



**ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM  
 ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF  
 CONCRETE WITH ADDED POLYMERS - BIBLIOGRAPHIC REVIEW**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL HORMIGÓN  
 CON LA ADICIÓN DE POLÍMEROS - REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo<sup>1</sup>, Ciguivon José de Oliveira Junior<sup>2</sup>, Gabriel Moraes da Silva<sup>3</sup>, Emilly Nascimento Mota Rodrigues<sup>4</sup>, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra<sup>5</sup>, Danielle de Cássia Santos de Viveiros<sup>6</sup>, Diogo Ramon do Nascimento Brito<sup>7</sup>

e381747

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i8.1747>

PUBLICADO: 08/2022

**RESUMO**

Historicamente, o concreto, entendido como um material de construção, é descrito como uma pedra artificial resultante da junção de um ligante com materiais pétreos. Não obstante, ainda se pode afirmar que ele possa ser tão antigo quanto o próprio conceito de civilização. Quando a utilização do concreto é a de material estrutural recebe a denominação de concreto estrutural que pode ser de três tipos diferentes: concreto simples sem qualquer tipo de armadura; concreto armado quando há uma armadura não pré-tracionada. Quanto ao objetivo geral, ele se propôs a analisar as principais propriedades mecânicas e físicas do concreto com adição de acetato de vinila e polipropileno. A substituição parcial da areia pelo polipropileno teve um excelente desempenho quanto à resistência a compressão devido ao bom adensamento do polímero com a massa de cimento, baixa porosidade. Isso se deve a boa homogeneização que a mesa vibratória forneceu aos corpos de prova utilizados no teste. A correlação amplamente utilizada de que a resistência à tração do concreto corresponde a 10% da sua resistência à compressão não pode ser feita livremente. Um dos principais fatores que afetam as condições de trabalhabilidade da mistura é a percentagem de agregado de etileno acetato de vinila (EVA). As misturas com 60% de EVA evidenciaram os melhores resultados, sendo que o traço 1:3 apresentou uma consistência plástica sem segregação nem flutuação do agregado. Existe um potencial sustentável na busca de recursos alternativos para confecção de matéria prima de construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto. Concreto leve. Polímeros. Etileno acetato de vinila. Polipropileno.

**ABSTRACT**

*Historically, concrete, understood as a construction material, is described as an artificial stone resulting from the junction of a binder with stone materials. Nevertheless, it can still be said that it may be as old as the very concept of civilization. When concrete is used as a structural material, it is called structural concrete, which can be of three different types: plain concrete without any kind of reinforcement; reinforced concrete when there is a non-pre-trained reinforcement. As for the general objective, it proposed to analyze the main mechanical and physical properties of concrete with the addition of vinyl acetate and polypropylene. The partial replacement of sand by polypropylene had an excellent performance regarding compressive strength due to the good densification of the polymer*

<sup>1</sup> Engenheira Civil formada pela Universidade CEUMA - Imperatriz

<sup>2</sup> Docente dos cursos de Engenharia Civil da Universidade CEUMA, Imperatriz, Maranhão, Brasil.

<sup>3</sup> Professor da Universidade CEUMA - Imperatriz

<sup>4</sup> Docente dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo na Universidade CEUMA, Imperatriz, Maranhão, Brasil.

<sup>5</sup> Docente dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo na Universidade CEUMA, Imperatriz, Maranhão, Brasil.

<sup>6</sup> Docente dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção na Universidade CEUMA, Imperatriz, Maranhão, Brasil.

<sup>7</sup> Docente dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia de Produção na Universidade CEUMA, Imperatriz, Maranhão, Brasil.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

*with the cement paste, low porosity. This is due to the good homogenization that the vibrating table provided to the specimens used in the test. The widely used correlation that the tensile strength of concrete corresponds to 10% of its compressive strength cannot be made freely. One of the main factors affecting the workability conditions of the mixture is the percentage of ethylene vinyl acetate (EVA) aggregate. The mixtures with 60% EVA showed the best results, and the 1:3 mixture presented a plastic consistency without segregation or floating of the aggregate. There is a sustainable potential in the search for alternative resources for making raw materials for civil construction.*

**KEYWORDS:** Concrete. Lightweight concrete. Polymers. ethylene Vinyl acetate. Polypropylene.

### RESUMEN

*Históricamente, el hormigón, entendido como material de construcción, se describe como una piedra artificial resultante de la unión de un aglutinante con materiales pétreos. No obstante, puede decirse que puede ser tan antigua como el propio concepto de civilización. Cuando el hormigón se utiliza como material estructural, se denomina hormigón estructural, que puede ser de tres tipos diferentes: hormigón simple sin ningún tipo de refuerzo; hormigón armado cuando hay un refuerzo no preformado. En cuanto al objetivo general, se propuso analizar las principales propiedades mecánicas y físicas del hormigón con adición de acetato de vinilo y polipropileno. La sustitución parcial de la arena por polipropileno tuvo un excelente rendimiento en cuanto a la resistencia a la compresión debido a la buena densificación del polímero con la pasta de cemento, baja porosidad. Esto se debe a la buena homogeneización que la mesa vibratoria proporcionó a las probetas utilizadas en el ensayo. La correlación ampliamente utilizada de que la resistencia a la tracción del hormigón corresponde al 10% de su resistencia a la compresión no puede hacerse libremente. Uno de los principales factores que afectan a las condiciones de trabajabilidad de la mezcla es el porcentaje de agregado de etileno-acetato de vinilo (EVA). Las mezclas con un 60% de EVA mostraron los mejores resultados, presentando la mezcla 1:3 una consistencia plástica sin segregación ni flotación del árido. Existe un potencial sustentable en la búsqueda de recursos alternativos para la confección de materia prima para la construcción civil.*

**PALABRAS CLAVE:** Hormigón. Hormigón ligero. Polímeros. Acetato de vinilo de etileno. Polipropileno.

## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o concreto, entendido como um material de construção é descrito como uma pedra artificial resultante da junção de um ligante com materiais pétreos. Não obstante, ainda se pode afirmar que ele possa ser tão antigo quanto o próprio conceito de civilização. Datando provavelmente entre 9000 e 7000 a.C., nessa época a cal já era utilizada, agregada a pedra para construção de pisos dentro do conceito de concreto acima detalhado.

Com o passar dos anos, e com o crescente aumento da produção e geração de resíduos sólidos, muitas empresas se viram obrigadas a buscar alternativas econômicas para amenizar problemas com o impacto ambiental e eficiência dos seus processos e produtos. O que não difere para o setor construtivo, visto que as construtoras vêm buscando estudar e criar alternativas para matérias e métodos construtivos tradicionais, como por exemplo, a substituição de agregados convencionais do concreto (BEZERRA, 2014).

O concreto é um dos componentes mais utilizados para as construções atualmente, sendo um elemento heterogêneo composto por cimento, água e agregados como pedra, areia etc., podendo ser acrescentado outros aditivos para obter resultados diferentes. Quando misturados, esses



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

elementos recebem o nome de dosagem e formam uma liga que poderá ser moldada, assumindo em diferentes formas e possuindo diversas aplicações dentro da construção.

Dessa forma, quando a utilização do concreto é a de material estrutural recebe a denominação de concreto estrutural que pode ser de três tipos diferentes: concreto simples sem qualquer tipo de armadura; concreto armado quando há uma armadura não pré-tracionada (protendida); e concreto protendido quando há uma armadura que é ativa pré-tracionada (BOTELHO, 2006).

Ao comparar o peso de estruturas em concreto a cargas aplicadas em estruturas de grandes vãos, como pontes, afirma-se que é bastante elevado. Assim, melhorias nas estruturas de concreto armado podem ser geradas a partir da redução do peso total, sendo possível com a aplicação de agregados leves.

Neste sentido, outro importante elemento indispensável na construção civil para a própria confecção de concreto são os agregados, que segundo Valverde (2001) o termo “agregados para a construção civil” é adotado no Brasil para identificar um segmento do setor mineral que é responsável pela produção da matéria-prima mineral bruta ou beneficiada de emprego imediato na indústria da construção civil. São basicamente a areia e a rocha britada.

Por outro lado, por mais que uso comum desses agregados já sejam rotineiros dentro das construções, a busca por novos componentes tem se mostrado um potencial material de estudos futuros, tentando, dessa forma, viabilizar meios alternativos e vantajosos para diversos setores. Nesse aspecto, entra a utilização de alguns materiais derivados do petróleo, como material agregado dentro da construção do concreto, em especial e como objetivo desse estudo, o PP (polipropileno) e EVA (Etileno Acetato de Vinila).

Segundo Rossignolo (2009), a substituição dos agregados tradicionais por agregados leves pode ocasionar, além da redução da massa específica, alterações em outras propriedades do concreto, com destaque para trabalhabilidade, resistência mecânica, módulo de elasticidade, durabilidade, estabilidade dimensional, condutividade térmica, resistência a altas temperaturas e espessura da zona da transição entre o agregado e a pasta de cimento.

Assim, o presente estudo visa analisar os resultados das pesquisas já existentes quando se referem às principais propriedades no estado fresco e estado endurecido do concreto, quando adicionados os polímeros em sua composição.

