



DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO COM AGREGADOS RECICLADOS: ESTUDO COMPARATIVO COM O CONCRETO CONVENCIONAL

MECHANICAL PERFORMANCE OF CONCRETE WITH RECYCLED AGGREGATES: COMPARATIVE STUDY WITH CONVENTIONAL CONCRETE

Luiz Martins Pereira Neto
luizmpn2@gmail.com

David Melo Da Silva
deyvide1995@gmail.com

Cristiane Marques Teixeira de Lima
deyvide1995@gmail.com

RESUMO

A extração de recursos naturais para a produção do concreto gera impactos ambientais significativos. Como uma alternativa sustentável, este estudo propõe a substituição de agregados naturais por agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição. Para tal, produziram-se dois tipos de concreto, convencional e reciclado, que foram submetidos a ensaios de abatimento (slump test) e resistência à compressão, este após 28 dias de cura. Os resultados indicam que o concreto com agregados reciclados apresentou resistência média cerca de 40% inferior à do concreto convencional, além de menor plasticidade, o que está associado à maior porosidade e heterogeneidade dos resíduos reciclados. Ainda assim, o concreto reciclado demonstrou potencial de uso em aplicações não estruturais, sendo uma alternativa promissora para redução dos impactos ambientais da construção civil. Recomenda-se o aperfeiçoamento do processo de seleção e tratamento dos agregados reciclados para melhorar seu desempenho mecânico, teste de traço específico para o concreto reciclado, utilizando mais de um tipo de aditivo, e a criação de normas e leis que impulsionem a reciclagem e reutilização de materiais.

Palavras-Chaves: Construção Sustentável; Concreto Reciclado; Resíduos de Construção de Demolição.

ABSTRACT

The extraction of natural resources for concrete production causes significant environmental impacts. As a sustainable alternative, this study proposes the replacement of natural aggregates with recycled aggregates derived from construction and demolition waste. To this end, two types of concrete—conventional and recycled—were produced and subjected to slump tests and compressive strength tests, the latter conducted after 28 days of curing. The results indicate that concrete with recycled aggregates exhibited an average compressive strength approximately 40% lower than that of conventional concrete, as well as reduced plasticity, which is associated with the higher porosity and heterogeneity of the recycled materials.



Nevertheless, recycled concrete demonstrated potential for use in non-structural applications, making it a promising alternative for reducing the environmental impact of the construction industry. It is recommended to improve the selection and treatment process of recycled aggregates to enhance their mechanical performance, test specific mix designs using more than one type of admixture, and implement standards and regulations to promote the recycling and reuse of materials.

Keywords: Sustainable Construction; Recycled Concrete; Construction And Demolition Waste.

1 INTRODUÇÃO

Segundo dados publicados pelo World Economic Forum (2024), cerca de 14 bilhões de metros cúbicos são produzidos anualmente. Em 2022, apenas no Brasil, 43 milhões de metros cúbicos de concreto foram produzidos (Veja Negócios, 2024).

O uso do concreto em larga escala contribui para a geração de uma quantidade considerável de resíduos relacionados à sua produção e uso; entretanto, ainda que esses resquícios sejam subestimados, alguns países já investem na sua aplicação para produção de novos concretos (Furian et al., 2022). Salles et al. (2021) afirmaram que a heterogeneidade dos resíduos de construção e demolição (RCD) dificulta sua reutilização de forma sistemática e como consequência, surgem problemas relacionados à disposição final desses materiais e à contínua extração de recursos naturais não renováveis para a produção de concretos.

De acordo com Correia et al. (2022), o setor da construção civil precisa de aprimoramentos no que se refere à reciclagem e reutilização de materiais visando o Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, uma vez que as legislações pertinentes e certificações de órgãos financiadores carecem de especificações técnicas precisas, que estimulem o uso desses materiais. Além disso, as atualizações nas normas relacionadas à gestão integrada de resíduos estimulam a criação de novos produtos que atendam aos requisitos técnicos necessários para sua utilização (Bucio-Toleto; Flores-Sandoval, 2022).

