

Artigo Original

Análise das propriedades mecânicas do concreto através da substituição dos agregados por poliestireno a partir de copos descartáveis

Analysis of the mechanical properties of concrete through the replacement of aggregates by polystyrene from disposable cups

Giovanna Tainara de Moraes Sousa ¹

Karolainy Farias de Miranda Feitosa ¹

Francisca Itaynara de Souza Araújo²

¹ Graduanda Engenharia Civil. Faculdade de Ensino Superior de Florianó

² Docente. Faculdade de Ensino Superior de Florianó

Resumo:

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, encontrados desde obras residenciais, comerciais, rodoviárias e de saneamento. Este por sua vez é composto cimento, areia, britas ou seixos, e pode ter a adição de substâncias químicas. O presente artigo se justificou pela existência da necessidade de se reutilizar materiais que são descartados de forma inadequada no meio ambiente, como os copos descartáveis e utilizá-lo como substituto dos agregados para a alteração das propriedades do concreto. Visando dessa forma, trazer melhorias ao concreto e agregando a preservação do meio ambiente. O objetivo geral dessa pesquisa foi o de analisar a influência da substituição no que tange a resistência à compressão do concreto. A pesquisa teve caráter experimental, e foi realizada por meio do ensaio de resistência a compressão. Dessa forma, foi observado que a partir da substituição do volume da areia por poliestireno, provocou nas propriedades de estado endurecido, uma diminuição significativa na resistência mecânica do concreto, sendo que os corpos de prova de 5% tiveram melhor desempenho que os de 10% de substituição. E com relação as propriedades do estado fresco, também foram reduzidas sua trabalhabilidade e consistência, sendo necessário o aumento da quantidade de água.

Palavras-Chave: Concreto. Poliestireno. Reutilização.

Abstract:

Concrete is one of the most used materials in civil construction, found in residential, commercial, road and sanitation works. This in turn is composed of cement, sand, gravel or pebbles, and may have the addition of chemical substances. The present research project was justified by the existence of the need to reuse materials that are improperly discarded in the environment, such as disposable cups and use it as a substitute for aggregates to change the properties of concrete. Aiming in this way, to bring improvements to the concrete and adding the preservation of the environment. The general objective of this research was to analyze the influence of substitution on the compressive strength of concrete. The research had an experimental character, and was carried out through the compressive strength test. In this way, it was observed that from the replacement of the volume of sand by polystyrene, it caused in the properties of hardened state, a significant decrease in the mechanical strength of the concrete, and the 5% specimens had better performance than the 10% specimens. of substitution. And with regard to the properties of the fresh state, its workability and consistency were also reduced, requiring an increase in the amount of water.

Keywords: Concrete. polystyrene. reuse.

INTRODUÇÃO

A partir do processo evolutivo de uma sociedade, urbanização, crescimento populacional e revolução tecnológica vêm sendo gerado uma grande quantidade de resíduos. Dessa maneira

é cada vez mais importante apresentar alternativas para o destino desses resíduos. A reciclagem é uma forma de transformar uma fonte de poluição e despesa, em um novo material.

Segundo Pedroso, Fábio Luiz (2009), o concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, ele é encontrado em casas, rodovias, pontes, usinas, edifícios, obras de saneamento e muitos outros. É composto por um aglomerante, o cimento, mais agregados miúdos, como areia, e graúdos, britas e seixos, e pode ter a adição de substâncias químicas para alterar suas propriedades, de acordo com as necessidades construtivas.

De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos - ABRELPE, (2016), o Brasil consome cerca de 1500 toneladas de copos descartáveis por dia, que são utilizados em ambientes como escritórios, fábricas, estabelecimentos comerciais, órgãos públicos, faculdades, escolas, devida a sua praticidade, e estes em sua maioria acabam em aterros sanitários ou são descartados de maneira inadequada. A maioria dos copos descartáveis é produzida a partir de um material extraído do petróleo, o poliestireno, que cada vez mais vem sendo procurados caminhos viáveis para reutilizá-lo.

Diante disso, foi considerado a aplicação do poliestireno na construção civil utilizando como substituto do agregado miúdo (areia) do concreto copos descartáveis triturados, recolhidos após o uso, na Faculdade de Floriano - FAESF. Logo após foram produzidos corpos de prova para comparação e análise das características mecânicas do concreto.

