

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Ursula Maira Maciel Rigon Leão

**PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA COM CERTIFICAÇÃO  
GBC NÍVEL PLATINA**

**SINOP**

**MATO GROSSO – BRASIL**

**2024**

I

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
CÂMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS NATURAIS, HUMANAS E SOCIAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

Ursula Maira Maciel Rigon Leão

**PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA COM CERTIFICAÇÃO  
GBC NÍVEL PLATINA**

Orientador(a): Dra. Roselene Maria Schneider

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso, Câmpus Universitário de Sinop, na área de concentração Biodiversidade e Bioprospecção, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Linha de pesquisa: Recursos Naturais.

**SINOP  
MATO GROSSO – BRASIL**

**2024**

## FICHA CATALOGRÁFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

L437p Leão, Urrula Matra Maciel Rigon.

Práticas de sustentabilidade na construção civil: estudo de caso de uma residência com certificação GBC nível platina [recurso eletrônico] / Urrula Matra Maciel Rigon Leão. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 53 f., il. color., pdf). -- 2024.

Orientadora: Roselene Maria Schneider.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Naturais, Humanas e Sociais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Sinop, 2024.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Green Building Council (GBC). 2. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. 3. Objetivo 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis. 4. Gerenciamento RCC. 5. PGRCC. I. Schneider, Roselene Maria, orientador. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

## FOLHA DE APROVAÇÃO



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**  
**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “Práticas de sustentabilidade na construção civil: estudo de caso de uma residência com certificação GBC nível platina”**

**AUTOR (A):** Mestranda Ursula Maira Maciel Rigon Leão

**Dissertação defendida e aprovada em 26/03/2024.**

### COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Presidente Banca Doutor(a) Roselene Maria Schneider  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
2. Orientador(a) Doutor(a) Roselene Maria Schneider  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
3. Examinador(a) Externo(a) Doutor(a) Julio César Beltrame Benatti  
Instituição : UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO - UNEMAT
4. Examinador(a) Interno(a) Doutor(a) KAROLINE CARVALHO DORNELAS  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
5. Examinador(a) Suplente Doutor(a) EDUARDO ALVES DE ALMEIDA  
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
6. Examinador(a) Suplente Doutor(a) Maicon José Hillesheim  
Instituição : Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)

**SINOP, 26/03/2024.**



Documento assinado eletronicamente por **ROSELENE MARIA SCHNEIDER, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 03/04/2024, às 12:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **KAROLINE CARVALHO DORNELAS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 03/04/2024, às 12:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Julio César Beltrame Benatti, Usuário Externo**, em 03/04/2024, às 14:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

## AGRADECIMENTOS

Ao meu esposo Marlon Leão, por todo incentivo e apoio durante essa jornada. À Ecohaus Construção Sustentável, pela enriquecedora oportunidade de acompanhar a Residência Ecohaus Mariscal, desde a concepção até a entrega final da edificação. À minha orientadora professora Dra. Roselene Maria Schneider pelo suporte, disponibilidade e aprendizado durante todo o desenvolvimento do trabalho. Aos professores avaliadores Dr. Flávio Alessandro Crispim, Dr. Júlio César Beltrame Benatti e Dra. Karoline Carvalho Dornelas, que contribuíram significativamente para a melhoria da dissertação. À CAPES, pela bolsa concedida para realização dessa pesquisa e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCAM) e a Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) pelo percurso acadêmico que me tornou mestre.

## RESUMO

A construção civil é relevante para o desenvolvimento socioeconômico dos países. Por outro lado, a construção de novos edifícios, reformas e demolições exercem alta demanda por recursos naturais ao mesmo tempo que geram grande quantidade de resíduos poluidores do meio ambiente. Nesse cenário, esforços vêm sendo realizados ao redor de todo o mundo para minimizar e mitigar os impactos dos Resíduos da Construção Civil (RCC), como a implementação de aspectos normativos e a prática da sustentabilidade no setor. Com isso, no Brasil, foi implementado o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) e também foram desenvolvidos a Hierarquia dos Resíduos e os conceitos de Reduzir, Reusar e Reciclar (3R's), como estratégias para o gerenciamento dos RCC. Contudo, há diversos fatores que limitam a prática do gerenciamento de resíduos. Diante desse cenário, esse trabalho desenvolveu dois artigos relacionados com a temática supracitada. O primeiro artigo, Capítulo I, é uma revisão de literatura sobre o panorama nacional do gerenciamento de resíduos da construção civil, abordando assuntos importantes relacionados ao tema. Para isso, foram selecionados artigos nacionais e internacionais, dos últimos dez anos, das bases de dados *Scielo*, *Science Direct* e Periódicos Capes. As principais conclusões da revisão são: os aspectos normativos vigentes no país, nos âmbitos municipal, estadual e federal são negligenciados, em sua maioria; o gerenciamento de resíduos ainda não é uma prioridade nos edifícios verdes (edifícios sustentáveis); os PGRCC's não são consolidados em várias cidades e existe escassez de ferramentas para torná-los mais eficientes, e a reciclagem, por sua vez, enfrenta grandes desafios como mercado incipiente e elevados custos de transporte. Nesse sentido, é necessário que aconteçam esforços de todos os envolvidos na temática, nos âmbitos público e privado, para reformular, ajustar, melhorar, qualificar, coordenar, incentivar e fiscalizar de maneira eficaz grande parte dos aspectos relacionados ao gerenciamento de resíduos da construção civil no Brasil. O segundo artigo, Capítulo II, apresenta o gerenciamento dos RCC da Residência Ecohaus Mariscal, edificação certificada pela *Green Building Council* (GBC) Brasil no nível platina. A metodologia consistiu em: (1) elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, (2) quantificação de resíduos gerados, reutilizados, reciclados e descartados e (3) acompanhamento do gerenciamento de resíduos desde o planejamento até a entrega final da residência. Ao final, foi verificada a reutilização e reciclagem de 100% dos resíduos gerados das Classes A, B e D, definidos pela Resolução CONAMA nº307/2002, representando 96,53%, em massa, do total de resíduos gerados. O gerenciamento de resíduos com este nível de reutilização e reciclagem se mostrou alcançável e pode-se concluir que as medidas utilizadas são praticáveis e compatíveis com a maioria das obras residenciais.

