

## **Efeito da cura térmica e sob pressão em concretos leves produzidos com agregados poliméricos**

Effect of thermal and pressure curing on concrete sheets with polymeric aggregates

Rodrigo T. <sup>(1)</sup>; Victor S. <sup>(1)</sup>; Giovanna T. <sup>(1)</sup>; Rafaela S. <sup>(1)</sup>; Oscar R. Munir <sup>(1)</sup>; Ligia V. Real <sup>(2)</sup>;

*(1) Graduando em Engenharia Civil, Universidade Presbiteriana Mackenzie*

*(2) Professora Mestre, Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Rua Edmundo Luís de Nóbrega Teixeira, 218 – São Paulo*

### **Resumo**

Há diversos tipos de concretos utilizados na construção civil, sendo um deles o concreto leve, que tem como principais finalidades a execução de vedações buscando isolamento térmico e acústico. Em geral, esse tipo de concreto apresenta uma classe mais baixa de resistência quando comparado aos usualmente aplicados no mercado. Para garantir a massa específica máxima de 2000 kg/m<sup>3</sup>, são utilizados agregados leves, tais como argila expandida, vermiculita, EPS, entre outros polímeros. É válido ressaltar que o tipo de cura escolhido está diretamente ligado aos resultados que o concreto apresentará, pois influencia a formação de compostos hidratados do cimento Portland. Entretanto, há métodos que utilizam temperatura e pressão elevadas, que podem danificar os agregados utilizados. Dentro desse contexto, esse artigo teve como objetivo avaliar a influência do processo de cura sob altas temperaturas e pressão na uniformidade e resistência à compressão de concretos leves produzidos com agregados poliméricos. Para a realização dos testes foram utilizados 2 tipos diferentes de agregados leves: poliuretano e polipropileno. Os corpos de prova foram submetidos a cura úmida por submersão, térmica com e sem pressão. Validados a partir de ensaios de resistência à compressão e módulo de elasticidade com idade de 7 dias.

*Palavra-Chave:* Concreto Leve, Concreto Estrutural, Cura Térmica, Cura úmida, Agregados leves.

### **Abstract**

There are several types of concrete used in civil construction, one of which is lightweight concrete, whose main purposes are the execution of seals seeking thermal and acoustic insulation. In general, this type of concrete has a lower strength class when compared to those usually applied in the market. To guarantee the specific mass around 1800 kg / m<sup>3</sup>, light aggregates are used, such as expanded clay, vermiculite, EPS, among other polymers. It is worth noting that the type of cure chosen is directly linked to the results that the concrete will present, as it influences the formation of hydrated compounds in Portland cement. However, there are methods that use high temperature and pressure, which can damage the aggregates used. Within this context, this article aimed to evaluate the influence of the curing process under high temperatures and pressure on the uniformity and compressive strength of light concretes produced with polymeric aggregates. To perform the tests, 2 different types of light aggregates were used: Polyurethane and Polypropylene. The specimens were subjected to moist curing by submersion, thermal with and without pressure. Validated from tests of resistance to compression and modulus of elasticity at the age of 7 days.

*Keywords:* Lightweight concrete, structural concrete, thermal curing, moist curing, lightweight aggregates



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

## 1 Introdução

A escolha do tipo de concreto para uma determinada construção tem sido cada vez mais objetiva visto que é possível encontrar diversos tipos de concreto no mercado, podendo ser classificados como concreto convencional, concreto pesado, concreto autoadensável, concreto leve, entre outros.

Como forma de tornar as construções mais viáveis e confiáveis esses diversos tipos de concreto apresentam características próprias, desenvolvidas para suprir as necessidades do mercado.

Os concretos leves têm ganho cada vez mais uma importância no mercado pois suas características de isolamento térmico e acústicos veem sendo cada vez mais solicitadas pelas normas de edificações.

Os principais concretos leves encontrados no mercado levam em sua composição esferas de isopor ou argila expandida, materiais que substituem a brita como agregado graúdo do traço.

A cura térmica é utilizada com o escopo de diminuir o tempo de cura do concreto e conseguir a resistência mínima desejada expondo o concreto à altas temperaturas de forma programada, de modo que a estrutura total da pasta de cimento hidratada se defina mais rapidamente.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da cura térmica, com e sem pressão na resistência à compressão de concretos leves produzidos com agregados poliméricos alternativos; poliuretano (PU) e polipropileno (PP).

## 2 Polímeros PU e PP

Young (2011) define polímeros como sendo substâncias compostas por moléculas que possuem grandes sequências de uma ou mais espécie de grupos de átomos ligados entre eles, normalmente, por ligação covalente. Esses são divididos em três grupos, os termoplásticos, termorrígidos e elastômeros.

Os termoplásticos se tornam líquidos com a aplicação de calor e são facilmente moldáveis (YOUNG et al., 2011). Esse tipo de polímero se amolece quando aquecido e se endurece quanto resfriado, sendo este ciclo é reversível e possível de ser repetido. Esse tipo de polímero é moldável a quente e possui baixa densidade, boa aparência, é isolante térmico e elétrico, é resistente ao impacto e possui baixo custo, portanto, apresenta uma larga faixa de aplicações (SPINACE & PAOLI, 2005). São exemplos: polietileno, polipropileno e PVC.

