www.revistaft.com.br

Revista FT | ISSN 1678-0817 | v. 30, n. 164, 2026 | DOI: 10.69849/51k84s60

Desempenho estrutural e durabilidade de concreto armado de baixo carbono: uma revisão crítica da literatura

Structural performance and durability of low-carbon reinforced concrete: a critical literature review

Débora da Cruz[1]

RESUMO - A redução das emissões de CO_2 na construção civil exige compatibilizar menor consumo de cimento, desempenho estrutural e durabilidade do concreto armado. O artigo analisa criticamente essa relação mediante revisão da literatura brasileira em português e análise documental, com abordagem qualitativa e exploratória e levantamento até 22 de outubro de 2026. A análise considera composição, idade e exposição, sem ensaio próprio ou agregação estatística; a verificação normativa abrange apenas o conteúdo consultado. A evidência indica que a otimização conjunta da dosagem permite preservar ou ampliar a resistência à compressão em formulações específicas, sem assegurar maior resistência inicial ou aumento proporcional da rigidez. A proteção da armadura depende da composição e da exposição, e o ganho de resistência não demonstra proteção equivalente contra carbonatação, cloretos e corrosão. A interpretação dos resultados exige preservar o protocolo experimental e não autoriza converter diretamente ensaio acelerado em previsão de vida útil. A análise ambiental exige considerar unidade funcional, consumo de aço e cenário de avaliação; o menor consumo de cimento não comprova isoladamente redução de emissões ou de custo. A insuficiência experimental sobre fluência, retração e elementos armados limita a generalização para o dimensionamento. A base também não valida geopolímeros ou cura carbônica para aplicação estrutural. A revisão conclui que a viabilidade de cada solução requer validação do material e do elemento, controle de produção e atendimento aos requisitos normativos, com demonstração conjunta de desempenho e benefício ambiental.

Palavras-chave: Concreto de baixo carbono. Concreto armado. Desempenho estrutural. Durabilidade. NBR 6118.

[1]Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro – RJ – Brasil. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-5118-4538. debora.cruz@etu.ufrj.br

ABSTRACT – Reducing CO_2 emissions in the construction industry requires reconciling lower cement consumption with the structural performance and durability of reinforced concrete. This article critically analyzes this relationship through a review of Brazilian literature published in Portuguese and documentary analysis, adopting a qualitative and exploratory approach, with a literature survey conducted up to October 22, 2026. The analysis considers composition, age, and exposure conditions, without conducting original experiments or statistical aggregation; the assessment of regulatory requirements is limited to the content consulted. The evidence indicates that the combined optimization of concrete mix proportions can preserve or improve compressive strength in specific formulations, without ensuring higher early-age strength or a proportional increase in stiffness. Reinforcement protection depends on composition and exposure conditions, and increased strength does not demonstrate equivalent protection against carbonation, chloride ingress, and corrosion. Interpretation of the results requires preserving the experimental protocol and does not allow accelerated testing to be directly converted into service-life predictions. Environmental assessment must consider the functional unit, steel consumption, and evaluation scenario; lower cement consumption alone does not demonstrate reduced emissions or costs. The lack of experimental evidence regarding creep, shrinkage, and reinforced concrete elements limits the generalization of findings for structural design. The available evidence also does not validate the use of geopolymer materials or carbon curing for structural applications. The review concludes that the feasibility of each solution requires validation at both the material and structural element levels, production control, and compliance with regulatory requirements, together with the combined demonstration of structural performance and environmental benefits.
Keywords: Low-carbon concrete. Reinforced concrete. Structural performance. Durability. NBR 6118.

1. INTRODUÇÃO

A redução do impacto ambiental do concreto exige relacionar consumo de cimento e desempenho. Barboza (2016) investiga a otimização da dosagem de concreto autoadensável, enquanto Gomes (2023) avalia cenários ambientais de estacas geotérmicas. A diminuição do consumo de cimento, isoladamente, não demonstra menor emissão de CO_2; a comparação depende da composição, da unidade funcional e dos limites da avaliação. Na escala estrutural, a análise também considera o consumo de aço e a função desempenhada pela fundação, conforme Gomes (2023).

