REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

APLICAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS E GESTÃO DE RESÍDUOS EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES: UMA ANÁLISE DOS IMPACTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS

APPLICATION OF SUSTAINABLE MATERIALS AND WASTE MANAGEMENT IN SINGLE-FAMILY HOMES: AN ANALYSIS OF ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

Engenharias • 28/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/795726680

Celina Lísia da Costa Ferreira[1]

Laura Brito Lima[2]

Annamaria Faria de Carvalho Loureiro[3]

Eldelita Águida Porfírio Franco[4]

RESUMO

A construção civil é um dos setores de maior impacto ambiental, e as perdas de materiais nas obras elevam tanto os custos quanto a geração de resíduos. Este trabalho avalia a viabilidade técnica e financeira da adoção de práticas sustentáveis e da gestão de resíduos da construção civil (RCC) em residências unifamiliares, tendo como contexto Teresina – PI. A pesquisa é descritiva, de abordagem mista, e combina levantamento bibliográfico com análise comparativa entre sistemas construtivos convencionais e sustentáveis. Como amostra, foi elaborado e modelado no Autodesk Revit um projeto de residência térrea de 47,81 m². Os resultados mapearam os resíduos gerados em 12 fases da obra, com 22 conjuntos de resíduos e suas possibilidades de reutilização dentro e fora do canteiro, e relacionaram a destinação de cada classe, conforme a Resolução CONAMA nº 307/2002, aos cuidados de armazenamento exigidos. Destacaram-se o controle documental e a contratação de agentes licenciados como condições para a rastreabilidade. Na comparação entre alvenaria convencional e Light Steel Frame (LSF), os dados de referência indicaram desperdício de 30% contra 5%, custo de R$ 4.200/m² contra R$ 4.029/m² (referência CUB) e prazo de 18 contra 7 meses. Conclui-se que o planejamento prévio, a segregação na origem e a industrialização do processo construtivo reduzem resíduos e custos, embora os valores do LSF provenham de material comercial e devam ser tomados como ilustrativos.

Palavras-chave: Resíduos da construção civil; Construção sustentável; Light Steel Frame; Redução de custos; Residência unifamiliar.

ABSTRACT

Civil construction is one of the sectors with the greatest

environmental impact, and material losses on site increase both costs and waste generation. This study evaluates the technical and financial feasibility of adopting sustainable practices and construction waste management in single-family houses, in the context of Teresina, Piauí, Brazil. The research is descriptive with a mixed-methods approach, combining a literature review with a comparative analysis of conventional and sustainable building systems. The sample is a single-story house of 47.81 m², designed and modeled in Autodesk Revit. The results mapped the waste generated across 12 construction phases, comprising 22 waste groups and their reuse possibilities on and off site. They also linked the final destination of each waste class, as defined by CONAMA Resolution No. 307/2002, to the storage care it requires. Document control and the hiring of licensed agents stood out as conditions for traceability. In the comparison between conventional masonry and Light Steel Frame (LSF), reference data indicated material waste of 30% versus 5%, a cost of R$ 4,200/m² versus R$ 4,029/m² (CUB reference), and a construction time of 18 versus 7 months. The study concludes that prior planning, source segregation and industrialized construction reduce waste and costs, although the LSF figures come from commercial material and should be regarded as illustrative.
Keywords: Construction waste; Sustainable construction; Light Steel Frame; Cost reduction; Single-family housing.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer da história, com o desenvolvimento das civilizações e com o impulsionamento da Revolução Industrial para com o corpo social, uma das esferas atingidas por essas transformações foi a construção civil, que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico e na infraestrutura urbana. Contudo,

em virtude do seu rápido crescimento, o setor não acompanhou essas transformações de maneira sustentável, tornando-se uma das atividades de maior impacto ambiental, desde a extração de matéria-prima até ao descarte de resíduos. Posto isso, Sobrinho (2023), destaca que, diante da ampliação do debate sobre sustentabilidade e da crescente conscientização da sociedade, torna-se necessária uma mudança nos processos construtivos da engenharia.

Então, ao longo do contexto histórico da construção civil que é marcado por práticas tradicionalmente voltadas à produtividade e ao crescimento urbano acelerado, emerge a construção sustentável como uma resposta às demandas ambientais contemporâneas e à necessidade de conciliar desenvolvimento com responsabilidade socioambiental, sem que afete a produtividade e possa harmonizar-se a relação entre meio ambiente e construção civil. No Brasil, as perdas de materiais durante os processos construtivos constituem um importante fator relacionado ao aumento dos custos e à geração de resíduos. Logo, Pinto (1999) aponta que, na construção empresarial, a intensidade das perdas pode situar-se entre 20% e 30% da massa total de materiais, dependendo do nível tecnológico do processo construtivo, adotando como referência uma perda média de 25% dos materiais levados ao canteiro de obras e estimando que aproximadamente 50% dessas perdas sejam removidas na forma de resíduos de construção e demolição (RCD). Embora esses dados constituam uma referência histórica, a problemática permanece relevante no cenário atual. Segundo a Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (Abrema, 2025), estima-se que o Brasil tenha gerado aproximadamente 100,8 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) em 2024. Portanto, evidencia-se a necessidade de uma construção e

de práticas sustentáveis, que têm como objetivo diminuir os impactos ambientais da construção tradicional, promovendo a gestão eficiente dos recursos e a minimização da geração de resíduos (Kibert, 2007).

Logo, segundo Mikhailova (2004) a sustentabilidade, é entendida como a capacidade de se manter ao longo do tempo por meio do uso responsável dos recursos naturais, pressupõe a exploração consciente daquilo que é retirado da natureza, respeitando seus ciclos e limites, a fim de garantir sua disponibilidade para as gerações futuras. Então, urge a necessidade da adoção de práticas sustentáveis a fim de estudar como a aplicação de materiais sustentáveis, juntamente com uma gestão de resíduos, pode ser utilizada como estratégia para redução de custos em obras e impactos ambientais em residências unifamiliares. A construção sustentável aplica esses princípios ao setor da construção civil, buscando reduzir impactos ambientais, otimizar o uso de materiais e energia, minimizar a geração de resíduos e promover o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, preservação ambiental e qualidade de vida para a sociedade.

Considerando esse cenário, define-se como problema de pesquisa: Em que medida a adoção de materiais e técnicas sustentáveis influencia a geração de resíduos, os custos da obra e os impactos ambientais em residências unifamiliares?

Diante disso, formulam-se duas hipóteses para orientar a investigação. A primeira hipótese considera que a adoção de materiais sustentáveis, sistemas construtivos racionalizados e práticas de gestão de resíduos pode estar associada à redução do desperdício de materiais e do volume de resíduos gerados em obras

residenciais unifamiliares. Essa relação será analisada a partir das práticas adotadas na residência modelada, considerando aspectos como planejamento, utilização dos materiais e destinação dos resíduos.

A segunda hipótese considera que a adoção de práticas sustentáveis e de planejamento voltadas à redução de perdas pode apresentar relação com a diminuição dos custos associados ao desperdício, à aquisição excessiva de materiais e à destinação dos resíduos. Além disso, será analisado se o uso de materiais sustentáveis contribui para a redução do consumo de recursos naturais quando comparado às práticas construtivas convencionais identificadas no estudo.

Diante dessa problemática, a presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica e financeira da adoção de práticas sustentáveis em edificações residenciais unifamiliares. Para alcançar tal finalidade, a pesquisa define como objetivos específicos mapear insumos e métodos sustentáveis, mensurar e categorizar os resíduos produzidos, avaliar os impactos ambientais decorrentes e sugerir diretrizes técnicas para o setor que fundamentem a tomada de decisão de construtores e projetistas.

Portanto, diante dos desafios ambientais e econômicos da construção civil, torna-se pertinente analisar soluções que promovam a sustentabilidade no setor. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2020), a construção civil consome volume expressivo de recursos naturais e responde por cerca de 38% das emissões globais de CO_2 , tornando indispensável a adoção de práticas sustentáveis para alinhar o desenvolvimento econômico à preservação ambiental. A justificativa

deste trabalho fundamenta-se na sua contribuição acadêmica para a consolidação de dados sobre construções sustentáveis e, de forma prática, na oferta de diretrizes aplicáveis a obras residenciais unifamiliares. Assim, busca-se orientar a tomada de decisão de construtores e projetistas no planejamento financeiro e na execução de obras mais eficientes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Construção Civil e Sustentabilidade

Ao longo dos anos a definição de sustentabilidade é bastante clara, sendo a utilização de recursos naturais de forma a atender as necessidades da sociedade como um todo, fazendo uso desses recursos de forma racionalizada. Com isso, a criação de soluções e meios de construção sustentáveis permitem que a natureza consequentemente seja preservada e que as próximas e atuais gerações possam usufruir destas mesmas soluções criadas. Para o enfoque deste atual trabalho, sabe-se que a construção civil tem grande relevância para a sustentabilidade, contudo, está vinculada a altos impactos ambientais devido ao consumo de recursos naturais e geração de resíduos (Nascimento; Morais; Lopes, 2022).

Portanto, como consequência, vêm-se dando foco para os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, como a alta geração de resíduos sólidos, o consumo intenso dos recursos naturais, descarte errôneo dos materiais utilizados e a poluição atmosférica e sonora. Com isso, uma transição para práticas sustentáveis é, portanto, uma necessidade estratégica para mitigar mudanças climáticas, para reduzir desperdícios e garantir a viabilidade econômica, social e ambiental de longo prazo. Logo, a

utilização de materiais e abordagens sustentáveis influi diretamente para a redução dos impactos ambientais e para a racionalização do uso de recursos (Souza; Silva; Oliveira, 2024).