Este estudo tem como objetivo comparar o desempenho mecânico entre o concreto convencional e o concreto produzido com agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil (RCC), por meio de ensaios laboratoriais de abatimento e resistência à compressão, visando avaliar a viabilidade técnica do uso de materiais reciclados na produção de concreto com menor impacto ambiental.

2 METODOLOGIA



O procedimento metodológico adotado neste estudo teve início com uma revisão bibliográfica, seguida de coleta de material, realização de ensaios em laboratório e análise de dados. Utilizou-se neste experimento areia e agregados naturais, cedidos pela Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura do Município de Itapissuma-PE, e agregados reciclados, fornecidos pela Empresa Ciclo Ambiental, localizada em Recife-PE, uma instituição pública de direito privado, localizada na cidade de Camaragibe-PE, pioneira no tratamento e beneficiamento dos resíduos sólidos da construção civil.

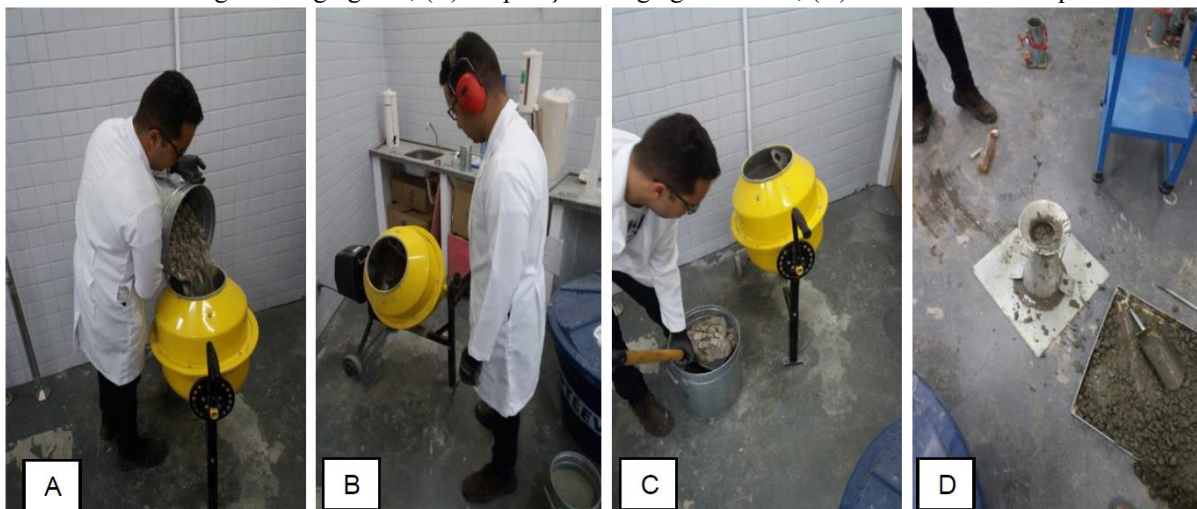
Os agregados reciclados foram submetidos a uma seleção manual rigorosa, visto que estes apresentaram características mistas em sua composição, ou seja, constituídos de fragmentos de tijolos, cerâmicas, gesso, dentre outros materiais danosos ao concreto. Selecionaram-se apenas os materiais ideais para utilização, como agregados reciclados, constituídos de resíduos oriundos de concreto e rocha.

A preparação do concreto, moldagem de corpos de prova e realização de ensaios se deu no Laboratório de Engenharia Civil, da Universidade Maurício de Nassau, situada em Recife-PE. O concreto foi produzido tendo como base um traço experimental pré-definido de 1:2:3 (uma parte de cimento, duas de areia e três de brita), visando obter uma resistência característica de 25 MPa (Megapascal). Para produzir o volume necessário para realização do slump test e do ensaio de resistência a compressão, foram utilizados 8kg de cimento, 16,52kg de areia, 26,10 kg de brita, 4,2L de água e 0,16L de aditivo plastificante, Sika Concreto Forte, sendo que este foi utilizado apenas para a produção do concreto composto por materiais reciclados.

