v7.n10.2026

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL: BENEFÍCIOS ECONÔMICOS E DESAFIOS PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO

CIRCULAR ECONOMY IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY: ECONOMIC BENEFITS AND CHALLENGES FOR ITS IMPLEMENTATION

ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CONSTRUCCIÓN CIVIL: BENEFICIOS ECONÓMICOS Y DESAFÍOS PARA SU IMPLEMENTACIÓN

Mayara da Silva Oliveira[1], Maria Paula de Medeiros Figueiredo[1], Ana Vitória Oliveira Rosendo[1], Jakeline Dantas Costa[1], Henrique Fernandes de Félice[1], Alisson Danilo Tiburtino Leite[1]

e7109188
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i10.9188

PUBLICADO: 10/2026

RESUMO

A indústria da construção civil é historicamente caracterizada por um modelo linear de consumo de recursos, resultando em elevados índices de geração de resíduos e externalidades ambientais negativas. O presente artigo analisa a transição para a Economia Circular (EC) no setor da construção civil, investigando os benefícios econômicos gerados ao longo do ciclo de vida das edificações e os principais desafios técnicos, culturais, econômicos e regulatórios para sua efetiva implementação, com ênfase no cenário brasileiro. Metodologicamente, adotou-se uma abordagem qualitativa e analítica, fundamentada em revisão da literatura recente, abrangendo estudos publicados entre 2021 e 2026. Os resultados indicam que estratégias baseadas no Design for Deconstruction (DfD), na triagem na fonte e no reaproveitamento de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) podem contribuir para a mitigação de riscos associados à volatilidade dos preços de matérias-primas e para a redução de custos ao longo do ciclo de vida das edificações. No estudo identificado na literatura, estratégias de modularidade e flexibilidade espacial estiveram associadas a uma redução de até 18% no custo do ciclo de vida de um edifício corporativo em um horizonte de 50 anos. Contudo, a ausência de uma cadeia de suprimentos circular estruturada, a escassez de incentivos fiscais específicos e o conservadorismo técnico do setor constituem barreiras relevantes. Conclui-se que a superação desses entraves demanda articulação entre políticas públicas, padronização técnica de materiais reciclados e digitalização por meio do Building Information Modeling (BIM) e de Passaportes de Materiais.

PALAVRAS-CHAVE: Economia Circular. Resíduos de Construção e Demolição. Ciclo de Vida. Sustentabilidade. Gestão de Materiais.

ABSTRACT

The construction industry has historically been characterized by a linear model of resource consumption with low resource efficiency, resulting in high levels of waste generation and negative environmental externalities. This article analyzes the transition to the Circular Economy (CE) in the construction sector, investigating the economic benefits generated throughout the life cycle of buildings and the main technical, cultural, economic, and regulatory challenges to its implementation, with emphasis on the Brazilian context.

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Patos – Engenharia Civil.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Methodologically, a qualitative and analytical approach was adopted, based on a review of recent literature covering studies published between 2021 and 2026. The results indicate that strategies based on Design for Deconstruction (DfD), source separation, and the reuse of Construction and Demolition Waste (CDW) can contribute to mitigating risks associated with raw material price volatility and to reducing life-cycle costs. In the study identified in the literature, modularity and spatial flexibility strategies were associated with a reduction of up to 18% in the life-cycle cost of a corporate building over a 50-year horizon. However, the absence of a structured circular supply chain, the scarcity of specific fiscal incentives, and technical conservatism in the sector constitute relevant barriers. It is concluded that overcoming these barriers requires coordination among public policies aimed at fostering adoption, technical standardization of recycled materials, and digitalization through Building Information Modeling (BIM) and Material Passports.