Então, os materiais sustentáveis podem ser compreendidos como aqueles cuja produção, utilização e descarte buscam reduzir os impactos ambientais ao longo de seu ciclo de vida. Neste estudo, serão considerados, entre outros, o aço reciclado, a madeira certificada, os tijolos ecológicos, as tintas ecológicas e o concreto sustentável. Para possibilitar uma análise comparativa, esses materiais serão avaliados segundo critérios comuns, incluindo custo, disponibilidade no mercado, desempenho, durabilidade, geração de resíduos e impacto ambiental.

Logo, de maneira complementar, também serão consideradas técnicas e soluções construtivas sustentáveis, como o telhado verde (green roofs), maior eficiência energética com o uso de técnicas de baixo impacto e uma gestão controlada dos resíduos da construção (RCC). Todas essas soluções são utilizadas para uma construção responsável, apresentando uma opção viável e necessária para a sustentabilidade, e promovendo mecanismos mais eficientes e com baixo impacto ambiental (Bosco; Lacerda, 2025).

Dessa forma, é necessário estudar sobre os tipos de materiais usados e conceituá-los, a fim de conhecer as variedades de insumos a serem estudados neste presente trabalho. É notório o grande valor do aço para o setor da construção, dada as suas propriedades mecânicas, durabilidade e versatilidade. Sob a perspectiva da economia circular, uma de suas principais características é a possibilidade de reciclagem sucessiva, mantendo suas propriedades inerentes e permitindo que a sucata retorne ao processo produtivo

como matéria-prima. Entretanto, os benefícios ambientais associados ao aço reciclado dependem de fatores como a proporção de sucata empregada, a rota de produção, a matriz energética utilizada, o processamento e a origem do material. De acordo com a World Steel Association, indicam que a utilização de uma tonelada de sucata na produção de aço pode evitar aproximadamente 1,5 tonelada de emissões de CO_2, além de reduzir o consumo de matérias-primas minerais. Então, a utilização do aço, liga diretamente princípios importantes a respeito da economia circular, com objetivo de promover o reaproveitamento de materiais (Andrade; Neto; Garcia, 2025; WORLD Steel Association, 2025).

Diferentemente do aço e cimento, a madeira é um recurso renovável quando bem manejado e pode ser utilizado como uma grande aliada da construção sustentável. A certificação no Brasil é feita por meio de documentos eletrônicos oficiais que rastreiam desde a sua extração na floresta até o consumidor final, pelo Documento de Origem Florestal (DOF), emitido pelo IBAMA. Então, a madeira possui grande importância porque diminui a pressão sobre florestas nativas e contribui para a conservação ambiental. Ela possui baixa emissão de carbono, permite obras mais leves e rápidas e com a sua responsabilidade ambiental comprovada ajuda a melhorar o desempenho ambiental da edificação. Com isso, para uma construção ser sustentável, é preciso se utilizar de materiais renováveis em seu processo de execução (Severiano Junior, 2021).

As tintas ecológicas são feitas à base de água, pigmentos naturais, terra ou minerais. Não contêm solventes, derivados de petróleo ou componentes sintéticos, sendo atóxicas e possuem uma variedade de cores. Geralmente mais baratas que tintas convencionais e com ótimo poder de cobertura, segundo a Fundação Banco do Brasil

(IFAM, s.d.). Os tijolos de solo-cimento não passam pelo processo de queima e contêm tintas naturais à base de terra ou minerais, reduzem custos consideravelmente porque eliminam reboco, melhoram o conforto térmico e reduzem o impacto ambiental, proporcionando ambientes mais saudáveis. Então, essas soluções se mostraram eficazes em oferecer uma estratégia primordial para a redução dos impactos ambientais no setor da construção civil (Silva; Oliveira; Santos, 2023).

Por fim, têm-se o concreto sustentável. O concreto convencional é um material amplamente usado no mundo por apresentar cimento, água, agregados miúdos (areia) e agregados graúdos (pedra brita) em sua composição. Para os fins deste estudo, considera-se concreto sustentável aquele produzido com a substituição parcial dos agregados naturais por agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD). Essa alternativa possibilita o reaproveitamento de resíduos gerados pelo próprio setor e pode contribuir para a redução do consumo de agregados naturais e dos impactos ambientais relacionados à extração de matérias-primas, desde que sejam mantidos os requisitos técnicos de desempenho necessários à aplicação do material (Oliveira; Souza; Pereira, 2025).

Além do uso de materiais sustentáveis, a construção civil pode incorporar técnicas e soluções construtivas voltadas à melhoria do desempenho ambiental das edificações. Dentre elas, está o uso do telhado verde em edificações, que consiste em uma cobertura ecológica que faz uso de vegetações em lajes ou telhados de construções, formando jardins suspensos. Ele atua como isolante térmico e acústico, melhora a qualidade do ar, reduz o calor interno e o consumo de energia, protege a impermeabilização da laje contra

os raios UV e aumenta a vida útil do telhado, além de absorver a água da chuva, diminuindo enchentes. Logo, os telhados verdes trazem benefícios ambientais, econômicos e sociais, sendo imprescindíveis para o desenvolvimento sustentável (Fiorentin; Martín-Gamboa; Rafael; Quinteiro, 2024).

Por conseguinte, outras soluções para garantir a sustentabilidade na construção civil, são projetos com maior eficiência energética aliados com técnicas de baixo impacto. Essas soluções de baixo impacto possibilitam a utilização da eficiência energética para que no projeto, seja considerado variáveis como o clima local, a fim de otimizar a ventilação natural e a iluminação, podendo até implementar sistemas de automação luminária, reduzindo a necessidade de lâmpadas acesas e menos ar condicionados a serem utilizados na residência. Ou seja, a aplicação de estratégias passivas, a exemplo da ventilação natural, é crucial para o desenvolvimento do desempenho energético nas edificações (Nascimento; Oliveira, 2025).

Por fim, outro processo construtivo fundamental para a consolidação de práticas sustentáveis na construção civil é a gestão controlada dos Resíduos da Construção Civil (RCC). Esse gerenciamento consiste na aplicação de práticas sistemáticas que visam mitigar impactos ambientais, reduzir desperdícios e otimizar os custos da obra. No âmbito desta pesquisa, foram analisadas quais práticas de gestão de resíduos de construção são identificadas e avaliadas, como segregação, embalagem, armazenamento temporário, transporte, potencial de reutilização e disposição final. Tudo isso com base na revisão da literatura e na modelagem BIM desenvolvida no software Revit. Logo, será compreendido como a escolha de materiais e sistemas de construção pode influenciar a

geração de resíduos e o impacto ambiental. Tudo isso porque a adoção dessas práticas de gestão de resíduos contribui diretamente para a redução de desperdícios e melhoria da eficiência produtiva (Rodrigues Miranda; Sergelina Fernandes Veloso; Augusto Oliveira; Fernandes Soares; Miranda Pereira; Souza; Fonseca Dias, 2025).

2.2. Gestão dos Resíduos na Construção Civil e Práticas Sustentáveis

A gestão dos resíduos da construção civil (RCC) no Brasil esclarece claramente o dilema encarado pelo país. De um lado, o setor da construção, pilar essencial da economia brasileira, que gera empregos e fomenta o comércio. Já do outro lado, temos os danos ambientais, decorrentes, entre outros motivos, do desinteresse por parte das construtoras em aderirem um cronograma de obra que conciliam os aspectos socioambientais. Com isso, é notório que o aumento dos investimentos na construção civil eleva a geração de resíduos e o descarte ilegal em áreas de preservação. Isso gera sérios impactos à saúde pública e ao meio ambiente, além de elevar significativamente as despesas dos municípios com os serviços de limpeza do meio urbano (Loch; Stocker; Bertolini, 2019).

Neste sentido, no Brasil, existem disposições legais em vigor para efeito de controle dos entulhos gerados em obras no país. Uma dessas disposições consiste na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) n°307 de 5 de julho de 2002, que define as orientações, parâmetros e procedimentos para o gerenciamento dos RCC em âmbito nacional. Embora já seja normalizado, ainda há brechas nas esferas municipal, estadual e federal que possibilitam a geração elevada do volume de resíduos produzidos na construção civil, como também, a destinação ambientalmente incorreta desses

materiais. A Resolução Conama nº 307/2002 determina que os municípios adotem o programa integrado para gestão dos resíduos da construção civil de pequenos empreendimentos (BRASIL, 2002).

Assim, implementado pela Resolução nº 307 do CONAMA de 2002, e pela PNRS Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos), o PGRCC (Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil), consiste em uma ferramenta de gestão de resíduos de caráter obrigatório para as empresas do setor da construção. Este documento estabelece diretrizes para todo modelo de empreendimento do setor da construção, seja ele construção, reforma, demolição, escavação, entre outras atividades. Este documento deve ter o seguinte conteúdo mínimo: descrição do empreendimento ou atividade, diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, com origem, volume e caracterização dos resíduos (Leão, 2024).

Para além disso, no âmbito municipal e estadual, a análise também considerará a Política de Meio Ambiente do Estado do Piauí, instituída pela Lei Estadual nº 4.854/1996, além das disposições do Código Tributário Municipal de Teresina relativas aos resíduos sólidos extradomiciliares, que atribuem responsabilidades específicas quanto ao acondicionamento, coleta, transporte e disposição final. Dessa forma, essas normas locais serão utilizadas como referência complementar para verificar a adequação das práticas de gerenciamento dos RCC observadas em Teresina – PI.

Dessa forma, é importante ressaltar os desafios enfrentados pelas lideranças governamentais na gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) nos municípios brasileiros, especialmente onde a fiscalização frouxa favorece o descumprimento socioambiental. Para

preencher a lacuna entre a legislação e a prática, a avaliação da eficiência do canteiro de obras deve basear-se em indicadores observáveis, como: o grau de prevenção na geração de resíduos, o reuso consciente de materiais, o nível de capacitação da mão de obra para a triagem e a adoção de técnicas construtivas de baixo impacto (Silva, 2025).

