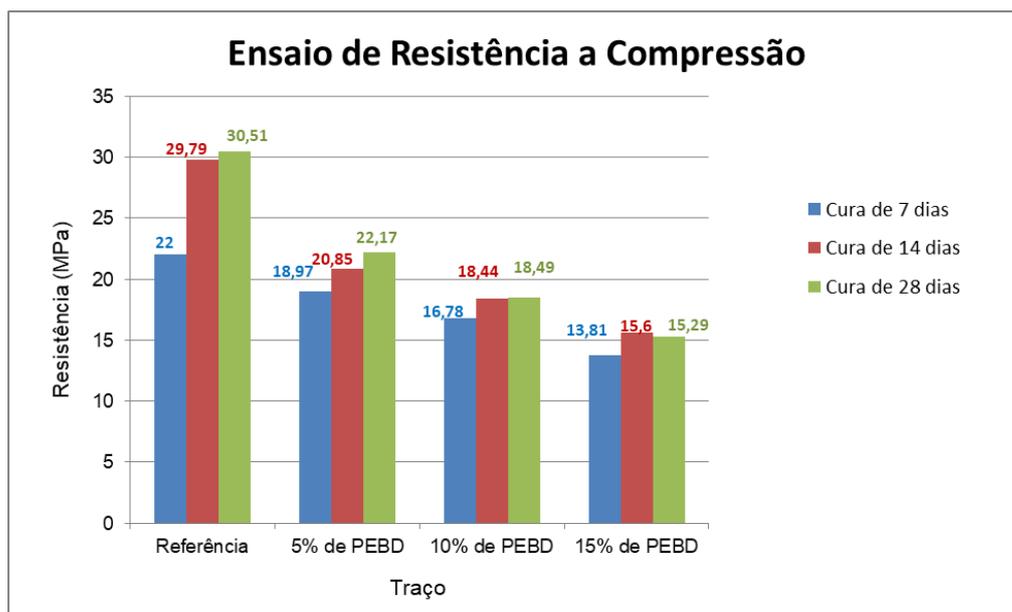
POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNCIAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

De acordo com os resultados, é possível verificar que à medida que a substituição por PEBD foi aumentando também houve aumento no abatimento. Isto ocorre pelo fato de o PEBD não absorver água, fazendo com que ela fique em excesso no traço levando ao aumento da fluidez do concreto e conseqüentemente a perda de sua trabalhabilidade. Segundo Sharma e Bansal (2016), o concreto pode ser trabalhado de acordo com os requisitos definidos, considerando que a adição de outra mistura mineral e material residual afeta a trabalhabilidade do concreto. A adição de resíduos plásticos afeta a quantidade de água livre disponível no concreto e, conseqüentemente, a trabalhabilidade do concreto.

3.2. COMPRESSÃO

Os CPs para diferentes substituições de PEBD foram submetidos ao ensaio de resistência a compressão. Os resultados estão apresentados no Gráfico 6.

Gráfico 6 – Ensaio de resistência a compressão.



Pode-se notar que houve uma redução na resistência à compressão conforme os teores de PEBD foi aumentado. Os materiais poliméricos não possuem a mesma capacidade de absorver água como a areia, com isso a quantidade de água fica em excesso tornando o concreto mais fluido e conseqüentemente menos resistente. Além disso, a resistência do concreto depende diretamente da resistência mecânica do agregado, ou seja, com o aumento do PEBD, um material menos resistente que o agregado substituído era de esperar essa diminuição evidenciada (NEVILLE, 2013).

No estudo realizado por Modro e Oliveira (2009), resíduos oriundos do Polietileno Tereftalato (PET) foram utilizados como substituição parcial da areia nas proporções de 10%, 20%, 30% e 40%, em relação ao volume de areia. O traço de referência do estudo apresentou uma resistência a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

compressão de 15,38 MPa enquanto os traços com substituições apresentaram 13,44 MPa, 9,32 MPa e 6,01 MPa e 1,94 MPa, respectivamente.

Tapkire et al. (2014), substituíram parte do agregado graúdo por resíduos de sacolas plásticas (polipropileno) e de garrafas de refrigerante (PET) nas proporções de 10%, 20% e 30%, em relação ao volume. Os autores verificaram uma queda na resistência à compressão na ordem de 2,5%, 5,2% e 8,1%, respectivamente, em relação ao traço de referência.

