

SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE AGREGADOS DO CONCRETO POR PARTICULAS PLÁSTICAS – UMA REVISÃO

Max Willian Costa Lyra ¹
Vivianne Machado da Costa ²
Daniel Costa da Silva ³

RESUMO

Desde quando os polímeros passaram a ser amplamente utilizados pela população, tornaram-se uma grande problemática que cada vez gera mais problemas. Dentre eles: a poluição de rios, entupimento de bueiros, enchentes, ferimento a animais marinhos, além da poluição visual gerada por esse tipo de produto. Esse tipo de resíduo é o que está mais presente nos aterros sanitários, consequentemente mais presente no dia a dia das pessoas, ainda hoje contendo um baixíssimo teor de reciclagem, sendo no Brasil cerca de 2%. Formas de reutilizar esses materiais precisam ser pensadas e colocadas em prática. Pensando nisso, o presente trabalho de revisão bibliográfica teve por finalidade entender as necessidades de se reaproveitar o resíduo plástico de forma que possa ser utilizado na construção civil como material constituinte do concreto. Por isso, serão abordados os estudos já realizados desta aplicação analisando os testes experimentais para entendermos de forma conjunta como pode ser possível o implemento desses materiais no concreto. Neste trabalho pode-se notar uma considerável queda na resistência a compressão e flexão, na maioria dos casos houve redução também nas outras propriedades do concreto, exceto mediante a aplicação de fibras de polipropileno que elevou consideravelmente a resistência a compressão do concreto. Considerou-se a tecnologia estudada viável, sendo sugerida a continuidade de pesquisa científica na área.

Palavras-chave: Materiais Alternativos, Polímero, Concreto leve, fibras.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a construção civil tem exigido muito mais da qualidade das construções no que tange necessidade dos consumidores e empreendedores de reduzir os prazos e custos das obras, exigindo muito mais de uma gestão da escolha correta de materiais e técnicas que atendam às necessidades da obra. Como o mercado começou a exigir mais de custo e velocidade, surgiu então em 2013 a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais (NBR-15575, 2013) que delimita responsabilidades e padrões para um bom desempenho físico das edificações de acordo com as preferências. Consequentemente, as organizações empresariais estão enfrentando uma nova realidade de maior competitividade, fazendo com que eles precisem se reestruturar para permanecerem no mercado (OLIVEIRA, 2004).

¹ Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, max.wcl@hotmail.com;

² Mestranda do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, viviannemachadoc@gmail.com;

³ Mestrando do Curso de Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, daniel.costa.silva@hotmail.com;

Um dos grandes pesos da construção civil é o de sua maior parte das atividades ocorrer de forma manual, tornando o seguimento um dos menos tecnologicamente industrializados e ao mesmo tempo um dos mais importantes para movimentar a economia (RONCHEZEL *et al.*, 1986). Segundo Almeida (2015), a indústria da construção civil é um dos setores que mais movem o mundo, gerando emprego e movimentando a economia. O Brasil é o país que mais está formando engenheiros no Brasil. Sendo que em três anos, o número de engenheiros formados superou em 2,5 vezes a demanda prevista para o ano de 2020 (EWERS, 2019). Com um maior número de jovens profissionais engenheiros crescendo é bem provável que esse quadro mude, até porque com mais jovens engenheiros mais pesquisas científicas existirão.

Como a construção civil gera altos impactos, espera-se soluções diversas para minimizar este efeito. Uma ótima alternativa é a de se utilizar materiais que já foram processados, possuindo assim uma grande economia de energia e conseqüentemente uma menor pegada ecológica (SOUZA, 2019).

O material mais descartado pela população é aquele que possui o menor preço e maior disponibilidade, é o que mais está presente no nosso dia a dia, como é o caso dos diversos tipos de polímero popularmente conhecido como plástico. Esse termo originasse do grego “Plastikos”, e significa apto para ser moldado, sendo uma referência clara a sua flexibilidade e plasticidade (JARDIM, 2016).