Os elastômeros podem ter suas dimensões substancialmente alteradas quando são aplicadas tensões e retornam às suas dimensões originais quando se deixa de aplicar a tensão (QUINTANA et al., 2007). Sua característica principal é a apresentação de uma grande capacidade de deformação elástica em temperatura ambiente. Esses polímeros possuem cadeias predominantes lineares com alguma reticulação, sendo a grande capacidade de deformação dos elastômeros associada à configuração espiralada de suas cadeias poliméricas. Por exemplo: SBR, SBS e GCR.

Os termorrígidos em baixas temperaturas enrijecem e não permitem um novo modelamento, e em temperaturas elevadas se decompõem ou degradam (QUINTANA et al., 2007). Esses polímeros não se fundem e resistem a qualquer mobilidade térmica

(BERNUCCI et al., 2008). Isto é, uma vez tenham sido endurecidos, não mais se amolecerão no aquecimento. São exemplos de polímeros termorrígidos: resina epóxi, poliéster e poliuretano.

## 2.1 Polipropileno

O polipropileno (PP) foi o polímero que apresentou o maior crescimento em aplicações comerciais na última década e, provavelmente, esta situação deve se manter durante algum tempo. Baixo custo, performances similares às de muitos materiais de engenharia, facilidade de processamento e reciclagem são algumas das razões que fazem com que o PP ocupe uma posição de destaque entre os polímeros sintéticos. Entretanto, suas aplicações são limitadas devido a sua baixa polaridade e ausência de grupos funcionais (NACHTIGALL et al., 1998).

Foi utilizado como agregado o polímero polipropileno (PP) para obtenção de concreto leve, que é definido de acordo com sua baixa massa específica quando comparado ao concreto convencional. Na prática, a massa específica do concreto leve pode variar entre  $1350 \text{ kg/m}^3$  e  $1850 \text{ kg/m}^3$ , enquanto o concreto convencional tem valores médios entre  $2200 \text{ kg/m}^3$  e  $2600 \text{ kg/m}^3$  (SILVA, 2003). Como o peso específico do polipropileno é baixo, um alto teor desse polímero também reduz o peso do concreto.

O polipropileno é um polímero termoplástico produzido a partir da polimerização do gás propileno ou propeno. O PP uma resina de baixa densidade e possui baixa resistência à variação brusca do clima. Tem propriedades muito semelhantes às do polietileno (PE), mas seu ponto de amolecimento é mais elevado. Esse polímero tem uma ampla variedade de aplicações, sendo estas aplicações fundamentadas no tipo de polipropileno, que pode ser homopolímero, copolímero random ou copolímero de impacto. As principais aplicações do polipropileno são embalagens, rótulos e fibras para tecidos. (Mais Polímeros, 2019).

Como principal contrapartida, tem-se a diminuição da resistência à compressão do concreto. Essa diminuição se deve à baixa capacidade de adesão da matriz cimentícia dos concretos elaborados com PP, o que ocasiona o aumento de sua porosidade (NASCIMENTO et al., 2018).

A transição vítrea ( $T_g$ ) é um importante efeito térmico que pode ser utilizado para a caracterização de plásticos e outros materiais amorfos ou semicristalinos. A  $T_g$  é a propriedade do material onde podemos obter a temperatura da passagem do estado vítreo para um estado "maleável", sem ocorrência de uma mudança estrutural. Abaixo da  $T_g$ , o material não tem energia interna suficiente para permitir deslocamento de uma cadeia com relação a outra por mudanças conformacionais. Portanto, quanto mais cristalino for o material, menor será a representatividade da Transição Vítrea. No caso do polipropileno, a temperatura de transição vítrea é de  $-30^\circ\text{C}$ , enquanto seu ponto de fusão é cerca de  $160^\circ\text{C}$  (CALLISTER JR, 2013).

## 2.2 Poliuretano

Outro polímero utilizado como agregado no procedimento foi o poliuretano (PU), também conhecido por poliuretano expandido ou espuma rígida de poliuretano. O poliuretano é

obtido através da polimerização do uretano junto com um agente de expansão, podendo ser considerado um agregado artificial leve. Esse polímero é extremamente versátil e é utilizado como matéria prima nas indústrias de colchões, móveis, veículos, construção civil e refrigeração (SIQUEIRA et al., 2004).

O poliuretano (PU), por suas características como leveza, facilidade de se moldar aos ambientes e, principalmente, pela alta capacidade de isolamento térmico, é largamente utilizado nas atividades diárias das indústrias, como por exemplo; no isolamento térmico das câmaras frias de caminhões frigoríficos.

O poliuretano é um polímero termoplástico ou termorrígido, ou seja, pode ou não apresentar reticulações (BIANCHI et al., 2017).

A vantagem do uso do poliuretano reside na possibilidade de obtenção de blocos mais leves, que facilitem a mão-de-obra aplicada nesta técnica construtiva, além de aliviar estruturalmente a edificação. A dificuldade da proposta está em manter a resistência mecânica e o índice de absorção das peças, em relação ao aumento do teor de poliuretano adicionado, obtendo blocos de concreto com uma diferença de peso significativa e destinando corretamente o maior volume de poliuretano possível (SIQUEIRA et al., 2004).