Também, os municípios com índices financeiros mais reduzidos, não conseguem atender algumas das exigências, como centrais de reciclagem, que transformam, através da britagem, resíduos de Classe A em agregados reciclados. Esses resíduos são classificados pela Resolução 307 do CONAMA como concreto, componentes cerâmicos, argamassa, solos e pavimentação. Um fator que agrava o cenário é a falta, na maioria dos municípios, de infraestrutura adequada para viabilizar a segregação, a triagem, o acondicionamento, o transporte e a disposição final ambientalmente correta dos RCC, o que acaba favorecendo o descarte irregular em áreas públicas (Almeida Leite, 2023).

Em 2020, com a aprovação do novo marco legal do Saneamento Básico no Brasil, instituído pela Lei nº 14.026/2020, houve uma virada de chave na estruturação das políticas públicas de saneamento no País. O documento contém pontos específicos a respeito do debate sobre a gestão de resíduos, que conferem aos municípios o dever de gerir os resíduos sólidos oriundos dos pequenos geradores por meio de pontos de entrega voluntária. Embora já haja iniciativas voluntárias de reciclagem em diferentes localidades, como empresas que atuam no transporte e triagem dos resíduos, frequentemente falta uma gestão pública estruturada e consolidada para os resíduos de construção e demolição (Angulo; Oliveira; Machado, 2022).

Nesse sentido, a implementação de novas medidas socioambientais no meio urbano exige, por parte do Governo e do setor privado, o compromisso com as legislações vigentes no Brasil. Somando-se a isso, por se tratar de uma atividade que exige um rigor técnico na coleta dos RCC e na sua reciclagem, é essencial que o setor da construção foque no aperfeiçoamento dos profissionais e colaboradores, exigindo capacitação técnica e colaboração respectivamente. A união entre governo, setor privado e sociedade, aliada à capacitação técnica e recuperação de materiais, constitui um conjunto essencial de medidas (Suleiman; Santos; Sousa, 2024).

Assim, nota-se um progresso nos últimos anos no número de municípios brasileiros que estão integrando em sua missão a sustentabilidade no espaço social. Observa-se, também, que mesmo com os avanços nas metas sustentáveis e no aprimoramento de novas medidas com base na legislação, agregados recicláveis ainda não são usualmente aceito por uma parte da sociedade. Dessa forma, é nítida a desinformação do corpo social sobre a reciclagem dos RCC e a falha no repasse das informações por parte dos construtores. Embora o Brasil conte com 310 usinas de reciclagem, apenas 36% dos municípios utilizam o material reciclado como agregado (Cunha; Roberto; Souto; Lima, 2023).

Dessa forma, o setor da construção civil é visivelmente um dos que mais agride o meio ambiente, pois tem na sua cadeia produtiva o uso de materiais que passam por processos altamente poluentes. Com o avanço da percepção ambiental na sociedade, as certificações sustentáveis passam a representar selos de credibilidade que atestam o comprometimento de uma edificação com o uso racional da matéria prima e garante a qualidade de vida dos seus usuários. O estabelecimento de ações voltadas à

conscientização ambiental, aliado à oferta de benefícios fiscais para organizações que adotam condutas ambientalmente responsáveis, mostra-se como uma medida eficaz na construção de um futuro mais sustentável (Moreira; Cardoso; Arantes, 2024).

2.3. Redução de Custos em Obras Residenciais

No cenário atual da construção civil, em que reduzir custos é essencial, os agregados reciclados se destacam por oferecer economia e, ao mesmo tempo, promover responsabilidade ambiental, contribuindo para uma construção mais sustentável. Dessa forma, faz-se necessário o conhecimento sobre a destinação correta dos RCC e a adoção de práticas sustentáveis. As práticas de reaproveitamento de resíduos geram benefícios socioambientais, além de reduzir custos e impactos com a extração de recursos, produção, energia e preservação do meio ambiente (Aguiar; Figueiredo, 2023).

Assim, da construção civil brasileira, percebe-se que a troca do agregado natural pelo reciclado pode ser economicamente vantajosa, mesmo que o uso ainda seja desconhecido por grande parte do setor. Na prática, os benefícios financeiros continuam significativos mesmo quando usados em maior quantidade, o que sustenta o uso desses materiais como forma de reduzir custos sem afetar as exigências técnicas das obras. Mesmo quando o agregado reciclado precisa ser usado em maior quantidade para alcançar o mesmo desempenho, o impacto no orçamento ainda é favorável ao substituir o agregado natural (Batalha, 2022).

Ao combinar economia com a reciclagem dos RCC, a construção civil converte entulhos em insumos aproveitáveis, consolidando

assim os princípios da economia circular. Os benefícios vão além da troca de insumos naturais por reciclados, abrangendo cadeias produtivas baseadas na desconstrução planejada e no reaproveitamento. Para viabilizar essa prática em larga escala, são necessários sistemas construtivos que facilitem a separação dos materiais e estratégias logísticas que garantam a recuperação com custos reduzidos. A economia circular mantém os materiais em ciclos contínuos de uso, reduzindo a extração de recursos virgens e o desperdício ao prolongar sua vida útil das construções. (Garcia; Schneider, 2025).

Na construção civil, a economia gerada pelos agregados reciclados da construção depende diretamente da capacidade de processamento dos resíduos. Por isso, em regiões que contam com usinas bem estruturadas e com políticas públicas que incentivam o reaproveitamento, esse tipo de produção tende a se tornar mais viável e vantajoso. (Andrade; Neto; Garcia, 2025).

A consolidação da reciclagem de resíduos da construção no Brasil exige a articulação entre políticas públicas e usinas estruturadas, com instrumentos legais que estimulem a economia circular e inibam o descarte inadequado. Quando infraestrutura e suporte institucional se aliam, observa-se a diminuição dos custos com aterros e amplia-se a oferta de materiais acessíveis. A Economia Circular requer cooperação entre indústria, consumidores e governo, aliada a transformações estruturais na educação, nos valores sociais e nos hábitos de produção e consumo (SILVA, H., 2023).

Outra ferramenta importante para ajudar a promover a redução de custos, é o uso do software BIM (Modelagem da Informação da Construção) como ferramenta complementar de apoio à pesquisa,

ele permite uma maior precisão na extração de quantitativos e planejamentos dos recursos, essa tecnologia reduz desperdícios ao evitar compras excessivas e minimizar retrabalhos por meio da compatibilização de projetos. Além disso, a partir dos modelos desenvolvidos, serão extraídos dados que poderão ser comparados com as informações coletadas diretamente nos canteiros, possibilitando identificar diferenças entre as quantidades previstas e efetivamente utilizadas, além de possíveis situações relacionadas a desperdícios, compras excessivas e retrabalhos. O uso do BIM também auxiliará na organização das informações referentes aos materiais e no suporte às análises de custos e geração de resíduos, contribuindo para a avaliação das estratégias de sustentabilidade adotadas na modelagem BIM adotada (Zaniboni; de Marco; Florian, 2022).

Para além disso, as normas técnicas brasileiras (NBR) também desempenham um papel crucial na implementação da sustentabilidade e redução de custos na construção civil, sendo utilizadas como referenciais para a análise dos materiais e das práticas relacionadas à gestão dos resíduos consideradas neste estudo. A exemplo, a ABNT NBR 15116:2021, que estabelece requisitos e métodos de ensaio para agregados reciclados destinados ao uso em argamassas e concretos de cimento Portland. A norma será utilizada para subsidiar a análise das possibilidades de aplicação dos agregados reciclados provenientes de resíduos da construção civil, considerando os tipos de materiais empregados e sua destinação para uso em produtos cimentícios. A ABNT NBR 15113 (2004), que discorre sobre os resíduos sólidos e sua destinação correta, complementando o ciclo sustentável. Dessa forma, os critérios normativos serão confrontados com as informações obtidas nas obras analisadas, contribuindo para avaliar tecnicamente a utilização

de materiais reciclados dentro das práticas sustentáveis investigadas. Logo, as normativas garantem redução de resíduos e promovem um melhor aproveitamento dos recursos, reduzindo consequentemente os custos nas obras (Nascimento; Morais; Lopes, 2022).

Outro fator importante para a redução dos custos é a simplificação do projeto arquitetônico sem comprometer a qualidade da obra, priorizando plantas compactas e funcionais, sem metragens desnecessárias. Além disso, o uso de formas geométricas simples ajuda na execução e reduz o consumo de materiais e tempo de obra. Outro ponto importante é evitar recortes, avanços e volumes complexos, pois eles aumentam a dificuldade de execução e geram mais desperdício de materiais. Para avaliar a eficácia dessas estratégias no controle financeiro, este estudo realiza uma análise comparativa entre os custos previstos e os custos efetivamente realizados. Para isso, utilizaram-se como fonte os orçamentos e planilhas orçamentárias de acompanhamento financeiro, para elucidar melhor os dados obtidos e analisados no presente trabalho. Contudo, é necessário buscar a racionalização construtiva por meio de compatibilização entre projetos, reduzindo erros e retrabalho. Tudo isso a fim de utilizar informações geométricas e construtivas para orientar decisões mais econômicas (Pontes, 2024).

Além disso, a qualificação da mão de obra é um dos fatores mais decisivos para a redução de custos, pois ela está ligada à qualidade da execução e quantidade de materiais envolvidos. Com a contratação de profissionais capacitados e que tenham domínio técnico, têm-se a diminuição de erros, e, como consequência, diminui-se também o retrabalho e os materiais desperdiçados, pois a habilidade irá fazer com que os trabalhadores evitem cortes

inadequados, má aplicação ou falhas na execução. Com isso, é evidente que a escolha de uma boa mão de obra deve ser vista como primordial para a diminuição de custos na construção civil, já que os profissionais envolvidos e devidamente capacitados contribuem diretamente para a qualidade do serviço. a diminuição de erros, a redução do retrabalho e o menor desperdício de materiais (Peixoto; Peres, 2023).