***KEYWORDS**: Circular Economy. Construction and Demolition Waste. Life Cycle. Sustainability. Materials Management.*

RESUMEN

La industria de la construcción civil se ha caracterizado históricamente por un modelo lineal de consumo de recursos, que genera elevados niveles de residuos y externalidades ambientales negativas. Este artículo analiza la transición hacia la Economía Circular (EC) en el sector de la construcción, investigando los beneficios económicos generados a lo largo del ciclo de vida de las edificaciones y los principales desafíos técnicos, culturales, económicos y regulatorios para su implementación, con énfasis en el contexto brasileño. Metodológicamente, se adoptó un enfoque cualitativo y analítico, basado en una revisión de literatura reciente que comprende estudios publicados entre 2021 y 2026. Los resultados indican que las estrategias basadas en el Design for Deconstruction (DfD), la separación en la fuente y la reutilización de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) pueden contribuir a mitigar los riesgos asociados a la volatilidad de los precios de las materias primas y a reducir los costos durante el ciclo de vida de las edificaciones. En el estudio identificado en la literatura, las estrategias de modularidad y flexibilidad espacial estuvieron asociadas con una reducción de hasta el 18 % del costo del ciclo de vida de un edificio corporativo en un horizonte de 50 años. Sin embargo, la ausencia de una cadena de suministro circular estructurada, la escasez de incentivos fiscales específicos y el conservadurismo técnico del sector constituyen barreras relevantes. Se concluye que la superación de estos obstáculos requiere articulación entre políticas públicas, normalización técnica de materiales reciclados y digitalización mediante Building Information Modeling (BIM) y Pasaportes de Materiales.

***PALABRAS CLAVE**: Economía Circular. Residuos de Construcción y Demolición. Ciclo de Vida. Sostenibilidad. Gestión de Materiales.*

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil desempenha um papel relevante no desenvolvimento socioeconômico global. Por um lado, atua como importante componente da atividade econômica e da geração de empregos; por outro, apresenta impactos ambientais associados ao consumo de energia, às emissões de gases de efeito estufa (GEE) e à extração de recursos naturais (GHISOLFI; CHAVES; RIBEIRO, 2022).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

No modelo linear, perdas financeiras e materiais são frequentemente associadas à lógica de extração, produção, uso e descarte. A obsolescência de edificações e a demolição convencional geram volumes expressivos de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), cuja disposição final pode ocorrer em aterros ou em áreas de descarte irregular. No contexto brasileiro, desafios relacionados à fiscalização e à valorização dos agregados reciclados contribuem para a perda de valor econômico e físico incorporado aos materiais.

Nesse contexto, a Economia Circular (EC) propõe a redução da dependência de recursos finitos, com ênfase na prevenção da geração de resíduos, na manutenção de produtos e materiais em ciclos de uso e na regeneração dos sistemas naturais. No âmbito da Engenharia Civil, a transição para a circularidade envolve desde a especificação técnica de materiais e a concepção arquitetônica até os processos de manutenção, desconstrução e logística reversa.

O problema de pesquisa consiste em compreender de que maneira estratégias de economia circular podem contribuir para a eficiência econômica no setor da construção civil e quais barreiras técnicas, econômicas, culturais e regulatórias dificultam sua implementação no contexto brasileiro.

A justificativa do estudo está relacionada à necessidade de ampliar a compreensão da dimensão econômico-financeira da circularidade na construção civil, considerando que a redução de desperdícios, a manutenção do valor dos materiais e a análise dos custos ao longo do ciclo de vida podem influenciar decisões de projeto, operação e gestão.

O objetivo geral deste estudo é analisar os benefícios econômicos associados à adoção de estratégias de economia circular na construção civil, bem como identificar os principais desafios técnicos, econômicos, culturais e regulatórios para sua implementação no cenário brasileiro.

Como objetivos específicos, busca-se: a) discutir os fundamentos da economia circular aplicados à construção civil; b) identificar benefícios econômicos relacionados à circularidade; c) analisar barreiras à implementação de práticas circulares no contexto brasileiro; e d) discutir o papel de ferramentas digitais, como o Building Information Modeling (BIM) e os Passaportes de Materiais, na transição para modelos mais circulares.

