

## Respostas esperadas – Prova de Conhecimento - Edital DPPG 108/2022 (Doutorado)

**Questão 1:** Considerando os resultados de todas as investigações apresentados no artigo “*Residual mechanical properties of polypropylene fiber-reinforced concrete after heating*” (EIDAN et al. 2019), responda os itens abaixo.

- a) Considerando os resultados de todas as investigações apresentados no artigo, qual foi a principal vantagem da adição de fibras de PP aos concretos quando expostos a elevadas temperaturas?

*Resposta: Houve redução da quantidade e tamanho dos poros, diminuição da ocorrência de ‘spalling’, em temperaturas acima de 400°C as resistências residuais à compressão e à tração foram superiores ao concreto referência.*

- b) Considerando as fibras de comprimento de 12 mm, a resistência residual à compressão e o aquecimento à temperatura de 400°C, qual foi o efeito do aumento da dosagem das fibras nos resultados?

*Resposta: Quanto maior a quantidade de fibras adicionadas na mistura, maior foi a resistência residual.*

- c) Qual foi a faixa de temperatura dos ciclos de aquecimento depois dos quais a adição das fibras (independente da dosagem ou do tamanho) foi mais efetiva em termos de propriedades mecânicas residuais?

*Resposta: Acima de 400°C (500 e 600°C) as resistências residuais dos concretos com adição de fibras foram superiores aos do concreto referência, o módulo de elasticidade nem foi possível determinar no caso da referência.*

- d) A medição da velocidade do pulso ultrassônico é uma ferramenta para determinação de forma indireta da resistência à compressão do concreto. Com base nos resultados deste artigo é possível dizer que esta ferramenta fornece resultados confiáveis sobre a resistência à compressão dos corpos de prova expostos a elevadas temperaturas? Por que?

*Resposta: Não. Foi possível identificar a queda da velocidade do pulso ultrassônico após a exposição a elevadas temperaturas, e realmente ocorreu a perda da resistência à compressão. Porém as proporções não foram as mesmas. Além disso não foi possível estabelecer a mesma ordem entre os diferentes concretos expostos à mesma temperatura pela medição da VPU e os ensaios de compressão.*

**Questão 2:** Com base no artigo “*Environmental and economic assessment on 3D printed buildings with recycled concrete*” (HAN et al., 2021), enumere (e explique) motivos para que ainda haja poucas construções em concreto por impressão 3D. Dê uma resposta compreensiva, levando em consideração as questões de avanço tecnológico, disponibilidade de matéria prima, custo, impacto ambiental, entre outras.

*Resposta: Atualmente, os projetos e otimização da manufatura por adição (impressão 3D) utilizando concreto estão em uma fase inicial. Na prática, apenas algumas construções apareceram nos últimos anos, devido a limitações na tecnologia e materiais, restringindo o uso*

*a projetos temporários e em escala reduzida. O reduzido número de empreendimentos também dificulta a análise do impacto ambiental das construções, que é o objeto central do artigo.*

*Ainda que as construções em concreto por impressão 3D estejam na fase exploratória, pesquisadores acreditam que esse novo modelo construtivo tem vantagens significativas para construções em geometria complexa, principalmente pela possibilidade de redução de custos com materiais para formas e mão de obra.*

*No que diz respeito a materiais para construções em concreto por impressão em 3D, pesquisadores perceberam a dificuldade de se criarem materiais adequados para a impressão, ainda que os materiais cimentícios tenham sido empregados desde 1997. Fatores como reologia, extrudabilidade, construtibilidade, capacidade de bombeamento e resistência mecânica são fatores considerados para impressão 3D utilizando concretos. O aumento do teor de cimento nas formulações, ainda que adotado como solução geral para resolver as questões técnicas, acarreta outros problemas críticos, tais como retração seguida de fissuração. Com isso, faz-se necessário o emprego de diferentes aditivos e adições minerais para melhoria do desempenho das formulações.*

*O maior consumo de cimento e de aditivos resulta em um custo mais elevado e um impacto ambiental maior, principalmente devido às emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas ao uso de cimento Portland. Portanto, custo e impacto ambiental podem ser percebidos como grande entrave no emprego dessa tecnologia.*

*De um modo geral, o artigo mostra que uma pesquisa mais abrangente é necessária para o entendimento das interações entre os materiais selecionados, sua composição, o projeto construtivo na capacidade de impressão do compósito final.*

*Finalmente, a revisão da literatura sugere um aumento recente das pesquisas, rápida prototipagem e maturação gradual da análise do impacto ambiental devido ao emprego de materiais mais “verdes” (tais como concretos reciclados). No entanto, ainda é necessário um entendimento abrangente dos impactos ambientais e econômicos ligados a edificações em concretos por impressão 3D.*

**Questão 3:** Com base no artigo “*Lateral-torsional buckling strength and behaviour of high-strength steel corrugated web girders for bridge construction*” (ELKAWAS et al., 2018), responda os itens abaixo:

- a) De acordo com a figura abaixo, descreva a influência da alma e das mesas na flambagem lateral com torção (FLT) de vigas de seção I com alma corrugada constituídas de aços com alta resistência.

*Resposta: Conforme a distribuição das tensões normais obtida numericamente pelos autores, observa-se que a alma praticamente não suporta o momento fletor, exceto nas regiões próximas das mesas. A contribuição não significativa da alma na resistência à flexão está relacionada ao efeito sanfona da alma ondulada. Isto significa que o momento é totalmente suportado pelas mesas superior e inferior nas vigas formadas de aço de alta resistência.*

- b) Conforme afirmam os autores, os momentos fletores críticos e últimos são fortemente dependentes da largura da mesa e do ângulo de ondulação da alma. Explique como

esses parâmetros geométricos influenciam na capacidade resistente a FLT de vigas I de almas corrugadas para aços de alta resistência.

*Resposta: A capacidade resistente ao momento fletor aumenta com o aumento da largura da mesa ( $b_f$ ). Isso pode ser atribuído ao efeito do momento de inércia em relação ao eixo mais fraco da seção transversal ( $I_y = t_f b_f^3 / 6$ ), que por sua vez afeta o valor do raio de giração da mesa comprimida  $r_T = \text{raiz}(I_y / 2A_f)$ , onde  $A_f$  é a área da mesa comprimida. A capacidade resistente ao momento fletor aumenta com o aumento do valor de  $r_T$ , uma vez que a seção transversal torna-se mais rígida na torção. Vigas com alma corrugadas com maiores valores de  $I_y$  podem atingir maiores resistências à flexão em comparação com seus valores momento de plastificação ( $M_{p,R}$ ). Isso proporciona economia de peso e custos.*

*O aumento do ângulo de ondulação da alma aumenta capacidade resistente ao momento fletor. Isso pode ser atribuído ao aumento da rigidez fora do plano das almas corrugadas. Assim, aumentar o ângulo de ondulação é recomendado para aumentar o momento último de vigas de almas corrugadas. Além disso, o comprimento não contraventado da viga pode ser aumentado usando valores de ângulos de ondulação mais altos sem sacrificar a resistência.*