O descarte de material polimérico é tão alto que Rochman *et al.* (2013) em sua pesquisa, constatou que cerca de 280 milhões de toneladas de resíduos plásticos foram produzidos em todo o mundo, tendo um crescimento exponencial nessa produção até os dias de hoje. Como novos produtos estão surgindo todos os dias, sempre tem algo ultrapassado que precisa ser trocado, além das embalagens dos produtos novos que em sua maioria também são plásticas. Dessas 280 milhões de toneladas, 130 milhões foram reutilizados ou reciclados e os 150 milhões de toneladas de plásticos restante, foram tratados como descarte, ou seja, a maior parte dos resíduos ainda não estão sendo tratados, o que nos mostra que estratégias ainda precisam ser criadas para se reduzir essa geração de resíduos. Na Figura 1, conseguimos ter uma melhor ideia do crescimento dos depósitos de polímeros no mundo.

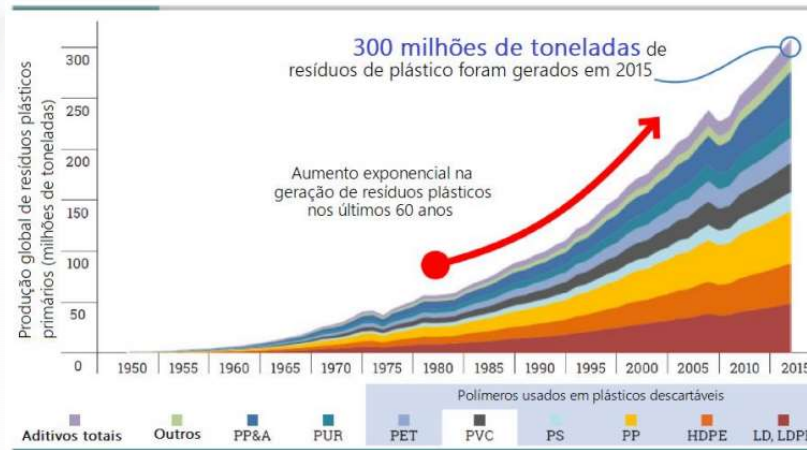


Figura 1- Disposição global primária de resíduos plásticos (IBRAHIM *et al.*, 2020).

O grande número de resíduos plásticos gerados pela população tornou-se um grande vilão para os centros urbanos, fazendo com que os órgãos públicos destinassem um alto valor para a realocação de resíduos, além da dificuldade de encontrar locais adequados para o descarte por conta da baixa quantidade de espaços disponíveis para aterros (JOHN, 1999).

A indústria da construção civil utiliza até 75% dos recursos naturais disponíveis na região, por isso identificou-se um grande potencial para a utilização de materiais reciclados nesse setor (LEVY, 1997).

Existem muitos benefícios em se utilizar os resíduos na construção civil, dentre eles podemos destacar uma redução considerável no consumo de recursos naturais não-renováveis (JOHN, 2000).

Segundo Carrançá (2020), no Brasil durante a pandemia do coronavírus (COVID-19) o descarte de materiais plásticos possuiu um aumento, sendo reciclado apenas 2% de todo esse material descartado.

Olhando para essa problemática que está ligada diretamente ao desejo de consumo das diversas sociedades existentes no mundo, observa-se uma alta demanda de novas soluções para a utilização não somente dos recursos naturais como insumo para os nossos produtos de consumo, mas também os resíduos que estão sendo descartados todos os dias em alta quantidade. Depois da água, o concreto é o material mais utilizado do planeta (LIMA *et al.*, 2014) e o polímero, o material mais descartado (IBRAHIM *et al.*, 2020), sendo assim, os pesquisadores deste seguimento viram a necessidade da implementação desses resíduos poliméricos no material concreto, interagindo como fibra (SCHETTINO, 2015) ou como substituinte parcial dos agregados (COELHO, 2005).