Além desta introdução, o artigo está estruturado em cinco seções. A primeira apresenta o referencial teórico sobre economia circular e sua aplicação à construção civil. A segunda descreve os procedimentos metodológicos. A terceira apresenta e discute os resultados relacionados aos benefícios econômicos e às barreiras de implementação. A quarta aborda tendências futuras e inovações tecnológicas. A quinta apresenta as considerações finais, seguidas das referências utilizadas.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

1. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1. O paradigma da economia circular versus economia linear

A diferenciação entre a economia linear e a economia circular fundamenta-se na forma como o fluxo de valor e os materiais são gerenciados. A economia linear está associada a uma lógica de extração, produção, consumo e descarte. Em contrapartida, a economia circular busca manter produtos, componentes e materiais em uso pelo maior tempo possível, inspirando-se nos ciclos naturais e em princípios regenerativos (CHEREPINOV; GHISELLINI; BAMATIWALE, 2024).

Na construção civil, essa diferença pode ser observada na concepção dos projetos, na gestão dos materiais, no tratamento do fim de vida das edificações e nas métricas utilizadas para avaliar o desempenho econômico.

Tabela 1. Comparação entre os paradigmas linear e circular na construção civil

Critério de comparação	Economia linear na construção	Economia circular na construção
Concepção de projeto	Foco na estética, no custo inicial e na função imediata; pouca consideração da desmontagem.	Design for Deconstruction (DfD), modularidade, flexibilidade espacial e adaptabilidade.
Gestão de materiais	Predomínio de insumos virgens e não renováveis; especificações estáticas.	Priorização de materiais reciclados ou reutilizáveis; rastreabilidade.
Processo de fim de vida	Demolição convencional; mistura de frações de resíduos na origem.	Desconstrução seletiva; triagem na fonte e reinserção de componentes em novos ciclos.
Métrica de sucesso	Minimização do custo de capital (CAPEX) inicial da obra.	Otimização do Custo do Ciclo de Vida (LCC) e maximização do valor residual.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base no referencial teórico analisado.

1.2. Aplicação da economia circular no setor da construção civil

A aplicação prática da circularidade no ambiente construído requer a consideração das diferentes camadas temporais e funcionais das edificações. A reutilização direta de elementos estruturais ou componentes de fachada pode preservar propriedades geométricas e mecânicas originais, reduzindo a necessidade de processamento adicional (WIJNANTS; VRIJDERS; VAN COMPERNOLLE, 2023).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A reciclagem de resíduos de construção e demolição representa um mecanismo para reduzir a pressão sobre jazidas naturais de agregados. O RCD de Classe A apresenta potencial para britagem e transformação em agregados reciclados aplicáveis, conforme as condições e requisitos técnicos pertinentes, em camadas de sub-base e em aplicações sem função estrutural.

2. METODOLOGIA

O corpus analisado reúne estudos acadêmicos diretamente relacionados a custo do ciclo de vida, projeto para desmontagem e desconstrução, transformação digital e passaportes de materiais. Não se trata de uma revisão sistemática quantitativa, uma vez que não foram registrados quantitativos completos de todas as etapas de busca e triagem.

Para preservar a coerência metodológica, a análise é qualitativa e interpretativa. Os estudos selecionados foram utilizados para promover a triangulação temática e aprofundar a discussão de benefícios econômicos, aplicações práticas e tecnologias digitais. Assim, os resultados apresentados devem ser compreendidos como síntese crítica da literatura selecionada, e não como estimativa estatística representativa de todo o setor da construção civil brasileira.

Este artigo configura-se como uma pesquisa de natureza qualitativa e analítica, conduzida por meio de revisão da literatura recente e análise crítica e interpretativa de dados secundários. As buscas foram realizadas em bases de dados internacionais, incluindo Scopus, Web of Science e ScienceDirect, e no indexador nacional SciELO, considerando o período de 2021 a 2026.

A seleção do corpus considerou a aderência dos estudos ao tema da economia circular aplicada à construção civil, com atenção aos benefícios econômicos, aos desafios de implementação e às soluções técnicas e digitais relacionadas à circularidade. Os estudos selecionados foram examinados de forma qualitativa, buscando identificar convergências, diferenças e limitações nas evidências apresentadas.

A análise foi organizada em categorias temáticas relacionadas a: i) benefícios econômicos e custos ao longo do ciclo de vida; ii) barreiras técnicas, econômicas, culturais e regulatórias; e iii) tecnologias e instrumentos associados à circularidade. A interpretação foi realizada de forma integrada, relacionando os resultados dos estudos ao contexto da construção civil brasileira.