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar a influência da substituição dos agregados pelo poliestireno na resistência à compressão do concreto, e os objetivos específicos foram caracterizados os materiais utilizados no preparo do concreto em estudo, obedecendo às normas técnicas de cada procedimento, produzir corpos-de-prova com a substituição do agregado miúdo pelo poliestireno em proporções de 5% e 10%, determinar propriedades mecânicas do concreto através de análise da resistência à compressão e analisar e descrever a influência de cada porcentagem de substituição de poliestireno.

O presente projeto de pesquisa se justificou pela necessidade de se reutilizar materiais que são descartados de forma inadequada no meio ambiente, como os copos descartáveis e destiná-los a substituição dos agregados miúdos com objetivo de ser ter uma alternativa sustentável.

REFERENCIAL TEÓRICO

Concreto

De acordo com Kaefer, Luís Fernando (1998), o concreto é utilizado na construção dos mais diversos tipos de estruturas, e é o resultado do trabalho dos homens, que ao longo dos anos observaram a natureza e aprimoraram materiais, técnicas, teorias e formas estruturais. Este por sua vez, é um material composto da mistura de cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo e possui adições e aditivos químicos, que tem o objetivo de melhorar ou alterar suas propriedades básicas.

Conforme Pinheiro, Libânio M., *et al* (2007), os agregados são materiais com dimensões diferentes, que aumentam o volume da mistura, diminuído seu custo, além de tudo colaboram para que ocorra menor alteração volumétrica do produto final. Esses são classificados em origens naturais, britados, artificiais e reciclados.

Segundo Arnold, Daiana Cristina Metz (2010), os agregados miúdos são areias de princípio natural de processo de britagem, ou composto de ambas, onde os grãos passam pela peneira de abertura 4,8 mm e são retidos na peneira de abertura 0,075 mm, que conforme a NBR 7211(ABNT, 2005) são classificados de acordo com suas dimensões.

Os agregados graúdos são uma brita proveniente de rochas estáveis, ou mistura de ambos, cujos grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura nominal de 152 mm e ficam presos na peneira 4,8 mm (ARNOLD, DAIANA CRISTINA METZ, 2010).

Segundo Bastos, Paulo Sérgio dos Santos (2006), os agregados podem ser determinados como os materiais granulosos e inertes componentes das argamassas e concretos. São muito fundamentais no concreto porque compõem cerca de 70 a 80 % da sua composição, e porque atuam em várias de suas propriedades.

Outro componente muito importante do concreto é o cimento, este foi criado na Inglaterra em 1824, e teve a produção industrial iniciada em 1850. Ele é formado de um pó fino com características aglomerantes e ligantes, que endurece perante a força da água, e que depois de endurecido não se decompõe mesmo que seja mais de uma vez submetido à força da água (BASTOS, PAULO SÉRGIO DOS SANTOS, 2006).

Segundo Moratelli, R. C. *et. al* (2017), o concreto também pode possuir aditivos, que têm a propriedade de modificar as características do concreto, como torná-lo mais flexíveis de modo que a mistura tenha uma menor quantidade de água para atingir as mesmas condições de trabalhabilidade.

As adições compõem materiais que, em dosagens adaptadas, podem ser agregados aos concretos ou colocados nos cimentos ainda na fábrica. São materiais bastante finos, que diminuem o volume de vazios, diminuem a permeabilidade, que por consequência, melhoram a resistência mecânica, e provocam um efeito permanente, somando ou substituindo parcialmente o cimento (devido as suas propriedades semelhantes ao do cimento).

A construção civil possui grande potencial para captar materiais reciclados da indústria e utilizá-los com aditivos não convencionais, como por exemplo: plástico, corpos destacáveis, EPS, borrachas, papelão e entre outros, podendo ser utilizados para melhorar suas características e propriedades do concreto.

O concreto antes do seu endurecimento, no seu estado plástico, é conceituado como concreto fresco, onde suas características influenciam diretamente nas propriedades e qualidade do concreto já endurecido, implicando em uma mistura com boa trabalhabilidade, homogeneidade, coesão e segregação da água. Resultando em um concreto endurecido com boa resistência a tração, compressão, impermeabilidade e durabilidade (MARTINS, 2008).