Por fim, é necessário possuir um controle financeiro eficaz para que a obra seja executada dentro do tempo e orçamento previsto, evitando prejuízos. Umas das ferramentas aliadas é um bom orçamento detalhado, que pode ser elaborado com base em referências de preços, como o SINAPI, podendo estimar preços de serviços com precisão. Da mesma forma, é imprescindível realizar o acompanhamento em tempo real dos custos, sempre comparando e analisando o que foi executado com o que foi previsto no orçamento. Tudo isso porque um bom controle financeiro é indispensável para um equilíbrio financeiro e sustentável de empreendimentos.

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se por ser uma pesquisa de abordagem mista, integrando procedimentos qualitativos e quantitativos, que busca entender a sustentabilidade como o uso consciente dos recursos naturais para garantir sua disponibilidade no futuro. Logo, a população da pesquisa compreende os materiais e sistemas construtivos passíveis de aplicação em edificações residenciais unifamiliares, considerando alternativas convencionais e sustentáveis. A amostra é constituída por um projeto arquitetônico de residência unifamiliar, elaborado pelas autoras especificamente

para o desenvolvimento deste estudo, tendo como referência o contexto da construção civil em Teresina – PI. A seleção ocorre de forma intencional, por se tratar de um projeto definido em função dos objetivos da pesquisa. A partir desse projeto, será desenvolvido um modelo tridimensional no software Autodesk Revit, possibilitando a identificação e a comparação entre soluções construtivas convencionais e alternativas sustentáveis, considerando aspectos econômicos e ambientais. Ressalta-se que o projeto possui caráter teórico e comparativo, não sendo objeto de análise uma edificação efetivamente construída ou um canteiro de obras em atividade.

O estudo é classificado como uma pesquisa descritiva, com uma abordagem tanto qualitativa quanto quantitativa, baseada em levantamento bibliográfico e na análise comparativa entre sistemas construtivos convencionais e sustentáveis. Serão analisados os aspectos e usos de produtos como aço reciclado, madeira com certificação, agregados de origem reciclada e concreto sustentável, levando em conta os benefícios tanto ambientais quanto econômicos. No que se refere à análise prática, será modelada uma residência unifamiliar no software Autodesk Revit para possibilitar a comparação entre dois cenários de construção distintos. Serão considerados os custos estimados, a possível geração de resíduos e os efeitos ambientais. Já os dados serão organizados em tabelas comparativas, possibilitando identificar a viabilidade técnica, econômica e ambiental das alternativas sustentáveis.

Portanto, para o desenvolvimento do presente artigo, serão adotados procedimentos de pesquisa bibliográfica e análise comparativa. A pesquisa bibliográfica servirá para coletar informações sobre materiais sustentáveis, processos construtivos,

gerenciamento de resíduos e seus efeitos econômicos e ambientais na construção civil. A análise comparativa será realizada através da modelagem de uma casa unifamiliar no software Autodesk Revit. A partir dos dados obtidos, será viável comparar os sistemas, apontando os benefícios, desvantagens e contribuições de cada um para a sustentabilidade das edificações.

A análise de dados foi realizada sistematicamente a partir do levantamento bibliográfico e das informações obtidas a partir da modelagem de residência unifamiliar no software Autodesk Revit. Materiais convencionais e alternativas sustentáveis estudadas no presente artigo foram identificados e organizados de acordo com sua aplicação, características e especificações técnicas, custos estimados e impacto ambiental. Nos resíduos de construção gerados durante as 12 etapas analisadas da construção foram identificados e agrupados em 22 conjuntos considerando a possibilidade de reutilização, reciclagem, armazenamento e disposição final (Resolução CONAMA nº 307/2002). Para avaliação econômico-financeira, sistemas de construção convencionais, LSF (Light Steel Framing ou construção a seco em aço leve) foram comparados tomando como referência dados sobre desperdício de material, custo por metro quadrado e tempo de execução. Com isso, os resultados permitiram identificar vantagens e desvantagens das alternativas estudadas, mostrando que o planejamento, a segregação na fonte dos resíduos e a racionalização dos processos são fundamentais para reduzir impactos ambientais e custos de construção.

Em seguida, foram realizadas uma análise comparativa usando o software Revit e modelando uma residência unifamiliar levando em consideração sistemas de construção convencionais e sustentáveis.

Então, a partir disso, estimativas de geração de resíduos e custos para cada sistema foram identificadas e foram apontadas possíveis oportunidades para otimizar recursos, reduzir resíduos e minimizar impactos ambientais. Com isso, as características técnicas e ambientais dos materiais selecionados também foram analisadas para entender sua contribuição para a sustentabilidade e viabilidade econômica das soluções propostas.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterização e Modelagem Arquitetônica da Residência Unifamiliar

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi elaborado um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar a ser utilizado especificamente para a análise e avaliação do uso de materiais sustentáveis na construção civil. Assim, o modelo a ser estudado foi utilizado para fazer uma comparação direta entre métodos de construção tradicionais e alternativas ecológicas como aspectos financeiros, ambientais e até mesmo descarte.

Logo, a proposta busca retratar a forma típica de uma casa unifamiliar popular, funcional e voltada para as necessidades imediatas de seus moradores, sendo então uma edificação térrea com uma área construída de aproximadamente 47,81 m^2, dividida em quatro ambientes principais: dois quartos, um banheiro e cozinha e sala de jantar conjugadas.

Figura 1. Apresentação da planta baixa do projeto da residência unifamiliar.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Sendo assim, em relação às características construtivas, a residência foi pensada considerando um sistema estrutural convencional em concreto armado, composto por pilares e vigas, com fechamento em alvenaria de vedação de blocos cerâmicos. Já a cobertura foi elaborada com uma estrutura de madeira, coberta por telhas cerâmicas do tipo colonial, com uma inclinação de duas águas.

Em relação aos revestimentos, foram previstos revestimentos argamassados nas paredes, com acabamento em pintura na tonalidade bege-claro nas fachadas externas e cores neutras nos ambientes internos. Já para o piso, se faz presente o uso de revestimento cerâmico, e nas áreas molhadas, como banheiro e cozinha, e revestimentos cerâmicos nas paredes, conforme as necessidades de cada ambiente.

A seguir, o quadro 1 ajuda nos esquemas visuais sobre os materiais convencionais utilizados e suas respectivas aplicações na residência unifamiliar.

Quadro 1. Identificação dos materiais convencionais previstos no projeto

SISTEMA CONSTRUTIVO	MATERIAL CONVENCIONAL	APLICAÇÃO NA RESIDÊNCIA
Estrutural	Concreto convencional	Execução dos elementos estruturais de concreto armado
Estrutural	Aço para armaduras	Armaduras dos elementos estruturais
Vedação	Blocos cerâmicos	Composição das paredes internas e externas
Vedação	Argamassa de assentamento	Assentamento e união dos blocos cerâmicos
Cobertura	Madeira	Estrutura de sustentação do telhado
Cobertura	Telhas cerâmicas	Revestimento e proteção da cobertura
Revestimentos	Argamassa convencional	Revestimento e regularização das superfícies de alvenaria
Acabamentos	Tinta convencional	Acabamento das superfícies internas e externas
Pisos	Revestimento cerâmico	Acabamento dos pisos dos ambientes
Esquadrias	Perfis de alumínio e vidro	Composição das janelas

Esquadrias	Madeira	Fabricação e instalação das portas

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

Com tudo isso, com a definição desses elementos foi possível mapear quais serão os componentes levados em conta nas próximas fases de identificação e comparação entre os materiais convencionais e os sustentáveis.

A representação digital da proposta arquitetônica foi elaborada com o software Autodesk Revit, que possibilita a criação de um modelo tridimensional através da metodologia Building Information Modeling (BIM). A modelagem abrangeu todos os elementos essenciais da construção, como paredes, pisos, telhado, portas, janelas, estrutura e mobiliário, a fim de permitir eventuais distinções entre os ambientes, sempre respeitando as medidas e particularidades estabelecidas pelas autoras ao longo do desenvolvimento do projeto.

Finalmente, a utilização do Revit possibilitou a visualização tridimensional da residência e a organização das informações referentes aos seus componentes construtivos, servindo como ferramenta de apoio à identificação para a comparação entre sistemas construtivos. Portanto, o modelo digital serviu como base para a criação dos cenários comparativos que esta pesquisa propõe.

Com base no projeto arquitetônico desenvolvido, foram estabelecidos dois cenários para a análise: o primeiro levando em conta o uso de materiais e métodos construtivos tradicionais e o segundo prevendo a troca de alguns elementos por opções sustentáveis que são viáveis do ponto de vista técnico para o tipo de

residência que se propõe. Essa abordagem possibilita uma análise das possíveis variações entre as análises, levando em conta o uso de materiais, os custos e os impactos ambientais que podem surgir.

Então, a Figura 2 apresenta a perspectiva tridimensional da residência unifamiliar desenvolvida pelas autoras no software Autodesk Revit, utilizada como modelo de referência para as análises realizadas neste estudo.

Figura 2. Perspectiva tridimensional da residência unifamiliar a ser estudada.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

4.2. Identificação e Escolha dos Materiais Convencionais e Sustentáveis

A identificação e a escolha dos materiais a serem utilizados nesse presente artigo constituem uma etapa primordial para o seu desenvolvimento, já que assim, são estabelecidos os parâmetros necessários para uma análise comparativa entre as soluções convencionais e alternativas sustentáveis aplicáveis à construção de uma residência unifamiliar. Logo, com base nesse estudo, sabe-se que a escolha dos materiais sustentáveis não deve considerar

apenas sua aplicação na construção civil, mas também os impactos ambientais associados à sua produção, pois a composição dos materiais utilizados é fundamental para buscar reduções de emissões. (Tenorio; Kato; Nery; Leão, 2025).