Os dois tipos de concreto, reciclado e convencional, foram misturados em betoneira, sendo obedecida a seguinte sequência para a produção:

- Primeiramente, depositaram-se as britas na betoneira;
- Em seguida, foi adicionada metade da quantidade de água, procedendo-se à mistura por pouco mais de um minuto;
- Acrescentou-se à mistura o cimento, a areia e o restante da água;
- Posteriormente, foi adicionado o aditivo plastificante (apenas para a produção do concreto reciclado) e o material continuou a ser misturado por mais três a quatro minutos.

Figura 1 - Processo produtivo Concreto Reciclado, (A) Disposição dos agregados reciclados na Betoneira; (B) Mistura da água aos agregados; (C) Disposição do agregado miúdo; (D) concreto reciclado pronto.



Fonte: autores.

Finalizada a etapa de mistura, realizou-se o *slump test*, seguindo as recomendações da ABNT NBR 16889:2020, e a moldagem de corpos de prova de acordo com as recomendações da ABNT NBR 5738:2015/Cor.1:2016, com aplicação prévia de desmoldante nos moldes para facilitar a remoção. Após 48h, os corpos de prova foram desmoldados e submersos em água para realização da cura. Passados os 28 dias, os corpos de prova foram rompidos conforme recomenda a NBR 5739:2018.

Figura 2 - Corpos de Prova (A) Concreto Reciclado; (B) Concreto Convencional.



Fonte: autores.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O abatimento obtido por meio *slump test* realizado após a etapa de mistura de concreto foi de 5cm para o concreto reciclado e de 17 cm para o convencional, revelando uma maior

plasticidade deste. Ainda que contasse com o aditivo plastificante, foi necessário utilizar toda a água do traço para a produção do concreto reciclável, quando o recomendado pelo fabricante era utilizar 50% do volume calculado, para garantir a trabalhabilidade. Este fato pode ser atribuído à porosidade dos agregados reciclados, uma vez que, para garantir a trabalhabilidade do concreto, foi necessário colocar todo o volume de água calculado para o traço. Salles et al. (2021) sugerem que, para compensar a alta absorção dos agregados reciclados, devem ser utilizados métodos de dosagem específicos para esse fim.

O resultado obtido pelo ensaio de resistência a compressão (Tabela 1) indica que o Concreto Reciclado não atingiu a resistência esperada de 20MPa, limite este inferior à meta estabelecida de 25MPa, enquanto o concreto convencional obteve resultados de resistência a compressão superiores à meta estabelecida, com exceção da amostra de número 6, que obteve um resultado inferior, desviando da meta em 2,32%.

Tabela 1 – Resultado do ensaio de Resistência à Compressão

Nº da amostra	Resistência à compressão		Percentual de perda de resistência à compressão (%)
	Reciclado	Convencional	
1	17,81	34,04	47,67
2	18,60	25,01	25,63
3	16,95	30,03	43,55
4	19,41	32,56	40,38
5	14,50	32,58	55,49
6	17,75	24,42	27,31
Média	17,50	29,77	40,01

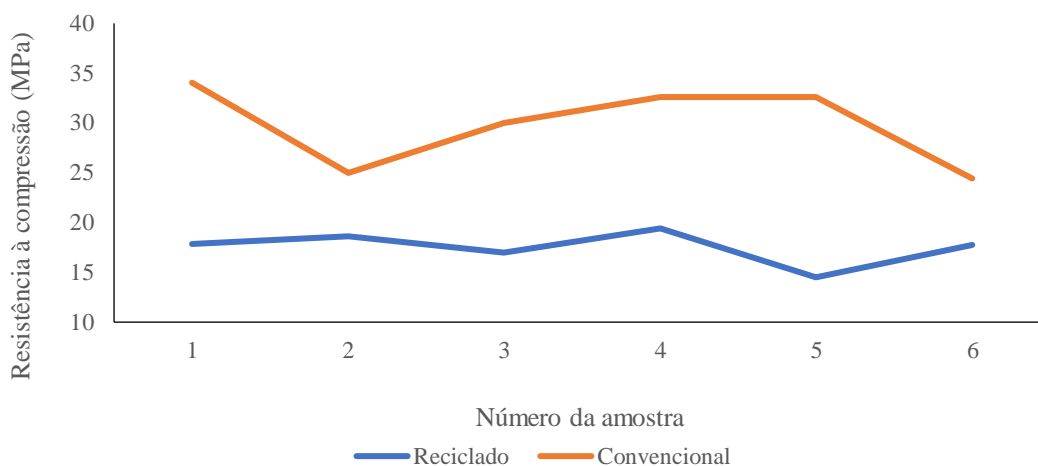
Fonte: autores.