Como bem nos assegura ABNT NBR NM 67:1998, o método para determinação da consistência do concreto é feito pelo abatimento do tronco de cone, conhecido também como Slump test, este é obtido partir das medidas do assentamento do concreto fresco. No teste é utilizado um molde umedecido em formato de cone, onde será despejado o concreto em três camadas sucessivas, compactadas com 25 golpes cada, com uma haste de socamento. Logo após é limpo o excesso do material da parte superior do cone, e este é retirado de forma cuidadosa e sem interrupções. Deve-se logo em seguida medir o abatimento, comparando com a altura do molde.

Utilização do poliestireno como material reciclado

Com o crescimento populacional, seguido do aumento considerável de resíduos sólidos, segundo Tessari (2006), cada vez mais vem sendo intitulada práticas para minimizar a utilização de matérias primas virgens, substituindo por materiais reciclados. Fazendo o uso de tecnologias limpas, otimizando o uso de recursos naturais, reduzindo a geração de resíduos, destinando estes a uma utilização diferente ao simples descarte, tendo como exemplo a reutilização do poliestireno.

De acordo com Malere *et. al* (2011), o poliestireno é um homopolímero resultado da polimerização do estireno e é derivado do petróleo, um recurso não renovável e gerador de grande impacto ambiental. Este por sua vez, é um dos plásticos mais comuns utilizados no mundo, tendo em vista que a partir dele, são produzidos por exemplo, copos descartáveis e o

isopor. Estes são produtos utilizados em grande escala em diversos setores e ocasionam uma grande quantidade de lixo descartados de maneira inapropriada, resultando na necessidade de criar maneiras de reutilizá-lo minimizando seus impactos ao ambiente.

Na construção civil existem inúmeras possibilidades de reuso de materiais, estes, muitas vezes, provenientes de usos dentro do próprio canteiro. Desde a utilização de materiais de uso pessoal dos trabalhadores, como copos descartáveis, como também materiais sobras ou descartes de demolição de insumos da construção. O lixo resultante de entulhos apesar de pouco tóxico, vem tendo um crescimento contínuo em seu volume e requerendo imediatas intervenções (AMORIM *et.al*,1999).

A reciclagem de resíduos cerâmicos como telhas e tijolos, por exemplo, é uma alternativa para obtenção de argamassas alternativas, de baixo custo e com propriedades comparáveis e até mesmo superiores às argamassas convencionais. A partir da trituração deste, se obtém um material pulverulento que reage com a cal, obtendo-se um aglomerante. (AMORIM *et.al*, 1999)

De acordo com Motta (2005), a pavimentação com agregados reciclados, que são provenientes de construções, reformas e demolições, tais como: blocos cerâmicos, telhas, tintas, colas, resinas, madeiras, concreto em geral, solos, rochas, metais, tubulações, plásticos, fios e outros, vem sendo realizada de forma ampla em vários países e se mostrando muito promissora a partir da substituição dos materiais convencionais, utilizados em camadas de base, sub-base e reforço do subleitos de pavimentações de baixo volume de tráfego, pelos agregados reciclados.

Segundo pesquisa de Botaro *et. al* (2006), o poliestireno pode ser adicionado a mantas asfálticas misturado ao pó de pneu e lignina organossolve (LIG), com finalidade de reduzir os índices de penetração, aumentar a resistência a abrasão e baixas temperaturas, apresentando uma alternativa de reaproveitamento do poliestireno, valorização do material modificado e além da preservação do meio ambiente.

Da mesma maneira, o poliestireno expandido (EPS), mais conhecido como isopor, possui um grande volume de descarte, pois é muito utilizado em diversos setores, como industrial, embalagens, eletrodomésticos, e este por sua vez tem grande potencial na sua reutilização como insumos alternativos para substituição de agregados naturais na preparação de argamassas, apresentando adequado comportamento mecânico e térmico segundo as normas vigentes (BUSSOLO, 2020).

Segundo pesquisa de Do Nascimento *et. al* (2018), a partir da adição de determinadas porcentagens de poliestireno em forma de fibras provenientes de copos descartáveis coletados e triturados, ao traço do concreto, obteve-se um ganho significativo nas propriedades de resistência desse concreto comparado ao mesmo sem o aditivo. Apresentando dessa forma, uma alternativa para o reuso dos copos que seriam destinados ao lixo, e consequentemente descartados na natureza.