Dessa forma, há inúmeras pesquisas que abrangem essa temática e verificam a influência do PP e EVA. Assim, visando comprovar por meio de comparativos a funcionalidade e os benefícios da utilização de polímeros, como o acetato de vinila e polipropileno, como substituto parcial do agregado graúdo e agregado miúdo na produção de concreto, pretendendo assim, influenciar no aumento da sua utilização na indústria da construção civil.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

### 2 REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 CONCRETO

A origem do cimento remonta há cerca de 4.500 anos. Os imponentes monumentos do Egito antigo já utilizavam uma liga constituída por uma mistura de gesso calcinado. As grandes obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu, foram construídas com o uso de solos de origem vulcânica da ilha grega de Santorino ou das proximidades da cidade italiana de Pozzuoli, que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água (FORTI, 2018).

No ano de 1824, o construtor inglês Joseph Aspdin, em um experimento, queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino. Percebeu que obtinha uma mistura que, após secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções. A mistura não se dissolvia em água e foi patenteada pelo construtor no mesmo ano, com o nome de cimento Portland, que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland (FORTI, 2018).

No Brasil, estudos para aplicar os conhecimentos relativos à fabricação do cimento Portland ocorreram aparentemente em 1888, quando o comendador Antônio Proost Rodovalho se empenhou em instalar uma fábrica na fazenda Santo Antônio, de sua propriedade, situada em Sorocaba-SP. Várias iniciativas esporádicas de fabricação de cimento foram desenvolvidas nessa época (FORTI, 2018).

O concreto de cimento Portland é o material estrutural mais importante e utilizado na construção civil, desde sua descoberta por Joseph Aspdin no ano de 1824. O concreto de cimento Portland é definido pela (ABNT NBR 12655, 2015) como “material formado pela mistura homogênea de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água)”.

De acordo com Petrucci (1998), os componentes do concreto são água e cimento, dando origem a pasta, ao adicionar agregado miúdo à mistura obtém-se a argamassa, geralmente utilizada para reboco e assentamento, e quando incorpora agregado graúdo a composição, gera o concreto. Além disso, o concreto é considerado uma mistura entre um aglomerante hidráulico, ou seja, que reage com água, com outros materiais inertes a água concedendo ao concreto ótimas condições de plasticidade que facilita a manipulação, assim corrobora para uma boa trabalhabilidade, quando no processo de transporte e adensamento sejam realizados corretamente.

Um dos principais elementos que compõe os concretos, é o chamado cimento. De acordo com o que Neville (2015), o primeiro concreto da história foi feito pelos gregos e romanos ao misturar pedras fragmentadas, calcário calcinado, água e areia. Muitos avanços sobre o conhecimento desse material foram realizados até chegar na patente para o cimento popularmente conhecido como “cimento Portland”. Além disso, Neville (2015) cita que:



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marina Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

O processo de fabricação do cimento consiste essencialmente na moagem da matéria-prima, na sua mistura íntima em determinadas proporções e na queima (a temperaturas de até cerca de 1450 °C) em grandes fornos rotativos, onde o material é sinterizado e parcialmente fundido, tomando a forma de esferas conhecidas como clínqueres (NEVILLE, 2015, p. 2).

Durante o processo de calcinação do calcário, necessário para a produção de cimento, origina-se o clínquer, item importante para a composição, pois apresenta em seu arranjo Silicato tri cálcio  $(CaO)_3SiO_2$  e Silicato dicálcico  $(CaO)_2SiO_2$ , peças fundamentais para a resistência mecânica do concreto após hidratação.

Além disso, a NBR 12655 responsável por todo processo de preparação do cimento, classifica o cimento Portland como:

Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante essa operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a essa mistura material pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores indicados nas normas específicas (NBR 12655, 2015).

O cimento começa o processo de hidratação quando entra em contato com a água, onde cada grão de cimento forma inúmeras partículas, dando origem ao gel de silicato de cálcio hidratado. Nesse sentido, com o resultado dessa reação surge uma malha que reduz a porosidade do concreto em sobreposição ao aumento de sua resistência mecânica. Para que se avalie a qualidade do concreto, faz-se necessário conhecer a respeito de suas propriedades e o que as influencia.

Durante o período plástico dos concretos, três características são bastante relevantes para se obter trabalhabilidade, sendo elas: coesão, consistência e homogeneidade. Ao se tratar do estado endurecido, o concreto deve apresentar resistência e durabilidade equivalentes ao projeto e as condições as quais a estrutura está exposta. Ao se avaliar as propriedades do concreto devem se levar em conta alguns aspectos que influenciam no seu desempenho.

A princípio, o concreto era produzido apenas com três materiais bases, sendo esses o cimento (geralmente o cimento Portland), agregados e água. No decorrer do tempo, com a finalidade de aprimorar algumas propriedades do concreto, produtos químicos e materiais de natureza inorgânica foram incorporados nas misturas de concreto. Com esses aprimoramentos surgiram os concretos leves, podendo ser classificados em três tipos, como mostra a Figura 1.

Os concretos leves caracterizam-se pela redução da massa específica em relação aos concretos convencionais, consequência da substituição de parte dos materiais sólidos por ar. Pode ser classificados em concreto com agregados leves, concreto celular e concreto sem finos (ROSSIGNOLO, 2009, p. 17).

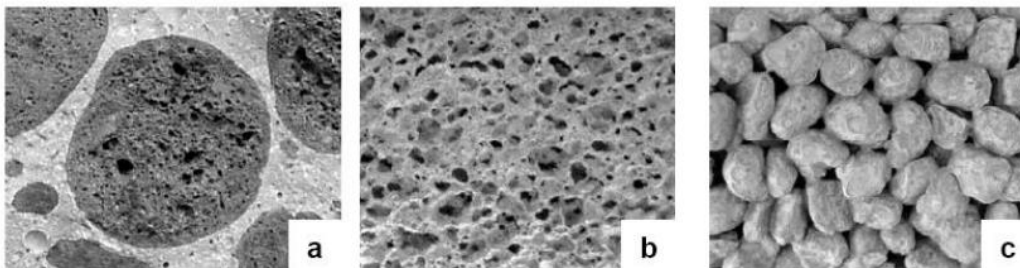


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marina Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

**Figura 1** - Tipos de concreto leve: (a) concreto com agregados leves, (b) concreto celular e (c) concreto sem finos



**Fonte:** ROSSIGNOLO (2009).

Dessa forma, de acordo com o ACI 213R (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, 2003), o concreto leve tem resistência a compressão mínima de 17 Mpa em 28 dias, como também deve possuir massa específica em torno de 1120 a 1920 kg/m<sup>3</sup>. Em contrapartida, Fusco (2008) relata que o concreto simples possui uma razoável resistência a compressão, podendo variar de 20 a 50 Mpa.

Ao utilizar concreto leve em edificações obtém-se melhora no isolamento térmico e acústico, sem precisar aumentar a espessura das camadas de concreto. Outro ponto positivo do uso do concreto leve, é que o custo da estrutura do concreto leve pode ser menor do que o concreto convencional, devido à redução do peso próprio, que conseqüentemente, leva à redução da armadura.

Além disso, os concretos leves possibilitam a diminuição da carga total sobre uma estrutura, assim é possível aperfeiçoar a relação peso e resistência de uma estrutura. Em suma, uma das alternativas para a diminuição do peso do concreto se dará a partir da substituição total ou parcial dos agregados convencionais por agregados leves.

O concreto possui diversas propriedades, como resistências mecânicas, durabilidade e massa específica. Assim, de acordo com Petrucci (2005), uma importante propriedade do concreto no estado fresco é a trabalhabilidade, que basicamente determina a aptidão do concreto para empregar determinadas finalidades.

A trabalhabilidade do concreto visa determinar a homogeneidade e a facilidade com que ele pode ser misturado, adensado e acabado. Tal propriedade é analisada por meio da consistência do concreto.

A interpretação que se obtém de trabalhabilidade é, portanto, muito mais subjetiva que física. O componente físico mais importante da trabalhabilidade é a consistência, termo que, aplicado ao concreto, traduz propriedades intrínsecas da mistura fresca relacionadas com a mobilidade da massa e a coesão entre os elementos componentes, tendo em vista a uniformidade e a compacidade do concreto e o bom rendimento da execução.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emilly Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

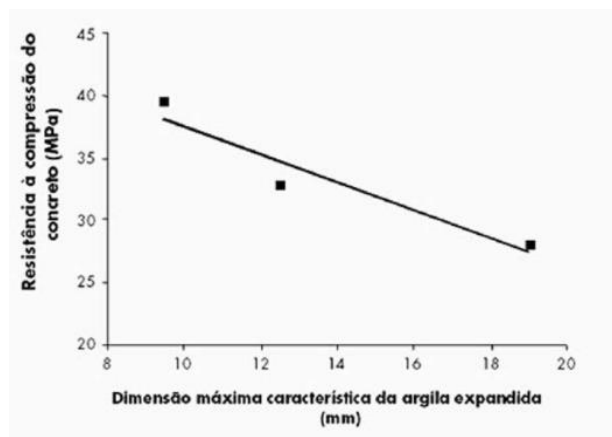
A trabalhabilidade do concreto visa determinar a homogeneidade e a facilidade com que ele pode ser misturado, adensado e acabado. Tal propriedade é analisada por meio da consistência do concreto.