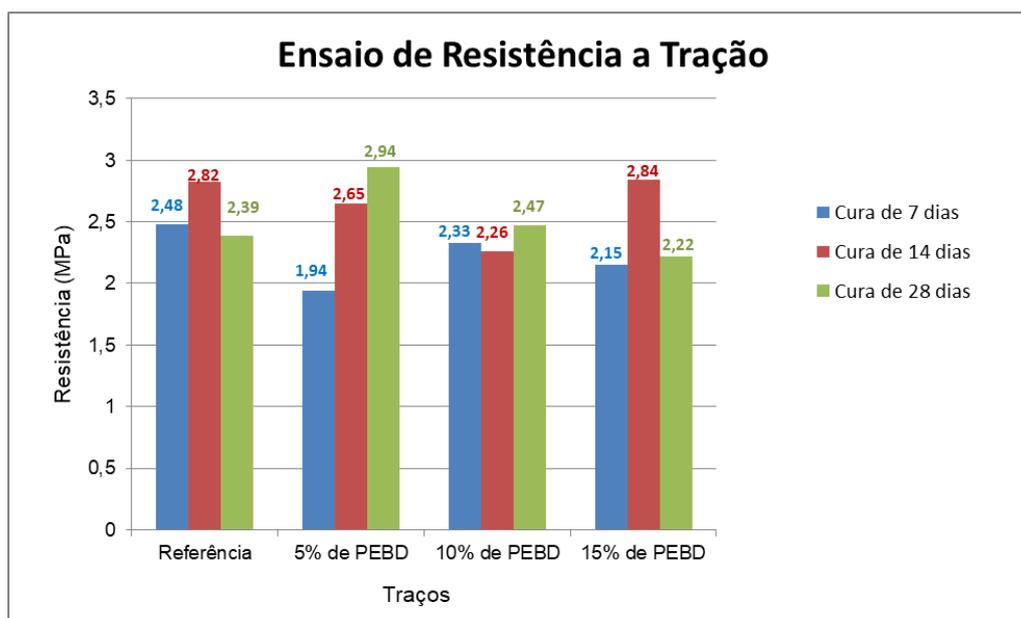
Embora a resistência a compressão diminuiu, vale ressaltar que o concreto se torna mais leve comparado ao traço de referência em 4,67%, 7,8% e 11,47%, para as substituições de 5%, 10% e 15% de PEBD, respectivamente. A diminuição no peso próprio é interessante para algumas aplicações na construção civil, como por exemplo em lajes.

3.3. TRAÇÃO

Segundo Silva (2015), o ensaio de tração por compressão diametral é bastante utilizado para a obtenção de resultados de tração de forma indireta, sendo que o ensaio consiste em colocar um corpo de prova horizontalmente apoiado por duas chapas de madeira sobre o prato da máquina de compressão, devendo-se aplicar a carga sem choques e de forma continuamente, com crescimento constante da tensão de tração.

Dessa forma, foi realizado também a investigação do comportamento do material estudado em relação a esse esforço, conforme pode ser visto no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Ensaio de resistência a tração por compressão diametral.





RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

Ao analisar os resultados do ensaio é possível verificar que com 5% e 10% de PEBD a resistência à tração aos 28 dias foram superiores a resistência do traço de referência, enquanto o com 15% ficou abaixo.

Esse resultado está em acordo com os resultados obtidos por Sadeghifar e Sohrabi (2014). Os autores produziram concreto substituindo agregado graúdo e miúdo, nos teores de 5%, 10% e 20%, em volume, por partículas de PET. Os resultados apontaram uma diminuição na resistência à compressão com o aumento de PET e da relação água/cimento. Porém a resistência à tração se comportou de maneira diferente, mostrando um aumento em relação ao traço de referência para os teores de 5% e 10% de substituição.