No concreto armado, a resistência mecânica não constitui indicador suficiente de proteção da armadura. Cândido (2023) identifica diferenças entre resistência à compressão e transporte de cloretos. Miranda (2018) examina a carbonatação em concreto com adições minerais, e Bandeira (2024) investiga sua ação conjunta com

cloretos sobre a corrosão. Esse contexto exige avaliar o desempenho em função da composição e da exposição. A interpretação deve distinguir transporte de agentes agressivos, despassivação e propagação da corrosão, sem converter diretamente o resultado acelerado em previsão de vida útil.

O estudo delimita a análise à literatura brasileira em português sobre concreto de baixo carbono para estruturas armadas. O problema de pesquisa consiste em identificar em quais condições a redução do consumo de cimento permite conciliar desempenho mecânico, proteção da armadura e benefício ambiental demonstrável.

Como hipótese de trabalho, a investigação propõe que a dosagem otimizada permite reduzir o consumo de cimento e preservar ou ampliar a resistência à compressão em formulações específicas. Também propõe que a proteção da armadura depende da composição e da exposição, sem decorrer automaticamente do ganho de resistência. A análise confronta essas proposições com a evidência bibliográfica.

O objetivo geral consiste em analisar criticamente a evidência sobre desempenho mecânico e durabilidade do concreto de baixo carbono. Especificamente, a revisão identifica estratégias tecnológicas, compara resistência e deformabilidade, examina carbonatação, transporte de cloretos e corrosão, e delimita implicações estruturais, condicionantes normativos e lacunas de validação.

A relevância do artigo reside no apoio à especificação de soluções para reduzir emissões e atender a requisitos de segurança e durabilidade. Ao distinguir caracterização do material e validação do elemento armado, a análise delimita o alcance da evidência para a pesquisa e a prática de projeto. Essa distinção orienta a avaliação de ancoragem, rigidez e capacidade resistente.

Metodologicamente, a pesquisa adota abordagem qualitativa e exploratória, com revisão crítica da literatura e análise documental, e mantém 22 de outubro de 2026 como data-limite do levantamento. Não realiza pesquisa de campo, ensaio ou estudo de caso, nem desenvolve análise estatística de desempenho ou avaliação econômica comparativa. A comparação considera idade, composição e exposição, sem agregar estatisticamente resultados de programas experimentais distintos. A verificação normativa abrange apenas o conteúdo efetivamente consultado.

Após esta introdução, a seção 2 examina estratégias tecnológicas, propriedades mecânicas, comportamento de elementos armados, durabilidade e compatibilidade

normativa. A seção 3 sintetiza os achados e as limitações do estudo. A lista de referências identifica as fontes citadas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Diretrizes tecnológicas dos concretos de baixo carbono

A seleção do concreto de baixo carbono para estruturas armadas deve considerar eficiência do ligante, desempenho mecânico e proteção da armadura. Barboza (2016) associa o desempenho do concreto autoadensável ao empacotamento granular, à dispersão das partículas e ao controle da água. Cândido (2018) investiga a dosagem com fíler calcário e sílica ativa. O menor consumo de cimento, isoladamente, não comprova redução de emissões ou maior durabilidade.

Cândido (2023) registra, aos 28 dias, resistência à compressão de 42,9 MPa no C250 e 34,5 MPa no C350, com consumos nominais de cimento de 250 e 350 kg/m³, respectivamente. O C350 apresenta maior resistência ao transporte de cloretos, distinção aprofundada em 2.4. A comparação restringe-se a esse programa: a designação C350 em Cândido (2018) não comprova equivalência de dosagens.

Gomes (2023) estima redução de 39% no CO_2 incorporado e de 41% na demanda acumulada de energia no cenário com concreto de baixo carbono. O benefício corresponde à comparação de fundações e depende da composição, do aço e dos limites da avaliação.

2.1.1 Materiais cimentícios suplementares: cinzas volantes, escórias e cimentos de argila calcinada e calcário (LC³)

A caracterização deve distinguir contribuição reativa e preenchimento. Cezar (2024) discute cinza volante e escória, mas ensaia estéril de mineração destinado ao uso como fíler. O material beneficiado não atende aos critérios de pozolanicidade examinados na pesquisa; sua composição silicoaluminosa não demonstra reatividade.

Miranda (2018) avalia a mistura M15F5, com substituição de 20% da massa de cimento por 15% de metacaulim e 5% de fíler calcário. A composição ternária não comprova equivalência a um cimento LC³ nem representa toda essa família. A seção 2.2.1 examina a resistência, e a seção 2.4.1, a carbonatação.

