



Soluções Sustentáveis: estudo da glicerina contra a carbonatação do concreto

Antonio Jonatas da Silva Barros¹; Marcelo Monteiro Valente Parente²; Caio Victor Pereira Pascoal³; João Saboia de Souza⁴

Como Citar:

BARROS, Antonio Jonatas da Silva;
PARENTE, Marcelo Monteiro Valente;
PASCOAL, Caio Victor Pereira et al.
*Soluções sustentáveis: estudo da glicerina
contra a carbonatação do concreto.*
Revista Sociedade Científica, vol.7, n. 1,
p.2341-2353, 2024.
<https://doi.org/10.61411/rsc202448117>

DOI: 10.61411/rsc202448117

Área do conhecimento: Engenharias.

Sub-área: Engenharia Civil.

Palavras-chaves: Glicerina; Concreto;
Construção Civil; Aditivo; Carbonatação.

Publicado: 20 de maio de 2024.

Resumo

A construção civil, responsável por grande impacto ambiental busca alternativas sustentáveis. A carbonatação do concreto, resultante da interação do CO₂ com o hidróxido de cálcio, afeta sua durabilidade. O estudo propõe o uso de glicerina como aditivo para proteger o concreto contra a carbonatação, visando viabilidade econômica e sustentabilidade ambiental. A metodologia envolveu ensaios de carbonatação em amostras de argamassa para avaliar a penetração do CO₂. A glicerina foi adicionada em concentrações de 5% sobre o volume de água para verificar sua eficácia na proteção contra a carbonatação. Os testes foram realizados seguindo normas específicas e utilizando indicadores de pH para avaliar a profundidade da carbonatação. Os resultados demonstraram que a glicerina, em concentração de 5%, foi eficaz na proteção contra a carbonatação. As amostras com glicerina apresentaram coloração esverdeada, indicando reação desconhecida com os materiais da argamassa. A análise das amostras após 28 dias de cura mostrou que a profundidade da carbonatação foi inexistente, confirmando a eficácia da glicerina como aditivo protetor. A pesquisa contribui para o avanço de estratégias de proteção do concreto de forma sustentável e economicamente viável, utilizando a glicerina como alternativa renovável e barata. Em suma, os resultados obtidos evidenciam a viabilidade do uso da glicerina como aditivo na proteção contra a carbonatação do concreto. A pesquisa destaca a importância de adotar medidas preventivas e mitigadoras da carbonatação na construção civil, visando a sustentabilidade ambiental e econômica do setor.

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, Brasil. ✉

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Maracanaú, Brasil. ✉

³Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil. ✉

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil. ✉



1. **Introdução**

A construção civil causa grandes impactos negativos ao meio ambiente, por meio da utilização de recursos renováveis ou não renováveis, modificação do espaço e a geração de resíduos [1]. Ela é responsável pela geração de cerca de 50% de todo o resíduo sólido urbano produzido pela população [2]. O concreto tem proporcionado a engenheiros e arquitetos a capacidade de projetar e construir edifícios com maiores funcionalidades, sendo usado, assim, em grandes quantidades. Mas, com o passar do tempo, verificou-se que essas estruturas se degradam e que a carbonatação é um dos processos que pode contribuir para tal fenômeno [3].

Os compostos hidratados do cimento Portland podem sofrer degradação/alteração ao contato com o CO_2 , cujo fenômeno é conhecido como carbonatação [4]. A carbonatação ocorre entre a portlandita (hidróxido de cálcio – CH) e o CO_2 presente no ar [5]. Um dos fatores que mais interfere na velocidade de penetração do CO_2 na matriz porosa do concreto é a permeabilidade, uma vez que a carbonatação se processa por meio da difusão [6]. A reação leva à alteração da microestrutura do concreto e à redução do pH nos poros do material, além de uma redução global da alcalinidade do sistema [7].