O concreto reciclado atingiu em média 70% da resistência prevista em projeto, ou seja, pode-se afirmar que há uma enorme potencialidade na reutilização dos RCD, na produção de concreto, especialmente para fins não estruturais, porém, faz-se necessário conhecer mais profundamente os materiais, a fim de controlar certos desvios. Ademais, o uso do dobro da quantidade de água recomendada pelo fabricante do aditivo plastificante pode ter comprometido a propriedade de resistência à compressão do concreto.

A resistência à compressão média do concreto reciclado foi em média, 40% inferior ao do concreto convencional, valor este que se aproxima dos resultados obtidos por Katz (2003), Gómez-Soberón (2014), Sharman e Singla (2014) e Yehia (2015). A redução dos resultados de resistência à compressão devido ao uso de agregados reciclados também foi observada por Salles et al. (2021), que destacaram o potencial de melhora do desempenho quanto à

durabilidade proporcionado pelo uso de agregados reciclados. O percentual de agregado reciclado também influencia na resistência à compressão do concreto. De acordo com Borba (2016), o concreto produzido com 50% de agregado reciclado em sua composição apresenta um comportamento similar ao concreto convencional. Evangelista e Brito (2007), entretanto, demonstraram que a substituição de até 30% do consumo total de agregado miúdo reciclado, não compromete a resistência compressão, possibilitando o seu uso para fins estruturais.

Figura 3 – Comparação dos resultados do ensaio de resistência à compressão



Fonte: autores.

De acordo com Moreira (2010), os agregados de RCD reciclados, em geral, possuem propriedades bastante variáveis. Embora predominasse a presença de elementos oriundos de estruturas de concreto no agregado utilizado neste experimento, foi possível encontrar a presença de elementos secundários, como tijolos, peças cerâmicas, dentre outros componentes (Figura 4). A presença de tais elementos acarreta fragilidades no concreto, além de interferir diretamente nas suas principais características, por possuírem propriedades diferentes, que, a depender da sua origem, podem provocar contaminações ou afetar e modificar a estrutura do produto final.

Figura 4 – Componentes secundários presentes no Concreto Reciclado



Fonte: autores.

Outra característica determinadora na qualidade do concreto, é a porosidade do agregado reciclado, Tenório (2007) destaca que essa propriedade possui grande potencial como parâmetro de controle para agregados reciclados, visto quanto menor for a porosidade dos agregados graúdos reciclados, melhores serão as propriedades do concreto produzido.

Algumas partículas presentes no concreto que originam os agregados reciclados possuem uma pasta já anuída aos grãos, o que eleva sua porosidade quando comparada aos agregados naturais. Os agregados oriundos de peças cerâmicas e de outros elementos, entretanto, possuem porosidades diferenciadas.

Sabendo que cerca de 75% do volume total do concreto é composto pelos agregados, a presença dos agregados reciclados, devido a sua alta porosidade, passa a influenciar diretamente na sua resistência (Ângulo, 2005; Carrijo, 2005). A porosidade dos agregados oriundos do RCD, também aumenta a absorção de parte da água livre da pasta de cimento do concreto, o que implica na maior perda de consistência nos tempos iniciais do concreto fresco (Damineli, 2007).

Conhecendo as propriedades relacionadas a porosidade, e como os agregados reciclados absorvem uma maior quantidade de água, é possível explicar a falta de plasticidade e o pequeno valor de abatimento do concreto (5 cm). Devido à menor porosidade dos agregados naturais quando comparados aos agregados de RCD, o concreto convencional demonstrou uma plasticidade muito maior (17 cm). Salles et al. (2021) afirmaram que a trabalhabilidade do concreto reduz com o aumento da quantidade de agregados reciclados e com a capacidade de absorção desses materiais.