2.1.2 Sistemas ativados por álcalis e geopolímeros

Cezar (2024) menciona geopolímeros na discussão bibliográfica, sem investigar experimentalmente essa rota. A análise da composição silicoaluminosa e da pozolanicidade não determina a aptidão do estéril à ativação alcalina. A base examinada não sustenta a escolha de ativador ou cura nem uma conclusão sobre proteção da armadura.

2.1.3 Cura carbônica e captura de CO_2: limites da evidência disponível

Miranda (2018) investiga deterioração por carbonatação acelerada, enquanto o estudo de Barretto e Parente (2026) discute a perda de proteção da armadura. Nenhuma dessas contribuições demonstra cura carbônica com benefício ambiental líquido. Sem balanço de captura e emissões ou avaliação da armadura após a cura, a revisão não conclui sobre a viabilidade dessa rota.

2.2 Propriedades mecânicas fundamentais para o dimensionamento

A caracterização deve distinguir média experimental, resistência característica e parâmetro de cálculo, considerando idade e carregamento (Barboza, 2016; Miranda, 2018). A seção 2.5.1 apresenta o confronto normativo.

2.2.1 Evolução da resistência à compressão

Barboza (2016) registra, no CBC1, resistência média de 27,91 MPa às 20 horas e 50,59 MPa aos 28 dias; no CBC2, 15,55 e 55,13 MPa, respectivamente. A inversão exige comprovação na idade de desforma ou carregamento. A comparação não caracteriza a cinética de hidratação.

Cândido (2018) obtém, aos 28 dias, 60,43 MPa no C320 e 61,39 MPa no C280, ante 42,94 MPa no C350, com ajuste simultâneo de granulometria, água e adições. Miranda (2018) registra, na mesma idade, 61,8 MPa com 20% de metacaulim e 34,7 MPa com 20% de fíler calcário. O resultado depende da formulação completa, sem isolar o efeito da redução do cimento.

2.2.2 Módulo de elasticidade e implicações para a rigidez

Barboza (2016) registra módulo estático inicial, aos 28 dias, de 42,8 GPa no CBC1, 46,8 GPa no CBC2 e 42,2 GPa no CBC3, ante 40,7 GPa no CR1 e 44,1 GPa no CR2. A pasta, o agregado e o método condicionam a interpretação.

Miranda (2018) registra, aos 28 dias, aumento de 41,0 para 61,8 MPa na resistência e de 31,9 para 36,5 GPa no módulo, com substituição de 20% do cimento por metacaulim. O ganho relativo de rigidez é inferior ao de resistência.

Cândido (2018) estima por ultrassom, aos 28 dias, módulo dinâmico de 47,11 GPa no C320 e 47,22 GPa no C280. A estimativa não equivale ao módulo estático ou à rigidez da seção fissurada.

2.2.3 Fenômenos reológicos: deformações por fluência e retração

A fluência descreve a deformação ao longo do tempo sob tensão mantida; a retração pode ocorrer sem carga externa. Barboza (2016) discute a influência da água, do volume de pasta e do esqueleto granular, sem demonstrar que reduzir cimento diminui necessariamente a deformação diferida.

A base consultada não permite determinar coeficiente de fluência ou retração última. Miranda (2018) menciona retração entre as variáveis, mas não apresenta uma série correspondente no programa relatado. A avaliação complementar deve informar cura, umidade, geometria e duração, além de nível de tensão e idade de carregamento para a fluência.

2.3 Comportamento estrutural de elementos de concreto armado

O resultado de corpos de prova em Barboza (2016), Cândido (2018) e Miranda (2018) caracteriza o material, sem validar o elemento armado. Gomes (2023) dimensiona estacas e avalia cenários ambientais, mas não fornece campanha experimental sobre ancoragem, flexão, estabilidade ou cortante. A seção seguinte delimita essas lacunas.

2.3.1 Mecanismos de aderência aço-concreto e comprimento de ancoragem

A análise da aderência considera adesão, atrito e interação mecânica barra–matriz, com atenção ao diâmetro, cobrimento, confinamento e fendilhamento. A

revisão utiliza esse recorte para identificar lacunas, sem propor comprimento de ancoragem.

Miranda (2018) avalia habilidade passante no estado fresco, não aderência no concreto endurecido. O estudo de Barretto e Parente (2026) discute o comprometimento da interface pela corrosão. Essa evidência não fundamenta menor comprimento de ancoragem pelo aumento da resistência à compressão ou pela redução do cimento.