Da mesma maneira, de acordo com pesquisa de Royer (2005), o poliestireno sulfonado produzido a partir também de copos descartáveis, quando utilizado como aditivo em concretos produzidos a partir de cimento Portland CPV32, apresenta elevação na plasticização, e reduz a quantidade de água, além de apresentar aumento da resistência mecânica a compressão dos corpos de prova rompidos durante a pesquisa.

Todas pesquisas citadas são exemplos de como se torna possível aproveitar de um material reciclado, o poliestireno, que resultaria somente em lixo e agressão ao meio ambiente, e destiná-lo a melhoria de materiais importantes para a qualidade de vida da população e ainda preservando a natureza. Sendo importante ressaltar que todas pesquisas seguem processos, critérios e parâmetros mínimos estabelecidas por normas para determinar a real melhoria na qualidade do material modificado.

MÉTODOS DE ANÁLISE

A pesquisa foi de caráter experimental, e tratou da influência a substituição dos agregados pelo poliestireno, com o objetivo de analisar as alterações de resistência à compressão do concreto. Os ensaios cabíveis para a pesquisa, obedecendo as NBR's, foram realizados no laboratório de materiais da Faculdade de Ensino Superior de Floriano.

Caracterização

A primeira etapa do experimento consistiu em caracterizar os materiais, segundo a NBR 7211:2005 - Agregados para concreto – Especificação – que foram destinados a produção de concreto, buscando conhecer as características de cada material para que este possa conferir as propriedades requeridas.

O aglomerante a ser utilizado no concreto foi o cimento, com especificação CP-II-Z 32, areia de origem natural e utilizado brita de número 1, todos adquiridos na cidade de Floriano-PI.

A adição do concreto se deu através do poliestireno, provenientes de copos descartáveis que foram utilizados na Faculdade de Ensino Superior de Floriano-PI, lavados e triturados com um liquidificador. A partir do processo de dosagem - ABCP – foram fornecidos o traço e as respectivas quantidades dos materiais necessários para a confecção dos corpos-de-prova.

Experimento

Em laboratório, foram feitos o total de 24 (vinte e quatro) corpos-de-prova, sendo distribuídos para um concreto normal e com as respectivas porcentagens de substituição do agregado miúdo pelo poliestireno de 5%, 10% de sua massa e sem adição, atribuindo 2 (duas) unidades para as idades de 7, 14, 21 e 28 dias em tempo de cura, para o ensaio a compressão.

Para a produção do concreto foi utilizado uma betoneira, como podemos observar por meio da Figura 01, para garantir a homogeneização da mistura e a moldagem dos corpos-de-prova e foram realizados mediante as orientações da NBR 5738 - Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.

Figura 1 – Pesagem de copos triturados a esquerda e betoneira com mistura a direita



Fonte: Autoras, 2022.

Propriedades do concreto fresco e endurecido

As propriedades mecânicas foram observadas de acordo com ensaios, obedecendo as normas, como a NBR NM 67 - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do

tronco de cone - para verificar a trabalhabilidade do concreto e observar sua consistência para uso, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Slump Test;



Fonte: Autoras, 2022.

O Ensaio de compressão, que pode ser observado na Figura 3, determinado pela NBR 5739 - Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos, que consistiu em aplicar uma carga uniaxial compressiva no corpo de prova para analisar sua resistência e a relação entre a deformação linear em função da carga aplicada e sua resistência à tração.

Figura 3 – Corpos de prova moldados e rompidos em prensa hidráulica;



Fonte: Autoras, 2022.

Análises dos resultados

A análise e discussão dos resultados aconteceu através de descrições com base nas literaturas, gráficos, tabelas e comparações com concreto de mesma resistência e aplicação, verificando se foi possível alcançar os resultados esperados da pesquisa.

Cálculo do Traço (método ABCP)

Quadro 1 – Cálculo do traço

Concreto	Fck = 25 Mpa
	Abatimento = 60 – 80 mm
Cimento	CP II E 32 RS
Areia	$\delta = 2300 \text{ Kg/m}^3$
	$\gamma = 1600 \text{ Kg/m}^3$
	Módulo de finura: 2,4
Brita	Dmax = 19 mm
	$\gamma = 2700 \text{ Kg/m}^3$
	$\delta = 1450 \text{ Kg/m}^3$

Fonte: Autoras, 2022.