Já analisando o concreto do estado endurecido, a principal propriedade observada é a resistência à compressão ( $F_{ck}$ ). A resistência à compressão do concreto é uma grandeza medida em mega pascal (Mpa), que indica qual a tensão que o concreto tem capacidade de suportar, isso é, antes dele sofrer ruptura.

Para Scobar (2016), os concretos leves estabilizam a resistência à compressão mais rapidamente do que os concretos convencionais, e apresentam menor elevação após os 28 dias de idade.

Rossignolo (2009) afirma que a dimensão e a granulometria dos agregados possuem influência nos resultados da resistência à compressão e da massa específicas nos concretos leves, quando comparados aos concretos convencionais, como mostra a Gráfico 1. Além disso, o Fator de Eficiência (FE), ou seja, a relação entre os valores de resistência à compressão e a massa específica é bastante relevante no desenvolvimento de projetos estruturais, como pontes com grandes vãos. Assim, em comparação com os concretos convencionais e com as mesmas condições de dosagem, os concretos leves apresentam valores de FE superiores.

**Gráfico 1** – Relação entre a resistência à compressão e a dimensão máxima característica do agregado leve



Fonte: ROSSIGNOLO (2009)

### 2.2 AGREGADOS

Segundo a NBR 12655 (2015), “os agregados são materiais sem forma ou volume definido, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para o preparo de argamassa e concreto”. Os agregados podem ser definidos, quanto à sua origem, como natural e artificial.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

O agregado natural, como o próprio nome diz, é encontrado na natureza por meio de extrações diretas de jazidas, pronto para ser utilizado ou que precisa passar por um pequeno processamento, para em seguida definir sua característica granulométrica. Em contrapartida, para obter suas características finais, os agregados artificiais precisam passar por processos químico, como por exemplo, britagem.

Os agregados devem ser compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto (ABNT NBR 7211, 2009).

Partindo dessa premissa, existem determinadas funções para cada tipo de agregado. A priori, os agregados dividem-se em dois tipos: agregados graúdos e agregados miúdos. Para o agregado ser considerado graúdo, segundo a norma NBR 7211, sua massa deve ficar retida na peneira de malha 4,75mm. O agregado é denominado miúdo quando os seus grãos passam pela peneira de malha 4,75mm.

Segundo a ABNT NBR NM 248, a distribuição granulométrica dos agregados graúdos deve ser estabelecida pela Tabela 1.

**Tabela 1-** 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

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

Fonte: NBR-7211 (ABNT, 2009).

### 2.3 CONCRETO POLIMÉRICO

A adição de polímero em concretos e argamassas teve sua estreia na Inglaterra, em meados de 1923, no momento que Cresson elaborou os primeiros estudos a respeito da adição de látex de borracha natural ao concreto, para a aplicabilidade em calçadas. Em 1924, Lefebvre publicou sua





## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

patente a respeito dos sistemas modificados com látex polimérico contendo cimento (BOMEDIANO, 2020).

A adição de polímero nas argamassas e no concreto tende a apresentar melhoras nas propriedades físicas, mecânicas e de durabilidade como: mudanças nas características do estado fresco e endurecido, baixa porosidade e absorção de água, resistência química, elevada aderência a substratos, além de menor tempo de cura. Porém, essas propriedades são afetadas por diversos fatores como, o tipo de polímero utilizado na mistura, a relação polímero-cimento, quantidade de polímero, ar incorporado e condições de cura. (OHAMA, 1998 *apud* BOMEDIANO, 2020).

Partindo desse princípio, ao ser adicionado, o polímero relaciona-se fisicamente e quimicamente com os demais agregados, e essa interação física se dá durante o processo de hidratação do cimento com a formação do filme polimérico, sendo este o responsável por melhorar as propriedades do concreto e das argamassas nos estados fresco e endurecido (BOMEDIANO, 2020)

Segundo Bomediano (2020), a hidratação do cimento nos concretos com adição de polímeros, tem duração longa de cura ambiente, devido à retenção de água por consequência da formação do filme polimérico. Deste modo, é provável obter melhoras nas fissuras de retração, normalmente causadas durante a secagem do concreto.

### 2.4 EVA (ETILENO ACETADO DE VINILA)

Os copolímeros poli acetato de vinila são definidos por Bezerra como:

Termoplásticos obtidos a partir do encadeamento de sequências aleatórias de unidades repetidas derivadas da Polimerização do monômero de etileno com o monômero de acetato de vinila, variando desde 18 até 70%, em sistemas de média e alta pressão ou de emulsões. A fórmula química do EVA possui uma cadeia carbônica ligada com o acetato de vinila, o copolímero tem como unidade estrutural – CH<sub>2</sub> CH (OCOCH<sub>3</sub>) – (BEZERRA, 2014).

Segundo Lopez (2012), a copolimerização do Eva é realizada através da reação, a alta pressão, entre os monómeros de acetato de vinila e etileno, geralmente derivado do óxido de etileno e glicol. Assim, esse monômero distribui-se de forma aleatória na cadeia. No entanto, as propriedades do EVA obtido, dependerão, em sua grande maioria, da quantidade de acetato de vinila disponível em sua composição, assim como, pela massa molecular da cadeia.

A polimerização do Eva, de acordo com Lopez (2012), pode ser dividida em quatro métodos distintos:

- Polimerização em massa;
- Polimerização em suspensão;
- Polimerização em emulsão;
- Polimerização em solução.

Esse copolímero apresenta excelentes características como por exemplo, flexibilidade, em temperaturas baixas apresenta boa tenacidade e alta resistência a queda. Isso faz com que seja bastante utilizado nos segmentos de sapato.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

Até o momento, estes resíduos vem sendo depositados em áreas a céu aberto, gerando problemas ambientais que vão desde a poluição visual de 53 áreas degradadas pela presença dos resíduos de EVA, passando pela proliferação de insetos e pequenos animais, até a ameaça de combustão do material. Além de ser um material termofixo, o que impede o reaproveitamento completo destes resíduos no processo de produção de novas placas, o EVA também não é biodegradável, o que contribui para o aumento progressivo dos depósitos deste material nas áreas de descarte.

Faz-se importante ressaltar que o grande paradoxo entre a indústria de calçados e os resíduos por ela gerados: a indústria calçadista dispõe continuamente de novas tecnologias de produção, além de equipamentos sofisticados, matérias-primas e componentes com muitas melhorias, visando assim vir a atender o ritmo quase alucinado de novos *designs* que surgem no mercado, desenvolvidos por profissionais que, por sua vez, encontram-se em permanente aprimoramento para atender às exigências sempre maiores dos consumidores. No entanto, o encaminhamento dos resíduos para aterros, feito pela maioria das indústrias, ainda se mantém o mesmo há mais de 20 anos.

Segundo Vedoy (2006), as propriedades dos EVA são obtidas baseados em seu grau de cristalinidade, com influência dos teores de acetato de vinila presentes. Por exemplo, Lopez (2012) afirma que quando o peso do acetato de vinila chega a 50%, ou seja, metade, a cristalinidade diminui, alcançando a marca zero. Isso se deve, em partes, a extensão de como a cadeia esteja ramificada.

Essa quantidade de acetato de vinila nos copolímeros define as possíveis utilizações, além de suas propriedades. Assim, Vedoy (2006) relata que apresentam características termoplásticas, EVA's com até 30% de conteúdo de acetato de vinila, passando disso apresentam comportamento "borrachoso". E as aplicações, são até 40% de AV, para o mercado de plásticos, adesivo (fundido) e na forma de espuma na indústria de calçados, e AV entre 45% e 55% para materiais de borracha.

Uma alternativa que parece promissora para a solução parcial ou total dos problemas gerados pelo resíduo de EVA, é sua reciclagem e o seu reaproveitamento na construção civil, transformando-os em um agregado leve, que poderá vir a ser empregado na confecção de concreto e artefatos de cimento.

Como principais propriedades do EVA que indicam um potencial uso na construção civil, destacam-se a baixa massa unitária e as características de resiliência. Para se verificar a viabilidade técnica da utilização deste material na construção civil, os seguintes pontos serão descritos no decorrer do trabalho:

- Forma de obtenção e preparo do agregado de EVA,
- Escolha de uma granulometria adequada;
- Ensaios de durabilidade e resistência a compressão;



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marina Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

- Análise das propriedades físicas e mecânicas do concreto feito com diferentes teores do agregado de EVA.

### 2.5 PP (POLIPROPILENO)

Não obstante, um material que ultimamente vem sendo estudado como substituto à areia é o plástico Polipropileno (PP). Este material é um termoplástico polimerizado a partir do gás propileno, sendo uma das principais poliolefinas existentes no mercado. Nesse sentido, cabe ressaltar que, no geral, o polipropileno é uma espécie de resina que possui uma densidade baixa e dessa forma oferece um equilíbrio de propriedades térmicas, químicas e elétricas. Apresenta também uma grande resistência a rupturas por flexão e fadiga. Sobre suas propriedades mecânicas é importante ressaltar que podem ser significativamente melhoradas através da agregação de reforços de fibra de vidro dentro outros materiais (PETRY, 2011).