2.3.2 Elementos flexionados: vigas e lajes nos estados limites último e de serviço

O exame de vigas e lajes distingue capacidade resistente no estado limite último e controle de fissuração e deslocamentos em serviço. A caracterização do material subsidia o modelo, mas não valida a resposta do elemento armado.

Cezar (2024) registra, no ensaio de flexão do compósito com fibras de PVA, tensão nominal de primeira fissuração de 3,92 MPa no C00 e 6,05 MPa no C20; a tensão máxima corresponde a 9,51 e 10,28 MPa. O endurecimento na flexão depende da interação fibra-matriz e não valida diretamente viga ou laje com armadura convencional.

2.3.3 Elementos comprimidos: pilares, capacidade portante e efeitos de segunda ordem

A avaliação de pilares considera força normal, flexão, esbeltez, confinamento e evolução da rigidez. A interação entre força normal e deslocamento lateral pode ampliar o momento solicitante. O módulo estático informado por Barboza (2016), sem ensaio de pilares, não demonstra aumento de capacidade portante ou redução dos efeitos de segunda ordem.

2.3.4 Mecanismo de resistência ao esforço cortante: cisalhamento

A análise do esforço cortante examina o concreto fissurado, a região comprimida e a armadura longitudinal e transversal. O ensaio de compressão ou tração indireta não determina isoladamente essa capacidade. A base de Barboza (2016) e Cândido (2018) não fornece validação específica, e a discussão de fibras de Cezar (2024) não equivale a ensaio de vigas com estribos.

A validação deve registrar geometria, relação entre vão de cisalhamento e altura útil, agregado, taxa de armadura e modo de ruptura. A evidência disponível não sustenta um fator específico de correção da resistência ao cortante.

2.4 Avaliação da durabilidade e integridade das armaduras

A avaliação da durabilidade articula ingresso de agentes, proteção química e corrosão. Cândido (2018, 2023) mostra a insuficiência da resistência mecânica como indicador único. A revisão distingue iniciação e propagação, sem converter diretamente ensaio acelerado em vida útil.

2.4.1 Frente de carbonatação e reserva alcalina

A carbonatação envolve ingresso de CO_2 e reação com a matriz. Cândido (2023) estima, por lixiviação e titulação, pH de 12,90 no C150, 13,53 no C250 e 13,64 no C350. O pH não quantifica isoladamente a reserva alcalina, a velocidade de carbonatação ou um limiar universal de passivação.

Miranda (2018) utiliza 28 dias de cura úmida, 20 dias de pré-condicionamento e CO_2 a 3,0 ± 0,5%, com leitura por fenolftaleína. Aos 70 dias de exposição, a mistura com 20% de metacaulim apresenta profundidade de 1,84 mm no prisma, ante 3,33 mm na referência; no cilindro, alcança 4,26 mm, ante 3,60 mm.

A inversão exige preservar geometria e configuração das faces expostas, sem atribuir o resultado apenas à forma do corpo de prova. A fenolftaleína indica mudança de alcalinidade, não a condição eletroquímica ou a perda de seção do aço. A comparação não demonstra superioridade geral nem equivalência entre exposição acelerada e natural.

2.4.2 Migração e difusão de íons cloreto: sistema poroso e fixação

Cândido (2018) registra coeficiente de migração não estacionária de 21,76 × 10^{-12} m²/s no C350, 5,19 × 10^{-12} m²/s no C320 e 1,81 × 10^{-12} m²/s no C280. O ensaio aplica campo elétrico, sem reproduzir diretamente difusão natural. Na etapa de difusão unidirecional, o N1, com 143,01 kg/m³ de cimento, apresenta coeficiente superior ao das composições com maior consumo.

Cândido (2023) identifica maior fixação de cloretos no C350, seguida pelo C250 e pelo C150. A menor absorção capilar do C250 não implica superioridade global. A interpretação do coeficiente aparente de difusão deve considerar transporte e fixação, com controle de idade, saturação, exposição e método.

Cândido (2023) expressa o teor de cloretos pela massa conjunta de cimento Portland e fíler. Nessa base, registra limiar crítico total de 0,75% no C150, 0,79% no C250 e 0,93% no C350. O valor caracteriza a despassivação experimental, não um limite de aceitação na produção; a comparação entre fontes exige a mesma base de massa.