Portanto, primeiro foram identificados os materiais que são comumente usados em cada parte da casa, incluindo os sistemas estrutural, de vedação, cobertura, revestimento, acabamento e esquadrias. O objetivo dessa identificação foi criar um cenário de referência construtivo, levando em conta os materiais e soluções comumente empregados em construções residenciais. Em seguida, foram escolhidas soluções sustentáveis que poderiam ser aplicadas aos elementos já identificados. A seleção levou em conta aspectos como a possibilidade de substituir materiais tradicionais, a disponibilidade de dados técnicos, o potencial para reaproveitar resíduos, a redução do consumo de recursos naturais e as contribuições potenciais para diminuir os impactos ambientais da construção civil.

Foram levados em conta, além dos critérios ambientais, fatores de viabilidade técnica e econômica das opções, já que a troca de materiais não pode comprometer o desempenho e a funcionalidade necessárias em cada caso. Dessa maneira, buscou-se selecionar soluções que possibilitassem uma comparação coerente entre os materiais, considerando suas respectivas finalidades na composição da edificação.

A partir desses critérios, os materiais foram agrupados de acordo com os sistemas construtivos a que pertencem, possibilitando uma comparação entre as soluções convencionais inicialmente pensadas e as alternativas sustentáveis escolhidas. Assim, essas informações

serão importantes para as etapas posteriores de quantificação, estimativa de custos e avaliação dos potenciais impactos ambientais dos materiais utilizados na residência.

Portanto, uma vez que os materiais convencionais foram identificados, é preciso selecionar as alternativas sustentáveis encontradas para substituí-las e que podem desempenhar funções semelhantes às que são destinadas aos materiais convencionais. Logo, dentre elas estão o concreto com substituição parcial de agregados naturais por agregados reciclados, aço com reciclado, madeira certificada, tintas e revestimentos ecológicos produzidos a partir de matérias-primas recicladas são alguns exemplos de soluções abordadas no presente artigo e que foram consideradas porque podem incentivar o reuso de recursos, reduzir a demanda por matérias-primas naturais e minimizar os impactos ambientais da construção civil.

E por fim, as alternativas também foram escolhidas levando em consideração a compatibilidade entre as características dos materiais e suas respectivas aplicações na construção, de modo que a comparação não fosse apenas ambiental, mas também das condições técnicas e econômicas de uso. Enquanto algumas alternativas podem substituir apenas parcialmente os materiais convencionais, por exemplo, agregados reciclados na composição do concreto, outras são possibilidades de substituição mais direta, desde que os requisitos de desempenho e aplicação sejam atendidos.

4.2.1. Materiais Sustentáveis e Critérios de Seleção

Uma vez identificados os materiais convencionais especificados no projeto original, foram escolhidas alternativas sustentáveis que pudessem desempenhar funções semelhantes às dos materiais tradicionais usados na construção civil, porém, com soluções que reduzem o consumo de recursos naturais, reutilizam resíduos e diminuem o impacto ambiental relacionado à execução de edifícios.

Então, entre as alternativas consideradas estão o concreto parcialmente substituído por agregados reciclados, aço reciclado, madeira de fontes certificadas e tintas e revestimentos ecológicos feitos de matérias-primas com menor impacto ambiental. Com tudo isso, o sistema de construção Light Steel Frame também foi considerado como uma alternativa à alvenaria convencional porque é industrializado pois o desperdício durante a execução é reduzido e a otimização do processo de construção se torna uma grande aliada no andamento da obra.

Nesse ínterim, esses materiais e soluções foram escolhidos levando em conta critérios técnicos, econômicos e ambientais. Do lado técnico, foram consideradas características como resistência, durabilidade, desempenho e adequação às funções estabelecidas no projeto. Já do lado econômico, foram observados os custos de aquisição, disponibilidade de materiais e possibilidade de redução de despesas durante a execução e manutenção da residência unifamiliar.

No que tange aos critérios ambientais, foram favorecidas alternativas que permitem a reutilização de resíduos, reduzem a extração de matérias-primas naturais, diminuem a geração de resíduos e promovem o uso mais eficiente dos recursos. Também foram levadas em conta as informações técnicas disponíveis (normas

aplicáveis), certificações que verificam a origem e as características dos materiais selecionados.

Assim, a seleção foi feita para encontrar alternativas que atendam ao desempenho da construção, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental, comparações entre sistemas e materiais convencionais e suas respectivas possibilidades sustentáveis.

No quadro 2, apresentada a seguir, estão reunidas as informações e os critérios considerados para subsidiar a seleção dos materiais sustentáveis e orientar a decisão quanto à sua escolha.

Quadro 2. Critérios de seleção utilizados

CRITÉRIO	ASPECTOS AVALIADOS
Técnico	Resistência, durabilidade e desempenho.
Econômico	Custo de aquisição, execução e manutenção.
Ambiental	Redução de resíduos e consumo de recursos naturais.
Disponibilidade	Facilidade de aquisição no mercado regional.
Normativo	Atendimento às normas técnicas e certificações aplicáveis.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2026).

4.3. Gestão dos Resíduos da Construção Civil

4.3.1. Identificação dos Resíduos Gerados por Etapa da Obra

A gestão dos resíduos da construção civil (RCC) constitui um dos principais desafios ambientais e econômicos do setor no Brasil, devido ao elevado volume de material gerado ao longo das obras e os empecilhos associados à sua destinação adequada. Nesse contexto, a Resolução CONAMA nº 307/2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelecem que os geradores são responsáveis pelo gerenciamento de seus resíduos, devendo priorizar a reutilização e a reciclagem antes da disposição final. Para que essa hierarquia seja aplicada na prática, é necessário conhecer quais resíduos são gerados em cada fase da obra e quais destinos podem ser dados a eles.

Com esse propósito, são abordados os resultados obtidos a partir do Quadro 3, que identifica os resíduos por etapa da construção e indica as possibilidades de reutilização no canteiro e de reaproveitamento fora dele. A análise está organizada de modo a mostrar, primeiramente, os tipos de resíduos associados a cada fase da obra e, em seguida, o potencial de reaproveitamento interno e externo, para então discutir as lacunas existentes entre esse potencial e a prática da gestão de RCC no país. Dessa forma, busca-se evidenciar como o conhecimento prévio da geração de resíduos por etapa pode subsidiar o planejamento e a elaboração de planos de gerenciamento mais eficientes.

Quadro 3. Resíduos Gerados Em Cada Fase Da Obra E Possibilidades De Reutilização E Reaproveitamento

Fases da obra	Tipos de resíduos possivelmente gerados	Possível reutilização no canteiro	Possível reutilização fora do canteiro

Limpeza do terreno	Solos	Reaterros	Aterros
Limpeza do terreno	Rochas, vegetação, galhos	-	-
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areia; brita)	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
Montagem do canteiro	Madeiras	Formas/escoras/ travamentos (gravatas)	Lenha
Fundações	Solos	Reaterros	Aterros
Fundações	Rochas	Jardinagem, muros de arrimo	-
Superestrutura	Concreto (areia; brita)	Base de piso; enchimentos	Fabricação de agregados
Superestrutura	Madeira	Cercas; portões	Lenha
Superestrutura	Sucata de ferro, fôrmas plásticas	Reforço para contrapisos	Reciclagem
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto, argamassa	Base de piso, enchimentos, argamassas	Fabricação de agregados
Alvenaria	Papel, plástico	-	Reciclagem
Instalações hidrossanitárias	Blocos cerâmicos	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
Instalações hidrossanitárias	PVC; PPR	-	Reciclagem

Instalações elétricas	Blocos cerâmicos	Base de piso, enchimentos	Fabricação de agregados
Instalações elétricas	Conduítes, mangueira, fio de cobre	-	Reciclagem
Reboco interno/externo	Argamassa	Argamassa	Fabricação de agregados
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos	-	Fabricação de agregados
Revestimentos	Piso laminado de madeira, papel, papelão, plástico	-	Reciclagem
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado	Readequação em áreas comuns	-
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes, textura	-	Reciclagem
Coberturas	Madeiras	-	Lenha
Coberturas	Cacos de telhas de fibrocimento	-	-

Fonte: adaptada de LIMA; LIMA (2012).

A análise da **Quadro 3** possibilitou identificar os resíduos gerados em 12 fases da obra: limpeza do terreno, montagem do canteiro, fundações, superestrutura, alvenaria, instalações hidrossanitárias, instalações elétricas, reboco, revestimentos, forro de gesso, pinturas e coberturas. Ao todo, foram mapeados 22 conjuntos de resíduos, cada um associado a possibilidades de reutilização, tanto no próprio canteiro quanto fora dele.

Os resultados evidenciam que a geração de resíduos não se concentra em uma etapa específica, mas ocorre ao longo de todo o ciclo construtivo, com composição distinta em cada fase. Nas etapas iniciais (limpeza do terreno, montagem do canteiro e fundações), predominam solos, rochas, vegetação e madeiras. Nas fases estruturais e de vedação (superestrutura e alvenaria), concentram-se resíduos de concreto, blocos cerâmicos, argamassa, sucata de ferro e madeira. Por sua vez, as etapas de instalações e acabamento geram materiais de natureza mais diversificada, como PVC, PPR, fios de cobre, conduítes, gesso, tintas, papel, plástico e pisos laminados.

4.3.2. Controle Documental e Rastreabilidade dos Resíduos na Saída da Obra

A etapa final da gestão dos Resíduos da Construção Civil (RCC) no canteiro, que compreende a saída do material da obra e o seu destino, mostrou-se um ponto crítico para que o gerenciamento seja de fato eficaz. Observa-se que não basta planejar a geração e a segregação dos resíduos, mas também é necessário o controle documental rigoroso, da contratação de agentes licenciados e da correta classificação dos materiais do canteiro.