A taxa de carbonatação depende de diversos fatores, com a concentração de CO_2 , a pressão do ar, o teor de umidade do calcário, a umidade ambiente, temperatura entre outros [8]. O desenvolvimento de tecnologias e soluções inovadoras que permitam obter ganhos do ponto de vista de sustentabilidade, seja pelo aproveitamento de resíduos para uma construção mais eficiente, segura, de qualidade e com redução do impacto ambiental, seja pelo desenvolvimento de novos materiais e processos [9].

No setor da construção civil, a glicerina pode atuar como substituto de um plastificante de alto valor utilizado para fazer o concreto deslizar pela tubulação [10]. A necessidade de achar novas utilizações para a glicerina, produto secundário desse biocombustível, de forma que possa ser absorvida pelo mercado interno e mundial [11].



O grande volume de glicerina oriunda da produção de biodiesel, tanto no Brasil, como no mundo, será uma fonte abundante e barata de uma matéria-prima renovável nos próximos anos. Portanto, é necessário utilizar princípios criativos, e principalmente discernimento para realizar estudos e aplicações economicamente viáveis e que possam beneficiar toda a sociedade [12]. A pesquisa proposta visa contribuir para o avanço de estratégias eficazes de proteção utilizando a glicerina como aditivo na argamassa/concreto contra a carbonatação, e que seja economicamente viáveis e ecologicamente sustentável.

2. Referencial teórico

O crescimento populacional e a demanda crescente de novas alternativas facilitadoras no dia a dia dos seres humanos em decorrência da industrialização acarretaram diretamente no aumento dos veículos. Dessa forma a procura por fontes de energias alternativas que não agredissem ao meio ambiente motivou a inserção do biodiesel na matriz energética brasileira, visando à substituição dos combustíveis advindos do petróleo [13]. O Brasil possui um diferencial para a produção de biocombustíveis devido à sua vasta área territorial destinada ao cultivo de oleaginosas, bem como a diversidade destas espécies agrícolas [14].

O uso do biodiesel oferece um ganho ambiental de grande importância, diminuindo as emissões de grande parte dos gases nocivos [13]. O biodiesel é uma forma de combustível diesel derivado de plantas ou animais e consiste em ésteres de ácidos graxos de cadeia longa [15]. Nos últimos anos, pesquisadores tem demonstrado que os gargalos do desenvolvimento na produção do biodiesel não são de problemas técnicos, mas sim problemas de gestão de processos, como acontecem na cadeia de suprimentos dos fornecedores de matérias-primas aos produtores de biodiesel [16].

A produção crescente de biodiesel tem elevado também a produção do coproduto desta reação, o glicerol bruto. Estima-se que para cada 100 kg de biodiesel produzidos



são gerados 10 kg de glicerol bruto [17]. A glicerina, por diversas vezes chamada de glicerol bruto, é o termo usado para o resíduo obtido na produção do biodiesel [18].

Embora concretos e argamassas sejam os materiais construtivos mais consumidos do mundo, o conhecimento e a divulgação de práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento de sua utilização no mercado da construção civil, conseqüentemente, as manifestações patológicas responsáveis pela degradação das estruturas construídas a partir destes, são frequentes e causam danos econômicos, ambientais e sociais, até mesmo irreversíveis [19].

Nos últimos tempos, vem se buscando formas de melhorar, através da adição de diversos materiais orgânicos e inorgânicos, as propriedades da argamassa, como sua resistência e consistência, garantindo um melhor desempenho, qualidade e economia [20]. A deterioração do concreto e da argamassa resulta quase sempre da combinação de fatores externos e internos de processos químicos, físicos, mecânicos e biológicos, que alteram a capacidade dos materiais desempenharem suas funções preestabelecidas, afetando de modo direto na estética, conforto, segurança e durabilidade da obra [19].