Essa interação plástico/concreto não apenas traz vantagens ambientais, mas também econômicas. Uma peça estrutural composta por um concreto contendo fibras poliméricas consegue aumentar sua capacidade portante, devido ao aumento de sua resistência ao esforço de tração causado pelo momento fletor de uma viga ou evitando a flambagem de um pilar (SCHETTINO, 2015), podendo até reduzir o consumo de armadura de aço carbono no caso da inserção de fibra e uma redução do peso próprio da estrutura reduzindo até no consumo de concreto na fundação no caso da substituição parcial dos agregados (COELHO, 2005). Ou seja, um elemento gratuito que antes seria descartado sendo reutilizado e gerando economia na construção e proporcionando diretamente na redução de resíduos descartados.

REFERENCIAL TEÓRICO

Bastos (2019), em seu trabalho expõe que os compostos do concreto são: agregado miúdo, agregado graúdo, material cimentício, água e os aditivos que podem ser inseridos na composição para melhorar algumas propriedades do concreto. O concreto ao estar em seu estado fresco precisa ter uma boa trabalhabilidade, deve ser homogêneo, ter coesão e durante o endurecimento fornecer gradativamente a evaporação da água durante o aumento do calor de hidratação. Já no estado endurecido, o concreto precisa apresentar elevada resistência à compressão, à tração e à abrasão, além de impermeabilidade, elasticidade e durabilidade. Quando é feita a utilização de adições ou até mesmo alteram-se alguns dos compostos presentes no concreto regular, algumas dessas características podem ser alteradas, podendo ser necessário a utilização de aditivos para corrigi-las.

A inserção dos polímeros ao concreto não é muito diferente da inserção do aço, precisamos entender parâmetros como: o módulo de elasticidade, o limite da resistência à tração, a resistência ao impacto e a resistência à fadiga. Esses dados são bem diferentes do aço, como por exemplo: o módulo altamente elástico dos materiais poliméricos está entre 7 MPa e 4 GPa dependendo do tipo de material, já o aço pode estar entre 48 e 410 GPa. A máxima resistência a tração que um polímero pode chegar gira em torno de 100 MPa, para algumas ligas metálicas o valor é de 4.100 MPa. Porém, os polímeros obtêm uma vantagem a certo do aço, materiais metálicos raramente possuem um alongamento superior a 100%, entretanto alguns polímeros com propriedades altamente elásticas podem atingir alongamentos superiores a 1.000% de seu tamanho original (CALLISTER, 2002).

Segundo Bahij *et al.* (2020), os resíduos plásticos, principalmente o polipropileno, pode ser incorporado ao concreto a fim de substituir parcialmente os agregados presentes, sendo grãos ou miúdos. Essa substituição é conhecida como direct volume replacement (substituição direta do volume), onde é feita a substituição direta do volume de agregados pelos seus substituintes, como o polímero neste caso. Por exemplo, se é adicionado 10 cm³ de material polimérico ao concreto, retira-se 10 cm³ de agregado, seja ele grão ou miúdo, porém o mais comum dos materiais substituídos é o agregado miúdo. Para substituir o agregado grão sua granulometria deve ser entre 4,75-75 mm e para substituir o agregado miúdo, sua granulometria deve estar entre 0,150 - 4,75 mm.

Chidiac e Mihaljevic (2010), realizaram testes mecânicos como ensaios de tração e compressão de amostras de concreto com substituição de 20% de agregado miúdo por 20% de PET triturado. Neste estudo, os autores verificaram que a resistência a compressão foi altamente afetada, tendo uma redução de 29%, porém foi encontrado uma redução de 7% da densidade do composto o que contribui diretamente para a redução do peso próprio da estrutura, sendo muito indicado para concreto de passeio, calçada e telhas cimentícias, ou seja, materiais que não exigem grandes resistências mecânicas.