Além da confecção de um produto diferenciado para a construção civil, devido a diminuição de peso do bloco de concreto, os benefícios obtidos com a adição de resíduos no concreto são diversos, entre os quais destacam-se: a redução do consumo de recursos naturais, redução das áreas de aterro e a redução do efeito de contaminação do meio ambiente pelo descarte indiscriminado de materiais (SIQUEIRA et al., 2004).

Como mostrado em experimentos, os blocos de concreto com a adição de 15% dos resíduos de PUR reduziram, em relação aos blocos padrões, aproximadamente 8% do peso final e alcançaram, aos 7 dias, resistência à compressão de 2,99 MPa (SIQUEIRA, 2006).

O poliuretano termoplástico (TPU) possuem temperatura de transição vítrea abaixo de 0°C. A partir de dados experimentais, infere-se que a temperatura de transição vítrea na fase flexível do poliuretano é cerca de -21,3°C. Já sua temperatura de fusão é cerca de 223°C (FIORIO et al., 2009).

### 2.3 Métodos de Cura

A cura do concreto é realizada com a finalidade de evitar a evaporação prematura da água necessária para a hidratação do cimento, que é responsável pela pega e endurecimento do concreto. O objetivo da cura é manter o concreto saturado para que os espaços inicialmente ocupados pela água sejam ocupados pelos produtos da hidratação do aglomerante (BARDELLA et al., 2005).

A cura adequada é fundamental para que o concreto alcance o melhor desempenho, proporcionando uma redução de sua porosidade, contribuindo para aumentar a durabilidade das estruturas. A cura influencia as demais propriedades do concreto, como: (i) a resistência mecânica; (ii) a durabilidade; (iii) a permeabilidade; (iv) a porosidade; (v) a densidade e; (vi) a resistência ao desgaste, entre outras (FREDEL et al., 2000).

Para a cura do concreto, é necessária a fase de hidratação, pois quando misturado à água, o concreto adquire propriedades adesivas aglomerando areia e agregado graúdo na

mistura do concreto. Isso acontece porque a reação química do cimento com a água, comumente chamada de hidratação do cimento, gera produtos que possuem características de pega e endurecimento (SALVADOR FILHO, 2001).

A cura, denominação dada aos procedimentos aos quais se recorre para promover uma boa hidratação do cimento e que consiste em controlar a temperatura e a variação de umidade do concreto, tem como objetivo manter o concreto saturado até que os capilares da pasta de cimento, inicialmente preenchidas com água, tenham sido preenchidos adequadamente pelos produtos da hidratação. Na prática das obras, quase sempre a cura do concreto é interrompida bem antes que tenha ocorrido a máxima hidratação possível (NEVILLE, 1997).

Enrijecimento é a perda de consistência da pasta plástica de cimento, e está associado ao fenômeno de perda de abatimento no concreto. É a água livre na pasta de cimento que é responsável pela sua plasticidade. A perda gradual de água livre no sistema devido a reações iniciais de hidratação, adsorção física na superfície dos produtos de hidratação e a evaporação causam o enrijecimento da pasta e, finalmente, a pega e o endurecimento (SALVADOR FILHO, 2001).

A cura térmica do concreto tem como objetivo principal tornar mais rápido o processo de cura dos concretos e obter uma resistência mecânica mínima desejada, em um curto período de tempo. A cura térmica é muito utilizada em empresas que trabalham com concreto pré-moldado, pois reduzindo o tempo de cura permite a utilização das fôrmas, leitos de protensão e equipamentos de cura a intervalos mais frequentes, reduzindo as áreas de estocagem e permitindo colocar peças em serviço em um período menor ao que se teria se fosse utilizada a cura convencional. (BARDELLA et al., 2005).

No caso da cura térmica, isso é feito através da exposição do concreto à altas temperaturas de forma programada. Uma temperatura mais alta durante e depois do contato inicial entre o cimento e a água reduz a extensão do período de latência de modo que a estrutura total da pasta de cimento hidratada se define mais cedo (SALVADOR FILHO, 2001).

Durante as reações de hidratação, a temperatura afeta o desenvolvimento das dessas reações e, também, as características e posicionamento de seus produtos. Com a grande velocidade inicial de hidratação não há tempo suficiente para a difusão dos produtos para posições mais distantes das partículas. Neste caso, o material terá uma porosidade maior e por consequência menor potencial para resistência à compressão do que em baixas temperaturas (SALVADOR FILHO, 2001).

A cura úmida consiste em proporcionar a inserção de água em contato com a superfície da argamassa deixando-a úmida, e assim evitar a evaporação de água (UNGERICH, A. 2011).

A cura úmida evita a perda de água pelo concreto, controlando sua temperatura e em alguns casos, sendo um suprimento de água adicional (HELEN, 2013).

Quando uma mistura é corretamente dosada e seguida de uma cura úmida, durante os primeiros estágios de endurecimento será conferido ao concreto as melhores condições para se tornar um material de baixa permeabilidade, de baixa absorção de água, de alta resistência à carbonatação e à difusão de íons, e com resistência mecânica e durabilidade adequada, podendo em alguns casos até serem utilizados como cascos de navios (FERNANDES, 2008).