A carbonatação tem sido alvo de preocupação de construtores e pesquisadores, pois, ao diminuir o pH da solução intersticial do concreto, pode favorecer a despassivação e posterior corrosão das armaduras do concreto armado [21]. A carbonatação é o resultado da reação do dióxido de carbono presente na atmosfera com compostos do cimento hidratado, formando carbonato de cálcio [22]. A velocidade do processo de carbonatação ocorre em função da difusão de CO₂ no concreto, da umidade relativa, do tempo de exposição, da relação água/cimento, do tipo de cimento, da permeabilidade do concreto e da forma de cura utilizada [23].

Pesquisas demonstraram que estes materiais possuíam resistência a carbonatação em processos naturais e acelerado [4]. O estudo buscou explorar o potencial da glicerina como aditivo no auxílio do processo de cura da argamassa/concreto, promovendo uma redução significativa na perda de água por



evaporação. Os resultados obtidos possam oferecer subsídios valiosos para a indústria da construção civil e outros setores industriais, auxiliando na adoção de medidas preventivas e mitigadoras da carbonatação.

3. Metodologia

O ensaio de carbonatação em amostras de argamassa e concreto tem como finalidade principal avaliar a profundidade de penetração do dióxido de carbono (CO_2) na matriz do material. Esse ensaio é realizado para determinar a resistência do material à carbonatação, que é um processo químico no qual o CO_2 presente no ar reage com o hidróxido de cálcio (presente na pasta de cimento) para formar carbonato de cálcio.

A carbonatação pode afetar negativamente a durabilidade e a vida útil das estruturas de concreto, pois reduz a alcalinidade da matriz e pode levar à corrosão das armaduras metálicas. Portanto, o ensaio de carbonatação é importante para avaliar a capacidade de resistência do material à penetração do CO_2 e, conseqüentemente, para estimar sua vida útil em condições de exposição ao ambiente.

Para o ensaio de carbonatação, foram utilizados corpos de prova cilíndricos que permaneceram em ambiente de laboratório [24] seguindo as recomendações da norma europeia DIN EN 14630 de 2007 e a norma brasileira NBR 7389 de 2010, na qual se utiliza uma solução indicador de pH, que consiste em uma mistura de 1g de fenolftaleína dissolvida em 50g álcool etílico diluídos em 50g de água, formando uma solução que quando aspergida nos corpos de prova rompidos de argamassa ou concreto torna-se incolor em pH inferior a 8,3 que indica a parte carbonatada e rosa ou vermelho-carmim para valores superiores a 8,3 que indicam a parte não carbonatada, sendo que o pH normal que fica entre 12,5 a 14 [25].

A coloração magenta representa ambiente básico, ou seja, essa região está protegida da presença de CO_2 da atmosfera (que não sofreu carbonatação), substância responsável pela carbonatação. A coloração magenta revela a área com pH básico, adequada à proteção das armaduras [26].

O agregado miúdo utilizado foi a areia média lavada e peneirada, disponível na cidade de Fortaleza, Ceará. Para tal, a areia foi seca em estufa por 24 horas. A composição das argamassas foi feita com as seguintes proporções, a argamassa de referência (Controle) com 624 gramas de cimento, 300 gramas de água e 1872 gramas de areia, já a argamassa modificada teve em sua composição 624 gramas de cimento, 300 gramas de água, 1872 gramas de areia e 15 gramas de glicerina PA. Os corpos de prova utilizados foram preparados e confeccionados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - Campus de Fortaleza.



Figura 1 - Corpos de prova cimentícios

Durante o ensaio, as amostras são expostas a uma atmosfera ambiente e, posteriormente, são rompidas de acordo com as orientações da NBR 5739 de 2007 e analisadas para determinar a profundidade de carbonatação. Com base nos resultados obtidos, é possível avaliar a qualidade do material e tomar medidas preventivas para garantir sua durabilidade e desempenho adequados. O teste de carbonatação foi realizado através da aplicação de solução de fenolftaleína ($C_{20}H_{16}O_4$) 0,5% (m/v).