Já na utilização do PET como fibras, na pesquisa de Schettino (2015), conseguimos entender essa interação. Ele realizou uma comparação entre amostras de um concreto de referência contendo em sua composição o cimento CP III sem aditivos e amostras de concreto contendo três teores de fibras de PET, 5%, 10% e 15%. Como aconteceu na pesquisa do Chidiac e Mihaljevic (2010), os concretos com esses teores de fibra de PET apresentaram uma queda na resistência a compressão, sendo proporcional a quantidade de fibra inserida. Já no teste a tração ocorreu um aumento na resistência a tração sendo mais equilibrada no acréscimo de 10% de fibra de PET.

A incorporação desses materiais no concreto causa uma dificuldade de se conseguir uma mistura homogênea por apresentarem diferentes pesos específicos, podendo sofrer com a segregação dos agregados. Para que isso não aconteça o resíduo precisa ser revestido com hidrofílico e superplastificante para o caso de particulados floculados, para a incorporação do agregado grão, ele é em suma muito pouco usado nas substituições por conta de que quando substituído pelo PVC causa uma grande perda de densidade, cerca de duas vezes maior que na areia (IBRAHIM *et al.*, 2020).

METODOLOGIA

No presente estudo, realizamos pesquisa bibliográfica, utilizando como fonte, a biblioteca de artigos do site *ScienceDirect*, sciELO e do Google Acadêmico e, para seleção dos artigos, utilizamos os seguintes critérios:

- Artigos que tratam da problematização da quantidade de plásticos despejado do meio ambiente e artigos que propõem a utilização desses resíduos no concreto.
- Procedência e idioma: artigos nacionais e internacionais publicados em português, espanhol e inglês.
- Tipo de publicação: periódicos.
- Ano das publicações: 1980 a 2021.

Procuramos afirmações e condutas a respeito do assunto, fazendo uma análise crítica, alicerçada na experiência dos pesquisadores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas pesquisas analisadas neste trabalho, podemos perceber que os tipos de polímeros mais adequados para a inserção no concreto é o polipropileno e o PET, pois observa-se melhores resultados em sua substituição, além de serem os que estão em maior abundância apresentados na forma de rejeitos. Na Tabela 1, podemos analisar um pouco do resultado da substituição desses materiais no concreto.

Item	Título	Substituinte	Substituição	Resultado	Autor
1	CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA APLICAÇÃO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NOS COMPÓSITOS À BASE DE CIMENTO PORTLAND: Uso de grãos de polipropileno reciclado em substituição aos agregados do concreto.	Graudo e Miúdo	Polipropileno	Boa Aderência a mistura, Entre 15 a 30% houve uma redução de resistência a compressão axial de aproximadamente 10%, acima dessa proporção a resistência reduz de 35 a 50%.	COELHO (2005)
2	SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO MIÚDO DO CONCRETO SIMPLES POR POLIPROPILENO (PP)	Miúdo	Polipropileno	O autor relata baixa aderência a matriz cimentícia e uma redução na resistência a compressão axial entre 14 % e 22%	Nascimento Et. Al. (2018)
3	RECICLAGEM DE PET, VISANDO A SUBSTITUIÇÃO DE AGR	Miúdo	Pet	Quanto maior a porcentagem de pet, menor valor do abatimento do ensaio de tronco cone. Para substituições acima de 30% observou-se uma redução da capacidade portante após os 28 dias.	Canelass & Abreu (2005)
4	ESTUDO DA VIABILIDADE DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO MIÚDO POR AGREGADO MIÚDO RECICLADO DE PET EM CONCRETOS CONVENCIONAIS	Miúdo	Pet	Boa Trabalhabilidade, perda de abatimento para substituições acima de 15%. Entre 10% e 15% a resistência do concreto se manteve a mesma da amostra de referência.	Jardim (2016)
5	CONCRETO RECICLADO UTILIZANDO GARRAFAS PET	Miúdo	Pet	O concreto reciclado obteve uma média de resistência de 7,64 MPa, valor bem abaixo do concreto convencional testado, que foi de 16,31 MPa. Observou-se que o concreto reciclado de 20% de PET não obteve uma massa homogênea apresentando muitos vazios, fato que pode justificar a baixa resistência.	Vieira (2020)
6	ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS EM CONCRETOS: UMA ALTERNATIVA PARA A DIMINUIÇÃO DO APORTE DE PLÁSTICOS NO AMBIENTE	Miúdo	Polipropileno; Poliestireno; Pet; EPS.	Entre os agregados reciclados (polímeros) envolvidos nesta pesquisa, pode-se destacar o PET, pois quando foi incorporado ao traço, de forma isolada, em todos os percentuais experimentados, demonstrou um consumo de água similar a amostra de referência, exibindo, nestas proporções, resultados ótimos para a utilização em concreto estrutural.	Júnior (2019)