## ABSTRACT

The civil construction is a relevant activity for the socioeconomic countries' development. On the other hand, the construction of new buildings, reforms and demolitions place a high demand on natural resources while generating a large waste amount that pollutes the environment. In this scenario, efforts are being made around the world to minimize and mitigate the impacts of Civil Construction Waste (CCW), such as regulatory norms established and the sustainability practice in the sector. From this, in Brazil, the Civil Construction Waste Management Plan (PGRCC) was implemented as a tool and the Waste Hierarchy and the concepts of Reduce, Reuse and Recycle (3R's) were also developed as strategies for the waste management. However, there are several factors that limit the practice of waste management. Given this scenario, this work developed two articles related to this subject. The first article, Chapter I, is a literature review about a national panorama of construction waste management, addressing important issues related to the topic. For this, national and international articles from the last ten years were selected from the Scielo, Science Direct and *Periódicos Capes* databases. The main conclusions of the review are: the regulatory norms in the country are neglected at most municipal, state and federal levels; waste management is not yet a priority for green buildings (sustainable buildings); PGRCC's are not consolidated in several cities and there is a shortage of tools to make them more efficient and for the last, recycling, faces major challenges such as an incipient market and high transport costs. Because of this, efforts must be made by everyone involved in the area, at public and private levels, to reformulate, adjust, improve, qualify, coordinate, encourage and effectively monitor most of the aspects related to construction waste management in Brazil. The second article, Chapter II, presents the CCW management of the Ecohaus Mariscal Residence, a building certified by the Green Building Council (GBC) Brazil at the platinum level. The methodology consisted of: (1) elaboration of a Civil Construction Waste Management Plan, (2) quantification of waste generated, reused, recycled and discarded and (3) waste management monitoring from planning to final delivery of the residence. In the end, the reuse and recycling of 100% of the waste generated from Classes A, B and D, defined by CONAMA Resolution N°307/2002, was verified, representing 96.53%, by mass, of the total waste generated. Waste management with this level of reuse and recycling proved to be achievable and it can be concluded that the measures used are practicable and compatible with most residential constructions.

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

3R's - Reduzir, Reusar e Reciclar

4R's - Reduzir, Reusar, Reciclar e Recuperar

9R's - Recusar, Repensar, Reduzir, Reusar, Reparar, Reformar, Remanufaturar, Reaproveitar, Reciclar, Recuperar

ABRAINCA - Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias

ABRECON - Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição

ABREMA - Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente

AQUA - Alta Qualidade Ambiental

CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono

BEAM - *Building Environmental Assessment Method*

BIM - *Building Information Modeling*

BREEAM - *European Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

CERCLA - Lei de Compensação e Responsabilidade de Resposta Ambiental Abrangente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

GBC - *Green Building Council*

GBEL - *China's Green Building Evaluation Label*

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

NBR - Norma Brasileira

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU - Organizações das Nações Unidas

PIB - Produto Interno Bruto

PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RCC - Resíduos da Construção Civil

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SEMASA - Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André

ZWI - *Zero Waste Index*

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1: Etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). ...	22
Figura 2: Residência Ecohaus Mariscal.....	23
Figura 3: Imagens de medidas adotadas para o manejo dos resíduos - Armazenamento dos resíduos nas baias (a); Acondicionamento dos resíduos em bags (b); Transporte das madeiras para trituração (c); Transporte dos resíduos para reciclagem (d). ....	28
Figura 4: Imagens de medidas adotadas na obra para a redução da geração de resíduos - Abrigo das madeiras (a); Argamassa usinada (b); Paginação de pisos otimizada (c). ....	29
Figura 5: Imagens de medidas adotadas na obra para a reutilização dos resíduos - Cortes de paredes reutilizados como material de enchimento no contra piso (a); Sobras de madeiras trituradas reutilizadas como isolante térmico e acústico (b); Embalagens de papelões reutilizadas como proteção de piso (c). ....	30
Figura 6: Imagens de medidas adotadas para reciclagem dos resíduos – Papéis para reciclagem (a); Papelões para reciclagem (b); Aço para reciclagem (c). ....	30