Segundo Agnelli e Chinelatto (1992) durante os últimos 30 anos, o contínuo acréscimo da capacidade de produção do polipropileno resultou em uma diminuição do custo do polímero, possibilitando seu emprego em novas aplicações, mesmo não apresentando um balanço geral de propriedades totalmente favorável. Um dos maiores problemas a ser enfrentado é a baixa resistência à degradação oxidativa na etapa de processamento e/ou na exposição prolongada ao intemperismo.

As propriedades de sua resistência podem ser aumentadas significativamente através da incorporação de fibra de vidro. O PP é uma matéria prima de grande uso na sociedade em diversos setores da indústria, sendo também, causador de poluição ao meio ambiente, pois torna-se um resíduo após seu uso e demora muitos anos para ser absorvido pela natureza (RODA, 2010).

O polipropileno (PP) refere-se a um polímero termoplástico, semicristalino, que é obtido por meio da polimerização do monômero propeno ou propileno. Tem como principais características: a fácil maleabilidade, quando submetido a altas temperaturas, resistência à flexão, baixa densidade, boa estabilidade térmica, além de possuir baixo custo. O polipropileno possui uma densidade de  $0,905\text{g/cm}^3$ , que é a menor ao ser comparada com a dos demais materiais plásticos comercializados, isso propicia para a elaboração de peças leves.

O polipropileno possui como processo de degradação prioritário a cisão de cadeia, desta forma causa a redução de suas propriedades mecânicas, e uma redução de sua viscosidade, o que causa uma dificuldade para o processamento de PP reciclado por métodos como injeção, sendo necessária à utilização de cargas no material reciclado para adequação de suas propriedades para o processamento. A presença de cargas melhora a estabilidade dimensional e diminui a retração no resfriamento ou na cura, como é o caso do Carbonato de Cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). No caso das chamadas cargas ativas têm-se também uma melhora na resistência à tração [6]. Já A adição de elastômeros em termoplásticos aumenta a resistência ao impacto sem grande prejuízo da rigidez, resistência mecânica, estabilidade térmica e processabilidade, preservando assim no material um conjunto de propriedades desejáveis (RABELLO, 2000).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

A utilização do polipropileno é proveitosa como alternativa de agregado do concreto, pelo fato de em contato com ambientes alcalinos, seja quimicamente inerte (CORREA 2015). Além disso, Correa ainda afirma que: “Apesar do PP ser sensível a radiação UV, o que pode causar degradação, a massa cimentícia protege o PP dessa radiação quando incorporado ao concreto”. Assim, aumenta a porosidade do concreto, uma vez que o polipropileno for sujeitado a temperaturas altas. Além disso, é tácito lembrar que o polipropileno é ótimo como agregado leve para o cimento devido às suas características, por ser um polímero que apresenta baixa massa específica, em torno de  $0,89 \text{ g/cm}^3$ .

### 3 METODOLOGIA

O comparativo acerca dos concretos com adições de polímeros segue os preceitos de uma pesquisa exploratória realizada por meio da revisão bibliográfica que tomou como base artigos científicos publicados, teses, dissertações e monografias já elaboradas.

Seguindo a perspectiva proposta por Gil (2008), essa pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo elas, a busca por fontes e análise e interpretação dos resultados obtidos por meio dos estudos já elaborados.

A abordagem é de caráter qualitativo que de acordo com Mediondo (2003), usa os dados coletados buscando o seu “significado”, assim analisando os “fenômenos” dentro do seu contexto, tendo a finalidade de chegar à essência deles. Dessa forma, o presente trabalho busca esclarecer conceitos necessários para o entendimento dos procedimentos para construção de obras rodoviárias.

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico preliminar de informações, através do uso de teses, dissertações, artigos, livros e normas técnicas sobre o concreto, em especial o concreto leve, descrevendo os materiais, suas propriedades e formas de produção.

Ao realizar a distinção das fontes, foram tidas como preceito de inclusão as literaturas que dissertassem sobre os concretos leves, polímeros como substitutos para os agregados, a vista disso foram excluídas aquelas cuja bibliografia não atendia a temática.

Em suma, foi realizada uma leitura analítica, com o intuito de resumir e ordenar os resultados obtidos contidos nas fontes para cada propriedade do concreto com e sem as adições de polímeros. Assim como, obter as respectivas conclusões sobre os comportamentos obtidos na fase endurecida e fresca do concreto. Com isso, pretendeu-se verificar se o concreto com adição de polímeros de EVA e PP apresenta vantagens quando comparado ao concreto convencionalmente usado.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 4.1 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

##### 4.1.1 RESULTADOS OBSERVADOS EM ESTUDOS COM PP



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

Em toda obra é imprescindível o controle de qualidade do concreto utilizado. Esse controle é feito por decorrência de uma série de ensaios, como os de abatimento, espalhamento e, principalmente, os ensaios de resistência do concreto. Esses ensaios indicam a resistência à compressão, uma propriedade diretamente ligada à estabilidade e segurança estrutural, que valida a qualidade da estrutura.

A resistência à compressão do concreto é conhecida como  $F_{ck}$  — uma sigla que em inglês significa *Feature Compression Know*. Ela é medida em mega pascal (MPa), e cada 1 MPa corresponde a uma resistência aproximada de 10 kgf/cm<sup>2</sup>. O  $F_{ck}$  indica, portanto, a qual tensão o material em questão tem capacidade de resistir. Essa tensão é a resultante da divisão entre a força e a área em que ela está determinada a atuar. Dessa forma, os testes de resistência no concreto vêm a possibilitar a confirmação da tensão máxima a que ele resistirá antes de sofrer ruptura.

Em outras palavras, a resistência características do concreto à compressão ( $F_{ck}$ ), corresponde à capacidade máxima do material de resistir a uma determinada tensão de compressão imposta, antes de sofrer ruptura. Para estabelecê-la em um determinado concreto é necessário moldar corpos de prova de acordo com a norma NBR 5738 e ensaiá-los como especificado na norma NBR 5739. Os ensaios realizados para definir a resistência do concreto, validam a qualidade da estrutura, através das informações obtidas, como por exemplo, durabilidade da estrutura e capacidade resistente. No ensaio de resistência à compressão, é analisado em diferentes idades, sendo elas, 7, 14, 28, para que se possa ter um controle de qualidade do concreto mais eficiente.

Segundo a norma NBR 5738, a moldagem do corpo de prova é feita em moldes cilíndricos ou prismáticos, confeccionados com material não absorvente e que é inerte quimicamente com os componentes do concreto, por exemplo o aço. O molde é preenchido por camadas que são adensadas por aplicação de golpes de socamento, distribuídos uniformemente em toda a seção do molde, conforme mostra a Tabela 6. Posteriormente a moldagem, as amostras dos corpos de prova são cobertas por materiais não absorventes e não reativos, com o intuito de impossibilitar a perda de água e proteger das ações climáticas. Além disso, se o abatimento do tronco de cone for superior a 180 mm, a moldagem é realizada pela metade de camadas assinaladas na Tabela 2

**Tabela 2** - Número de camada e golpes de socamento

Tipo de Molde	Tipo de Adensamento	Dimensão básica d (mm)	Número de camadas	Número de golpes por camada
Cilíndrico	Manual	100	2	15
		150	4	30
		250	5	75
	Vibratório (penetração da agulha até 200 (mm))	100	1	-
		150	2	
Prismático	Manual	150	2	17 golpes a cada 10000 mm <sup>2</sup> de área
		250	3	
	Vibratório	150	1	-

Fonte: Adaptado da NBR 5738



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

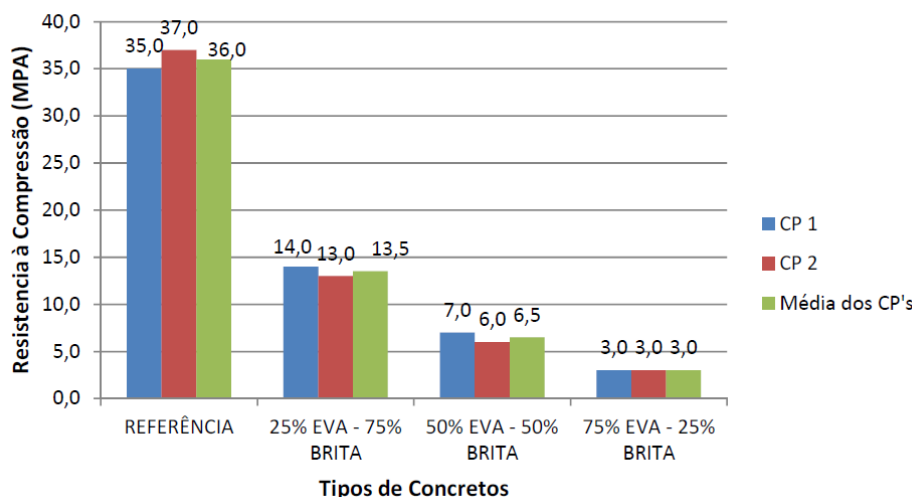
Geralmente, a resistência à compressão axial é um indicador de qualidade do material pelo fato de possuir a capacidade de associação com outras propriedades do concreto, como a durabilidade, o que corrobora em benefício da qualificação do material compatível com a suas respectivas aplicações.