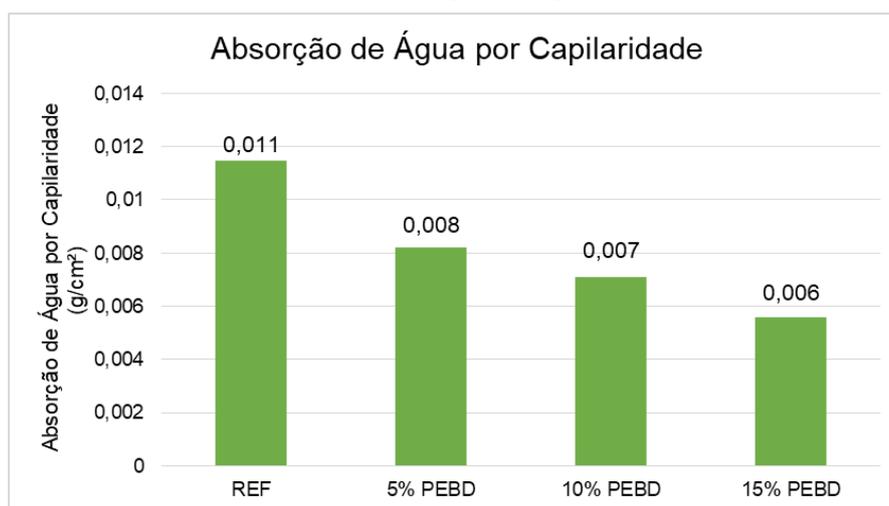
De fato, o que se percebe na literatura é uma tendência de diminuição das propriedades mecânicas quando é aumentado a quantidade plástico no concreto. Isso se dá devida a fraca ligação interfacial entre o agregado de plástico e pasta de cimento (ALMEIDA, 2016).

3.4 CAPILARIDADE

Sabe-se que a qualidade do concreto está diretamente relacionada com a absorção de água deste. Dessa forma, o ensaio de absorção de água por capilaridade é uma estratégia de controle da qualidade.

A partir da realização do ensaio para os CPs de referência e com substituições os resultados foram organizados no Gráfico 8.

Gráfico 8 – Ensaio de Absorção de água por capilaridade.



Verificou-se que o aumento da substituição do agregado miúdo por PEBD, provocou uma redução na absorção de água. Este resultado é interessante para aplicações na construção civil, pois quanto menor for a absorção de água, menos problemas patológicos se manifestarão.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNCIAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

Helene e Andrade (2010) propõe uma classificação para concretos de acordo com sua absorção de água. Para os autores, se a absorção for inferior a 4,2% o concreto pode ser considerado durável, se a absorção estiver entre 4,2% e 6,3%, o concreto é considerado normal, e para absorção superior a 6,3%, o concreto é considerado deficiente. Levando em consideração essa classificação, tanto o traço de referência quanto os traços com substituições de PEBD, podem ser classificados como duráveis, pois apenas o traço de referência apresentou absorção um pouco superior a 1%, enquanto os traços com substituições apresentaram absorção inferiores a 1%.

Segundo Almeida (2016), a incorporação de PET no concreto provocou um aumento significativo na absorção. Para o autor aumento ocorre devido à ausência de interação química entre o polímero e a matriz cimentícia, levando ao aumento da porosidade do concreto.

Os resultados obtidos nessa pesquisa se mostram contrários a literatura para incorporação de PET na matriz do concreto. Parece haver consenso que o aumento dos resíduos de PET no concreto provoca um aumento na absorção de água devido as superfícies das partículas poliméricas apresentarem alta rugosidade aumentando o poder de adsorção da água. Além disso, o formato granular ajuda na retenção da água decorrente da capilaridade (ALMEIDA, 2016).

Porém, cabe ressaltar que as composições químicas do PET e do PEBD são diferentes, havendo na composição do PET átomos de oxigênio, que podem levar a uma maior afinidade a moléculas de água quando comparado ao polímero formado por PEBD.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades mecânicas de diferentes traços de concreto com substituição parcial do agregado miúdo por grãos reciclados de PEBD, visto que este último é um material inerte quimicamente e necessita de destino inteligente para atender os princípios da sociedade sustentável.

A partir de ensaios mecânicos verificou-se que à medida que aumenta a substituição de areia por PEBD há um aumento no abatimento do concreto em estado fresco interferindo na sua trabalhabilidade. A resistência à compressão e a absorção de água por capilaridade diminuíram para os traços com substituições quando comparado ao traço de referência. E por fim, a resistência à tração demonstrou um ganho para o traço com substituição de 5% de areia por PEBD.

Quando comparados os resultados dos ensaios mecânicos com os estabelecidos nas normas, verifica-se que os traços produzidos não podem ser utilizados na linha estrutural, mas podem ser usados em pavimentos, calçadas, muros, e até mesmo em contrapiso de laje já que o concreto se torna mais leve diminuindo o peso próprio na laje e resistente à tração.