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Classes de resíduos da construção civil. ....	10
Tabela 2: Classes, tipologias e composição média dos RCC. ....	23
Tabela 3: Peso específico adotado. ....	25
Tabela 4: Classes, tipologia e composição dos RCC estimados e gerados da Residência Ecohaus Mariscal.....	26
Tabela 5: Destinação dos resíduos.....	27
Tabela 6: Quantidades de resíduos reutilizados e reciclados.....	32

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO</b> .....	1
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	2
<b>CAPITULO I</b> .....	4
<b>RESUMO</b> .....	5
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. DESENVOLVIMENTO</b> .....	7
<b>2.1 Sustentabilidade na Construção Civil</b> .....	7
<b>2.2 Aspectos Normativos</b> .....	8
<b>2.3 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)</b> .....	9
2.3.1 <i>Caracterização dos Resíduos da Construção Civil (RCC)</i> .....	9
2.3.2 <i>Previsão da Quantidade de Resíduos Gerados</i> .....	11
2.3.3 <i>Manejo dos Resíduos</i> .....	11
2.3.4 <i>Hierarquia dos Resíduos e o Princípio dos 3 R's (Redução, Reutilização e Reciclagem)</i> 12	
<b>2.4 Gerenciamento de Resíduos no Projeto e na Obra</b> .....	13
<b>3. CONCLUSÕES</b> .....	14
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	14
<b>CAPITULO II</b> .....	18
<b>RESUMO</b> .....	19
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	20
<b>2. MATERIAL E MÉTODO</b> .....	22
<b>2.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)</b> .....	22
2.1.1 <i>Caracterização do Empreendimento e dos Resíduos</i> .....	22
2.1.2 <i>Previsão da Quantidade de Resíduos Gerados</i> .....	23
2.1.3 <i>Descrição do Manejo dos Resíduos</i> .....	24
2.1.4 <i>Descrição das Iniciativas de Redução, Reutilização e Reciclagem dos Resíduos</i> .....	24
<b>2.2 Quantificação dos Resíduos Gerados, Reutilizados, Reciclados e Destinados ao Aterro</b> .....	25
<b>2.3 Acompanhamento do Gerenciamento dos RCC durante Projeto e Obra</b> .....	25
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
<b>3.1 A Sustentabilidade na Residência Ecohaus Mariscal</b> .....	25
<b>3.2 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)</b> .....	26
3.2.1 <i>Previsão da Quantidade de Resíduos Gerados versus Quantidade Real Gerada</i> .....	26
3.2.2 <i>Manejo dos Resíduos</i> .....	27
3.2.3 <i>Práticas de Redução, Reutilização e Reciclagem dos Resíduos</i> .....	28

<b>3.3 Obstáculos do Gerenciamento.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Quantidades de Resíduos Reutilizados e Reciclados.....</b>	<b>32</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## INTRODUÇÃO GERAL DA DISSERTAÇÃO

A construção civil é relevante para o desenvolvimento socioeconômico do país. O setor tem participação significativa no Produto Interno Bruto (PIB), de aproximadamente 10%, sendo um forte gerador de empregos: 253,8 mil novas vagas em 2023 (TAFESSE; GIRMA; DESSALEGN, 2022; ABRAIN, 2023). Por outro lado, a construção civil gera toneladas de resíduos, cerca de 45 milhões de toneladas em 2022, vindos das construções de novos edifícios, reformas e demolições (ABREMA, 2023; THIVES; GHISI; THIVES JÚNIOR, 2022).

Dada a continuidade da geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC) e a prática comum da incorreta disposição dos mesmos, os RCC causam impactos ambientais negativos como: poluição do meio ambiente, consumo de recursos naturais e emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018; MA *et al.*, 2023).

Nesse cenário, esforços vêm sendo realizados ao redor de todo o mundo para minimizar e mitigar os impactos dos RCC. Dentre eles destacam-se os aspectos normativos e a prática da sustentabilidade no setor. No Brasil, em âmbito nacional, os aspectos normativos vigentes são a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) Lei nº307 de 5 de julho de 2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2002; BRASIL, 2010). Estas normativas implementaram o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que é considerado a ferramenta mais eficiente para a prática do gerenciamento de resíduos (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018). A sustentabilidade, por sua vez, trouxe a Hierarquia dos Resíduos e os conceitos de Reduzir, Reusar e Reciclar (3R's), que são os mais utilizados em nível mundial (ZHANG *et al.*, 2023).

Contudo, a prática do gerenciamento de resíduos é um desafio frente às dificuldades encontradas. Aspectos normativos negligenciados, PGRCC's não consolidados, escassez de metodologias, falta de conhecimento e de comprometimento dos envolvidos na área, mercado incipiente para reciclagem, baixo custo de disposição dos RCC em aterros e disponibilidade de recursos naturais e de áreas de aterro são os principais fatores limitantes do gerenciamento dos RCC (ROSADO; PENTEADO, 2019; LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019; CASTRO; SILVA; ATAÍDE, 2022; OLULEYE; CHAN; OLAWUMI, 2022).