Os ensaios de compressão são realizados seguindo a norma NBR 6118 (2014) que classifica os concretos, levando em consideração os resultados obtidos de resistência à compressão.

Ao analisar a resistência à compressão, Bomediano (2020) percebeu que houve uma redução nos valores de resistência das argamassas modificadas com EVA e também no módulo de deformação, quando comparadas com a de referência. Além disso, o Bomediano afirma que: “aumento da porosidade interna com a adição de polímero pode até diminuir a resistência dos compósitos, porém, a selagem dos poros pela formação do filme polimérico pode atribuir maior durabilidade ao material.”

Nessa perspectiva, a pesquisa de Paula (2011) aponta, de uma maneira geral, que a resistência à compressão tem relação com a porosidade, ou seja, quanto mais poroso é o agregado, menor tende a ser sua resistência. Verifica-se que ao comparar com um concreto de referência com os concretos compostos com 25% de EVA, apresentou um decréscimo de 63% em sua resistência (Gráfico 2). Então concluiu-se que o agregado de EVA é o principal causador da diminuição de resistência, e que também a massa específica é diretamente proporcional a resistência à compressão.

**Gráfico 2-** Gráfico com Resultados do Ensaio à Compressão Axial



**Fonte:** PAULA (2011)

Por fins experimentais, foi feito um extenso estudo onde se abordava um teste ensaio de compressão em concreto que se utilizava de PP para aferir as propriedades físicas e mecânicas do



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emilly Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

concreto ao ser agregado ao mesmo, de acordo com Garlet (1998), os ensaios foram feitos em uma máquina de compressão, onde todos os corpos foram ensaiados após 21 dias de cura em câmara úmida, foram ensaiados 3 (três) corpos de prova do testemunho e do concreto com adição de PP.

Outro ensaio de compressão axial foi realizado em triplicata para o testemunho com adição do polímero para 21 dias de cura. Nota-se na Tabela 3 que a adição de PP resultou em uma redução de 20,4% na resistência do concreto.

**Tabela 3-** Resultados do ensaio de compressão axial das amostras de concreto

	Testemunha	PP (5%)
1	41,57	32,51
2	37,55	31,22
3	39,85	30,93
Média	39,66 ± 2,02	31,55 ± 0,84

**Fonte:** Garlet (1998)

A substituição parcial da areia pelo PP teve um excelente desempenho quanto à resistência à compressão devido ao bom adensamento do polímero com a massa de cimento, baixa porosidade, isso se deve a boa homogeneização que a mesa vibratória forneceu aos corpos de prova utilizados no teste efetuado.

Todavia, com a adição de PP ao concreto no experimento, se pode observar que este polímero não interferiu negativamente nas propriedades do concreto, mesmo com a redução da resistência a compressão, a porcentagem não foi significativa para interferir na sua aplicação, é possível observar a redução de absorção de água devido ao fato dos corpos de prova estarem com menor porosidade.

Em um estudo posterior de Nascimento (2016), conforme a NBR 12655 (2015), a resistência à compressão de cada concreto elaborado é dada pelo maior resultado obtido no teste de compressão. Considerando os maiores valores obtidos nos testes para cada uma das idades, foi elaborado o Gráfico 3 demonstrando a evolução da resistência de cada tipo de concreto.

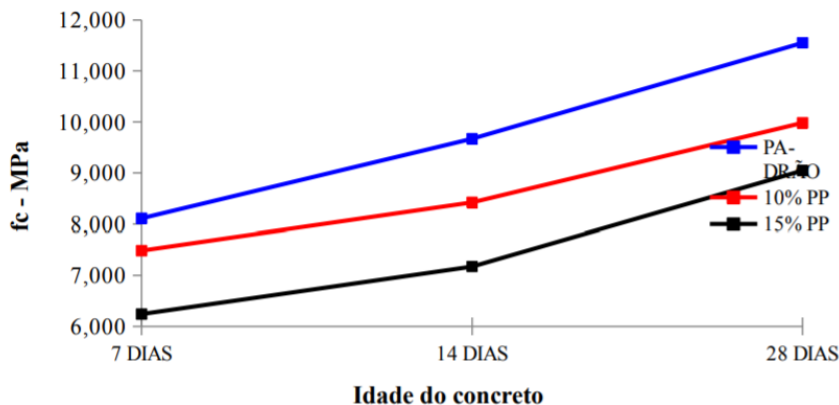


## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

**Gráfico 3** – Evolução da resistência à compressão aos 07, 14 e 28 dias do concreto Padrão, 10% PP e 15% PP



Fonte: Nascimento, 2016.

Em contrapartida, segundo o autor, a análise dos testes submetidos a compressão demonstra que houve diminuição da resistência à compressão do concreto elaborado com PP em todas as idades. Enquanto o concreto 10% PP veio a apresentar uma perda de 14% de sua resistência à compressão em relação ao concreto Padrão, a maior perda foi verificada no concreto 15% PP, cuja resistência diminuiu em 22% em relação ao Padrão. A diminuição da resistência à compressão do concreto 15% PP já era esperada, em função da quantidade de vazios verificados nos CP's deste concreto.

Observou-se que o PP dos concretos de 10% PP e 15% PP soltava-se com facilidade dos CP's rompidos. Segundo Correa e Júnior (2014), a diminuição da resistência à compressão dos concretos elaborados com PP se deve à baixa capacidade de adesão da matriz cimentícia neste material, ocasionando o aumento da sua porosidade.

No geral, a partir desse estudo de Nascimento (2016), pode se aferir que o concreto elaborado com PP apresenta diminuição da resistência à compressão nos testes efetuados com o traço utilizado pelo autor. Para viabilizar a utilização do PP sem que haja perda de resistência, é necessário realizar novos estudos quanto ao traço a ser utilizado na elaboração do concreto, assim como, verificar se este tipo de concreto atende às normas técnicas de desempenho.

Não obstante, devido à baixa adesão do PP ao concreto, também se faz necessário realizar estudos quanto ao seu desgaste, a fim de verificar a ocorrência de desprendimento do PP do concreto durante sua vida útil e, quais as suas consequências no conjunto da obra.

### 4.1.2 RESULTADOS OBSERVADOS EM ESTUDOS COM EVA

Em uma pesquisa posterior de Garlet (1998), foram utilizados pelo autor os teores de 60%, 70%, 80% e 100% de agregado de EVA, em relação ao volume total de agregado. A escolha destes níveis foi baseada na observação das propriedades da mistura em ensaios exploratórios.





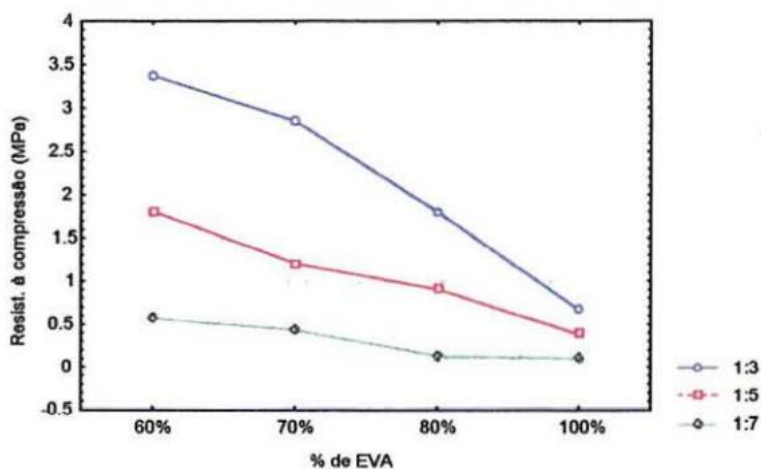
## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

Não obstante, a propriedade de resistência à compressão e o teor de EVA são grandezas inversamente proporcionais, tendo uma relação praticamente linear, sendo que a inclinação da reta diminui à medida que o consumo de cimento é reduzido dentro do experimento. A influência do agregado de EVA na resistência à compressão é mais pronunciada quando aumenta o consumo de cimento. O Gráfico 4 também mostra que as alterações da resistência à compressão são menos significativas para teores de EVA mais elevados.