Não foram registrados quantitativos completos para cada etapa de busca, triagem e exclusão; por isso, não se atribuem números não documentados ao processo de seleção. O

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

corpus diretamente utilizado nas discussões é composto pelas doze referências listadas ao final do artigo, selecionadas por sua aderência aos eixos temáticos analisados. Essa delimitação constitui uma característica e uma limitação da revisão adotada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Benefícios econômicos da economia circular para empresas e empreendimentos

Os benefícios econômicos podem ser organizados em quatro dimensões principais: redução de perdas materiais, redução ou postergação de custos de aquisição, preservação do valor de componentes e melhoria da previsibilidade das decisões ao longo do ciclo de vida. Essa organização é importante porque uma prática circular pode gerar um benefício econômico em uma etapa e exigir investimento adicional em outra. A avaliação, portanto, deve considerar o horizonte temporal do empreendimento e os custos de implantação, manutenção, adaptação, desmontagem, transporte e destinação.

A literatura sobre custo do ciclo de vida mostra que estratégias de adaptabilidade, flexibilidade e projeto para desconstrução podem ser analisadas conjuntamente com ferramentas de BIM para apoiar decisões econômicas. AlJaber *et al.* (2023) destacam que a avaliação de LCC permite incorporar custos que não aparecem quando a análise se limita ao investimento inicial. Isso é especialmente relevante em edifícios sujeitos a mudanças de uso, reformas e substituições frequentes, nos quais a facilidade de manutenção e adaptação pode alterar o comportamento econômico ao longo dos anos.

Outro aspecto é a redução de riscos associados à disponibilidade e aos preços dos materiais. A circularidade pode criar fontes secundárias de materiais e componentes, embora a magnitude desse efeito dependa da existência de mercados, logística e padrões de qualidade. Karaca *et al.* (2024), a partir de respostas de 382 participantes, identificaram que a redução de resíduos aparece entre os benefícios percebidos das estratégias de eficiência material circular e observaram diferenças regionais nas percepções sobre custos e benefícios. Esse resultado reforça que a dimensão econômica da circularidade deve ser analisada em conjunto com as características do mercado em que a estratégia será implantada.

Em empreendimentos brasileiros, a análise econômica pode ser estruturada por cenários. Um cenário linear pode considerar aquisição de materiais virgens, execução convencional, manutenção e demolição ao final do ciclo. Um cenário circular pode incorporar materiais reciclados ou reutilizados, maior investimento inicial de projeto, triagem de resíduos, manutenção planejada, desmontagem seletiva e receitas ou economias associadas à

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

recuperação de componentes. A comparação entre os cenários pode utilizar indicadores de custo presente, custo acumulado e valor residual, evitando concluir previamente que uma alternativa circular será sempre mais barata.

Os benefícios econômicos decorrentes da adoção de práticas circulares na construção civil estão relacionados principalmente à gestão dos materiais, à adaptação das edificações e à análise de custos ao longo do ciclo de vida. López-Guerrero e Gómez-de-Cózar (2023) demonstram, no contexto analisado pelos autores, que estratégias de modularidade e flexibilidade espacial podem reduzir custos associados a reformas e adaptações ao longo da fase de operação. No estudo citado, foi identificada uma redução de até 18% no custo do ciclo de vida de um edifício corporativo em um horizonte de 50 anos.

Esse percentual deve ser interpretado como resultado do estudo específico citado, não como estimativa generalizável para todas as edificações. Ainda assim, o achado reforça a importância de considerar o Custo do Ciclo de Vida (LCC), em vez de concentrar a avaliação econômica exclusivamente no custo inicial.

Sob a perspectiva de captação de recursos, Sahima, Souza e Reis (2026) relacionam indicadores de circularidade de materiais à discussão sobre financiamento associado a metas ambientais e de sustentabilidade. As condições de financiamento, entretanto, dependem do instrumento, do mercado e do contexto institucional analisado.

