

DESEMPENHO DO CONCRETO LC³ EM PAVIMENTOS RÍGIDOS: EFEITO DA RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO

Samara da Silva Nazário, Natália Martins Bezerra, Paulo Ricardo de Matos.

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil é essencial para absorver o crescimento populacional e a urbanização, exigindo investimentos em moradia e infraestrutura (ONU, 2019). Apesar de consumir grandes volumes de recursos naturais e gerar impactos ambientais significativos, permanece fundamental para a economia global. A produção de cimento, elemento indispensável na construção, demanda elevado consumo energético e gera altas emissões de CO₂, com tendência de aumento (Schneider, 2019). O desafio do setor é conciliar crescimento com a redução desses impactos.

Uma alternativa para mitigar as emissões da indústria do cimento é a substituição parcial do clínquer por outros materiais, já que sua produção é a etapa mais poluente. Nesse sentido, o limestone calcined clay cement – LC³, à base de filer calcário e argila calcinada, permite reduzir em cerca de 50% o uso de clínquer, mantendo resistência e durabilidade semelhantes ao cimento Portland (Scrivener et al., 2018).

No transporte, outra importante fonte de CO₂, o modal rodoviário concentra 65% das cargas e 95% dos passageiros no Brasil (CNT, 2023). O pavimento rígido de concreto, embora menos utilizado no país, apresenta maior durabilidade, menor manutenção e custos competitivos frente ao asfáltico (Cavalet et al., 2019), reduzindo congestionamentos, emissões e desgaste de veículos. Nesse contexto, este estudo avalia a viabilidade técnica e ambiental do uso do cimento LC³ em pavimentação rígida, investigando seu potencial para atender às exigências normativas e reduzir as emissões de CO₂ em obras rodoviárias, oferecendo uma alternativa mais sustentável para a infraestrutura viária.

DESENVOLVIMENTO

O concreto para pavimentação deve atender a requisitos mínimos para suportar intempéries, cargas de tráfego e especificidades de execução (Pitta, 1998). A Norma DNIT 054/2004 define critérios para o estudo de misturas, incluindo resistência à compressão e à tração na flexão. O DNIT (2006) recomenda, aos 28 dias, resistência à compressão mínima de 30 MPa e à flexão superior a 4,5 MPa. Embora a compressão seja usada para controle de qualidade, Balbo (2009) destaca que, para pavimentos, a flexão é mais relevante.

Neste estudo, foram dosadas argamassas com cimento Portland e cimento LC³, variando as relações água/cimento (a/c) para determinar a proporção que atenda aos requisitos normativos. Quatro misturas foram preparadas para cada ligante, fixando a relação água/materiais secos em 15% em massa e mantendo constantes espalhamento, trabalhabilidade, granulometria dos agregados e processo de cura.

Corpos de prova cilíndricos e prismáticos foram moldados e submetidos a ensaios de resistência à compressão (3, 7 e 28 dias) e à tração na flexão (3 e 28 dias). Para cada composição e idade, ao menos dois corpos de prova foram testados, com flow table de 26 ± 2 cm. Os resultados possibilitaram a construção de curvas de dosagem relacionando a resistência mecânica da argamassa com o fator a/c empregado.

RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a relação entre resistência de tração na flexão e fator a/c para argamassas com CPV-ARI aos 3 e 28 dias. Observa-se que, para esse ligante, o requisito mínimo de 4,5 MPa já é

atingido aos 3 dias com $a/c = 0,55$, chegando a 6,2 MPa aos 28 dias.

A Figura 1 também mostra o mesmo parâmetro para argamassas com LC³. Embora o ganho inicial de resistência seja mais lento, aos 3 dias foi obtido cerca de 4,0 MPa ($a/c = 0,40$), e aos 28 dias a resistência atingiu 6,5 MPa, superando o requisito mínimo estabelecido.

Quanto à resistência à compressão, ambos os ligantes atingiram o requisito mínimo de 30 MPa já aos 3 dias, com relações a/c de 0,56 para CPV-ARI e 0,40 para LC³. O cimento LC³ apresentou um ganho mais expressivo de resistência entre 3 e 7 dias, comportamento esperado devido à reação mais lenta da argila calcinada, enquanto o CPV-ARI, por ser um cimento de alta resistência inicial, teve uma evolução menos acentuada nesse período.