O emprego da cura úmida proporciona uma boa condição para que as reações de hidratação aconteçam, resultando em concretos com maior resistência, seja pela diminuição de espaços vazios ou pela redução das microfissurações por secagem, e uma maior durabilidade pela redução da porosidade. As diferenças de resistências alcançadas pelo concreto curado por imersão (cura úmida), em relação a um concreto curado continuamente ao ar, podem ser até três vezes maior (ISAIA, 2005).

A cura úmida deve ser feita logo após o início da hidratação do cimento, que para um concreto sem aditivos aceleradores de pega é da ordem de duas a três horas após o lançamento. O tempo de cura mínimo é de 7 dias, porém, quanto maior for este prazo, melhores são as condições de formação dos cristais e mais refinada a estrutura interna, acarretando maior resistência e durabilidade (FERREIRA, 2007).

Segundo Camarini e Cincotto (1995), a cura térmica em atmosfera saturada de vapor pode ser realizada de duas maneiras: a) com pressão e temperaturas elevadas (acima de 100°C), conhecida como cura em autoclave. b) à pressão atmosférica, com temperaturas inferiores a 100°C.

A cura através de autoclaves utiliza temperaturas entre 150°C e 205°C e pressão de aproximadamente 1,0 MPa. Este método é pouco utilizado devido aos altos custos de implantação e consumo que representa (MEDEIROS, 1993).

A autoclave é uma cura com vapor a alta pressão que resulta em resistências maiores, porém necessita de uma produção industrial. A duração do processo é de cerca de cinco horas e a temperatura varia entre 150°C e 160°C com pressões também variando de 6 a 12 kgf/cm<sup>2</sup>. Um dos cuidados da cura com autoclave é não usar uma velocidade de aquecimento muito alta, pois a mesma pode gerar uma interferência no processo da pega e do endurecimento. Usualmente, aquece-se gradativamente até a temperatura máxima de 182 °C, correspondendo a uma pressão de 1 MPa durante um período de três horas. Durante 5 a 8 horas mantém-se a temperatura em 182 °C e, após, reduz-se a pressão em 20 a 30 minutos. Uma redução rápida acelera a secagem do concreto, reduzindo a retração em obra. Um período de cura mais longo a uma temperatura mais baixa resulta uma resistência ótima mais alta do que temperaturas mais altas e períodos mais curtos (NEVILLE, 1997).

### 3 Metodologia

Para estudar o comportamento dos materiais em relação as propriedades mecânicas e comportamento físico, traços de concreto foram elaborados utilizando o polipropileno (PP) e poliuretano (PU) como agregados graúdos.

O PP utilizado foi produzido no laboratório de Engenharia de Materiais da UPM apresentando um formato esférico. O PU utilizado foi cortado em formatos cúbicos pois ele se encontrava em formato de placa, utilizada como vedação acústica.

Para a dosagem dos traços utilizou-se o conceito de empacotamento de partículas baseando-se no modelo de Andreassen-modificado. Com base nos cálculos propostos pelo método, realizado através da equação 1, uma planilha de cálculo foi elaborada para que o traço atingisse uma curva de empacotamento mais próxima da ideal. O parâmetro

fixador utilizado no traço foi a porcentagem em volume final que os agregados graúdos deveriam apresentar, para esse estudo um valor de 40% foi adotado.

$$\text{CPFT (\%)} = \frac{D^q - D_s^q}{D_L^q - D_s^q} \times 100. \text{ (Equação 1)}$$

Onde CPTF é a porcentagem acumulada de partículas menores que o diâmetro da partícula D,  $D_s$  é o diâmetro da menor partícula da mistura,  $D_L$  é o diâmetro da maior partícula da mistura e  $q$  é o coeficiente ou módulo de distribuição.

Através do método de dosagem adotado os seguintes traços foram elaborados, Traço PP (Tabela 1) e Traço PU (Tabela 2).

Tabela 1 – Tabela de traço PP

Cimento CPV	Silica Ativa	Superplastificante	Água	Polipropileno	Pó de quartzo		
					#40	#80	#100
1,00	0,25	0,04	0,30	0,72	0,78	0,30	0,42

Fonte: Os autores (2020)

Tabela 2 – Tabela de traço com Poliuretano

Cimento CPV	Silica Ativa	Superplastificante	Água	Poliuretano	Pó de quartzo		
					#40	#80	#100
1,00	0,25	0,03	0,30	0,04	0,78	0,30	0,42

Fonte: Os autores (2020)

Foram moldados 18 corpos de prova de dimensão 5 cm x 10cm por traço, cada conjunto de 6 corpos de prova foi submetido a um tipo de cura diferente.

- Cura úmida: corpos de prova armazenados dentro de uma câmara úmida com temperatura e umidade controlados.
- Cura térmica com estufa: corpos de prova armazenados em recipientes, submersos em água destilada dentro de uma estufa à 60 °C, cura inicial de 24h após desmoldagem.
- Cura térmica com auto clave, corpos de prova armazenados dentro de uma auto clave com temperatura e pressões controlados, gerando por volta de 120 °C e 1,5 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, cura inicial de 10h após desmoldagem.

Os corpos de prova submetidos as curas térmicas, após seu período de cura inicial, foram armazenados juntos aos outros na câmara úmida.

Para verificar o comportamento dos materiais estudados, os ensaios de compressão axial e ultrassom foram realizados aos 7 dias.