Diante desse cenário, neste trabalho foram desenvolvidos dois artigos relacionados com a temática supracitada.

O primeiro artigo, Capítulo I, é uma revisão de literatura sobre o panorama nacional do gerenciamento de resíduos da construção civil, abordando assuntos importantes relacionados

ao tema, como: a sustentabilidade na construção civil, aspectos normativos, os planos de gerenciamento de resíduos e o gerenciamento de resíduos durante projeto e obra.

O segundo artigo, Capítulo II, apresenta o gerenciamento dos RCC da Residência Ecohaus Mariscal, edificação certificada pela *Green Building Council* (GBC) Brasil no nível platina, por meio da descrição das etapas do PGRCC e da quantificação dos resíduos gerados, reutilizados, reciclados e descartados em aterro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAIN. Informativo Econômico. 2023.

ABREMA. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. 2002.

BRASIL. LEI 12.305: Política Nacional de Resíduos Sólidos. p. 1–19, 2010.

CASTRO, V. R.; SILVA, M. P.; ATAÍDE, C. A. V. A falha no cumprimento da Lei nº 12.305/10 e Resolução CONAMA 307/02: Jóquei, Teresina – PI. *Educação Ambiente em Ação*, p. 1–18, 2022.

COELHO JÚNIOR, C. *et al.* Importância do gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. *Research, Society and Development*, v. 7, p. 0–14, 2018.

GÁLVEZ-MARTOS, J. L. *et al.* Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 136, n. April, p. 166–178, 2018.

LOCH, P.; STOCKER, S. M.; BERTOLINI, G. R. F. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Uma revisão sistemática da produção científica brasileira de 2003 a 2016. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS*, 2019.

MA, W. *et al.* Towards a circular economy for construction and demolition waste management in China: Critical success factors. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 35, n. January, p. 101226, 2023.

OLULEYE, B. I.; CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O. Barriers to circular economy adoption and concomitant implementation strategies in building construction and demolition waste management : A PRISMA and interpretive structural modeling approach. *Habitat International*, v. 126, n. April, p. 102615, 2022.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Avaliação do ciclo de vida do Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da Região Metropolitana de Campinas. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, p. 71–82, 2019.

TAFESSE, S.; GIRMA, Y. E.; DESSALEGN, E. Analysis of the socio-economic and environmental impacts of construction waste and management practices. *Heliyon*, v. 8, n. December 2021, p. e09169, 2022.

THIVES, L. P.; GHISI, E.; THIVES JÚNIOR, J. J. An outlook on the management of construction and demolition waste in Brazil. *Cleaner Materials*, v. 6, n. September, p. 100153, 2022.

ZHANG, K. *et al.* How construction and demolition waste management has addressed sustainable development goals: Exploring academic and industrial trends. *Journal of Environmental Management*, v. 345, n. September, p. 118823, 2023.

**CAPITULO I****GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL**

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Revista Ambiente & Sociedade*, ao qual o presente trabalho será submetido.

## RESUMO

O setor da construção civil, apesar de sua relevância socioeconômica, é responsável pela geração de uma grande quantidade de Resíduos da Construção Civil (RCC) em todo o mundo. Em consequência, problemas ambientais são gerados como a poluição do meio ambiente, o consumo de recursos naturais e as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Vários esforços internacionais vêm sendo realizados para minimizar e mitigar tais impactos. Dentre estes, é possível destacar a implantação de aspectos normativos e a promoção da sustentabilidade no setor da construção civil. Da mesma forma, no cenário nacional, há aspectos normativos e organizações que atestam a sustentabilidade por meio de selos e certificações para edifícios verdes (edifícios sustentáveis), como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED). A ferramenta mais eficiente para a prática do gerenciamento dos RCC é o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). Nesse contexto, a Hierarquia dos Resíduos e a Redução, Reutilização e Reciclagem (3R's) são os conceitos mais aplicados. Diante disso, este estudo tem como objetivo fornecer um panorama sobre a gestão dos RCC no Brasil, abordando assuntos importantes relacionados ao tema. Para isso, foram selecionados artigos nacionais e internacionais, dos últimos dez anos, das bases de dados *Scielo*, *Science Direct* e Periódicos Capes. As principais conclusões da revisão são: os aspectos normativos vigentes são negligenciados na maioria dos âmbitos municipais, estaduais e federal; o gerenciamento de resíduos ainda não é uma prioridade das entidades que auditam a sustentabilidade da construção; os PGRCC's não são consolidados em várias cidades do país e existe escassez de ferramentas para torná-los mais eficientes e a reciclagem, por sua vez, enfrenta grandes desafios como mercado incipiente e custos elevados de transportes. Nesse sentido, é necessário que aconteça esforços de todos os envolvidos na temática, nos âmbitos público e privado, para reformular, ajustar, melhorar, qualificar, coordenar, incentivar e fiscalizar de maneira eficaz os vários aspectos relacionados ao gerenciamento de resíduos da construção civil no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** sustentabilidade, ODS, PGRCC, hierarquia dos resíduos, 3R's.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil, apesar de sua relevância socioeconômica, é responsável pela geração de toneladas de resíduos em todo o mundo. Na Europa, a construção civil é responsável por cerca de 46% dos resíduos sólidos gerados no continente (820 milhões de toneladas). Nos Estados Unidos, a quantidade gerada é maior que o dobro da quantidade de resíduos sólidos urbanos (548 milhões de toneladas), e na China, os Resíduos de Construção Civil (RCC) representam 35% dos resíduos sólidos totais (mais de 2 mil milhões de toneladas) (MA *et al.*, 2023). A Europa, Estados Unidos e China são considerados os maiores geradores de RCC do mundo (ZHANG *et al.*, 2022).