4. **Desenvolvimento e discussão**

As normas estabelecem os métodos para determinar a profundidade de carbonatação em amostras de argamassa e concreto utilizando a fenolftaleína como

indicador ácido-base. Elas descrevem os procedimentos de preparação das amostras, a aplicação do indicador e a observação das mudanças de cor e a medição da profundidade de carbonatação. Ao executar o rompimento na Máquina Universal de Ensaio modelo QUANTEQ EMIC DL 30000, as amostras que continham glicerina apresentaram um tom esverdeado em comparação com as amostras controle. Demonstrando homogeneidade total e reação desconhecida com a mistura água, cimento e agregado miúdo da argamassa.

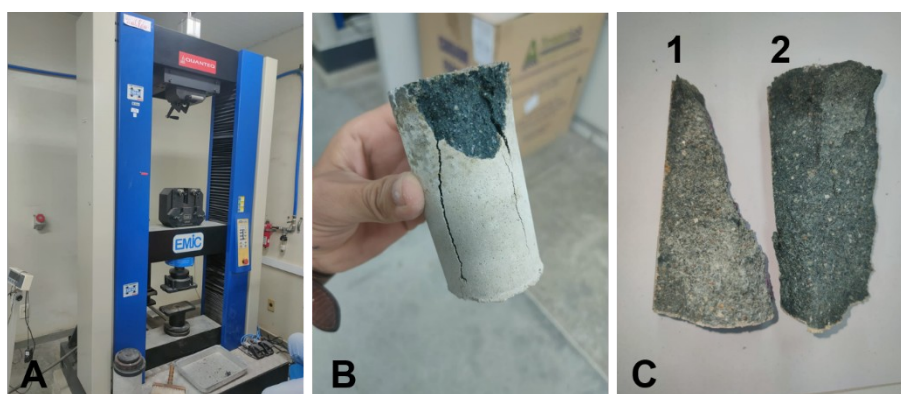


Figura 2 – Rompimento das amostras. (A) prensa hidráulica automática, (B) rompimento da amostra após o ensaio, (C1) pedaço da amostra sem glicerina em comparação com o (C2) pedaço da amostra com glicerina.

Em baixas concentrações, a glicerina é miscível em água, o que significa que ela se dissolve completamente na água, formando uma solução transparente. Nesse caso, a glicerina não tem um efeito significativo nas propriedades físicas da água, como ponto de ebulição, ponto de congelamento ou densidade.

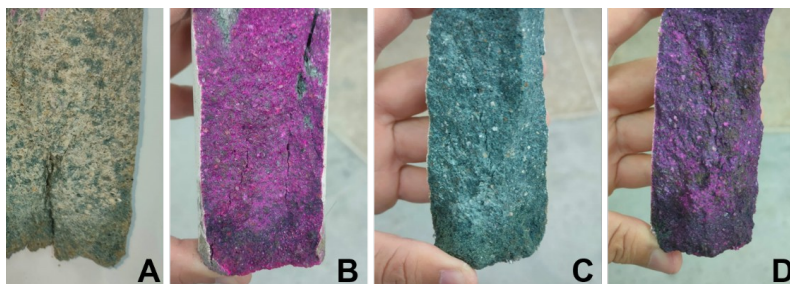


Figura 3 - (A) amostra sem glicerina sem indicador ácido-base e (B) com indicador ácido-base; (C) amostra com glicerina sem indicador ácido-base e (D) com indicador ácido-base



Esta profundidade foi obtida através de um indicador de pH, fenolftaleína, que apresenta coloração diferente em concreto carbonatado e não carbonatado [25]. Após a aspersão da solução de fenolftaleína, aguardou-se 10 minutos para a secagem das amostras para então prosseguir com a análise do ensaio [24].