## 4 Resultados e discussões

Os corpos de prova com idade de 7 dias apresentaram os seguintes resultados apresentados na Tabela 3.

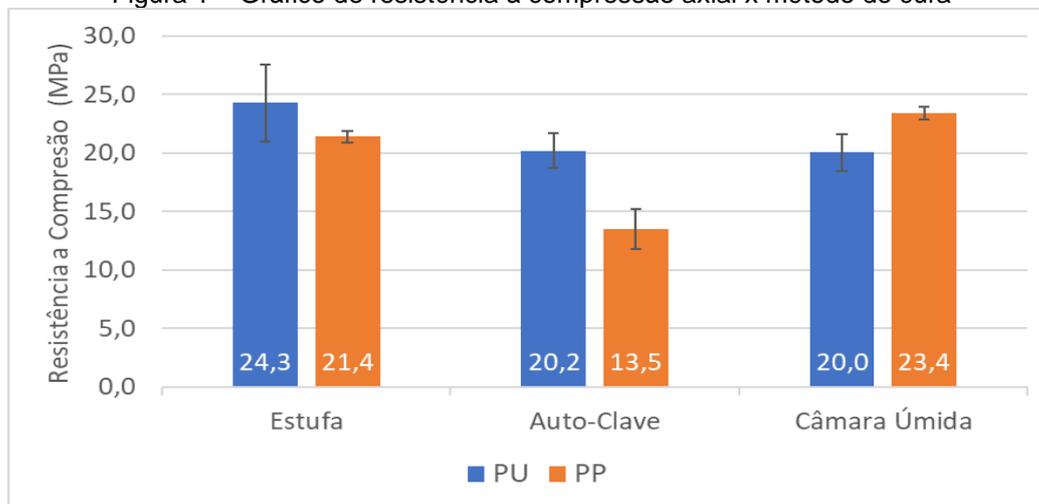
Tabela 3 – Resultados médios dos corpos de prova

Tipo de cura	PU			PP		
	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )	Resistência à compressão (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Massa Específica (g/cm <sup>3</sup> )
Estufa	24,3 ± 3,3	14,4 ± 1,2	1,59 ± 0,04	21,4 ± 0,5	16,1 ± 0,4	1,89 ± 0,03
Autoclave	20,2 ± 1,5	14,1 ± 0,3	1,60 ± 0,04	13,5 ± 1,7	3,2 ± 0,7	1,70 ± 0,20
Úmida	20,0 ± 1,6	14,8 ± 0,7	1,61 ± 0,05	23,4 ± 0,5	16,7 ± 0,1	1,84 ± 0,00

Fonte: Os autores (2020)

Com base nos dados obtidos, gráficos foram elaborados para uma análise mais precisa dos resultados. Através da Figura 1 pode-se verificar os valores de resistência à compressão obtidos pelos corpos de prova para cada método de cura estudado.

Figura 1 – Gráfico de resistência à compressão axial x método de cura



Fonte: Os autores (2020)

Com base no gráfico apresentado é possível verificar que para os corpos de prova com poliuretano (PU) como agregado graúdo não apresentaram diferença para os diferentes tipos de cura. Contudo os corpos de prova com polipropileno (PP) apresentaram uma diferença de aproximadamente 40% a menos de resistência para os corpos de prova submetidos a cura com auto clave.

Através da Figura 2 pode-se verificar uma diferença entre as massas específicas dos corpos de prova. Parte da diferença entre eles é devido a massa específica de cada agregado, contudo quando analisado os corpos que utilizaram o PP como agregado graúdo uma pequena diferença é apresentada para aqueles corpos submetidos a cura térmica com a auto clave. Essa diferença é resultante do comportamento do material mediante a temperatura e pressão aplicados. Parte do agregado acabou se deteriorando devido as condições submetidas como pode ser visto na Figura 3, onde o corpo de prova

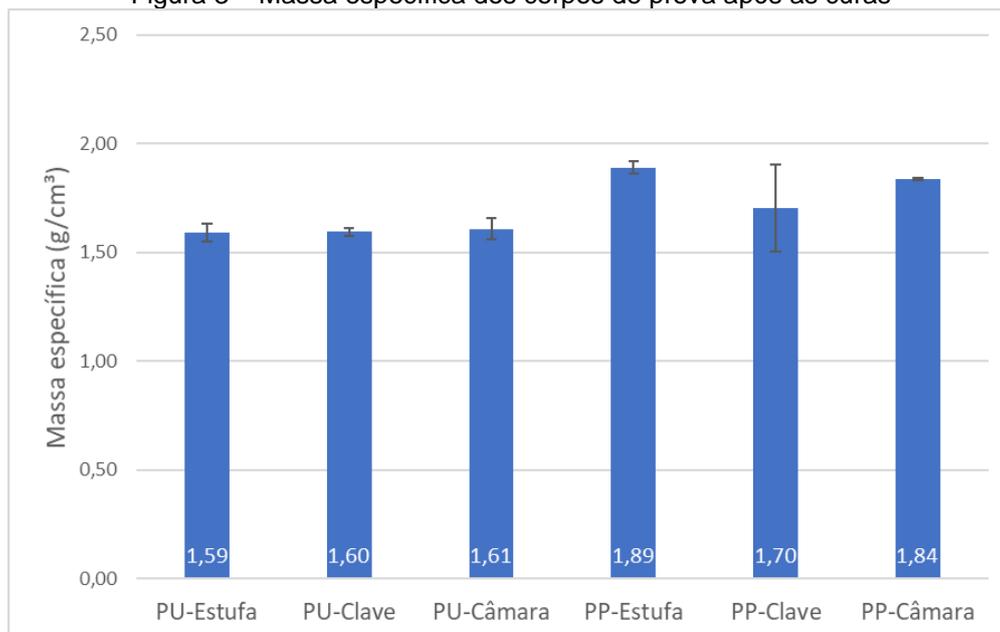
a esquerda da imagem foi levado a auto clave o corpo de prova a direita foi submetido a cura na câmara úmida.