3.2. Desafios e barreiras para a implementação

Apesar das possibilidades econômicas, a implementação da economia circular enfrenta barreiras técnicas, culturais, econômicas e regulatórias. Entre os desafios técnicos estão a necessidade de comprovação e certificação de desempenho de materiais e agregados reciclados. No âmbito cultural, destaca-se a resistência à mudança de práticas tradicionais do setor.

Do ponto de vista econômico, a disponibilidade e o custo relativamente baixo de insumos virgens podem reduzir os incentivos para a adoção de logística reversa e de materiais reciclados. No cenário brasileiro, Nunes, Silva e Bazzo (2023) destacam desafios relacionados à infraestrutura de reciclagem e a entraves associados à tributação de subprodutos, aspectos que podem dificultar a formação de cadeias circulares.

A discussão evidencia que a circularidade depende não apenas de soluções tecnológicas, mas também de condições econômicas, regulatórias e institucionais que permitam a criação de mercados para materiais e componentes reutilizados.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3.3. Exemplos de aplicação prática da economia circular no contexto brasileiro

A aplicação prática da economia circular na construção civil brasileira pode ser observada a partir de estratégias que atuam em diferentes etapas do ciclo de vida das edificações. Em vez de concentrar a circularidade apenas na destinação final dos resíduos, a abordagem pode começar na fase de projeto, avançar para a especificação e aquisição de materiais, alcançar a execução e a manutenção e, por fim, orientar a desmontagem, a desconstrução e a reinserção dos componentes em novos ciclos. Essa perspectiva amplia a dimensão econômica da circularidade, pois desloca a análise do custo inicial para o custo do ciclo de vida e para a capacidade de preservar o valor dos materiais.

Um primeiro exemplo corresponde ao projeto para desmontagem e desconstrução. A literatura brasileira analisada por Oliveira, Gonzalez e Kern (2024) identifica essas estratégias como instrumentos para favorecer a reutilização direta de componentes construtivos e reduzir a destinação de materiais a aterros. Em termos práticos, um empreendimento pode prever conexões mecânicas reversíveis, componentes padronizados e sistemas construtivos que permitam a separação de elementos sem a destruição de partes adjacentes. Essa decisão de projeto cria condições para que portas, divisórias, elementos de fachada, componentes metálicos e outros produtos sejam retirados, avaliados e direcionados para reutilização ou reciclagem.

Um segundo exemplo está relacionado ao gerenciamento dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD). Em um canteiro de obras, a separação dos resíduos na fonte pode evitar a mistura de materiais com características distintas e melhorar as possibilidades de aproveitamento. O RCD mineral, quando enquadrado nas condições técnicas aplicáveis, pode ser encaminhado para processamento e produção de agregados reciclados destinados a aplicações compatíveis com suas propriedades. A principal contribuição econômica dessa prática está na possibilidade de reduzir a necessidade de aquisição e transporte de determinados materiais virgens, além de diminuir os custos associados à destinação de resíduos. Entretanto, a viabilidade depende de distância de transporte, escala de geração, qualidade do material, mercado consumidor e requisitos técnicos.

Um terceiro exemplo consiste na utilização de BIM associado ao planejamento de materiais. O modelo digital pode reunir informações sobre componentes, quantidades, especificações, localização e características relevantes para manutenção ou eventual desmontagem. Estudos sobre BIM e custo do ciclo de vida indicam que a modelagem pode apoiar comparações entre alternativas de projeto e materiais, permitindo que decisões econômicas sejam analisadas para além do investimento inicial (ALJABER *et al.*, 2023). Assim, em uma edificação planejada para adaptação futura, o BIM pode apoiar a identificação dos

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

elementos que poderão ser substituídos, removidos ou reaproveitados, contribuindo para uma gestão mais previsível do estoque físico incorporado ao edifício.

Um quarto exemplo é a adoção de Passaportes de Materiais. Esses instrumentos permitem organizar informações sobre componentes e materiais ao longo do ciclo de vida da edificação. A literatura recente aponta que a falta de dados e a dificuldade de rastrear materiais constituem obstáculos à circularidade e que os passaportes podem funcionar como mecanismos de organização dessas informações (MAO; CAO, 2025). Na prática, o registro pode incluir identificação do componente, fabricante, composição, características técnicas, localização, condições de uso e possibilidades de reutilização ou reciclagem. A integração com BIM tende a ampliar a utilidade dessas informações, principalmente em intervenções futuras.