No Brasil, a construção civil gerou aproximadamente 45 milhões de toneladas de RCC em 2023, sendo responsável por 40 a 60% dos resíduos sólidos totais gerados no país (ABREMA, 2023; LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019). A poluição do meio ambiente, o consumo de recursos naturais e as emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são os principais problemas acarretados pela geração de RCC (MA *et al.*, 2023).

Vários esforços para minimizar e mitigar esses problemas vem sendo realizados. O primeiro a ser observado é a implantação de aspectos normativos. Nos Estados Unidos destaca-se a Lei de Compensação e Responsabilidade de Resposta Ambiental Abrangente (CERCLA) e na China o Regulamento de Gestão de Resíduos de Construção Urbana e a Lei de Prevenção da Poluição por Resíduos Sólidos (ASLAM; HUANG; CUI, 2020).

No Brasil, os aspectos normativos vigentes são a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), Lei nº307 de 5 de julho de 2002 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº12.305 de 2 de agosto de 2010 (BRASIL, 2002; BRASIL, 2010). Ambas as leis dispõem de definições, diretrizes e deveres para os geradores de resíduos da construção civil. Contudo, o cumprimento desses aspectos é comprometido em nível nacional, havendo diversas falhas nos âmbitos municipais, estaduais e federal (CASTRO; SILVA; ATAÍDE, 2022).

Outro esforço para promover o gerenciamento dos RCC é a prática da sustentabilidade na construção civil alinhada aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU,2015). O conceito de sustentabilidade, que traz a ideia de equilíbrio entre meio ambiente, economia e sociedade, é foco de organizações que oferecem selos e certificados para edifícios verdes (SANTOS *et al.*, 2020). O *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) é a metodologia mais utilizada mundialmente. As certificações LEED avaliam aspectos relacionados à saúde e conforto, eficiência energética, uso da água, do solo e de materiais, qualidade urbana, poluição e práticas sociais. Contudo, observa-se que as pontuações mais baixas dos edifícios verdes são nas categorias relacionadas ao gerenciamento de resíduos (OBATA *et al.*, 2019).

Para a prática do gerenciamento dos RCC, a ferramenta mais eficiente é o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018). No Brasil, o PGRCC foi implementado pela Lei nº307/2002 e pela PNRS - Lei 12.305/2010 e foi considerado obrigatório para os geradores de RCC (BRASIL, 2002; BRASIL, 2010). Seu conteúdo deve apresentar informações sobre os empreendimentos, os tipos de resíduos e quantidades que serão geradas, a descrição do manejo dos resíduos e as estratégias que serão utilizadas para a prática do gerenciamento dos RCC. Todavia, a elaboração dos PGRCC's ainda não é um ato consolidado no país (LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019).

A Hierarquia dos Resíduos e os 3R's são os conceitos mais utilizados, em nível mundial, para o gerenciamento de resíduos (ZHANG *et al.*, 2023). A Hierarquia dos Resíduos estipulou uma ordem de prioridade para a gestão dos RCC, sendo essa ordem conhecida como 3R's, 4R's e até mesmo 9R's em adaptações mais recentes (ZHANG *et al.*, 2022). O conceito dos 3R's trabalha as estratégias de reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos. Na redução, o planejamento dos projetos e das quantidades de materiais e a minimização dos erros de execução são as práticas de maior sucesso (KABIRIFAR *et al.*, 2020a). No reuso, a prática mais comum é o emprego dos RCC das Classes A e B como agregados (FILHO *et al.*, 2015). Por último, para a reciclagem os materiais como: concreto, aço, madeira, plásticos e papelões podem substituir matérias primas virgens na produção de novos materiais (KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Contudo, várias dificuldades são apontadas na aplicabilidade dessas estratégias, como a falta de cooperação e conhecimento da equipe, o armazenamento incorreto de materiais, o mercado incipiente e os elevados custos de transportes para reciclagem (HUANG *et al.*, 2017).

Realizar o gerenciamento de resíduos é uma ação desafiadora frente às dificuldades encontradas. Diante disso, este artigo tem como objetivo fornecer um panorama sobre a gestão dos RCC no Brasil, abordando assuntos importantes relacionados ao tema, como: a sustentabilidade na construção civil, aspectos normativos, os planos de gerenciamento de resíduos e o gerenciamento de resíduos durante projeto e obra.