Figura 2 – Corpo de prova traço PP rompido



Fonte: Os autores (2020)

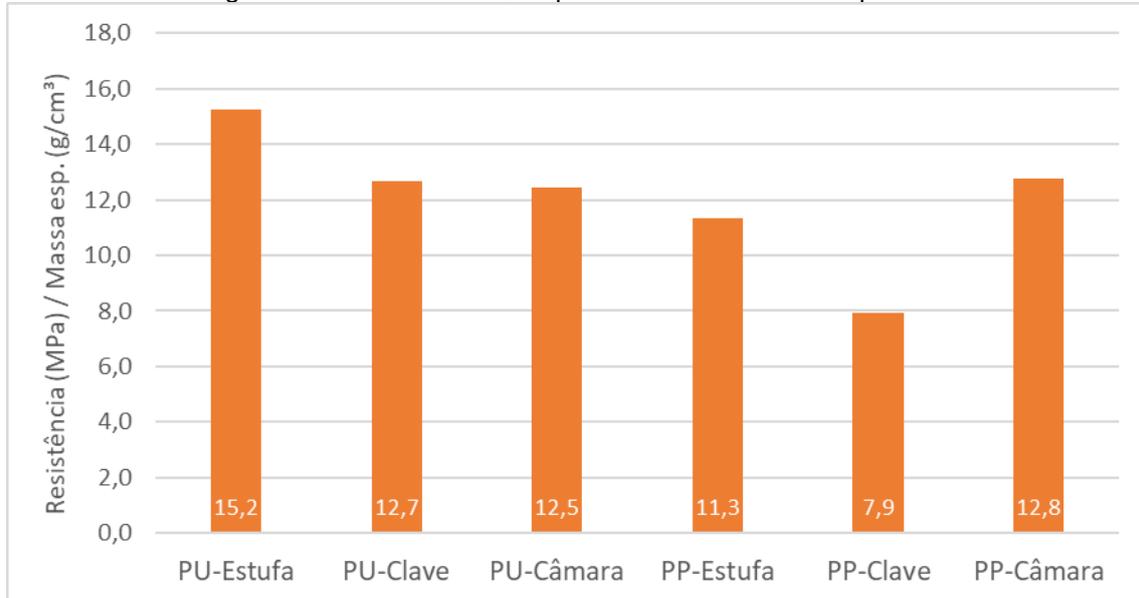
Figura 3 – Massa específica dos corpos de prova após as curas



Fonte: Os autores (2020)

Com base nos dados das Figuras 1 e 2 um novo gráfico foi elaborado para verificar a relação entre as massas específicas dos corpos de prova com suas resistências (Figura 5).

Figura 5 – Resistência a Compressão Axial x Massa específica

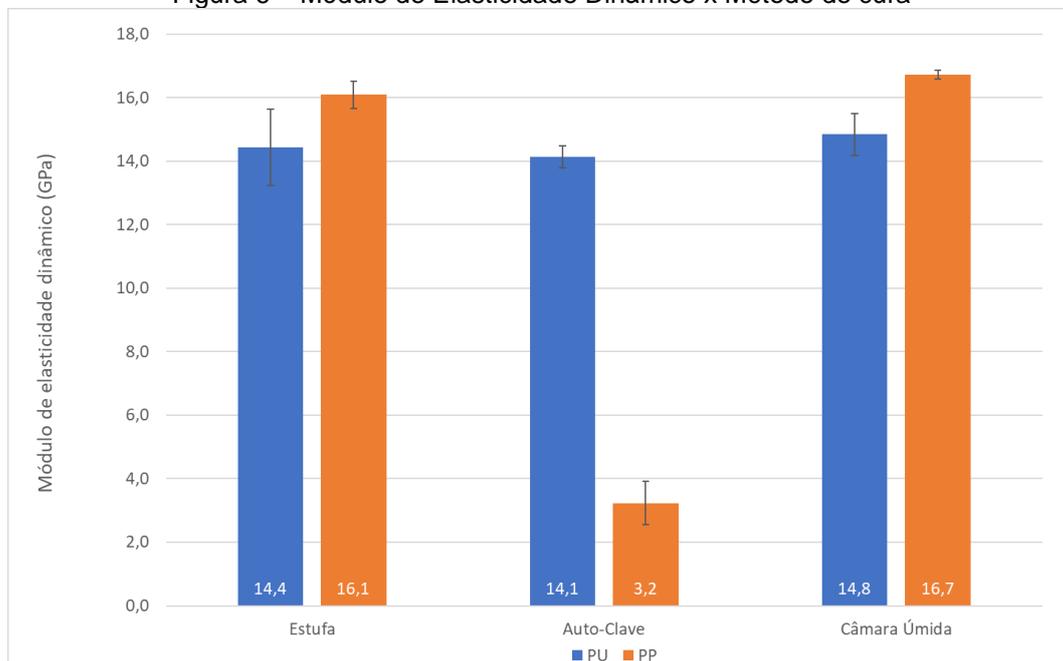


Fonte: Os autores (2020)