Para pesquisas futuras seria interessante realizar o ensaio de consistência para cada teor substituído, analisar a microestrutura do concreto com grãos de PEBD na sua composição, avaliar outras propriedades físicas, tais como, isolamento térmico e acústico.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO
Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Rio Verde (UniRV) – campus Rio Verde e aos colaboradores do laboratório do curso de Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. P. **Uso de politereftalato de etileno (PET) como agregado em peças de concreto para pavimento intertravado**. 2016. 119 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/929>. Acesso em: 25 out 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11579**. Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio da peneira 75 µm (nº200). Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**. Cimento Portland e outros materiais em pó — Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607**. Cimento Portland - Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697**. Cimento Portland – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16889**. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16916**. Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16917**. Agregado Graúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16972**. Agregados - Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**. Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**. Areia normal para ensaio de cimento – especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7222**. Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9779**. Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO

Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

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

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na construção civil**. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5142141-Monografia-sustentabilidade-na-construcao-civil-autor-lasaro-roberto-correa-orientador-prof-jose-claudio-nogueira-vieira.html> Acesso em: 10 dez 2021.

FRAGA, S. C. L. **Reciclagem de Materiais Plásticos - Aspectos Técnicos, Econômicos, Ambientais e Sociais**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520544/>. Acesso em: 12 Jun 2021.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. **Revista IBRACON**, 2010. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf> Acesso em: 10 dez 2021.

LOKENS GARD, E. **Plásticos Industriais: teoria e aplicações**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2013. ISBN 9788522115419. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522115419/>. Acesso em: 12 Jun 2021.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura. Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. ISBN.:978-85-98576213

MIRANDA, G. M. **Avaliação do comportamento de degradação de Blenda de PEBD com aditivo PEPZYME (TM)**. 2017. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; Disponível em: <https://hdl.handle.net/10923/11015> Acesso em: 15 dez 2021.

MODRO, N. L. R.; OLIVEIRA, A. P. N. Avaliação de concreto de cimento Portland contendo resíduos de PET. **Revista Matéria**, v. 14, p. 725-736. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-70762009000100007> Acesso em: 10 jan 2022.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. Tradução: Salvador Giammusso. 2. edição. São Paulo: PINI, 2013.

NUNES, E. D. C. D.; LOPES, F. R. S. **Polímeros - Conceitos, Estrutura Molecular, Classificação e Propriedades**. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: Eudufal, 2005. p. 51. Disponível em: https://usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernostematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf/view Acesso em: 10 jan 2022.

SADEGHIFAR, A.; SOHRABI, M. R. Investigating the properties of mechanical concrete containing waste plastic bottles replaced instead rock material. **Interdisciplinary Journal of Contemporary Research In Business**, v. 5, fev. 2014. Disponível em: <https://journal-archives36.webs.com/131-141feb14.pdf> Acesso em: 15 jan 2022.

SHARMA, R.; BANSAL, P. P. Use of different forms of waste plastic in concrete – a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 473-482. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.042> Acesso em: 28 out 2021.

SILVA, F. F. **Uso de métodos numéricos para o ensaio de resistência à tração por compressão diametral do concreto**. 2015. 62 f. TCC (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2015. Disponível em:



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

POLIETILENO DE BAIXA DENSIDADE (PEBD): ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO
COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO

Tábata Esmeraldo Mariano, Anna Julia Ferreira Ribeiro, Michael Dowglas de Gois Silva, Milton Batista Ferreira Junior

<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/1731/1/Uso%20de%20m%C3%A9todos%20num%C3%A9ricos%20para%20o%20ensaio%20de%20resist%C3%Aancia%20%C3%A0%20tra%C3%A7%C3%A3o%20por%20compress%C3%A3o%20diametral%20do%20concreto.pdf> Acesso em: 10 jan 2022.

TAPKIRE, G.; PARIHAR, S.; PATIL, P.; KUMAVAT, H. R. Recycled plastic used in concrete paver block. **International Journal of Research in Engineering and Technology**, v. 3, jun. 2014. Disponível em: [10.15623/ijret.2014.0321009](https://doi.org/10.15623/ijret.2014.0321009) Acesso em: 15 dez 2022.