Um quinto exemplo envolve a adaptação de edificações existentes. Em vez de substituir integralmente uma construção que perdeu adequação funcional, uma estratégia circular pode priorizar reformas, mudanças de layout e substituição localizada de componentes. Essa abordagem preserva parte do estoque material já incorporado à edificação e pode reduzir a necessidade de novos materiais. A análise econômica deve considerar os custos de reforma, manutenção, adaptação, operação e eventual desmontagem, evitando comparar somente o custo imediato da reforma com o custo inicial de uma nova construção.

Esses exemplos mostram que a economia circular não corresponde a uma única tecnologia ou procedimento. A aplicação prática depende da combinação de decisões de projeto, gestão de resíduos, seleção de materiais, logística, informação digital e critérios econômicos. No contexto brasileiro, a implementação também precisa considerar as condições locais de infraestrutura, disponibilidade de fornecedores, distância até unidades de reciclagem, aceitação de materiais recuperados e requisitos de desempenho. Por isso, os benefícios econômicos não devem ser tratados como valores universais, mas como resultados dependentes das características de cada empreendimento e da cadeia de suprimentos disponível.

Tabela 2. Exemplos de aplicação prática da economia circular na construção civil brasileira

Estratégia	Aplicação prática	Potencial econômico	Principal condição
Projeto para desmontagem	Conexões reversíveis, componentes	Preservação do valor dos componentes e	Planejamento desde a fase de projeto e

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

	padronizados e planejamento do fim de vida.	redução de perdas na substituição.	mão de obra qualificada.
Triagem de RCD	Separação de frações minerais, metálicas e outros materiais no canteiro.	Redução de custos de destinação e possibilidade de aproveitamento de materiais.	Infraestrutura de triagem, transporte e mercado consumidor.
Agregados reciclados	Processamento de RCD mineral para usos tecnicamente compatíveis.	Substituição parcial de materiais virgens em aplicações autorizadas.	Controle de qualidade e atendimento aos requisitos técnicos.
BIM + LCC	Comparação de alternativas de materiais, manutenção e adaptação.	Melhor suporte à decisão e análise de custos ao longo do ciclo de vida.	Dados confiáveis e integração entre projeto e gestão.
Passaporte de materiais	Registro digital das características e localização dos componentes.	Facilitação da manutenção, recuperação e futura reutilização.	Padronização de dados e atualização das informações.
Adaptação de edifícios	Reconfiguração de espaços e substituição localizada de componentes.	Preservação de materiais incorporados e redução de demolições.	Diagnóstico técnico e avaliação econômica do ciclo de vida.

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base em Oliveira, Gonzalez e Kern (2024), AlJaber *et al.* (2023), Nunes, Silva e Bazzo (2023) e Mao e Cao (2025).

4. TENDÊNCIAS FUTURAS E INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

A digitalização pode atuar como infraestrutura de informação para a circularidade, mas não substitui decisões de engenharia, critérios de desempenho ou mecanismos econômicos. Revisões sobre transformação digital e economia circular na construção identificam BIM, gêmeos digitais, passaportes de materiais, blockchain e outras tecnologias como instrumentos que podem apoiar diferentes etapas do ciclo de vida, embora existam dificuldades para digitalizar edificações existentes e para manter informações atualizadas (BANIHASHEMI *et al.*, 2024). Dessa forma, o valor econômico da digitalização está associado à capacidade de transformar dados em decisões operacionais, e não apenas à existência de um modelo tridimensional.

Em relação ao BIM, a integração com análises de Custo do Ciclo de Vida permite comparar alternativas construtivas considerando aquisição, manutenção, substituição, operação e fim de vida. AlJaber *et al.* (2023) identificaram na literatura barreiras técnicas, econômicas,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

sociais e regulatórias à aplicação da economia circular em edifícios, ao mesmo tempo em que destacaram o potencial do BIM para apoiar decisões relacionadas à seleção de materiais, desmontagem e recuperação. Esse uso amplia o papel do BIM de ferramenta de representação para instrumento de apoio à decisão.