Tabela 1 – Resultados de outras pesquisas (ALMEIDA, 2016).

Como vimos na acima, os resíduos de PET se descacam até mesmo sobre o polipropileno quando falamos sobre substituição por agregados miúdos como vimos acima no estudo do Junior (2019), entendendo isso podemos analisar a fundo como funciona a interação do PET com o concreto.

Além de substituição dos agregados, o polímero também pode ser adotado como fibras. Bayasi e Zeng (1993), incorporaram fibras de polipropileno em três fases com teor de 0,1%, 0,3% e de 0,5% respectivamente, possuindo dois comprimentos distintos, 12,7 mm e 19 mm. Os ensaios de compressão realizado por eles indicaram, em alguns dos casos o aumento da resistência a compressão axial, já nas amostras em que foram utilizadas fibras de 12,7 mm, a resistência a compressão apresentou um aumento expressivo de 19,3% na amostra que possuía 0,5% de teor de fibras, observou-se uma redução de 2,5%. Nas fibras que possuíam 19 mm de comprimento, obteve-se aumento de 1,78% na amostra de 0,3%, e diminuição de 5,3% e 1,78% nas amostras com teor incorporado de 0,1% e 0,5%, respectivamente.

Almeida (2016), fez um estudo sobre a utilização do pó da garrafa de PET como substituição do agregado miúdo com dimensão máxima de 0,6 mm como visto na Tabela 2.

Ensaio	Unidades	PET
Granulometria	Módulo de Finura	1,29
	Dimensão Máxima	0,60
Massa unitária – estado solto	Kg/m ³	629
Massa unitária – estado compactado	Kg/m ³	768

Tabela 2- Ensaio de granulometria (ALMEIDA, 2016).

O autor utilizou três traços para entender o funcionamento da interação do PET no concreto com a substituição da areia pelo polímero, mas o que ocorreu em todos os traços, é possível explicar no primeiro por conta das amostras terem apresentado resultados semelhantes, então para não estender muito o assunto, apenas o primeiro traço deste estudo será analisado. Na abaixo, foi utilizado o método da substituição direta do volume na amostra, pois a quantidade de areia do concreto referência é de 900g, e podemos perceber que nas outras composições a soma da quantidade de areia e de PET triturado consiste nos 900g.

0,0% PET						
Nº	FATOR A/C	CIMENTO	BRITA	AREIA	PET	ÁGUA
1	0,45	600 g	900 g	900 g	000 g	270 g
2	0,50	600 g	900 g	900 g	000 g	300 g
3	0,55	600 g	900 g	900 g	000 g	330 g
2,5% PET						
Nº	FATOR A/C	CIMENTO	BRITA	AREIA	PET	ÁGUA
4	0,45	600 g	900 g	855 g	45 g	270 g
5	0,50	600 g	900 g	855 g	45 g	300 g
6	0,55	600 g	900 g	855 g	45 g	330 g
5,0% PET						
Nº	FATOR A/C	CIMENTO	BRITA	AREIA	PET	ÁGUA
7	0,45	600 g	900 g	810 g	90 g	270 g
8	0,50	600 g	900 g	810 g	90 g	300 g
9	0,55	600 g	900 g	810 g	90 g	330 g
7,5% PET						
Nº	FATOR A/C	CIMENTO	BRITA	AREIA	PET	ÁGUA
10	0,45	600 g	900 g	765 g	135 g	270 g
11	0,50	600 g	900 g	765 g	135 g	300 g
12	0,55	600 g	900 g	765 g	135 g	330 g
10,0% PET						
Nº	FATOR A/C	CIMENTO	BRITA	AREIA	PET	ÁGUA
13	0,45	600 g	900 g	720 g	180 g	270 g
14	0,50	600 g	900 g	720 g	180 g	300 g
15	0,55	600 g	900 g	720 g	180 g	330 g