O primeiro aspecto que se destaca é a necessidade de controle documental. Entende-se que toda retirada de resíduos deve ser acompanhada de uma ficha de registro, contendo informações sobre o gerador, o tipo e a quantidade de material, o transportador e o local de destinação final. Esse registro funciona como uma forma de rastreamento, equivalente ao Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), e permite saber o que saiu da obra, em que volume, por quem foi levado e onde foi descartado. Na prática, a obra deve arquivar uma via desse documento assinada por transportador e

destinatário, pois ela é a comprovação de que o gerador cumpriu sua obrigação. Isso é relevante porque a responsabilidade pelo resíduo não termina na porta do canteiro: permanece com quem o gerou, e a documentação protege a empresa em eventuais fiscalizações. Além do efeito legal, esses registros formam um banco de dados sobre a geração de resíduos, que pode ser usado para calcular indicadores, como o volume gerado por metro quadrado construído, e para identificar etapas da obra com maior desperdício.

Quadro 4. Informações De Cadastro Do Empreendimento E Dos Responsáveis Técnicos

Ficha técnica de cadastro	
Identificação do empreendedor	**Pessoa Jurídica:** razão social, nome fantasia, endereço, CNPJ, responsável legal pela empresa (nome, CPF, telefone, fax, *e-mail*). **Pessoa Física:** nome, endereço, CPF, documento de identidade.
Responsável técnico pela obra	Nome, CPF, endereço, telefone, fax, *e-mail* e CREA.
Responsável técnico pela elaboração do projeto de RCC	Nome, endereço, telefone, fax, e-mail e inscrição do CREA; cópia autenticada da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART no respectivo Conselho Profissional.
Equipe técnica responsável pela elaboração do projeto	Nome, formação profissional e inscrição em Conselho Profissional.
Caracterização do empreendimento	• Localização: endereço completo (croquis de localização); • Caracterização do sistema construtivo; • Apresentação de planta arquitetônica de implantação da obra, incluindo o canteiro de

	obras, área total do terreno, área de projeção da construção e área total construída; • Números totais de trabalhadores, incluindo os terceirizados; • Cronograma de execução da obra.
Obs. No caso de demolições, apresentar licença de demolição, se for o caso.	

Fonte: adaptada de LIMA; LIMA (2012).

Outro ponto importante é a contratação de empresas licenciadas, tanto para o transporte quanto para a destinação. Considera-se que essa escolha é determinante, uma vez que o uso de agentes irregulares aumenta o risco de descarte clandestino, o que traz consequências ambientais e jurídicas para o gerador. Quanto ao transporte em si, os veículos mais comuns são os caminhões poliguindaste, que movimentam caçambas estacionárias, e os caminhões com caçamba basculante. Em ambos os casos, a cobertura da carga com lona é indispensável para evitar que o material caia nas vias públicas durante o trajeto.

Conclui-se que a gestão eficaz dos RCC depende de três fatores combinados: o controle documental rigoroso, que garante a rastreabilidade do resíduo e comprova o cumprimento da obrigação do gerador; a contratação de agentes licenciados, que reduz os riscos ambientais e jurídicos do descarte irregular; e a classificação correta dos materiais, que orienta a segregação e a destinação adequada. Juntos, esses fatores geram registros que permitem calcular indicadores e identificar etapas de maior desperdício, o que torna a gestão uma ferramenta de melhoria contínua.

4.3.3. Destinação Final dos Resíduos por Classe E Cuidados de Armazenamento no Canteiro

Em relação à destinação, verifica-se que ela depende diretamente da classe do resíduo, de acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002. Os resíduos Classe A, como concreto, argamassa e cerâmica, devem seguir para áreas de triagem e transbordo, áreas de reciclagem ou aterros de resíduos da construção civil. Já os resíduos Classe B, como plástico, papel, metal, vidro e madeira, podem ser comercializados com empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva, ou, no caso da madeira, aproveitados como combustível em fornos e caldeiras. Os resíduos das Classes C e D, por serem de difícil reciclagem ou perigosos, exigem um tratamento diferenciado, como o envolvimento dos fornecedores na destinação, de modo a estabelecer a corresponsabilidade pelo material.

A **Quadro 5** mostra que a destinação dos resíduos depende não só do tipo de material, mas também dos cuidados que a obra tem com ele no canteiro. Papelão, serragem, gesso e papéis precisam de proteção contra intempéries, pois a umidade compromete seu aproveitamento. A madeira para caldeiras deve estar separada da serragem, os plásticos devem ser limpos, o EPS deve ser confinado para evitar dispersão, e os solos exigem caracterização prévia para verificar contaminação. Assim, o armazenamento e o manuseio interferem diretamente na viabilidade da reciclagem ou reutilização (Sinduscon-Sp, 2015).

Quadro 5. Tipos De Resíduo, Cuidados No Canteiro E Destinação Recomendada

Tipos de resíduo	Cuidados requeridos	Destinação
Blocos de concreto, blocos cerâmicos, argamassas, outros componentes cerâmicos, concreto, tijolos e assemelhados	Privilegiar soluções de destinação que envolvam a reciclagem dos resíduos, de modo a permitir seu aproveitamento como agregado.	Áreas de Transbordo e Triagem, Áreas para Reciclagem ou Aterros de resíduos da construção civil licenciadas pelos órgãos competentes; os resíduos classificados como classe A (blocos, telhas, argamassa e concreto em geral) podem ser reciclados para uso em pavimentos e concretos sem função estrutural.
Madeira	Para uso em caldeira, garantir separação da serragem dos demais resíduos de madeira.	Atividades econômicas que possibilitem a reciclagem destes resíduos, a reutilização de peças ou o uso como combustível em fornos ou caldeiras.
Plásticos (embalagens, aparas de tubulações etc.)	Máximo aproveitamento dos materiais contidos e a limpeza da embalagem.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Papelão (sacos e caixas de embalagens) e papéis (escritório)	Proteger de intempéries.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Metal (ferro, aço, fiação revestida, arames etc.)	Não há.	Empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam ou reciclam estes resíduos.
Serragem	Ensacar e proteger de	Reutilização dos resíduos em superfícies

	intempéries.	impregnadas com óleo para absorção e secagem, produção de briquetes (geração de energia) ou outros usos.
Gesso em placas cartonadas	Proteger de intempéries.	É possível a reciclagem pelo fabricante ou empresas de reciclagem.
Gesso de revestimento e artefatos	Proteger de intempéries.	É possível o aproveitamento pela indústria gesseira e empresas de reciclagem.
Solo	Examinar a caracterização prévia dos solos para definir destinação.	Desde que não estejam contaminados, destinar a pequenas áreas de aterramento ou em aterros de resíduos da construção civil, ambos devidamente licenciados pelos órgãos competentes.
Telas de fachada e de proteção	Não há.	Possível reaproveitamento para a confecção de bags e sacos ou até mesmo por recicladores de plásticos.
EPS (poliestireno expandido – exemplo: isopor)	Confinar, evitando dispersão.	Possível destinação para empresas, cooperativas ou associações de coleta seletiva que comercializam, reciclam ou aproveitam para enchimentos.
Materiais, instrumentos e embalagens contaminados por resíduos perigosos (exemplos: embalagens plásticas e de metal, instrumentos de	Maximizar a utilização dos materiais para a redução dos resíduos a descartar.	Encaminhar para aterros licenciados para recepção de resíduos perigosos.

aplicação como brochas, pincéis, trinchas e outros materiais auxiliares como panos, trapos, estopas etc.)		

Fonte: adaptada de LIMA; LIMA (2012).

A gestão dos RCC no canteiro só alcança bons resultados quando tratada como um processo contínuo, da geração até a comprovação da destinação final adequada. O controle documental e a contratação de transportadores e destinatários licenciados garantem segurança jurídica, rastreabilidade e a prevenção do descarte irregular. Como a maioria dos resíduos tem alternativa de reaproveitamento, reciclagem ou valorização, a segregação na origem e os cuidados de armazenamento do **Quadro 5** são essenciais, e os resíduos perigosos exigem destinação a aterros licenciados. Assim, adotando essas práticas, é possível reduzir os impactos ambientais, assegurar o cumprimento da legislação e gerar eficiência econômica.

Diante disso, conclui-se que a destinação adequada só é possível quando a segregação por classe acontece desde o canteiro, já que a mistura de materiais diferentes pode inviabilizar a reciclagem de resíduos que, separados, teriam destino viável. Também se percebe que a gestão dos RCC depende de um planejamento anterior ao início da obra, com a definição prévia de transportadores e destinatários licenciados e a negociação com fornecedores sobre o recebimento de resíduos perigosos. Por fim, há um benefício econômico a ser considerado: a venda ou doação dos resíduos Classe B pode reduzir custos de descarte ou gerar receita, e os resíduos Classe A podem retornar à própria obra como agregado

reciclado, o que reforça que a gestão adequada dos resíduos é também uma estratégia de eficiência para a construtora.

4.4. Redução de Custos

4.4.1. Planejamento Como Base para a Redução de Custos e de Geração de RCC

O desempenho de uma obra em termos de custo, prazo e geração de resíduos não depende apenas do sistema construtivo escolhido, mas da forma como o processo de edificação é organizado, desde as decisões de projeto até os acabamentos. Assim, observa-se com frequência em obras convencionais certas definições deixadas para o momento da execução, o que leva a improvisos, projetos incompatíveis, retrabalho e desperdício de materiais. Com a industrialização, ocorre o contrário: a fabricação de peças com dimensões exatas obriga a decidir tudo antecipadamente, e o planejamento se torna protagonista.