Após realizar o ensaio de carbonatação após 28 dias de cura das amostras cilíndricas, constatou-se que as amostras não apresentaram redução do pH. Logo, a profundidade da carbonatação na amostra foi inexistente. Decorrido o tempo de uma hora após a aspersão da solução de fenolftaleína, as amostras já secas a coloração não mudou. Para a concentração da glicerina de 5% realizada nesse estudo, demonstra a eficiência da mesma no combate a carbonatação. É importante salientar que esses pontos brancos cristalizados apresentados na Figura 3 são os grãos do agregado miúdo.

5. Considerações finais

Em resposta às perguntas propostas por este estudo, e com base nas metodologias implementadas, foi possível conduzir os experimentos para avaliar a hipótese da utilização da glicerina como aditivo no combate a carbonatação na confecção de argamassa/concretos da construção civil.

No teste de carbonatação decorrido o tempo de cura das amostras de 28 dias, além da alteração da coloração interna das amostras em relação às amostras controle, a diferenciação precisa entre as áreas carbonatadas e não carbonatadas não foi claramente possível, embora a área não carbonatada tenha exibido uma coloração satisfatória.

Visivelmente não houve processo de carbonatação nas amostras em estudos, desse modo a profundidade da carbonatação não foi claramente distinguida como quando utilizado com indicador de fenolftaleína, demonstrando eficiência da inserção da glicerina no combate a carbonatação por meio desse teste rápido e pratico tão disseminado no setor da construção civil.



6. **Indicação de trabalhos futuros**

Em pesquisas futuras outros métodos e indicadores na determinação da profundidade da carbonatação devem ser investigados quando adicionado glicerina na mistura para confecção de corpos de provas cilíndricos de argamassa/concreto para melhorar o desempenho e eficiência da mesma.

7. **Biografia**

Mestre em Energias Renováveis pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE Campus Maracanaú na linha de pesquisa de Mecânica Aplicada à conservação do meio ambiente (2024).

Especialista em Metodologia do Ensino de Química pela Uniasselvi (2024).

Graduado em Química pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE Campus Quixadá (2019).

Técnico em Edificações pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE Campus Quixadá (2018).

Técnico em Química pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE Campus Quixadá (2015).

Lattes iD: <http://lattes.cnpq.br/1222724553273113>

8. **Declaração de direitos**

O(s)/A(s) autor(s)/autora(s) declara(m) ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declara(m) que as imagens e textos publicados são de responsabilidade do(s) autor(s), e não possuem direitos autorais reservados à terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declara(m) respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declara(m) não cometer plágio ou auto plágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

9. **Referências**

1. P. Ana, Mendes; Ricardo, “Análise da carbonatação do concreto com substituição do agregado graúdo por concreto reciclado,” An. do 18o Encontro Científico Cult. Interinstitucional, no. 1980–7406, p. 24, 2020, [Online]. Available: <https://www4.fag.edu.br/anais-2020/Anais-2020-22.pdf>
2. A. P. Werle, C. de S. Kazmierczak, and M. P. Kulakowski, “Carbonatação em concretos com agregados reciclados de concreto,” Ambient. Construído, vol. 11, no. 2, pp. 213–228, 2011, doi: 10.1590/s1678-86212011000200015.