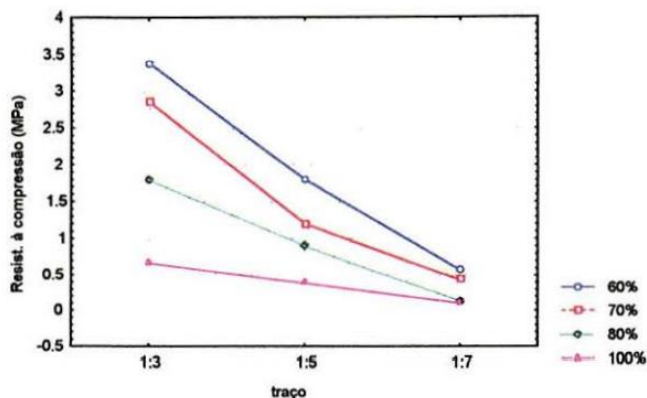
**Gráfico 4** - Relação entre a resistência à compressão e o teor de EVA, em função do traço adotado



Fonte: Garlet (1998)

Ainda se faz importante ressaltar que no Gráfico 5 pode-se observar que o decréscimo da resistência à compressão acompanha a diminuição do consumo de cimento. Para os níveis escolhidos neste experimento, a mudança de nível no consumo de cimento provoca alterações mais significativas na resistência à compressão, quando comparada à mudança de nível do teor de EVA.

**Gráfico 5** Relação entre a resistência à compressão e o traço em função do teor de agregado de EVA na mistura



Fonte: Garlet (1998).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

### 4.2 RESISTÊNCIA A TRAÇÃO

A maioria das peças baseadas em concreto é projetada com a ideia de que o concreto resistirá às tensões de compressão, mas não às tensões de tração (METHA; MONTEIRO, 1994). Rotineiramente, é adotado que o comportamento do concreto seja governado somente pela capacidade compressiva, porém isto não significa que este parâmetro seja o único importante para avaliar os indicadores de qualidade. Inúmeros benefícios podem ser adquiridos com um melhor conhecimento da resistência à tração do concreto.

De acordo com Neville (1997), a correlação amplamente utilizada de que a resistência à tração do concreto corresponde a 10% da sua resistência à compressão não pode ser feita livremente. Não há uma proporcionalidade direta entre esses dois tipos de resistência, sendo ambos dependentes do nível de resistência do concreto. Dessa forma, se a resistência à compressão aumenta é esperado que a resistência à tração também aumente, mas dentro de uma relação decrescente.

Ainda sobre o estudo de Garlet (1998), no Gráfico 4, tem-se a relação existente entre a Resistência à Tração na Flexão, dos corpos de prova prismáticos, e a percentagem de EVA na mistura, em função do traço do concreto. Já no Gráfico 5 se apresenta a relação entre a Resistência à Tração na Flexão e o consumo de cimento (traço), em função do teor de EVA na mistura. Os valores máximos encontrados para a resistência à tração na flexão, em cada traço, foram obtidos nas misturas que contêm 70% de EVA em relação ao volume total de agregado. O estudo mostra que para o traço 1:3 os teores de 70% e 80% de EVA apresentaram resistência à tração na flexão maiores que o teor de 60%, indicando uma contribuição positiva do agregado de EVA, nesta propriedade.

Este comportamento encontra explicação em dois fatores. Devido ao processo de moagem, a superfície do grão de EVA é bastante irregular com cantos angulares, o que confere boa aderência à matriz de cimento. Isto, associado às propriedades elásticas do agregado de EVA, que se distribui no interior da massa de concreto como se fossem fibras, permite que o concreto apresente acentuada deformação sem ocorrer a ruptura.

O teste de variância dos valores obtidos, comprovam a maior significância do fator traço do concreto, mas também aponta como efeito significativo o teor de EVA na mistura. Os valores encontrados para a resistência à Tração na Flexão são menores que àqueles evidenciados para a maioria dos concretos leves, porém bastante similares, de acordo com a massa unitária do concreto, com valores encontrados por Cook (1983), estudando o concreto com poliestireno expandido.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marina Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

### 4.3 TRABALHABILIDADE

#### 4.3.1 TRABALHABILIDADE DO COMPOSTO COM EVA

O termo consistência, aplicado ao concreto, diz respeito às propriedades da mistura fresca relacionadas com a mobilidade e a coesão entre os componentes do concreto. A trabalhabilidade não é somente uma característica inerente ao próprio concreto como a consistência, mas, também envolve as condições relativas à natureza da obra e aos métodos de execução adotados dentro da sua construção.

O concreto, quando utilizado em estruturas de concreto armado, apresenta duas fundamentais funções, que são a de resistir aos esforços submetidos, principalmente força de compressão e garantir proteção ao aço. No presente projeto foram analisadas várias propriedades do concreto com e adição de EVA e PP, como por exemplo a trabalhabilidade, massa unitária, resistência à compressão, resistência à tração, entre outros.

De acordo com Neville (1997), a trabalhabilidade consiste na quantidade de trabalho necessário para obter um adensamento ótimo, ou seja, retirando o maior número de vazios possível. Esta propriedade possui fatores determinantes, tais como consistência, transporte, lançamento e adensamento do concreto. A obtenção da trabalhabilidade do concreto se dá pelo ensaio de abatimento, conhecido como *Slump test*, que segue as recomendações da ABNT NBR 8953 (2015), que de acordo com a Tabela 4, classifica o concreto de acordo com sua consistência.

**Tabela 4-** Classes de Consistência

Classe	Abatimento m	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibro prensado ou centrifugado
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e de elementos de fundações
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais com lançamento convencional do concreto
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado do concreto
S220	$\geq 220$	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armaduras

**Fonte:** Adaptado ABNT NBR 8953 (2015).

A priori, de acordo com a pesquisa feita por Bomediano (2020), percebe-se que resultados de consistência da argamassa, através do ensaio de *flow table*, que à medida que aumenta o teor de copolímeros de Eva na mistura, a argamassa torna-se mais plástica. Assim como, ao utilizar o polímero a relação água/cimento irá diminuir, portanto, garantindo a trabalhabilidade da mistura.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marina Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

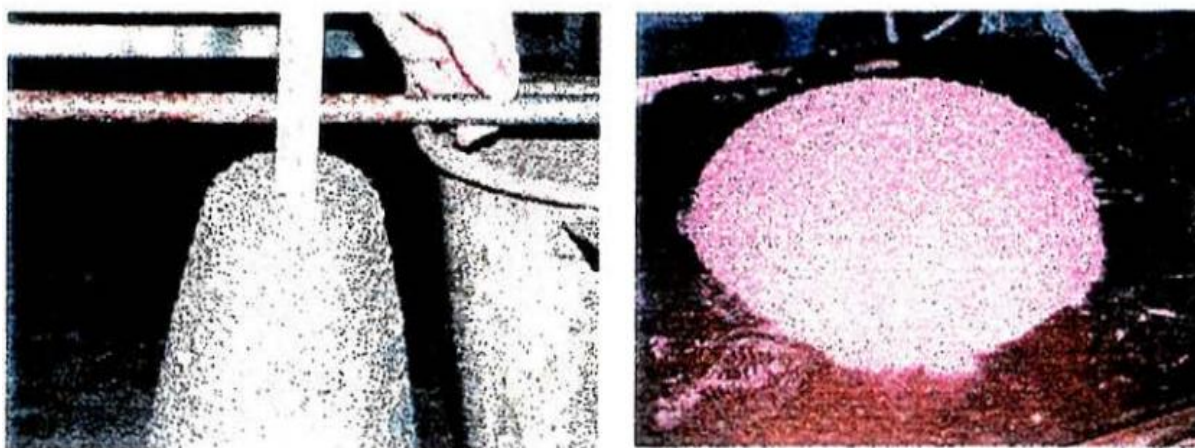
Seguindo pela linha de pesquisa de Garlet (1998), para os teores de Eva entre 70 e 100%, a falta de finos impede a obtenção de uma coesão adequada. No entanto, esse fato não impede que estes teores sejam utilizados em determinadas situações, pois foi constatado que as partículas se unem no estado endurecido. E as misturas com teor de 60% de EVA apresentam os melhores resultados.

Um concreto pode, dessa forma, ser trabalhável num caso e não o ser em outro especificamente. Métodos convencionais para medir a trabalhabilidade de concretos normais, como o abatimento do tronco de cone, não se adequam ao concreto de EVA, esse sendo o objeto da pesquisa atual. A trabalhabilidade das misturas foi medida pelo ensaio do espalhamento do tronco de cone (NBR 9606), através do qual foi possível determinar alguns índices.

As misturas ricas em cimento vieram a demonstrar melhor trabalhabilidade de acordo com o índice Graf na pesquisa de Garlet (1998). No entanto, o autor recomenda a investigação de adição de pozzolanas, como cinza volante, visando melhorar a trabalhabilidade daquelas misturas que não apresentaram bom resultado, bem como diminuir o consumo de cimento.

Segundo Garlet (1998), um dos principais fatores que afetam as condições de trabalhabilidade da mistura é a percentagem de agregado de EVA. As misturas com 60% de EVA evidenciaram os melhores resultados, sendo que o traço 1:3 apresentou uma consistência plástica sem segregação nem flutuação do agregado, conforme mostra a Figura 2.