## 2. DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Sustentabilidade na Construção Civil

Várias definições apontam a sustentabilidade como o equilíbrio entre três elementos: meio ambiente, economia e sociedade. Da mesma forma, na construção civil esses termos são considerados os pilares da construção sustentável. Os princípios da construção sustentável abrangem todo o ciclo de vida da construção, desde o planejamento até sua demolição (SANTOS *et al.*, 2020). A prática da sustentabilidade no setor traz ganhos nos três elementos citados (ambiente, economia e sociedade). Os ganhos ambientais envolvem economia de recursos naturais e redução da poluição no solo, água e ar. Os ganhos econômicos visam, por exemplo, o montante que a reciclagem de materiais pode gerar para a economia local e por último, os ganhos sociais estão relacionados a geração de emprego e renda, inclusão social e educação e desenvolvimento de uma cultura ambiental (SOUZA *et al.*, 2016). Todos estes ganhos se alinham aos ODS, por exemplo Objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, entre outros (ONU, 2015), e ao conceito de economia circular (OLULEYE; CHAN; OLAWUMI, 2022).

No cenário internacional, a sustentabilidade na construção civil é incentivada por sistemas de classificação de edifícios verdes, que fazem avaliações e certificações. Alguns exemplos são: *China's Green Building Evaluation Label* (GBEL), *Australia's Green Star*, *European Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), *Hong Kong's Building Environmental Assessment Method* (BEAM) Plus e o LEED (CHI *et al.*, 2020).

Da mesma forma, no Brasil, a sustentabilidade na construção civil encontra-se mais fortalecida por organizações que oferecem selos e certificados para edifícios sustentáveis. Alguns exemplos são o LEED, a Alta Qualidade Ambiental (AQUA), o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) Edifica e o Selo Azul da Caixa. A metodologia dessas organizações envolve aspectos relacionados à saúde e conforto, eficiência energética, uso da água, do solo e

de materiais, qualidade urbana, poluição e práticas sociais. Construtoras estão aderindo a essas certificações afim de agregar valor aos seus empreendimentos, tornarem-se mais competitivas no mercado e emergirem estratégias sustentáveis de longo prazo (DE CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2017).

Dentro dessa temática da sustentabilidade na construção civil, o gerenciamento dos RCC é um aspecto de enfoque. É crescente o número de empresas, entre outros segmentos do setor, que passaram a incorporar em suas obras soluções sustentáveis, como o monitoramento do consumo de recursos e de novas tecnologias para reciclagem e reutilização dos diversos tipos de resíduos gerados (LIMA *et al.*, 2021). Contudo, nota-se que os esforços ainda não são suficientes para o gerenciamento de resíduos ser prioridade nos edifícios verdes, pois as pontuações mais baixas dos edifícios certificados estão relacionadas ao gerenciamento de resíduos. Isso se deve, entre outros fatores, aos custos e prazos elevados do processo (OBATA *et al.*, 2019).

## 2.2 Aspectos Normativos

Os aspectos normativos para minimizar os efeitos dos RCC são notados em nível internacional. Nos Estados Unidos, esforços nesse sentido foram feitos a partir de 1969, na Europa a partir de 1975 e na China esse passo foi dado mais recente, a partir de 2006 (ASLAM; HUANG; CUI, 2020; ZHANG *et al.*, 2022). Atualmente, todos os atores supracitados possuem normativas específicas que definem responsabilidades e deveres para os geradores de RCC. Nos Estados Unidos, a principal normativa é a Lei de Compensação e Responsabilidade de Resposta Ambiental Abrangente (CERCLA) e na China pode-se destacar o Regulamento de Gestão de Resíduos de Construção Urbana e a Lei de Prevenção da Poluição por Resíduos Sólidos. Ambos países conduzem em suas normativas a prática da redução, reuso e reciclagem dos RCC (ASLAM; HUANG; CUI, 2020). Na União Europeia, o quadro regulamentar dos países também converge para o mesmo objetivo, segregar, recuperar e reciclar os RCC (SOTO-PAZ *et al.*, 2023).

No cenário brasileiro, a primeira forma adequada para gerenciar os RCC foi apresentada na tese de Pinto (1999). Esse trabalho posteriormente serviu de base para a implementação da Resolução CONAMA nº307/2002. A resolução tem como objetivo estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais (BRASIL, 2002).

Em resumo, a Resolução CONAMA nº307/2002 definiu responsabilidades e deveres para os municípios, pequenos e grandes geradores de RCC (BRASIL, 2002). Além disso, a resolução fixou prazos para as administrações municipais elaborarem e implantarem planos de gestão para os RCC. Desde então, a resolução sofreu algumas alterações com finalidade de adequá-la a realidade da sociedade, sendo elas as Resoluções CONAMA nº 348/2004b, nº 431/2011 e nº 448/2012 (BRASIL, 2004; BRASIL, 2011; BRASIL, 2012).

Em 2010 foi aprovada a Lei nº12.305 que instituiu a PNRS. A lei dispõe sobre princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos; às responsabilidades dos geradores e do poder público, e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010). Em outras palavras, a PNRS passou a exigir a integração dos planos de gestão nacional, estadual e municipal, visando eliminar a disposição irregulares dos RCC e fomentar e estimular a formalização das atividades de gestão e reciclagem (CASTRO; SILVA; ATAÍDE, 2022).