2.4.3 Cinética de corrosão das armaduras após a despassivação do aço

Cândido (2023) acompanha potencial, polarização linear e impedância eletroquímica. Após a despassivação, compara ciclos com NaCl a 1 mol/L e ambiente de laboratório. O potencial não quantifica isoladamente a velocidade de corrosão; a interpretação exige corrente e histórico de exposição.

No laboratório, Cândido (2023) registra densidade média de corrente de 0,9 ± 0,4 μA/cm² no C250 e 0,9 ± 0,5 μA/cm² no C350; no C150, informa 1,8 μA/cm². Nos ciclos, registra 3,4 μA/cm² no C150, 3,0 ± 1,45 μA/cm² no C250 e 1,7 ± 0,74 μA/cm² no C350. A notação ± reproduz a dispersão informada pela fonte.

A igualdade das médias no laboratório não comprova equivalência estatística entre C250 e C350, e o contraste muda nos ciclos. O resultado não isola o refinamento poroso nem quantifica perda localizada de seção ou capacidade residual.

2.5 Compatibilidade normativa e desafios para a prática de projeto

A verificação normativa abrange edição, domínio de aplicação e controle da produção. A evidência de Miranda (2018) e Gomes (2023) não comprova conformidade integral.

2.5.1 Confronto dos dados com as expressões empíricas e os coeficientes de segurança da ABNT NBR 6118

O confronto normativo deve distinguir resistência média e característica, tração indireta e direta, além de módulo dinâmico e estático. Miranda (2018) identifica módulo

inferior à estimativa da ABNT NBR 6118:2014 em parte das formulações. Cândido (2018) confronta módulo dinâmico por ultrassom com estimativa estática. A divergência não demonstra erro geral do modelo sem compatibilidade entre grandezas.

Barboza (2016) informa uma betonada por traço, insuficiente para recalibrar coeficiente parcial de segurança. A dispersão interna não representa produções independentes. A generalização exige avaliar variabilidade do material, incerteza do modelo e execução.

A ABECE (2026) informa que a ABNT NBR 6118:2023, em conjunto com a Emenda 1:2026, corresponde à ABNT NBR 6118:2026. A identificação não substitui a consulta técnica nem fundamenta redução de coeficientes de segurança. A comparação de Miranda (2018) permanece vinculada à edição de 2014.

2.5.2 Barreiras de mercado, variabilidade regional de resíduos e limites da evidência normativa

A adoção exige fornecimento regular e reprodutibilidade. Gomes (2023) discute restrições de escória e cinza volante, sem diagnóstico atualizado da oferta regional.

Cezar (2024) caracteriza estéril de Itabira, Minas Gerais, beneficiado por peneiramento e empregado como fíler, sem atendimento aos critérios de pozolanicidade examinados. A composição depende da geologia e do processamento; a procedência identifica o insumo, mas não garante homogeneidade.

A especificação deve vincular origem e processamento à composição química, mineralogia, granulometria e reatividade. Uma nova procedência exige caracterização própria antes de reproduzir o teor de substituição validado para outro material.

Barboza (2016) discute custos de adições, aditivos e transporte. A redução do cimento não assegura menor custo quando beneficiamento, logística e controle tecnológico alteram a solução. A comparação deve adotar função estrutural equivalente, período comum e a mesma data-base; a base consultada não quantifica vantagem econômica entre regiões.

A ausência de ensaio não comprova lacuna normativa. A aplicação exige demonstrar atendimento aos requisitos pertinentes e ao seu domínio de validade. Uma proposta de alteração normativa requer confronto com o texto técnico e evidência representativa, não apenas resultado favorável de laboratório.

3. CONCLUSÃO

A análise do desempenho mecânico e da durabilidade indica que a compatibilidade entre menor consumo de cimento, proteção da armadura e benefício ambiental exige comprovação específica para a composição e a aplicação. Entre as estratégias examinadas, a otimização conjunta do empacotamento granular, da água e das adições apresenta respaldo experimental para preservar ou ampliar a resistência à compressão com menor consumo de cimento, conforme Barboza (2016) e Cândido (2018). Essa evidência sustenta a primeira hipótese nas formulações estudadas, sem isolar o efeito de cada ajuste.