Resistencia média do concreto aos 28 dias (Fcj):

$$F_{cj} = F_{ck} + 1,65 \times sd$$

$$F_{cj} = 25 + 1,65 \times 7,0$$

$$F_{cj} = 36,55 \text{ Mpa}$$

Valores do desvio padrão (sd) em função do rigor da produção

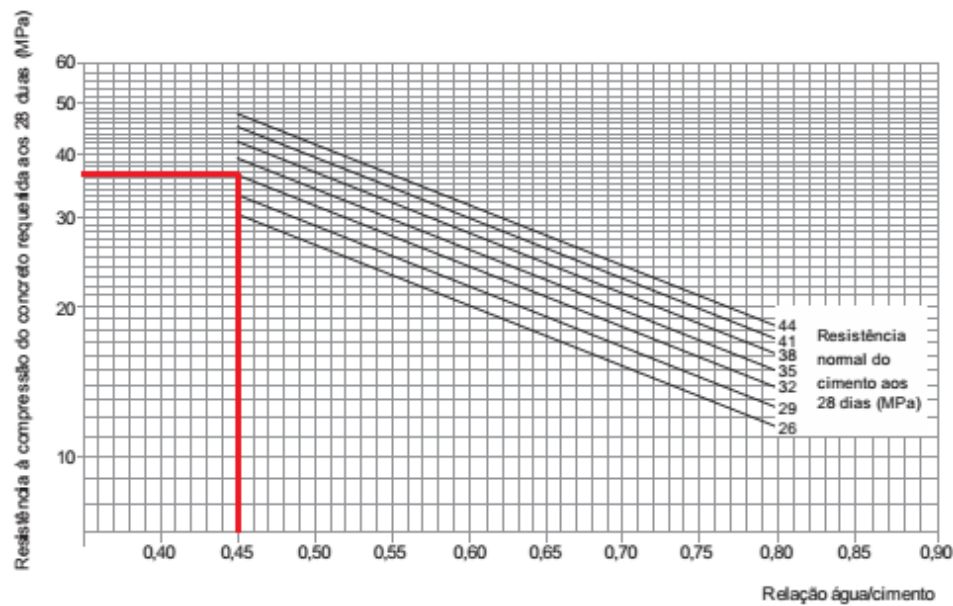
Quadro 2 – Valores do desvio padrão

Sd	condição	classe	tipo de concreto
4,0	A	C10 a C80	Cimento e agregado medidos em massa e água medida em medidor com determinação do teor de umidade dos agregados.
5,5	B	C10 a C25	Cimento medido em massa e a água é medida em volume mediante dispositivo dosador. Os agregados são medidos em massa combinada com volume para C25 e em volume para até C20, com a umidade do agregado miúdo determinada ao menos três vezes durante o turno de concretagem, realizando as correções através da curva de inchamento da areia.
7,0	C	C10 e C15	Cimento medido em massa, os agregados em volume, água medida em medidor e a umidade dos agregados sendo estimada

Fonte: Autoras, 2022.

Fator Água/Cimento (A/C):

Figura 5 – Curva de Abrams



Fonte: Autor,2022

A/C = 0,45

Consumo de água (Ca)

Quadro 3 – Consumo de água

Consumo de água aproximado (L/m³)					
Abatimento (mm)	Dmáx agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Autoras, 2022.

Consumo de cimento

$A/C = \frac{Ca}{Cc} \Rightarrow 0,45 = \frac{200}{Cc} \Rightarrow Cc = 444,44 \text{ l/m}^3$

Consumo do agregado graúdo

Quadro 4 – Agregado graúdo

Módulo de Finura	Dmáx agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Autoras, 2022.

$$P = \delta \times Vb$$

$$P = 1450 \times 0,71$$

$$P = 1029,5 \text{ Kg}$$

Consumo do agregado miúdo:

Volume de areia:

$$V = 1 - \left(\frac{Pc}{\gamma c} + \frac{Pb}{\gamma b} + \frac{Pa}{\gamma a} \right)$$

$$V = 1 - \left(\frac{434,78}{3100} + \frac{1029,5}{2700} + \frac{200}{1000} \right)$$

$$V = 0,28 \text{ m}^3$$

Peso:

$$P = \gamma \times Va$$

$$P = 2300 \times 0,28$$

$$P = 644 \text{ kg}$$

3.12 Traço

$$\frac{Cc}{Cc} : \frac{Car}{Cc} : \frac{Cb}{Cc} : \frac{Ca}{Cc} \Rightarrow \frac{434,78}{444,44} : \frac{644}{444,44} : \frac{1029,5}{444,44} : \frac{200}{444,44}$$