Apesar das normativas existentes possuírem mais de uma década, muitos municípios ainda não possuem o seu modelo de plano de gerenciamento de resíduos condizente com os requisitos exigidos (LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019). Quanto aos poucos municípios que possuem o plano, nota-se que eles não estão de acordo com o previsto nas legislações (SILVA; LOPES, 2020). Com isso, é possível concluir que grande parte dos municípios não cumpriram os prazos estabelecidos em lei e que o governo não realizou a fiscalização devida em relação ao cumprimento das regulamentações (LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019).

### **2.3 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)**

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é definido como instrumento do gerenciamento de resíduos e é obrigatório para as empresas de construção civil. O PGRCC deve ter o seguinte conteúdo mínimo: descrição do empreendimento, origem, volume e caracterização dos resíduos, definição de procedimentos, identificação de soluções e ações preventivas, corretivas e de responsabilidade compartilhada (BRASIL, 2010).

O PGRCC também deve apresentar as seguintes etapas: caracterização, que seria a identificação e quantificação dos resíduos; triagem, que deve ser realizada na origem respeitando as classes de resíduos estabelecidas; acondicionamento, que deve garantir as condições de reutilização e reciclagem; transporte, que deve ser realizado de acordo com as normas vigentes e destinação, onde resíduos da Classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados; Classe B deverão ser reutilizados ou reciclados e Classe C e Classe D deverão ser destinados em conformidades com as normas técnicas específicas (BRASIL, 2002).

As instruções dadas pela Resolução CONAMA nº307/2002 e pela Lei PNRS nº12.305/2010 são diretrizes para a elaboração do PGRCC e não um modelo padrão a ser seguido. Dessa forma, cabe ao município elaborar as diretrizes relacionadas ao gerenciamento de resíduos, as responsabilidades das pessoas físicas ou jurídicas envolvidas com o processo, bem como fiscalizar se a resolução vem sendo cumprida (BRASIL, 2002).

De acordo com o estudo de Coelho Júnior *et al.* (2018) *apud* Jacques (2013), o PGRCC após desenvolvido e executado apresentou eficiência de 95,83% em termos de redução de geração de resíduos. Os autores destacam a importância e a necessidade da implantação do PGRCC para minimizar a produção de resíduos, reduzir desperdícios e evitar os danos causados ao meio ambiente.

Na Europa, os PGRCC são considerados uma das melhores ferramentas para o gerenciamento dos RCC. Os planos são elaborados em níveis nacional, regional e local. O plano nacional, por exemplo, contempla aspectos como: identifica e quantifica oportunidades de gerenciamento dos RCC, envolve partes interessadas da indústria da construção, define metas de gestão dos RCC e políticas ambientais, prioriza a prevenção de resíduos e fornece uma estrutura regulatória realista para a indústria (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018).

#### **2.3.1 Caracterização dos Resíduos da Construção Civil (RCC)**

Os RCC são definidos pela Resolução CONAMA nº307/2002, como:

“...os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como:

tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, calça ou metralha (BRASIL, 2002).”

É possível observar que os RCC compõem uma vasta variedade de materiais, desde materiais combustíveis; agregados, aglomerantes, bem como dos gêneros da manufatura, dentre outros (PAULO *et al.*, 2019). Com isso, para possibilitar o gerenciamento desses resíduos a Resolução CONAMA nº307/2002 dividiu os RCC em quatro classes, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Classes de resíduos da construção civil.

Classes	Origem	Tipo de resíduos
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
B	São os resíduos recicláveis para outras destinações.	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros.
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação.	Não especificado.
D	São os resíduos perigosos ou contaminados.	a) oriundos de processo de construção: tintas, solventes, óleos, amianto e outros, b) oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: Resolução CONAMA Lei nº307 (2002) e suas alterações Lei nº 348 (2004) e Lei nº 431 (2011).

O conhecimento da classificação dos RCC é de fundamental importância para o seu processo de gerenciamento, pois ele auxiliará em todo o manejo, desde a geração até o descarte final dos resíduos (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018).

A classificação dos RCC, principalmente no aspecto da periculosidade, também é uma prática consolidada internacionalmente. Na Europa por exemplo, existe o Catálogo Europeu de Resíduos, que divide os RCC em nove categorias (BAO; LU, 2023).

### 2.3.2 Previsão da Quantidade de Resíduos Gerados

O levantamento da quantidade e tipos de resíduos que serão gerados em uma obra é de suma importância para a elaboração de um PGRCC eficiente (BESSA; MELLO; LOURENÇO, 2019) e é o primeiro passo para qualquer esforço de minimização dos resíduos (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Entretanto, a previsão assertiva é um dos aspectos mais críticos para o gerenciamento dos RCC (PAZ; LAFAYETTE; SOBRAL, 2022).

Observa-se na literatura a escassez de ferramentas para essa etapa. As que são disponíveis apresentam limitações, como muito tempo despendido ou previsões não assertivas, tornando-se pouco conveniente os seus usos. Alguns autores têm considerado a aplicação do *Building Information Modeling* (BIM) para esta função. Todavia, resultados obtidos apontaram que o emprego do BIM possibilitou estimar com limitações a quantidade e o custo de retirada dos RCC (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Outros autores desenvolveram modelos lineares para previsão da geração de resíduos, entretanto apesar dos resultados satisfatórios, o desenvolvimento de tais modelos é muito complexo (SANTOS *et al.*, 2023; CAETANO; FAGUNDES; GOMES, 2018). O desenvolvimento de *softwares* também foi citado por alguns autores, contudo os mesmos precisam de uma grande base de dados para gerarem resultados confiáveis (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012; PAZ; LAFAYETTE; SOBRAL, 2022).