O fluxograma a seguir apresenta esse processo em duas fases. A pré-construção, que reúne a definição dos projetos e das especificações técnicas dos materiais, a modelagem em BIM com a compatibilização entre as disciplinas e o planejamento executivo, com seus documentos formais de gestão. Essa fase se conecta aos instrumentos de redução de custos, pois o BIM permite levantar quantitativos com maior exatidão, evitar compras desnecessárias e diminuir retrabalhos graças à compatibilização, e o planejamento aliado ao orçamento detalhado que garante o controle financeiro, comparando o que foi previsto com o que foi realizado.

Figura 3. Fluxo Do Processo De Edificação: De Pré-Construção Ao Acabamentos



Fonte: Espaço Smart (2026) adaptado.

Os perfis são identificados individualmente por meio de legendas, o que racionaliza a montagem e evita cortes, ajustes e retrabalhos no canteiro, uma das principais fontes de resíduos da construção civil. Como cada peça já chega dimensionada e com sua posição definida, reduz-se o desperdício de material e a geração de entulho, contribuindo para uma obra mais limpa, econômica e sustentável. O kit é acompanhado ainda de dois documentos técnicos: o caderno de montagem, que detalha a execução de cada painel (parede) com precisão, minimizando erros que resultariam em perdas, e o caderno de obra, que orienta o posicionamento dos painéis no canteiro e os procedimentos de fixação, assegurando o uso eficiente dos insumos e a redução do volume de resíduos ao longo de todo o processo construtivo.

Dessa forma, a Etapa 2, de execução no canteiro, passa a ser uma consequência do que foi previamente planejado e validado: a infraestrutura e a estrutura básica, as instalações e vedações e, por fim, as esquadrias e os acabamentos seguem uma sequência lógica, com menos interferências e maior previsibilidade de prazos e custos. Assim, o desempenho da obra depende menos do sistema construtivo isoladamente e mais da organização do processo como um todo, sendo o planejamento detalhado, aliado ao controle entre

o previsto e o executado, a base para obras mais econômicas e com menor geração de resíduos.

4.4.2. Desempenho do Light Steel Frame Frente à Alvenaria Convencional: Desperdício, Custo e Prazo

A adoção do LSF exige projeto bem compatibilizado, equipe treinada e atendimento às normas técnicas aplicáveis, entre elas a ABNT NBR 15253, que trata dos perfis de aço formados a frio com revestimento metálico para painéis estruturais, e a ABNT NBR 15575, que define requisitos de desempenho para edificações habitacionais. No país, o sistema também é avaliado pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT), que dispõe de diretriz específica para sistemas leves em perfis de aço.

Por ser uma estrutura leve, o sistema também alivia as fundações e facilita a execução em terrenos de menor capacidade de carga, e a possibilidade de embutir instalações elétricas e hidráulicas nos painéis agiliza as etapas seguintes. Somam-se a isso a durabilidade do aço galvanizado e a reciclabilidade do material ao fim da vida útil da edificação, aspectos que contextualizam os resultados apresentados no **Quadro 6.**

Quadro 6. Comparativo técnico e econômico entre os sistemas de Alvenaria Convencional e Light Steel Frame.

Indicador de Desempenho	**Alvenaria Convencional**	**Light Steel Frame**	**Análise Comparativa / Impacto**
Desperdício de Materiais	30%	**5%**	**Redução de 25%** na geração de resíduos sólidos

Custo por m² *(Ref. CUB)*	R$ 4.200/m²	**R$ 4.029/m²**	Economia de R$ 171/m² no sistema LSF
Tempo de Execução	18 meses	**7 meses**	**Redução de 11 meses** (obra 61% mais rápida)
Desempenho Acústico	30 dB	**42 dB**	**Ganho de 12 dB** na isolação sonora
Financiamento Caixa	Sim	Sim	Viabilidade de crédito imobiliário mantida em ambos

Fonte: Espaço Smart (2026) adaptado.

A análise comparativa entre a alvenaria convencional e o Light Steel Frame (LSF) revela diferenças significativas no uso de materiais e na produção de resíduos na construção civil. Na alvenaria convencional, 30% dos materiais são desperdiçados, enquanto no LSF essa perda é de apenas 5%. Essa menor perda do LSF vem acompanhada de melhores resultados técnicos e econômicos. Também, em relação a custo e prazo, a alvenaria tradicional custa R$ 4.200/m² (tomando o CUB como referência) e leva 18 meses para ser executada. O LSF, por sua vez, tem custo de R$ 4.029/m² (também com base no CUB) e prazo de execução de 7 meses.

A diminuição do tempo de canteiro, aliada à menor geração de Resíduos da Construção Civil (RCC), reduz custos indiretos com caçambas, fretes, taxas de destinação ambiental e manutenção de canteiro. Em resumo, os dados indicam que o Light Steel Frame favorece uma gestão mais racional do canteiro de obras, ao reduzir de forma expressiva o desperdício de materiais (5% frente a 30%). Esse benefício sustentável se soma ao menor custo por metro quadrado e a um cronograma de execução bem mais curto.

Ressalta-se, contudo, que a adoção do LSF pressupõe mão de obra especializada e projeto adequadamente compatibilizado, fatores que podem limitar sua aplicação em determinadas regiões ou contextos. Em síntese, os indicadores analisados apontam vantagem do LSF em desperdício, custo, prazo e isolamento acústico, sendo o prazo o aspecto de maior relevância para a análise de viabilidade financeira.

4.4.3. Viabilidade Financeira das Construções Industrializadas: Custo, Prazo e Crédito

A adoção desses sistemas, porém, não depende apenas de aspectos técnicos. Para a maioria das famílias, construir a casa é um grande sonho, e ele, em certos casos, exige crédito de longo prazo, e as condições de financiamento influenciam diretamente a escolha do sistema construtivo e o custo final da obra. Por isso, compreender como o crédito é estruturado, e quanto custa ao consumidor, é parte essencial da análise de viabilidade das construções industrializadas.

A comparação apresentada pela Espaço Smart utiliza como referência o Custo Unitário Básico (CUB), indicador calculado mensalmente pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil (Sinduscon) de cada estado, conforme a ABNT NBR 12721 e a Lei nº 4.591/1964. O CUB expressa o custo por metro quadrado de projetos-padrão, e por isso funciona como parâmetro de comparação entre sistemas construtivos, e não como orçamento final de uma obra.

Quadro 7. Comparativo entre sistemas construtivos: custo, prazo, perdas e crédito

Critério	Alvenaria	Light Steel Frame

Custo (ref. CUB)	R$ 4.200/m²	R$ 4.029/m²
Prazo de execução	18 meses	7 meses
Desperdício de materiais	30%	5%
Financiamento Caixa	Sim	Sim

Fonte: Espaço Smart (2026) adaptado.

Para uma casa de 100 m², o custo estimado seria de R$ 420.000,00 na alvenaria contra R$ 402.900,00 em LSF, diferença de R$ 17.100,00 (cerca de 4,1%). O prazo de execução 11 meses menor reduz o tempo de exposição a custos indiretos (aluguel, juros de obra, mão de obra) e antecipa o uso do imóvel. Essa vantagem de prazo pode reduzir o custo total do investimento mais do que a diferença de preço por metro quadrado.

Ressalta-se, porém, que os valores de custo e prazo provêm de material comercial da própria empresa e não foram verificados em fonte independente. Além disso, o CUB não inclui itens como terreno, projetos, fundações especiais, paisagismo e taxas, e varia entre estados e entre meses, de modo que o resultado deve ser entendido como ilustrativo. Ainda assim, os resultados apontam o LSF como alternativa vantajosa em custo, prazo e sustentabilidade.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou responder em que medida a adoção de materiais e técnicas sustentáveis influencia a geração de resíduos, os custos e os impactos ambientais em residências unifamiliares. Os resultados indicam que a gestão dos RCC só é eficaz quando tratada como um processo contínuo, da geração à comprovação da

destinação final. Também, é reforçada a importância da segregação na origem, do armazenamento adequado e da contratação de transportadores e destinatários licenciados, aliados ao controle documental que garante rastreabilidade e segurança jurídica ao gerador.

Práticas de planejamento, segregação e sistemas racionalizados estão associadas à redução do desperdício, o que se evidenciou na comparação entre a alvenaria convencional (30%) e o Light Steel Frame (5%). O LSF apresentou menor custo por metro quadrado (R$ 4.029 contra R$ 4.200), prazo 11 meses menor e redução de custos indiretos com caçambas, fretes, taxas de destinação e manutenção do canteiro. Para uma casa de 100 m², a diferença estimada foi de R$ 17.100 (cerca de 4,1%). O planejamento detalhado, com apoio do BIM e do controle entre o previsto e o executado, mostrou-se a base para obras mais econômicas e com menos resíduos.

Como recomendações, construtores e projetistas devem definir transportadores e destinatários licenciados antes do início da obra, dimensionar áreas de segregação no canteiro e privilegiar a compatibilização de projetos. Como pesquisas futuras, sugere-se a validação dos indicadores com dados independentes e a quantificação dos materiais empregados, dos resíduos potencialmente gerados e dos custos associados aos sistemas construtivos convencional e sustentável, por meio de estudos comparativos em obras efetivamente executadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREMA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2025*. São Paulo:

ABREMA, 2025.

AGUIAR, Pedro Henrique Nunes; FIGUEIREDO, Bianca Lima e Santos. Os benefícios dos resíduos de construção e demolição na construção civil com influência positiva para o meio ambiente a fim de redução de custos na obra. *FACE Scientia: Revista Científica Multidisciplinar da UNEF*, v. 3, n. 2, 2023.

ALMEIDA LEITE, Wellington Cyro de. Proposição e análise de viabilidade econômica de cenários para o gerenciamento de resíduos da construção civil por meio de consórcios intermunicipais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 2023.