3. G. F. Henriques, J. C. Tavares, and A. D. de L. Terceiro Neto, “Carbonatação natural e modelos de previsão para concretos de cimento Portland: uma revisão,” *Rev. Principia - Divulg. Científica e Tecnológica do IFPB*, vol. 60, no. 1, p. 102, 2023, doi: [10.18265/1517-0306a2021id6023](https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id6023).
4. C. L. Machado, L. R. De Sousa, J. S. Da Silva, H. M. C. Andrade, and J. P. Gonçalves, “Effect of supercritical carbon dioxide on cement pastes containing waste FCC catalyst,” *Rev. Mater.*, vol. 25, no. 1, 2020, doi: [10.1590/s1517-707620200001.0899](https://doi.org/10.1590/s1517-707620200001.0899).
5. S. A. L. Bessa, M. A. Miranda, E. A. M. Arruda, A. C. da Silva Bezerra, and H. M. Sacht, “Production and evaluation of microconcretes with iron ore tailings to produce construction components,” *Rev. Mater.*, vol. 27, no. 2, 2022, doi: [10.1590/S1517-707620220002.1375](https://doi.org/10.1590/S1517-707620220002.1375).
6. M. Silva et al., “Avanço da carbonatação em concretos para idades iniciais,” II Simpósio Bras. sobre Reabil. das construções, no. May, pp. 1–9, 2019, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/334453468>
7. T. F. Campos Neto, O. Cascudo, and A. M. de Oliveira, “Estimativa de frentes de carbonatação baseada em análises estatísticas: aplicando modelo europeu em território brasileiro,” *Ambient. Construído*, vol. 23, no. 3, pp. 167–185, 2023, doi: [10.1590/s1678-86212023000300681](https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000300681).
8. M. A. N. Oliveira, M. Â. D. Azenha, P. J. B. B. Lourenço, and J. V. B. de Souza, “Evolução do Processo de Carbonatação em Argamassas de Cal Aérea,” *Matéria (Rio Janeiro)*, vol. 26, no. 3, 2021, doi: [10.1590/s1517-707620210003.13016](https://doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13016).
9. A. B. Masuero, “Challenge of Civil Construction: growth with environmental sustainability,” *Rev. Mater.*, vol. 26, no. 4, p. 13123, 2021, doi: [10.1590/S1517-707620210004.13123](https://doi.org/10.1590/S1517-707620210004.13123).



10. E. de Oliveira Júnior, “Análise econômica preliminar da produção de biossurfactantes ramnolipídicos por *Pseudomonas aeruginosa* utilizando glicerina bruta como matéria-prima Projeto Final em Engenharia de Bioprocessos,” Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022. [Online]. Available: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/18649>
11. I. Mainer and S. Da, “Purificação da glicerina oriunda da síntese do biodiesel mediante processo de adsorção : uma biodiesel mediante processo de adsorção : uma,” faculdade de tecnologia de campinas, 2021. [Online]. Available: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/9188>
12. J. J. dos SANTOS and A. W. MAZZONETTO, “Aplicações da glicerina no mercado e potencial energético,” *Bioenergia em Rev. diálogos.*, vol. 12, pp. 42–64, 2021, [Online]. Available: <http://www.fatecpiracicaba.edu.br/revista/index.php/bioenergiaemrevista/article/view/458/373833>
13. T. S. Cardoso et al., “Uma revisão da utilização de catalisadores heterogêneos para a produção de biodiesel,” *Brazilian Appl. Sci. Rev.*, vol. 4, no. 1, pp. 240–276, 2020, doi: 10.34115/basrv4n1-016.
14. B. O. Rovere, J. H. Rodrigues, and J. G. Teleken, “Redução do índice de acidez através da neutralização e esterificação para produção de biodiesel,” *Brazilian J. Dev.*, vol. 6, no. 5, pp. 24678–24686, 2020, doi: 10.34117/bjdv6n5-064.
15. M. M. Neto, K. Sussi, and M. Oliveira, “Produção de biodiesel a partir do óleo de soja , milho , girassol e canola por transesterificação : uma revisão sistemática Biodiesel production from soybean , corn , sunflower and canola oil by transesterification : a Producción de biodiesel a partir de a,” *Res. Soc. Dev.*, vol. 2022, pp. 1–18, 2022, [Online]. Available: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/27167/24624>