Aos 28 dias, utilizando as relações a/c de 0,56 para CPV-ARI e 0,40 para LC³, foram obtidas resistências à compressão de 37 MPa e 48 MPa, respectivamente, evidenciando que, apesar do ganho inicial mais lento, o LC³ apresenta desempenho final superior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho avaliou o desempenho mecânico de argamassas produzidas com cimento LC³, verificando a conformidade das mesmas em relação aos requisitos mecânicos do DNIT para pavimentos rígidos. Os resultados demonstraram que o requisito de resistência à compressão de 30 MPa foi atendido já aos 3 dias, utilizando cimento LC³ com relação a/c de 0,42. O requisito de resistência à flexão de 4,5 MPa não foi alcançado aos 3 dias, porém foi atendido aos 28 dias com uma relação a/c de 0,58, atingindo 6,5 MPa para a relação a/c de 0,40. Esses resultados indicam que é possível atender aos requisitos normativos do DNIT tanto para resistência à compressão quanto para resistência à flexão utilizando o cimento LC³, configurando-se como uma alternativa viável para aplicação em pavimentação rígida.

Palavras-chave: Cimentos LC³; Pavimento rígido; Argila calcinada; Emissões de CO₂; Infraestrutura.

ILUSTRAÇÕES

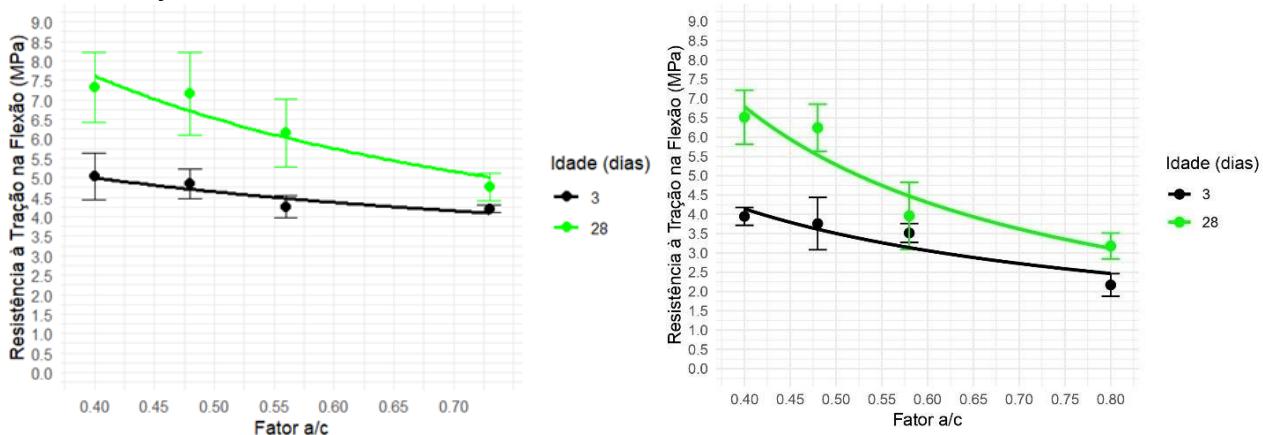


Figura 1 - Relação da resistência de tração na flexão e do fator a/c das argamassas de cimento Portland CP V-ARI aos 3 e 28 dias (esquerda); Relação da resistência de tração na flexão e do fator a/c das argamassas de cimento LC³ aos 3 e 28 dias (direita).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES

UNIDAS. **World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.** Disponível em: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>.

SCHNEIDER, Martin. **The cement industry on the way to a low-carbon future.** Cement and Concrete Research. v. 124. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105792>.

SCRIVENER, Karen. JOHN. Vanderley M. GARTNER. Ellis M. **Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for low-CO₂ cement-based materials industry.** Cement and Concrete Research. v. 114. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.03.015>.

CNT - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de rodovias 2023.** Brasília. 2023. Disponível em: <https://cnt.org.br/pesquisas>.

CAVALET, Victor N. LUVIZÃO, Gislaine. NIENOV, Fabiano A. ZAMPIERI, Lucas Q. **Análise comparativa do custo-benefício entre pavimentos flexíveis em concreto asfáltico e pavimentos rígidos em concreto de cimento Portland aplicado em rodovia de alto tráfego.** 33º Congresso de pesquisa e ensino em transporte da ANPET. Balneário Camboriú. 2019.

PITTA, Márcio Rocha. **Construção de pavimentos de concreto simples.** 3.ed. Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP. São Paulo. 1998.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de pavimentação.** Publicação IPR-719. Brasília. 2

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Samara da Silva Nazário

MODALIDADE DE BOLSA: PIBIC/CNPq

VIGÊNCIA: setembro/2023 a julho/2025 – Total: 22 meses

ORIENTADOR(A): Paulo Ricardo de Matos

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia Civil

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Construção Civil / Materiais e Componentes de Construção

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Desenvolvimento de pavimentos rígidos sustentáveis produzidos com cimentos à base de calcário e argila calcinada, visando o melhoramento da infraestrutura rodoviária brasileira.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4242-2023