ANDRADE, Uemerson Soares de; NETO, Jaime Carlos Renck; GARCIA, Luan Rodrigues. Concretos com agregados reciclados: um estudo sobre viabilidade econômica e desempenho. *Revista Caribeña*, v. 14, n. 6, 2025.

ANGULO, Sérgio Cirelli; OLIVEIRA, Lidiane Santana; MACHADO, Leonardo Camara. *Pesquisa setorial ABRECON 2020: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil*. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12721:2006: avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios — procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 15113:2004: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes — aterros — diretrizes para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR 15116:2021: agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland — requisitos e métodos de ensaios*. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15253:2014: perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis estruturais reticulados em edificações — requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575-1:2025: edificações habitacionais — desempenho — parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

BATALHA, Giovana. *Estudo do impacto econômico gerado pela utilização de agregado graúdo reciclado na construção civil*. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2022.

BOSCO, João Ricardo; LACERDA, Mariana Ferreira. Materiais ecológicos na construção civil: eficiência e redução de impactos ambientais. *Revista Acadêmica de Engenharia Civil*, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 25–40, 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 17 jul. 2002.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, e outras leis. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 4.591, de 16 de dezembro de 1964. Dispõe sobre o condomínio em edificações e as incorporações imobiliárias. *Diário Oficial da União*: Brasília, DF, 21 dez. 1964.

CUNHA, Késia da Silva; ROBERTO, José Carlos Alves; SOUTO, Sistina Pereira; LIMA, Suelen Costa. Resíduos sólidos na construção civil no Brasil. *Revista de Gestão e Secretariado*, São Paulo, v. 14, n. 6, p. 8671–8692, 2023. DOI: https://doi.org/10.7769/gesec.v14i6.2255.

ESPAÇO SMART. *Biblioteca técnica: manuais e fichas técnicas*. [S. l.]: Espaço Smart, [2026]. Disponível em: https://www.espacosmart.com.br/biblioteca-tecnica. Acesso em: 13 nov. 2026.

FIORENTIN, Débora Pons; MARTÍN-GAMBOA, Mario; RAFAEL, Sandra; QUINTEIRO, Paula. Life cycle assessment of green roofs: a comprehensive review of methodological approaches and climate change impacts. *Sustainable Production and Consumption*, v. 45, p. 598–611, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.004.

GARCIA, Geovana Cristina Secco; SCHNEIDER, Vania Elisabete. A economia circular na construção civil: uma análise bibliométrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 33., 2025, Brasília. *Anais [...]*. Brasília: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2025.

INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS (IFAM). *Projeto Tons da Terra: a tinta ecológica à base de terra, água e cola*. In: FUNDAÇÃO BANCO

DO BRASIL. Transforma: tecnologias sociais. [S. l.]: FBB, [s.d.]. Disponível em: https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/projeto-tons-da-terra-a-tinta-ecologica-a-base-de-terra-agua-e-cola. Acesso em: 16 nov. 2026.

KIBERT, Charles J. *Sustainable construction: green building design and delivery*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2007.

LEÃO, Úrsula Maíra Maciel Rigon; LEÃO, Marlon; SANCHES, João Carlos Machado; SCHNEIDER, Karen Wrobel Straub; VALENZUELA, Rafaely Gianotto; SCHNEIDER, Roselene Maria. O cenário do gerenciamento de resíduos da construção civil no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. *Anais [...]*. Porto Alegre: ANTAC, 2024. p. 1–12. DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v20i1.6147. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/6147.

LIMA, Rosimeire Suzuki; LIMA, Ruy Reynaldo Rosa. *Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil*. Curitiba: CREA-PR, 2012. (Série de Publicações Temáticas do CREA-PR, 1). Disponível em: https://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf. Acesso em: 13 nov. 2026.

LOCH, Patricia; STOCKER, Sandra Mara; BERTOLINI, Geysler Rogis Flor. Plano de gerenciamento de resíduos da construção civil. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 8, n. 1, p. 100–122, 2019.

MIKHAILOVA, Irina. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos. *Economia e Desenvolvimento*, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 1–20, 2004.

MOREIRA, Marcello Queiroz; CARDOSO, Pedro Lima; ARANTES, Mariana Matos. Implantação de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. *Facit Business and Technology Journal*, v. 1, n. 56, 2024.

NASCIMENTO, Elias Ferreira; OLIVEIRA, Patrick Peres. Eficiência energética em edificações. *REMUNOM*, v. 7, n. 1, 2025.

NASCIMENTO, Emilli Rodrigues do; MORAIS, Denilson Pedro Ferreira de; LOPES, Shara Carvalho. Sustentabilidade na construção civil no Brasil. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 14, 2022.

OLIVEIRA, Rafael Mendes de; SOUZA, Carla Beatriz de; PEREIRA, Lucas Henrique dos Santos. Concreto sustentável. *Revista Brasileira de Materiais de Construção*, v. 11, n. 2, 2025.

PEIXOTO, Murilo Santos; PERES, José Victor de Moraes. A importância da mão de obra qualificada na construção civil. *Revista FT*, v. 27, n. 128, nov. 2023. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.10235628.

PIAUÍ. Lei nº 4.854, de 10 de julho de 1996. Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente do Estado do Piauí e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Piauí*: Teresina, n. 134, 12 jul. 1996.

PINTO, Tarcísio de Paula. *Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana*. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. DOI: 10.11606/T.3.1999.tde-22042026-113403.

PONTES, Ana Clara Silva. Estimativa de custos na fase inicial do projeto arquitetônico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA

DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2024. *Anais [...]*, 2024.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). *Emissões do setor de construção civil atingiram recordes em 2019 – relatório da ONU*. Nairóbi: PNUMA, 16 dez. 2020. Disponível em: https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-do-setor-de-construcao-civil-atingiram. Acesso em: 16 nov. 2026.

RODRIGUES MIRANDA, Diego; SERGELINA FERNANDES VELOSO, Estelamares; AUGUSTO OLIVEIRA, Guilherme; FERNANDES SOARES, Joaquim; MIRANDA PEREIRA, José Henrique; SOUZA, Pedro Leandro; FONSECA DIAS, Raphael. Estratégias inovadoras para minimização dos resíduos na construção civil: um estudo sobre RCC e sustentabilidade. *Revista Master – Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 10, n. 20, 2025. DOI: https://doi.org/10.47224/revistamaster.v10i20.676.

SEVERIANO JUNIOR, Antônio da Silva. Construção civil sustentável. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE*, v. 7, n. 3, 2021.

SILVA, Heloísa Maria de Oliveira e. *Economia circular e a construção civil*. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Faculdade de Economia, Administração, Contábeis e Atuariais, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2023.

SILVA, João Pedro da; OLIVEIRA, Maria Clara de; SANTOS, Lucas Ferreira dos. Inovação e sustentabilidade na construção civil. *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, v. 8, n. 2, 2023.

SILVA, Noame Pereira da. *Avaliação de práticas sustentáveis no gerenciamento de resíduos da construção civil: um estudo em canteiro de obras*. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2025.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SindusCon-SP). *Gestão ambiental de resíduos da construção civil: avanços institucionais e melhorias técnicas*. São Paulo: SindusCon-SP, 2015. 149 p.

SOBRINHO, Julia Fróes de Sousa. Sustentabilidade na construção civil: aplicação do sistema de gestão ambiental. *SouzaEAD Revista Acadêmica Digital*, Ipatinga, n. 62, jun. 2023.

SOUZA, A. R.; SILVA, M. S.; OLIVEIRA, J. P. Materiais sustentáveis na construção civil. *Revista Brasileira de Engenharia Civil*, v. 12, n. 2, 2024.

SULEIMAN, Ghaith Khalil Ahmad; SANTOS, Fladimir Fernandes dos; SOUSA, Marco Aurélio Batista de. A importância da etapa de triagem. *Conhecimento Interativo*, v. 17, n. 2, 2024.

TENORIO, Lucas Marçal Santana; KATO, Ricardo Bentes; NERY, Lucas Mateus da Costa; LEÃO, Cleyton Pantoja. Revisão sistemática sobre caracterização de argamassas de assentamento estrutural com materiais sustentáveis. *Revista Sociedade Científica*, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 226–238, 2025. DOI: https://doi.org/10.61411/rsc202593418. Disponível em: https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/934.

TERESINA. Lei Complementar nº 4.974, de 26 de dezembro de 2016. Institui o novo Código Tributário do Município de Teresina e dá

outras providências. *Diário Oficial do Município de Teresina*: Teresina, n. 1.998, 28 dez. 2016.

WORLD STEEL ASSOCIATION. *Climate change and the production of iron and steel*. Brussels: World Steel Association, 2025.

ZANIBONI, Matheus de Lorena; DE MARCO, Gerson; FLORIAN, Fabiana. Sustentabilidade na engenharia civil: inovações tecnológicas e a aplicação da tecnologia BIM. *RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar*, v. 3, n. 1, e361660, 2022. DOI: https://doi.org/10.47820/recima21.v3i1.1660.

---

[1] Discente do Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário Santo Agostinho, Campus Sul. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[2] Discente do Curso Superior de Engenharia Civil do Centro Universitário Santo Agostinho, Campus sul. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[3] Especialista em Gerenciamento de Obras e Tecnologia da Construção Civil pela Universidade Cidade de São Paulo (UNICID), com formação concluída em 2015, e graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), em 2012. Possui experiência acadêmica na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil, especialmente em Materiais e Componentes de Construção. Desenvolve atividades acadêmicas relacionadas ao planejamento e gerenciamento de obras, sustentabilidade na construção civil, saneamento básico e tecnologia dos materiais de construção. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail

[4] Doutora em Engenharia de Produção e coordenadora do Núcleo de Educação a Distância no Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA), com formação em Engenharia Agronômica, Processamento de Dados, Ciência Ambiental e Desenvolvimento e Meio Ambiente. E-mail: acesse o artigo original para visualizar o e-mail