Outra questão a ser comentada se trata da aparência arenosa de algumas partes do concreto reciclado (Figura 4), que, devido à origem mista do agregado, a alta taxa de absorção de água, mesmo passando por todo um rigoroso processo de produção, não apresenta duas fases distintas (agregado e pasta de cimento), como é característico do concreto convencional (Figura 5), e sim como se o concreto fosse monofásico, apenas com pontuais diferenças de coloração.

Figura 5 – Aspecto arenoso oriundo de algum agregado do concreto reciclado



Fonte: autores.

Correia et al. (2022) afirmaram que, apesar das normativas ABNT NBR 15115:2004 e ABNT NBR 15116:2004 definirem quais os materiais mais favoráveis para reuso e reciclagem na construção civil, os tratamentos necessários para a utilização destes, bem como para prolongar sua vida útil não são definidos de forma abrangente, que contemple todo o potencial da gestão de resíduos de construção.

Figura 6 – Agregados devidamente revestidos pela pasta de cimento do concreto convencional



Fonte: autores.

4 CONCLUSÕES

A reciclagem dos resíduos sólidos da construção civil (RCC) apresenta-se como uma alternativa viável principalmente quando se trata da produção de concreto, visto que os impactos ambientais causados pela extração de sua matéria prima são inúmeros e em alguns casos podem até ser irreversíveis. Todavia, a inserção de um novo material na produção de um produto altamente difundido pode ser complicada, por interferir diretamente na cadeia produtiva do concreto, pelo surgimento de um novo material no setor da construção civil, sendo, assim, necessário garantir a viabilidade do seu uso.

Baseando-se nos dados analisados nesse trabalho, os agregados oriundos de resíduos da construção civil, são passíveis de serem reutilizados. No entanto, é necessário atentar para suas características. Conhecer a origem do material é de extrema importância para previsão do seu comportamento, além da análise das suas características, como a porosidade, absorção de água, resistência, dentre outras, e como cada uma delas irá refletir no desempenho do concreto.

Neste estudo, verificou-se que a utilização dos agregados reciclados em sua produção, sob a ótica da sustentabilidade, representa um grande avanço na redução dos impactos ambientais. Sua aplicação para fins estruturais requer mais análise, mas sua aplicação para fins não estruturais revela um grande potencial. Os agregados reciclados apresentam elevado potencial de reutilização, especialmente no contexto da produção de concretos mais

sustentáveis, desde que submetidos a um processo de aprimoramento, desde sua extração pelos demolidores até o processo de britagem, ampliando assim o mercado de utilização desse produto e reduzindo a quantidade de toneladas desse resíduo.

Avanços normativos e incentivos fiscais para impulsionar o uso de agregados reciclados na produção do concreto podem estimular sua aplicação pelas empresas, fazendo com que a construção civil um setor mais sustentável e alinhado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

Para os estudos futuros, recomenda-se testar diversos traços para a produção do concreto, bem como mais de um tipo de aditivo plastificante e a durabilidade do concreto reciclado a longo prazo, analisando a viabilidade financeira do projeto.

REFERÊNCIAS

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18112005-155825/pt-br.php>. Acesso em: 01 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16889:2020** - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5738:2015/Cor.1:2016** - Concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739:2018** — Concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BORBA, W. F. de; CASSOL, G.; BUENO, L. da S. Confecção de concreto com agregado reciclado. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC 2016, 2016, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CONFEA, 2016. Disponível em: <https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/contecc2016/civil/confec%C3%A7%C3%A3o%20de%20concreto%20com%20utiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20agregado%20reciclado.pdf>. Acesso em: 05 junho 2025.

BUCIO-TOLEDO, R. M.; FLORES-SANDOVAL, D. A. Agregados finos de concreto reciclado y su influencia en concreto no estructural. **PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI**, v. 10, n. 7, p. 66-75, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.29057/icbi.v10iEspecial7.9851>. Acesso em: 05 junho 2025.