16. M. J. Saltarin et al., “A logística inversa dos óleos de gorduras residuais na produção de um biodiesel sustentável: uma revisão,” *Rev. Gestão e Secr.*, vol. 14, no. 1, pp. 1170–1183, 2023, doi: [10.7769/gesec.v14i1.1582](https://doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1582).
17. C. V. Rodrigues, L. V. Adames, R. F. C. Marques, A. P. Jacobus, L. O. Pires, and S. I. Maintinguer, “Biosistemas integrados na codigestão do glicerol bruto em resíduos agroindustriais para a geração de H₂ e CH₄,” *Matéria (Rio Janeiro)*, vol. 26, no. 2, p. 14, 2021, doi: [10.1590/s1517-707620210002.1262](https://doi.org/10.1590/s1517-707620210002.1262).
18. A. C. Custódio, R. P. S. Ribeiro, T. B. S. de Lima, E. S. De, and P. L. B. de A. Araújo, “Purificação Simplificada do Rejeito de Glicerina Bruta da Produção de Biodiesel da Biorrefinaria Berso-UFPE: Uma Prática Sustentável Simple Purification Process of Waste Glycerol from Berso-Ufpe Biorefinary Biodiesel Production: A Sustainable Practice Rev,” *Rev. Bras. Geogr. Física v*, vol. 15, pp. 2226–2237, 2022, [Online]. Available: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/viewFile/253719/41885>
19. J. G. de Souza, R. P. Alves, D. Costa da Silva, and D. Baracuy da Cunha Campos, “Análise Das Condições Das Águas De Poços Freáticos, De Cidade No Semiárido Brasileiro, Utilizadas Como Água De Amassamento Na Produção Local De Concreto E Argamassa,” *Congr. Nac. da Divers. do semiárido*, vol. 1, no. 1, p. 12, 2018, [Online]. Available: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conadis/2018/TRABALHO_EV116_MD1_SA10_ID579_29102018170650.pdf
20. D. M. P. Mota et al., “Adição Da Cinza Da Folha De Bananeira Na Argamassa,” *Rev. Gestão Sustentabilidade Ambient.*, vol. 9, p. 55, 2020, doi: [10.19177/rgsa.v9e0202055-69](https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0202055-69).
21. B. S. SANTOS, D. D. M. ALBUQUERQUE, and D. V. RIBEIRO, “Effect of the addition of metakaolin on the carbonation of Portland cement concretes,”



- Rev. IBRACON Estruturas e Mater., vol. 13, no. 1, pp. 1–18, 2020, doi: 10.1590/s1983-41952020000100002.
22. L. F. KRUG, “Processo de carbonatação no concreto e modelos para sua previsão: uma revisão.,” *Mundi Eng. Tecnol. e Gestão*, vol. 8, no. 2, pp. 1–16, 2023.
23. L. P. M. GOMES, “Análise do uso de indicador natural de ph à base de betalaína em comparação com a fenolftaleína para a avaliação da profundidade de carbonatação do concreto,” *UFERSA*, 2020. [Online]. Available: <https://www.e-ir.info/2018/01/14/securitisation-theory-an-introduction/>
24. C. Augusto and A. L. Sofia, “Carbonatação de argamassas mistas produzidas com rejeito de minério de ferro,” *7º encontro nacional de aproveitamento de resíduos na construção*, vol. d, no. 2015, Porto Alegre, RS, Brasil, pp. 142–149, Nov. 05, 2021. [Online]. Available: <https://eventos.antac.org.br/index.php/enarc/article/download/3315/2774/9964>
25. G. Cipriano De Farias and S. Da Silva, “Análise da evolução da profundidade de carbonatação em estruturas de concreto ao longo do tempo,” *Rev. Técnico-Científica Eng. Civ. - UNESC*, pp. 1–19, 2013, [Online]. Available: <http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/7132/1/GabrielaCiprianoDeFarias.pdf>
26. W. S. Cardoso, A. Gonçalves de Oliveira Filho, R. Lauret Cosme, B. Batista dos Santos, and D. Favalessa Lessa, “Utilização Da Areia Marinha Para Produção De Concreto: Estudo De Viabilidade,” *Rev. Ifes Ciência*, vol. 7, no. 1, pp. 01–17, 2021, doi: 10.36524/ric.v7i1.1009.