Tabela 3 – Quantitativo das composições (ALMEIDA, 2016).

Foi observado pelo autor um aumento da porosidade sendo percebido apenas mergulhando a amostra em água e medindo a sua absorção. Quanto mais a amostra absorve água, mais vazios existem na mesma. Essa porosidade se dá a devido à ausência de interação química entre o polímero e a matriz cimentícia, gerando aumento da porosidade do concreto e, por conseguinte, a redução da resistência a compressão. Podemos observar na Figura 2, como a absorção de água aumenta ao decorrer do aumento do teor de PET.

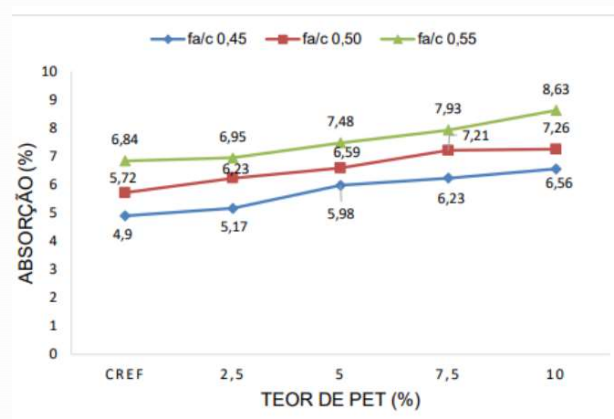


Figura 2 – Absorção de água pela amostra (ALMEIDA, 2016).

A porosidade é uma característica importante do concreto pois interfere diretamente na durabilidade do material.

Na Figura 3, percebemos a queda da resistência a compressão conforme aumenta o teor de PET. Segundo Neville (2013), quanto maior a resistência e a massa específica dos agregados para produção de concretos convencionais, menor é a influência dos agregados sobre a resistência à compressão do concreto, uma vez que a resistência dos agregados supera a resistência da matriz. Além de que a porosidade presente na superfície dos agregados também é um fator contribuinte para a perda de resistência. O autor destaca também a melhoria da capacidade termoacústica, pois o mesmo causador da redução da resistência a compressão axial é o responsável por melhorar esta característica, ou seja, os poros.

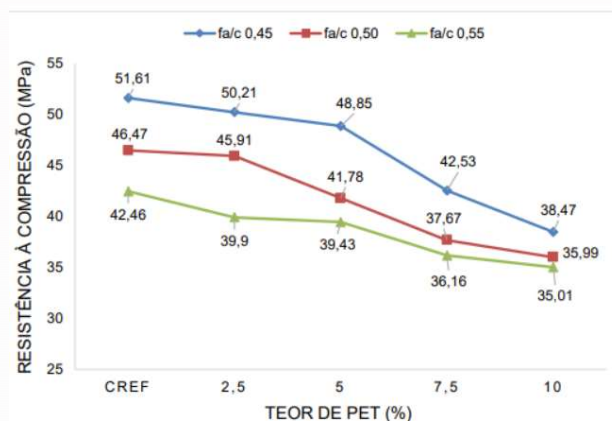


Figura 3 – Resistência a compressão (ALMEIDA, 2016).

Na Figura 4, percebe-se que a resistência à tração reduz com o aumento do teor de PET. Os fatores que influenciam a resistência à compressão, influenciam também a resistência à tração.