$$1 : 1,45 : 2,32 : 0,45 \text{ (Traço em massa)}$$

ANÁLISE E RESULTADOS

Os resultados foram obtidos a partir de análises feitas da comparação do padrão de referência do concreto sem adição de poliestireno com os demais concretos, feitos com adições de 5% e 10% em substituição da massa de areia. O abatimento do concreto de referência foi determinado entre 60mm a 80mm e a quantidade de água para os demais traços, foi usado 3,64

litros para todos os lotes de concreto. Dessa maneira, conclui-se que à medida que se aumenta a quantidade de poliestireno, o abatimento diminui, tornando o concreto mais ressecado, menos trabalhável e menos resistente. A seguir mostra-se tabelas e gráficos comparativos das resistências à compressão dos 3 tipos de concreto:

Quadro 5 – Resistência do concreto (Mpa)

Porcentagem	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
5%	5,70	6,34	6,62	6,11
	4,40	7,39	6,94	6,05
10%	1,65	2,38	1,79	2,21
	1,83	2,38	2,40	1,85
sem adição	9,56	9,44	11,45	11,02
	9,01	11,36	9,91	9,09

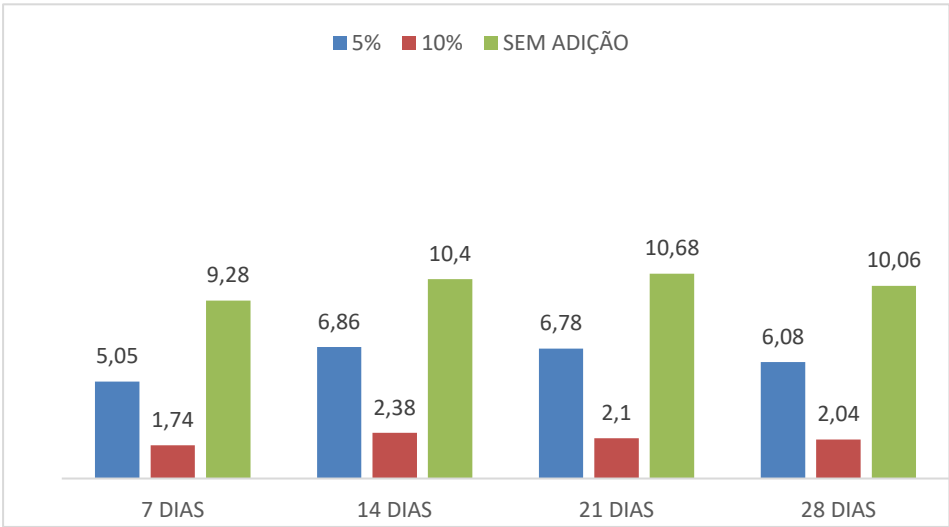
Fonte: Autoras, 2022.

Quadro 6 – Média de resistência do concreto (Mpa)

Porcentagem	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
5%	5,05	6,86	6,78	6,08
10%	1,74	2,38	2,10	2,04
Sem adição	9,28	10,40	10,68	10,06

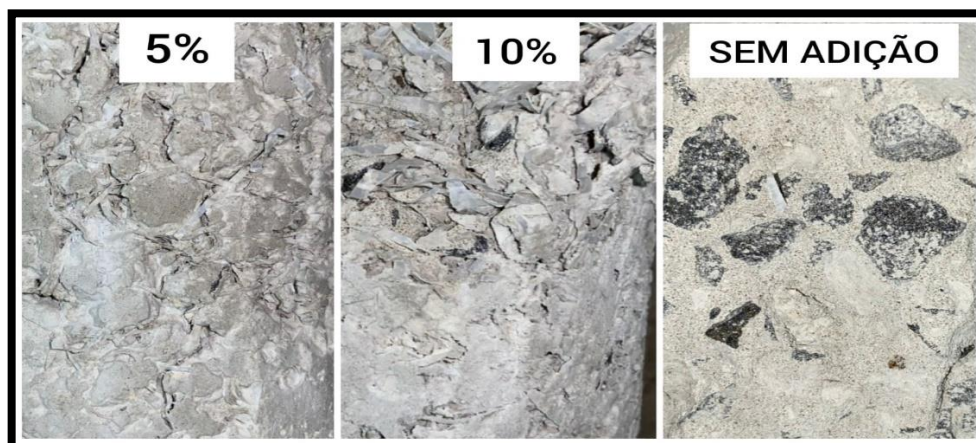
Fonte: Autoras, 2022.