**Figura 2-** Medida de trabalhabilidade do traço 1:3 com 60% de EVA usando o ensaio de abatimento e a mesa de Graf.



Fonte: Garlet (1998)

Os traços 1:5 e 1:7 apresentaram uma consistência seca, conforme mostra a Figura 4. A mistura II (1:3 com 70%) também mostrou boas condições de trabalhabilidade. Para os teores de EVA de 70, 80 e 100% de EVA, a falta de finos impede a obtenção de uma coesão adequada,



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

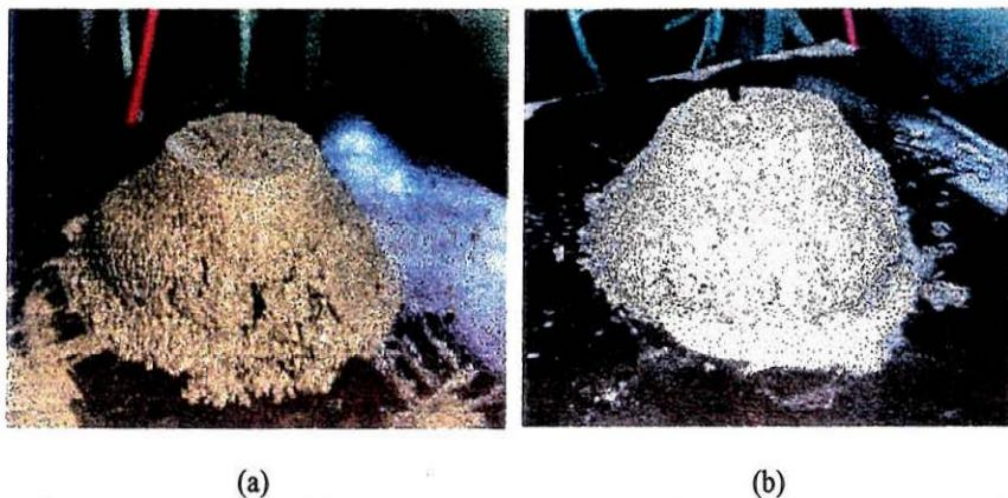
ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

ocorrendo a desagregação após alguns golpes da mesa de Graf, impedindo, assim, a determinação do índice.

Este fato, no entanto, não vem a causar impedimento do uso destes teores de agregado em determinadas situações, pois foi constatado bom envolvimento do agregado de EVA pela pasta de cimento, o que garante a união das partículas no estado endurecido.

**Figura 3** - Trabalhabilidade Graf traço 1 :5 com 60% de EVA (a) e 1 :7 com 60% de EVA



Fonte: Garlet (1998)

#### 4.4 MASSA ESPECÍFICA

Nesse sentido, a massa específica do agregado leve é a razão entre a massa de uma certa quantidade de material e o volume ocupado pelas partículas desta amostra. Dentro deste volume são incluídos os vazios internos das partículas, mas não se incluem os vazios entre as partículas. O volume das partículas é determinado em função do volume que elas deslocam quando submersas na água. A penetração da água nas partículas durante o ensaio é evitada, segundo Sobral (1987), pela prévia saturação da massa do material.

A massa específica dos agregados leves varia com o tamanho das partículas: geralmente ela é maior para as partículas miúdas e menor para as partículas maiores, porque o teor de vazios dos grãos mais graúdos é maior do que os dos grãos menores.

Dessa forma, a massa específica, por sua vez, é uma das principais características do concreto leve. Como o concreto estrutural leve tem um grande volume de agregados, sua massa específica depende, principalmente, da massa específica dos grãos desses agregados. Uma curva granulométrica rica em partículas mais finas ou um diâmetro menor dos grãos dos agregados sempre conduzem, em ambos os casos, a uma maior massa específica e muitas vezes, a uma maior



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

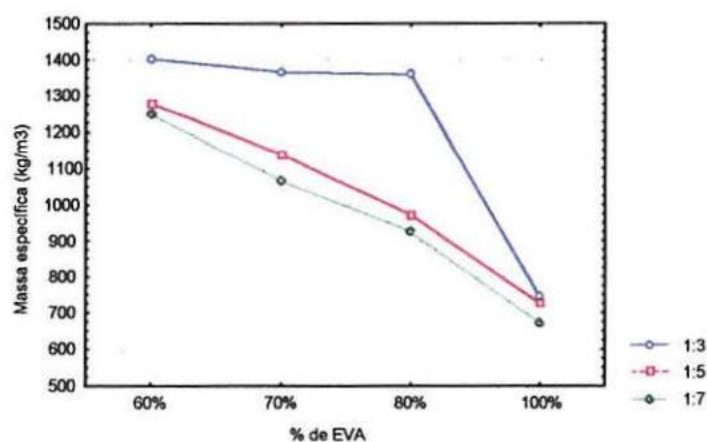
ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

resistência à compressão do concreto. A substituição de agregados leves miúdos por areia natural, mais pesada, também aumenta a massa específica do concreto.

Ainda no estudo de Garlet (1998) sobre a massa específica do experimento, a Gráfico 6 mostra que a Massa Específica é inversamente proporcional à quantidade de agregado de EVA. O valor máximo encontrado foi de  $1400 \text{ kg/m}^3$ , enquanto o mínimo foi registrado na mistura XII (1:7 com 100% de EVA) de  $672,54 \text{ kg/m}^3$ . A mudança nos teores de EVA altera significativamente a Massa Específica para todos os níveis dos traços 1:5 e 1:7, enquanto no traço 1:3 somente a percentagem de 100% se mostra significativamente menor.

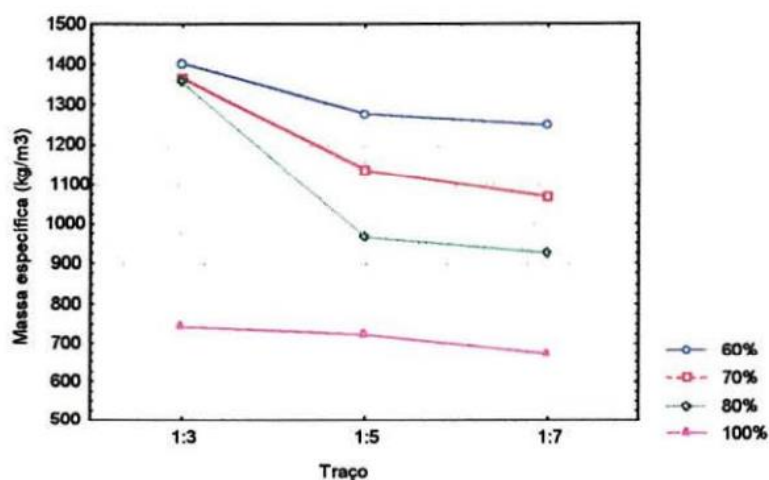
**Gráfico 6** - Massa específica e percentagem de EVA de acordo com o traço do concreto



Fonte: Garlet (1998)

O Gráfico 7 mostra que o traço do concreto também representa efeito significativo, mesmo que menos pronunciado, fato comprovado pela análise de variância dos dados deste ensaio na Tabela C5, do anexo C. As misturas sem finos (100% de EVA) não apresentam diferenças significativas entre os três traços estudados

**Gráfico 7** - Massa específica e traço do concreto em função do teor de EVA



Fonte: Garlet (1998).



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

A massa específica é uma das principais características do concreto leve. Porém, seu valor varia ao longo do tempo: é maior no estado fresco, diminuindo com o endurecido e a idade do concreto.

Segundo análises de Paula (2011), percebeu-se uma redução de 23% do valor da massa específica do concreto composto por 50% de EVA – 50% Brita. Uma redução de 35% da massa específica para o caso do concreto composto por 75% EVA – 25% Brita, como especificado na Tabela 5. Os valores menores de massa específica para os concretos compostos por agregado de EVA são justificados pela densidade do EVA, que quando comparada a massa específica do agregado natural apresenta valores menores.

**Tabela 5** – Valores de massa específica e de resistência à compressão

Mistura	Massa Específica (kg/dm <sup>3</sup> )	Resistência à Compressão Axial (Mpa)
<b>100% Natural</b>	2,339	36
<b>25% EVA- 75% BRITA</b>	2,07	13,5
<b>50% EVA- 50% BRITA</b>	1,811	6,5
<b>75% EVA- 25% BRITA</b>	1,525	3

Fonte: Adaptado de Paula ,2011.

### 4.5 SUSTENTABILIDADE

Em suma, um dos segmentos da indústria atual em que a competitividade fica mais evidenciada pelo dinamismo, escalas de produção e pelo processo de reestruturação pelos quais vem passando, é o setor de termoplásticos. Com os fenômenos da globalização, flexibilização dos mercados regionais e internacionalização das economias, o fator inovação tem se mostrado, mais do que nunca, como fundamental para a manutenção das empresas numa situação economicamente viável em um ambiente de hiper competitividade (ANTUNES, 2000).

Neste cenário, o domínio sobre o fluxo de informações e o conhecimento das tendências tecnológicas futuras que estão em fase de desenvolvimento, bem como a antevisão de possíveis rupturas no padrão de competição de uma dada indústria, se converteram em uma poderosa ferramenta de competitividade e de racionalização dos esforços de capacitação das empresas.

Não obstante, uma das tendências mais marcantes da última década é a necessidade da adequação aos parâmetros de sustentabilidade a qual o mundo tem adotado. A produção em larga escala de produtos com tempo de decomposição exagerado se tornou uma preocupação visto o amontoado que no final é gerado como residual.