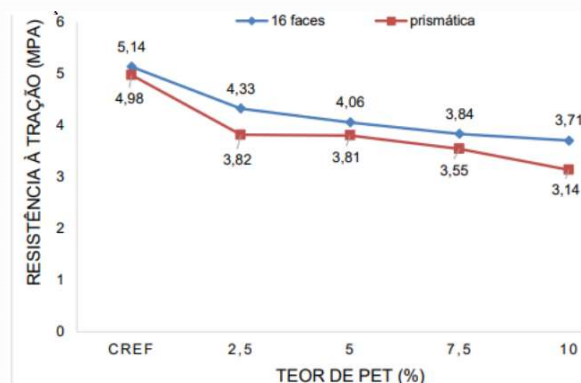


Figura 4 – Resistência a tração (ALMEIDA, 2016).

Os ensaios de suscetibilidade à ação do calor e da chuva, bem como os ensaios de suscetibilidade ao ataque por sulfatos, demonstraram que os concretos podem suportar ambientes agressivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os trabalhos podemos perceber que no geral as características em relação a trabalhabilidade se mantêm a mesma alterando somente quando a quantidade excede 30% de substituição. Foi visto também que o PET é o que mais se adequa as condições do concreto. Essas substituições causam uma redução na resistência a compressão do concreto por conta de as formas dos grãos serem irregulares e natureza impermeável não havendo uma boa coesão entre os materiais. Porém alguns autores relatam que a trabalhabilidade se mantêm devido a não absorção de água pelo plástico que também é um causador do aumento da porosidade e redução da resistência.

O módulo de elasticidade do concreto contendo agregados plásticos diminuiu conforme o conteúdo de plástico aumenta. Isso se deve à natureza porosa do concreto que contém resíduos de plástico do que o concreto comum, um módulo de elasticidade mais baixo dos agregados de plástico e uma relação à a/c mais alta de concreto com resíduos de plástico.

Por conta da maior quantidade de poros e da baixa condutividade térmica dos agregados de plástico, o concreto acaba aumentando sua eficiência térmica, além de fornecer ao concreto baixa permeabilidade aos cloretos em comparação com a de referência, o que pode ser atribuído à natureza impermeável dos agregados plásticos residuais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. P. Uso de politereftalato de etileno (Pet) como. **Universidade Federal De Campina Grande**, 2016.

ALMEIDA, Leandro Arruda de. Mapeamento E Diagnóstico Da Percepção Dos Colaboradores Do Setor De Construção Civil Quanto Aos Sistemas De Gestão De Qualidade. **UFP**, P. 12, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15575: edificações Habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013. v. 5.

BAHIJ, S. *et al*, Fresh and hardened properties of concrete containing different forms of plastic waste – A review. **ELSEVIER**, 2020.

BAHIJ, S. *et al*, Fresh and hardened properties of concrete containing different forms of plastic waste – A review. **ELSEVIER**, 2020.

BAYASI, Z.; ZENG, J., 1993. Properties of polypropylene fiber reinforced concrete. **ACI Materials Journal**. 6.ed., p.605–610, 1990.

BASTOS, Paulo Sergio dos Santos. Fundamentos Do Concreto Armado. **UNESP**, 2019.

CALLISTER Jr., Willian D. Ciência e Engenharia dos Materiais - Uma Introdução. LTC - Livros Técnicos e Científicos S.A. Rio de Janeiro, 2002.

CANELASS, S.S & ABREU, J.C., Reciclagem De Pet, Visando A Substituição De Agregado Miúdo Em Argamassa.. **XXI ENTMME**, 2005.

CARRANÇA, Thais. BBC NEWS BRASIL. **Consumo de plásticos explode na pandemia e Brasil recicla menos de 2% do material**. 30 de novembro de 2020 Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-55131470>>. Acesso em: 20 set. 2021.