Gráfico 1 – Comparativos de resistências resultantes



Fonte: Autoras, 2022.

Figura 6 – Aparência dos corpos de prova



Fonte: Autoras, 2022.

CONCLUSÕES

Tendo em vista os aspectos mencionados, foi observado que a partir da substituição gradativa do volume da areia, em 5% e 10%, por poliestireno, obtido a partir da trituração de copos descartáveis recolhidos na Faculdade de Ensino Superior de Florianópolis, provocou uma diminuição significativa na resistência mecânica do concreto.

Observou-se que quanto maior a substituição, menor a trabalhabilidade do concreto, necessitando o aumento da quantidade de água, que traria um maior custo, além da maior utilização de um recurso natural, comparado com o concreto convencional. Portanto não convém tal substituição nessas respectivas porcentagens.

Apesar do resultado, em nada se diminui a necessidade e a importância de se apresentar alternativas para reduzir a poluição ambiental causada pelo descarte dos copos descartáveis, e ainda promover a um estudo mais aprofundado de outras formas de aproveitamento deste material ou em outras finalidades além da estrutural, na construção civil.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecemos a Deus, por ter nos dado saúde e força para vencermos as dificuldades. Aos nossos familiares, que nos encorajaram e compreenderam nossa ausência enquanto nos dedicávamos à produção desse trabalho. A nossa turma 2017.2, que com toda amizade, união e caminho fez dessa trajetória mais leve e feliz. A esta instituição, direção, a todo o corpo docente do curso de engenharia civil, mas em especial a nossa orientadora Francisca Itaynara, por toda dedicação, paciência, assistência e incentivo.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira De Empresas De Limpeza Pública E Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2016.

AMORIM, Luciana Viana et al. Reciclagem de rejeitos da construção civil para uso em argamassas de baixo custo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 3, n. 2, p. 222-228, 1999.

ARNOLD, Daiana Cristina Metz. Análise da influência da forma dos grãos nas propriedades das argamassas. 2011.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. Fundamentos do concreto armado. Bauru: Unesp, 2006.

BOTARO, Vagner Roberto et al. Obtenção e caracterização de blendas de asfalto CAP 20, modificado com poliestireno reciclado, resíduos de pneu e lignina organossolve. Rem: Revista Escola de Minas, v. 59, n. 1, p. 117-122, 2006.

BUSSOLO, Claudio de Souza et al. Influência do uso de poliestireno expandido (EPS) como agregado em argamassa. 2020

DO NASCIMENTO, Laécio Guedes et al. Reutilização do copo descartável triturado como fibra no concreto/Reuse of disposable cup crushed as fiber in concrete. Brazilian Journal of Development, v. 5, n. 12, p. 32761-32768, 2019.

KAEFER, Luís Fernando. A evolução do concreto armado. São Paulo, v. 43, 1998.

MALERE, Caroline Paganucci dos Reis et al. Síntese e caracterização de padrão de poliestireno para cromatografia de permeação em gel através da polimerização via radical livre controlada mediada por radicais nítróxidos. 2011.

MARTINS, Paulo Benjamim Moraes. Influência da granulometria agregado miúdo na trabalhabilidade do concreto. Monografia, 2008.

MORATELLI, Roni Cleyton; ROHDEN, Abrahão Bernardo; MATOS, Lúcio Flávio da Silveira. Redução do consumo de cimento Portland em concreto convencional com o uso de aditivo superplastificante. 2017

MOTTA, Rosângela dos Santos. Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

_____. NBR NM 67: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

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

PEDROSO, Fábio Luiz. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Concreto: material construtivo mais consumido no mundo, São Paulo: IBRACON, n. 53, p. 14-19, jan./mar. 2009.

PINHEIRO, Libânio M. Fundamentos do concreto e projeto de edifícios. 2007.

ROYER, Betina et al. Efeito da aplicação do poliestireno sulfonado (PSSNa) como aditivo em argamassas e concretos de cimento Portland CPV32. Polímeros, v. 15, p. 63-67, 2005.

TESSARI, Janaina et al. Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil. 2006.