O estudo em questão buscou métodos comparativos de concreto feito com agregados diferentes do convencional, utilizando compostos que seriam comumente descartados e não reutilizados, e aferiu-se, através de estudos de outros pesquisadores, através de testes e experimentações, que eles possuem propriedades físicas que não diferem do convencional, vindo



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

posteriormente a servir como substitutos para outros agregados comuns, auxiliando também, na redução desses resíduos sólidos dentro do meio ambiente.

Visto que a agressão ao meio ambiente ocasionada pelos resíduos originados nos processos em questão, serviços e produtos utilizados na vida atual cotidiana tem-se tornado uma preocupação crescente em todos os setores. Os polímeros sintéticos e os naturais modificados, muito utilizados em embalagens diversas, têm sido considerados um dos grandes vilões da poluição ambiental, principalmente quando se refere aos danos causados pelos resíduos urbanos (MUFESTA, 1993).

O problema da poluição ambiental é cada vez mais preocupante, especialmente em relação aos resíduos produzidos por indústrias de grande porte, como a indústria automobilística. Produtos de alta qualidade técnica e grandes dimensões de vários ramos industriais têm sido muito visados para fins de reciclagem. Esse procedimento reduz os custos de matéria-prima, o que diminui o consumo total de energia na manufatura do produto, e reduz os problemas ambientais no que diz respeito ao descarte de materiais usados (MUFESTA, 1993).

Em contrapartida, o PP, um dos objetos de estudo, já tem passado há algum tempo por políticas que viabilizem a sua reciclagem e reutilização em outras finalidades, como a de fabricação de seringas, porém, como não há um controle real desse parâmetro, muitos dos descartes ainda são feitos em larga escala. Viabilizar meios para a reutilização desse material em um setor como o da construção civil é também olhar para o desenvolvimento sustentável.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todas as propriedades mecânicas e físicas as quais foram submetidos os corpos de provas em testes, obtiveram resultados semelhantes as suas testemunhas, o que indica que a variação nessas propriedades não foi estatisticamente relevante. Em um dos estudos, foi evidenciado que a propriedade de compressão foi inferior em alguns traços para o teste de agregado PP, mas que, posteriormente, com outros estudos, ele poderia conseguir um resultado positivo dentro de outras tentativas.

Todavia, nenhum dos testes realmente desempenhou um papel tão ruim para apresentar um comportamento que invalidasse o uso dos agregados PP e EVA como agregado alternativo dentro da construção civil, mas de certo ainda há uma carência de estudos na área, abrindo lacuna para outros pesquisadores da área para desempenharem outros testes com traços e técnicas diferentes.

O uso de elementos alternativos para confecção do concreto para grandes construções civis pode ser um grande avanço em diversos setores e janelas de estudo sobre sustentabilidade e reutilização de material não degradável como os utilizados na pesquisa.

Viabilizando estudos acerca do reaproveitamento e descarte consciente desses elementos, que antes não possuíam um destino fixo, sendo descartados outrora de forma sem controle, futuramente com aprofundamento e estudos sobre sua utilização na construção civil poderiam





## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marina Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

diminuir seu montante na natureza e nos oceanos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e apontando alternativas para a matéria prima.

### REFERÊNCIAS

ACI Committee 213 R-87. **Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete, ACI Manual of Concrete Practice, Part 1**. American Concrete Institute, Farmington Hills, 2003.

AGNELLI, J. A. M.; CHINELATTO, M. A. Degradação de Polipropileno: aspectos teóricos e recentes avanços em sua estabilização. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, jul./set. 1992.

ANTUNES, M. S. Tendências Tecnológicas de Polietilenos e Polipropileno através da Prospecção em Documentos de Patente nos Estados Unidos e Europa – 1990/1997. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 56-63, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: concreto de cimento Portland: preparo, controle e recebimento: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais- Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: Unesp, 2006.

BEZERRA, A. J. V. **Concretos com substituição parcial do agregado natural por resíduos de eva – influência em propriedades físicas, mecânicas, microestruturais e de durabilidade**. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

BIASOTTO, E. **Introdução a polímeros**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

BOMEDIANO, K. S. **Concreto modificado com acetato de vinila-etileno (EVA) reforçado com macrofibras de polipropileno**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

BOTELHO, M. H. C. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

BRASIL. **LEI nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. política nacional de resíduos sólidos. Brasília: Casa Civil, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 14 de maio de 2021.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CANEVAROLO, J. R.; SEBASTIÃO, V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2. ed. São Paulo: [s. n.], 2002.

COOK, D. J.; SWAMY, R. N. (Ed.). **Expanded Polystyrene Concrete, Concrete Technology and Design: New Concrete Materials**. London: Surrey University Press, 1983. p. 41–69.

CORREA, P. M. **Estudo comparativo da influência da adição de PET e PP pós-consumo na produção do concreto estrutural**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

CORREA, P. M.; RODRIGUES JUNIOR, L. F. **Obtenção de concreto leve: um estudo sobre a adição de polímero com grupos funcionais (PET) e sem grupos funcionais (PP)**. 2014. 12f. Monografia (Conclusão do curso) – UFSM, Santa Maria, 2014.

FORTI, A. B. **Uma breve história do cimento**. [S. l.]: Associação brasileira de cimento Portland, 2018.

FUSCO, P.B. **Tecnologia do Concreto Estrutural**. São Paulo: Pini, 2008.

GARLET, G. **Aproveitamento de Resíduos de E.V.A. (Ethylene Vinyl Acetate) como Agregado para Concreto Leve na Construção Civil**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GOMES, P. C. C. **Optimization and characterization of high-strength selfcompacting concrete**. Barcelona, 2002. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2002.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de Cimento Portland. *In*: GERALDO, C. I. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2017. v. II.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos Sólidos na Construção Civil: Contribuição à Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento**. 2000. 102p. Tese (Doutorado em livre docência) – EPUSC, São Paulo, 2000.

KRATZ, A. C. A. Sistemas de reaproveitamento de resíduos sólidos dentro da obra geradora. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 8, n. 2, Esp, p. 82, 2013.

LOPEZ, D. M. P. P. C. **Estudo de Alternativas de Valorização de Resíduos de Etil-Vinil-Acetato (EVA) na Indústria do Calçado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) - Universidade do Porto, Porto, 2012.



## RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

ANÁLISE COMPARATIVA DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E FÍSICAS DO CONCRETO COM ADIÇÃO DE POLÍMEROS – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Lara Rielly Rodrigues Melo do Rêgo, Ciguivon José de Oliveira Junior, Gabriel Moraes da Silva, Emily Nascimento Mota Rodrigues, Marinna Rafaella de Carvalho Sousa Bezerra, Danielle de Cássia Santos de Viveiros, Diogo Ramon do Nascimento Brito

MEDIONDO, Maria Cecília de Souza. (Org.). **Pesquisa Social: Teoria, método e criatividade**. 18. ed. Petrópolis: Vozes, 2003.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Estrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo – SP, Editora PINI, 1994.

MUSTAFA N. **Plastics Waste Management: Disposal, Recycling, and Reuse**. New York: Marcel Dekker Inc., 1993.

NASCIMENTO A. L. substituição de agregado miúdo do concreto simples por polipropileno (pp). **Revista Diálogos Interdisciplinares**, v. 7, n. 4, 2018.

NEVILLE, Adam M. **Propriedades do Concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.

PAULA, L. S. **Utilização de resíduos de EVA como agregado graúdo em concretos**. 2011. 51 f. Monografia (Graduação) - Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de Cimento Portland**. 13. ed. São Paulo: Globo, 1998.

PETRY, A. **Mercado brasileiro de polipropileno com ênfase no mercado automobilístico**. São Paulo, 2011.

RABELLO, M. **Aditivação de Polímeros Artiliber**. São Paulo: Editora Ltda, 2000.

RODA, D. T. Polipropileno (PP). **Tudo sobre Plásticos**, 2010.

ROSSIGNOLO, J. A. Concreto Leve Estrutural: influência da argila expandida na microestrutura da zona de transição pasta/agregado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 119-127, out./dez. 2009.

SCOBAR, R. L. **Concreto leve estrutural: substituição do agregado graúdo convencional por argila expandida**. TCC (graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

SOBRAL, H. S. **Concretos Leves: Tipos e Comportamento Estrutural**, Estudo Técnico Nº 86. São Paulo: ABCP, 1987. 51 p.

TORRES, A. F.; ROSMAN, C. E. **Método para dosagem racional do concreto**. São Paulo: ABCP, 1956.

VALVERDE, F. L. Agregados para construção civil. **Balanço Mineral Brasileiro**, 2001.

VASCONCELOS, K. B.; DE LEMOS, Carlos Fernando. Densidade aparente dos resíduos da construção civil em Belo Horizonte–MG. *In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, Porto Alegre/RS - 23 a 26/11/2015.

VEDOY, D. R. L. **Compostos de EVA modificados com resinas hidrocarbônicas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

YOUNG, R. J.; LOVELL, P. A. **Introduction to polymers**. [S. I.]: CRC Press, 2011.