Através do gráfico presente na Figura 5 pode-se verificar que os corpos de prova que levaram o Poliuretano (PU) como agregado graúdo, mesmo apresentando uma massa específica menor conseguiram apresentar uma relação resistência/densidade superior aos corpos de prova que utilizaram o Polipropileno (PP).

Outro parâmetro utilizado para verificar o impacto dos diferentes tipos de cura utilizados foi o módulo de elasticidade concebido através do ensaio de ultrassom. A Figura 6 apresenta graficamente os resultados obtidos pelo ensaio realizado nos corpos de prova.

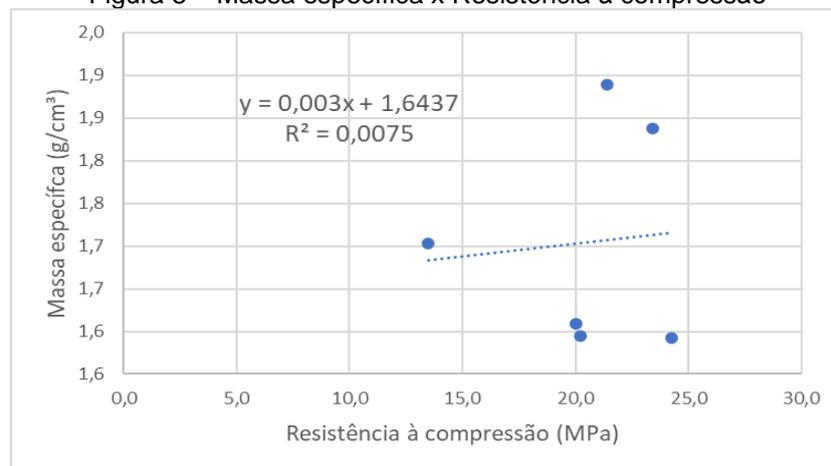
Figura 6 – Módulo de Elasticidade Dinâmico x Método de cura



Fonte: Os autores (2020)

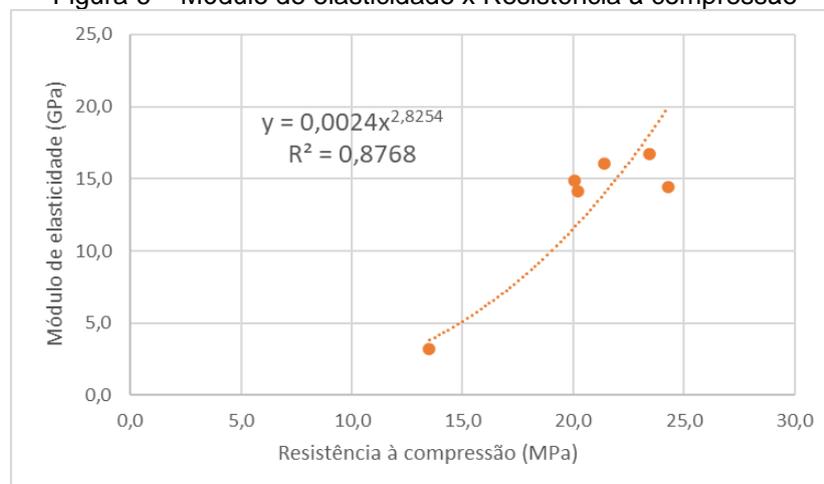
Com exceção dos corpos de prova que utilizaram o PP como agregado graúdo submetidos a cura pela auto clave, os resultados obtidos não apresentaram uma variação. A diferença apresentada pelos corpos de prova com PP ocorreu devido ao mesmo problema apresentado anteriormente, devido as altas temperaturas o agregado acabou se deteriorando resultando em um maior número de vazios como pode ser visto na Figura 2. Para uma avaliação mais precisa foram elaborados 2 gráficos apresentados nas Figuras 6 e 7.

Figura 5 – Massa específica x Resistência à compressão



Fonte: Os autores (2020)

Figura 6 – Módulo de elasticidade x Resistência à compressão



Fonte: Os autores (2020)



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

## 5 Conclusão

Este artigo teve como objetivo avaliar a influência do tipo de cura em concretos leves produzidos com agregados alternativos. A partir dos resultados, foi possível observar a resistência à compressão do traço com poliuretano (PU) não foi influenciada de maneira significativa ao se alterar o tipo de cura aplicado. No entanto, o traço com polipropileno (PP) apresentou alteração significativa em sua resistência mecânica quando utilizada a cura térmica com pressão e temperatura elevadas, devido à instabilidade desse material utilizado como agregado.

Além disso, foi possível identificar que entre os três tipos de cura avaliados, a cura térmica com pressão apresentou variação elevada quando comparada com as demais.