CHIDIAC, S. E.; MIHALJEVIC, S. N. Performance of dry cast concrete blocks containing waste glass powder or polyethylene aggregates. *Cement and Concrete Composites, Canada*, v. 5, n. 8, p. 855-63, 29 set. 2010.

COELHO, Rivaldo Teodoro. Contribuição Ao Estudo Da Aplicação De Materiais Alternativos Nos Compósitos À Base De Cimento Portland: Uso De Grãos De Polipropileno Reciclado Em Substituição Aos Agregados Do Concreto. **Universidade Estadual de Campinas**, 2005.

COLANGELO, F. R. Cioffi, B. Liguori, F. Iucolano, Recycled polyolefins waste as aggregates for lightweight concrete, **Compos. Part B Eng.** 106 234–241, 2016.

EWERS, Juliana. Site USP. **Em três anos, número de engenheiros formados já supera em 2,5 vezes demanda prevista para 2020**. 21 de novembro de 2019 Disponível em: <<https://sites.usp.br/lgi/em-tres-anos-numero-de-engenheiros-formados-ja-supera-em-25-vezes-demanda-prevista-para-2020>>. Acesso em: 20 set. 2021.

IBRAHIM, A. *et al*. Use of recycled plastic as fine aggregate in cementitious composites: **A. ELSEVIER**, 2020.

JARDIM, Rosiéli Ribeiro. Estudo da viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por agregado miúdo reciclado de pet em concretos convencionais, Alegrete **Universidade Federal Do Pampa**, 2016.

JOHN, V.M.J. **Panorama sobre a reciclagem de resíduos na construção civil. In: Seminário Desenvolvimento Sustentável E A Reciclagem Na Construção Civil**, 2 ed., São Paulo, 1999. Anais. São Paulo, IBRACON, 1999. p.44-55.

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil – Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 102p. Tese (livre docência) – Universidade de São Paulo.

JUNIOR, Elias Alves Feitosa. **Análise Da Incorporação De Materiais Poliméricos Em Concretos: Uma Alternativa Para A Diminuição Do Aporte De Plásticos No Ambiente**, Maceió – Alagoas. **CESMAC**, 2019.

LEVY, S.M. **Reciclagem do entulho da construção civil, para utilização com agregados para argamassas e concretos**. São Paulo, 1997. 147p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, Amanda dos Santos *et al.* **Substituição De Agregado Miúdo Do Concreto Simples Por Polipropileno (PP)**. **Revista diálogos Interdisciplinares**, 2018.

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão do processo de projeto na construção de edifícios**. *Integração*, São Paulo, n. 38, p.201-217, jul. 2004. Trimestral.

ROCHMAN, C. M. **Classify plastic waste as hazardous**. **Nature** 494, 169–171, 2020.

RONCHEZEL, J.A *et al.* **Boletim Paulista de Geografia**. Associação dos Geógrafos Brasileiros. de 2º semestre de 1986. **Indústria da Construção – Reflexão sobre o atraso tecnológico**. p. 3. Disponível em: <https://erminiamaricato.files.wordpress.com/2012/09/boletim_geografia_n64.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

SCHETTINO, Rômulo Marczuk. **Concreto Com Adição De Fibras De Politereftalato De Etileno**. Fundação Oswaldo Aranha, Volta Redonda, 2015.

SOUZA, Jéferson Andrei Ferreira *et al.* **Revisão Bibliográfica Da Aplicação De Agregados Plásticos Na Produção De Argamassa E Concreto Na Construção Civil**. **11º simpósio internacional de qualidade ambiental**, 2019.

SUBRAMANIAN, P.M., **Plastics recycling and waste management in the US**, *Resour. Conserv. Recycl.* 28 (3–4) (2000) 253–263.

VIEIRA, Thalita Gabriele Martins, **Concreto Reciclado Utilizando Garrafas Pet**. **FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE CONSELHEIRO LAFAIETE**, 2020.

XUEMIAO Li, T.-C. L. (2020). **Functions and impacts of plastic/rubber wastes as eco-friendly aggregate**. **ELSEVIER**.