O ganho de resistência aos 28 dias não assegura maior resistência inicial nem aumento proporcional da rigidez. Quanto à durabilidade, Cândido (2023) sustenta a distinção entre resistência mecânica e proteção da armadura, cuja avaliação depende da composição e da exposição. Miranda (2018) evidencia a influência do protocolo e da configuração do ensaio na interpretação da carbonatação. A análise encontra, assim, respaldo para a segunda hipótese, sem estabelecer superioridade geral das misturas ou converter diretamente exposição acelerada em vida útil.

O benefício ambiental identificado por Gomes (2023) permanece vinculado à composição, ao consumo de aço, à unidade funcional e ao cenário de avaliação. A solução deve conciliar esse benefício com o desempenho estrutural e a durabilidade. O menor consumo de cimento não comprova isoladamente redução de emissões ou de custo. A base examinada também não demonstra viabilidade de geopolímeros ou cura carbônica para estruturas armadas.

A especificação requer validação do material e do elemento, controle de produção, caracterização de cada procedência e atendimento aos requisitos normativos aplicáveis. A comprovação deve considerar a idade de desforma e carregamento e a condição de exposição. O resultado de corpos de prova não fundamenta, por si, redução do comprimento de ancoragem ou de coeficiente parcial de segurança, nem demonstra capacidade resistente do elemento à flexão, à compressão ou ao cortante.

O alcance da conclusão restringe-se à revisão qualitativa da literatura brasileira em português e à documentação consultada. A ausência de investigação empírica própria, análise estatística e avaliação econômica comparativa impede quantificar vantagem generalizável. A insuficiência experimental sobre fluência, retração e

elementos armados limita a extrapolação para o dimensionamento; a verificação normativa permanece restrita ao conteúdo efetivamente analisado.

A pesquisa futura deve priorizar ensaio de elementos armados, deformação diferida e corrosão sob exposição representativa, com comparação entre lotes independentes e procedências. Complementarmente, deve integrar a verificação normativa à avaliação ambiental e econômica em condições equivalentes. A contribuição do artigo consiste em delimitar a evidência necessária à especificação, sem tratar a designação de baixo carbono como comprovação de desempenho.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). NBR 6118 tem emenda publicada pela ABNT. [S. l.]: ABECE, mar. 2026. Disponível em: https://site.abece.com.br/nbr-6118-tem-emenda-publicada-pela-abnt/. Acesso em: 22 out. 2026.

2. BANDEIRA, Francisca Joyce dos Santos. Avaliação do efeito sinérgico da carbonatação e do ataque de cloretos no fenômeno da corrosão das armaduras do concreto. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Construção Civil) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/78023. Acesso em: 22 out. 2026.

3. BARBOZA, Lucas da Silva. Estudo sobre o impacto da redução do consumo de cimento no comportamento mecânico do concreto autoadensável. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/20.500.14289/7403. Acesso em: 22 out. 2026.

4. BARRETTO, Tatiana Conceição Machado; PARENTE, Igor Machado da Silva. Distintas formas de corrosão das armaduras de estruturas em concreto armado: uma revisão. Revista Corrosão & Proteção, Rio de Janeiro, ano 22, n. 83, p. 11–17, abr.

2026. Disponível em: https://abraco.org.br/src/uploads/2026/04/RevistaABRACO_ed83_20260430.pdf. Acesso em: 22 out. 2026.

5. CÂNDIDO, Taíssa Guedes. Desempenho de concretos com baixo consumo de ligante. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/15324. Acesso em: 22 out. 2026.

6. CÂNDIDO, Taíssa Guedes. Desempenho de concretos com elevados níveis de substituição do cimento Portland por fíler calcário em relação à corrosão desencadeada por cloretos. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/31504. Acesso em: 22 out. 2026.

7. CEZAR, Bruna Figueiredo. Caracterização de estéril de mineração e sua utilização em argamassas e em compósitos cimentícios reforçados com fibras de PVA. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1JVI0HPJuURvMcTBpimEarwoQF1o3QIS1/view. Acesso em: 22 out. 2026.

8. GOMES, Beatriz Maffini. Avaliação simplificada do ciclo de vida de estacas geotérmicas de baixo carbono. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. DOI: https://doi.org/10.11606/D.3.2023.tde-01032024-091427. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032024-091427/pt-br.html. Acesso em: 22 out. 2026.

9. MIRANDA, Luiza Rodrigues Meira de. Carbonatação em concretos autoadensáveis com substituições de cimento Portland por adições minerais. 2018. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) — Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/32610. Acesso em: 22 out. 2026.