Dentre os métodos ensaiados, o que apresentou melhores resultados, independente do tipo de agregado utilizado, foi a cura térmica sem pressão, que apresentou resultados similares a cura úmida, comumente aplicada nas obras. A cura térmica com pressão, por outro lado, deteriorou o polipropileno utilizado, não sendo indicada para todas as situações e materiais.

## 6 Referências

BARDELLA, Paulo Sérgio; BARBOSA, Denise Cristina; CAMARINI, Gladis. **Sistemas de cura em concretos produzidos com cimento Portland de alto-forno com utilização de sílica ativa**. 2005.

BERNUCCI, Liedi Légi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: ABEDA, 2008.

BIANCHI, Otávio; FIORIO, Rudinei; ERNZEN, Juliano. **Projeto Obtenção de poliuretanos termoplásticos (TPU) a partir de fontes renováveis**, 2012.

BRITO, Mário Henrique Gomes et al. **Influência da cura térmica a vapor sob pressão atmosférica em características e propriedades de blocos de concreto**. 2013.

CAMARINI, G.; CINCOTTO, M.A. **Cura térmica de argamassas e concretos por agentes térmicos – Aspectos Gerais**. In: Seminário Nacional sobre Desenvolvimento Tecnológico dos Pré-moldados e Autoconstrução. FAU-USP, Anais, p.141-51, maio 1995.

FABRO, Vinícius Del. **Análise da viabilidade do uso de resíduo de construção civil para a produção de concreto celular não autoclavado**. 2014.

FERNANDES, Juliana Ferreira; BITTENCOURT, Tulio; HELENE, Paulo. **A review of the application of concrete to offshore structures**. Proceedings of the ACI SP, 2008.

FERREIRA, G.C.S.; **Estudo do comportamento de traços de concreto submetidos a diferentes tipos de cura**. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 49, 2007, Bento ANAIS DO 62º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO - CBC2020 – 62CBC2020



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

Gonçalves. Anais do 49o Congresso Brasileiro do Concreto. Bento Gonçalves: Instituto Brasileiro do Concreto, 2007.

SALVADOR FILHO, José Américo; Barbosa, Mônica. **Cura térmica dos concretos de elevado desempenho: análise das propriedades mecânicas utilizando o método da maturidade.** 2001

FIORIO, Rudinei. **Síntese e caracterização de poliuretano termoplástico contendo poss via extrusão reativa.** 2011.

HELENE, P.; LEVY, S. **Boletim Técnico – Cura do Concreto.** Mérida, México: ALCONPAT, 2013. 12 p.

ISAIA, G. C. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**, volume I. 1ª ed., São Paulo: IBRACON, 2005.

LORENZETTI, Mestranda Uaçai Vaz; FREDEL, Márcio Celso; GLEIZE, Philippe. **Efeitos dos procedimentos de cura no comportamento do concreto: resistência a compressão e perda de massa.**

MAIS POLÍMEROS. **Polipropileno: o que é que você não pode deixar de saber.** 2019. Disponível em: <http://www.maispolimeros.com.br/2019/02/11/polipropileno-o-que-e/>

MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Alvenaria não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** 1993. 144p. Dissertação (Mestrado em engenharia) apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

NACHTIGALL, Sônia et al. **Funcionalização do Polipropileno com Viniltriétoxisilano em Solução e no Estado Fundido.** *Polímeros*, v. 8, n. 4, p. 69-76, 1998.

NASCIMENTO, Amanda Dos Santos et al. **Substituição de agregado muído do concreto simples por polipropileno (PP).** *Diálogos Interdisciplinares*, v. 7, n. 4, p. 6-11, 2018.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto.** 2ª edição. São Paulo: Pini, 1997.

QUINTANA, Hugo Alexánder Rondón; RINCÓN, Edgar Rodríguez; ANSELMÍ, Luis Ángel Moreno. **Resistencia mecánica evaluada en el ensayo Marshall de mezclas densas en caliente elaboradas con asfaltos modificados con desechos de policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad (PEAD) y poliestireno (PS).** *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, v. 6, n. 11, p. 91-104, 2007.

SILVA, Marcio Dario Da. **Estudo comparativo entre a utilização dos concretos convencional e leve nos elementos horizontais das estruturas de edifícios.** 2003.



Anais do  
62º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2020  
Setembro / 2020



@ 2020 - IBRACON - ISSN 2175-8182

SIQUEIRA, LV MAIA; STRAMARI, M. R.; FOLGUERAS, M. V. **Adição de poliuretano expandido para a confecção de blocos de concreto leve.** Revista Matéria, v. 9, n. 4, p. 399-410, 2004.

SPINACÉ, Márcia Aparecida da Silva; DE PAOLI, Marco Aurelio. **A tecnologia da reciclagem de polímeros.** Química nova, v. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

UNGERICHT, A. J., Piovesan, A. Z. **Influência da cura da argamassa em relação às propriedades mecânicas e absorção de água.** Unoesc & Ciência – ACSA, v. 2, 2011.

VAL, Julio Gomes Do. **Avaliação do desempenho de camada protetora em concreto submetido a meio quimicamente agressivo.** 2007.

YOUNG, Robert J.; LOVELL, Peter A. **Introduction to polymers.** CRC press, 2011.