CARRIJO, P. M. **Análise da influência da massa específica de agregados graúdos provenientes de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto**.



2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-11052006-143829/pt-br>. Acesso em: 02 junho 2025.

CORREIA, V. L.; MARCHIORI, F. F.; LIBRELOTTO, L. I.; ABREU, J. P. M. de; SILVA, R. F. T. Legislação, certificações e normas brasileiras de construção civil e o objetivo 12 da Agenda 2030: avanços e lacunas. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2022, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/365244787_Legislacao_certificacoes_e_normas_brasileiras_de_construcao_civil_e_o_objetivo_12_da_Agenda_2030_avancos_e_lacunas_Brazilian_legislation_certification_and_construction_standards_and_the_12_nd_objectiv. Acesso em: 05 junho 2025.

DAMINELI, B. L. **Estudo de métodos para caracterização de propriedades físicas de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-09012008-120538/pt-br.php>. Acesso em: 02 junho 2025.

EVANGELISTA, L.; BRITO, J. de. Mechanical behaviour of concrete made with fine concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, v. 29, n.5, p. 397-401, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.12.004>. Acesso em 11 junho 2025.

FURIAN, B. O.; PIMENTEL, L. L.; FORTI, N. C. S.; JACINTHO, A. E. P. G. A. Análise do comportamento mecânico de concreto com agregado reciclado e adição de fibras de aço e de vidro AR. **Revista Matéria**, v. 27. n. 1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2021-45749>. Acesso em: 05 junho 2025.

GÓMEZ-SOBERÓN, J, M. Shrinkage of Concrete with Replacement of Aggregate with Recycled Concrete Aggregate. **ACI Special Publications**, v. 209, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/33422689_Shrinkage_of_concrete_with_replacement_of_aggregate_with_recycled_concrete_aggregate. Acesso em 11 junho 2025.

KATZ, A., Properties of concrete made with recycled aggregate from partially hydrated concret. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 5, p. 703-711, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(02\)01033-5](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(02)01033-5). Acesso em: 11 junho 2025.

MOREIRA, L. H. H. **Avaliação da influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19012011-144053/>. Acesso em: 11 junho 2025.

SALLES, P. V.; GOMES, C. L.; POGGIALI, F. S. J.; RODRIGUES, C. de S. A importância da segregação do agregado reciclado na resistência e na durabilidade do concreto estrutural. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 3, p. 177-196, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000300545>. Acesso em: 05 junho 2025.



SHARMA, J.; SINGLA, S., Influence of recycled concrete aggregates on strength parameters concrete. **International Journal of Civil Engineering**, v. 1, n. 4, p. 20-24, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.14445/23488352/IJCE-V1I4P104>. Acesso em 11 junho de 2025.

TENÓRIO, J. J. L. **Avaliação de propriedades do concreto produzido com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição visando aplicações estruturais**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/385/1/Avalia%20de%20propriedades%20do%20concreto%20produzido%20com%20agregados%20reciclados%20de%20res%20duos%20de%20constru%20e%20demoli%20visando%20aplica%20es%20estruturais.pdf>. Acesso em: 11 junho 2025.

VEJA NEGÓCIOS. **Mercado do concreto movimentará R\$ 30 bilhões no ano**. Disponível em: <https://veja.abril.com.br/coluna/radar-economico/mercado-do-concreto-movimentara-r-30-bilhoes-no-ano/>. Acesso em: 11 junho 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Cement is a big problem for the environment. Here's how to make it more sustainable**. Disponível em: <https://www.weforum.org/stories/2024/09/cement-production-sustainable-concrete-co2-emissions/>. Acesso em 11 junho 2025.

YEHIA, X.; FARRAG, S.; ABU-SHARHK, A.; ZAHER, A.; ISTAYTEH, H.; HELAL, K. Concrete with Recycled Aggregate: Evaluation of Mechanical Properties. In: 3rd Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering, 2015, Singapore. **Anais...** Singapore: 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5176/2301-394X_ACE15.65. Acesso em: 05 junho 2025.