Os Passaportes de Materiais também dependem de uma estrutura de dados consistente. Mao e Cao (2025), em revisão sistemática sobre o tema, analisaram 57 estudos e propuseram uma estrutura hierarquizada de informações para passaportes voltados à circularidade. A contribuição para o setor está na organização de dados que podem acompanhar o material durante diferentes etapas do ciclo de vida. Para o contexto brasileiro, a adoção gradual de estruturas de dados padronizadas pode facilitar a comunicação entre projetistas, fabricantes, construtores, operadores e agentes responsáveis pela destinação dos componentes.

Outra possibilidade consiste na integração entre BIM, passaportes digitais e bancos de materiais. Nesse arranjo, um componente retirado de uma edificação poderia permanecer associado a informações técnicas que auxiliem sua avaliação e eventual comercialização. Entretanto, a efetividade desse mecanismo depende de atualização dos registros, interoperabilidade entre sistemas, definição de responsabilidades e existência de demanda por componentes recuperados. Portanto, a tecnologia deve ser acompanhada por mecanismos de mercado e por critérios de qualidade.

A transformação digital constitui uma frente relevante para ampliar a rastreabilidade e a gestão de materiais. Destaca-se a integração da metodologia BIM com os Passaportes de Materiais (Material Passports). Conforme Marconi, Gregori e Germani (2025), o passaporte documenta características dos componentes incorporados em uma edificação, contribuindo para a rastreabilidade e para a avaliação da circularidade ao longo do ciclo de vida.

Além dessas ferramentas, a agenda de pesquisa pode avançar na análise de compras públicas sustentáveis, instrumentos econômicos para internalização de externalidades, certificações ambientais, simbiose industrial, integração intersetorial de resíduos, Digital Twins e mecanismos de rastreabilidade de componentes. Também merece atenção a definição de responsabilidades técnicas e jurídicas relacionadas à especificação e ao desempenho de materiais reciclados.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão dos exemplos práticos permite observar que a circularidade pode ser operacionalizada por decisões relativamente concretas: separar resíduos na fonte, especificar materiais com potencial de recuperação, utilizar conexões reversíveis, planejar adaptações, registrar informações dos componentes e incorporar o custo do ciclo de vida às decisões de projeto. Essas ações não apresentam o mesmo custo ou retorno em todos os empreendimentos, razão pela qual a avaliação técnico-econômica deve considerar as condições específicas de cada obra.

Para o contexto brasileiro, uma agenda de implementação pode combinar três frentes. A primeira envolve o projeto e a engenharia, com maior consideração da desmontagem, adaptabilidade, manutenção e especificação de materiais. A segunda envolve a cadeia de suprimentos, com desenvolvimento de serviços de triagem, processamento, certificação, armazenamento e comercialização de materiais recuperados. A terceira envolve informação e governança, com padronização de dados, integração digital, critérios de desempenho e instrumentos econômicos que reduzam as incertezas de mercado.

Os exemplos discutidos também reforçam a necessidade de estudos de caso brasileiros com dados reais de custo, prazo, quantidade de resíduos, transporte, desempenho e valor residual. A realização desses estudos poderá permitir comparações mais precisas entre soluções lineares e circulares e reduzir a dependência de resultados obtidos em outros contextos. Dessa maneira, o corpus bibliográfico analisado fundamenta a discussão, mas não elimina a necessidade de pesquisas empíricas futuras.

A transição para a Economia Circular na indústria da construção civil apresenta potencial para contribuir para a eficiência no uso de recursos e para a gestão de custos ao longo do ciclo de vida das edificações. A literatura analisada indica que estratégias como Design for Deconstruction, modularidade, reutilização de componentes, reciclagem de resíduos, BIM e Passaportes de Materiais podem apoiar a manutenção de valor dos materiais e a redução de desperdícios.

No contexto brasileiro, permanecem desafios relacionados à infraestrutura de reciclagem, à disponibilidade de incentivos, à padronização e comprovação do desempenho de materiais reciclados, à logística reversa e à resistência à mudança de práticas consolidadas. Assim, a ampliação da circularidade demanda articulação entre políticas públicas, normas técnicas, agentes econômicos e soluções tecnológicas.

Como limitação, destaca-se o caráter qualitativo da pesquisa e a utilização de estudos secundários publicados no período delimitado, o que restringe a generalização dos resultados

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

para diferentes contextos econômicos, regionais e tipologias construtivas. Além disso, o corpus diretamente discutido no artigo é reduzido, limitando comparações quantitativas mais amplas.

Pesquisas futuras poderão ampliar o corpus bibliográfico, desenvolver estudos de caso em empreendimentos brasileiros, comparar custos de ciclo de vida de diferentes estratégias circulares e investigar instrumentos econômicos e regulatórios capazes de estimular a adoção da circularidade no setor.

REFERÊNCIAS

ALJABER, A.; ALASMARI, E.; MARTINEZ-VAZQUEZ, P.; BANIOTOPOULOS, C. Life Cycle Cost in Circular Economy of Buildings by Applying Building Information Modeling (BIM): A State of the Art. *Buildings*, v. 13, n. 7, 1858, jul. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/buildings13071858. Acesso em: 24 set. 2026.

BANIHASHEMI, S. *et al.* Circular economy in construction: The digital transformation perspective. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 18, 100715, fev. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100715. Acesso em: 24 set. 2026.

CHEREPINOV, M.; GHISELLINI, P.; BAMATIWALE, O. A. Circular economy indicators for the built environment: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, v. 442, n. 1, p. 141250, fev. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141250. Acesso em: 6 jun. 2026.

GHISOLFI, V.; CHAVES, G. L. D.; RIBEIRO, G. M. Circular economy in the construction sector: A systematic literature review and gap analysis. *Sustainable Production and Consumption*, v. 30, n. 2, p. 518-537, mar. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.026. Acesso em: 6 jun. 2026.

KARACA, F. *et al.* Stakeholder perspectives on the costs and benefits of circular construction. *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, 30039, dez. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-024-81741-z. Acesso em: 24 set. 2026.

LÓPEZ-GUERRERO, R. E.; GÓMEZ-DE-CÓZAR, J. C. Economic valuation of circular economy strategies in the building life cycle. *Sustainability*, v. 15, n. 4, p. 3122-3145, fev. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/su15043122. Acesso em: 6 jun. 2026.

MAO, S.; CAO, W.-J. Evaluating material passports for circularity in the construction industry. *Sustainable Production and Consumption*, v. 54, p. 88-101, mar. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.12.021. Acesso em: 24 set. 2026.

MARCONI, M.; GREGORI, F.; GERMANI, M. Digital Product Passports and BIM integration for circular construction components. *Automation in Construction*, v. 171, n. 1, p. 105890, mar. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.105890. Acesso em: 6 jun. 2026.

NUNES, V. A.; SILVA, M. G.; BAZZO, R. A. Barreiras à implementação da economia circular na indústria da construção civil brasileira. *Ambiente Construído*, v. 23, n. 2, p. 345-362, abr./jun. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212023000200665. Acesso em: 6 jun. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

OLIVEIRA, J. de; GONZALEZ, M. A. S.; KERN, A. P. Análise do projeto para desmontagem e desconstrução como ferramenta da economia circular da construção civil. *Ambiente Construído*, v. 24, n. 1, e133051, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-86212024000100768. Acesso em: 24 set. 2026.

SAHIMA, M.; SOUZA, R. G.; REIS, A. C. Material circularity indicators applied to real estate developments: financial and environmental tradeoffs. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 214, n. 1, p. 108420, jan. 2026. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2026.108420. Acesso em: 6 jun. 2026.

WIJNANTS, L.; VRIJDERS, J.; VAN COMPERNOLLE, T. Cost-benefit analysis of deconstruction versus demolition: A case study approach. *Waste Management*, v. 158, n. 2, p. 112-124, mar. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.01.015. Acesso em: 6 jun. 2026.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.