Paulo *et al.* (2019) afirmaram que para mensurar a quantidade de resíduos que serão gerados, pode-se utilizar dados em forma de estimativas e percentuais com base nas áreas construídas. Essa forma é utilizada por exemplo pelo Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (SEMASA) em seu Modelo para Elaboração do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PGRCC (SEMASA SANEAMENTO AMBIENTAL, 2021). Contudo, tais estimativas dependem das características e técnicas construtivas de cada empreendimento e, uma vez que, a construção civil é um processo artesanal, os valores da geração de resíduos podem apresentar muitas variações.

### 2.3.3 Manejo dos Resíduos

O manejo dos resíduos consiste nas etapas de segregação e triagem, acondicionamento e armazenamento, coleta, transporte e destinação final (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018). A segregação e triagem são etapas relevantes para definir quais serão as alternativas de reutilização, reciclagem e disposição final dos resíduos. Isso porque, as características dos resíduos gerados são diferentes e pela segregação e triagem é possível identificar os tipos de resíduos e designá-los para sua destinação adequada (PAULO *et al.*, 2019). Entretanto, essas etapas são frequentemente negligenciadas, inviabilizando a reutilização e a reciclagem (ROSADO; PENTEADO, 2019).

Em resumo, o manejo dos resíduos são ações que vão viabilizar na prática o gerenciamento, sendo considerado um fator crítico de sucesso (MA *et al.*, 2023). As etapas desenvolvidas dentro de canteiro de obras são a segregação, acondicionamento e armazenamento, sendo de responsabilidade da equipe da obra. As etapas de coleta, transporte e disposição final são feitos por empresas autorizadas e especializadas (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018).

### 2.3.4 Hierarquia dos Resíduos e o Princípio dos 3 R's (Redução, Reutilização e Reciclagem)

A origem da Hierarquia dos Resíduos se deu em 1979, proposta pelo político holandês Ad Lansink em uma ilustração com a ordem de preferência para gestão dos resíduos, com “reduzir” no topo e “aterro” na parte inferior. Este conceito evoluiu gradualmente para a Hierarquia dos Resíduos como é conhecida atualmente (ZHANG *et al.*, 2022).

No Brasil, o mesmo conceito foi trazido pela PNRS nº12.305/2010 em seu art. 9º, que diz:

“Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).”

Embora a hierarquia inclua cinco etapas, a Redução, Reuso e Reciclagem (3R's) são considerados as principais estratégias, mais aceitáveis e aplicáveis para a gestão dos RCC (ZHANG *et al.*, 2023).

A redução é a medida que tem a maior prioridade no gerenciamento porque ela acarreta menos impactos negativos ao meio ambiente (ISMAEEL; KASSIM, 2023). Esta pode ser alcançada por meio do planejamento dos projetos e das quantidades de materiais e da minimização dos erros de execução. No entanto, a comunicação vulnerável e a não cooperação dos envolvidos no processo podem gerar barreiras na implantação dessa medida (KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Os projetos são fundamentais para o desenvolvimento e implementação de práticas sustentáveis (ALVES; BORGES; DE NADAE, 2021). Eles também contribuem para minimização dos resíduos provocados por erros de execução, na ordem de 36%. Além disso, o planejamento das quantidades de materiais pode diminuir as quantidades de desperdícios dos materiais adquiridos, na ordem de 40% (NEZHADDEHGHAN; ANSARI; BANIHASHEMI, 2023).

Em sequência, o reuso é a medida que visa o reaproveitamento dos resíduos para outro fim (ISMAEEL; KASSIM, 2023). De acordo com Kabirifar *et al.* (2020a) vários tipos de materiais de construção podem ser recuperados de canteiros de obras, reformas e demolições e depois vendidos, armazenados para uso posterior ou reutilizados no projeto atual. Entretanto, o manuseio e o armazenamento incorreto desses materiais podem contaminá-los ou torná-los inadequados para sua reutilização. Também, a falta de orientação para triagem eficaz, falta de conhecimento de padrões para reutilização e mercado subdesenvolvido são dificuldades encontradas para a prática dessa medida (HUANG *et al.*, 2017). O reuso se aplica basicamente a Classe A dos RCC, pois são materiais que podem ser 100% reutilizáveis ou recicláveis na forma de agregados (BRASIL, 2002).

Por fim, a reciclagem consiste no processamento dos resíduos para fabricação de novos materiais. Entre os materiais que podem ser reciclados de canteiros de obras, destacam-se: concretos, metais, asfalto, madeiras, materiais para telhados, gesso acartonado e papelão ondulado (KABIRIFAR *et al.*, 2020a). Porém, questões como gestão ineficaz, tecnologias inadequadas de reciclagem, mercado incipiente para produtos reciclados e custos de transportes são fatores que dificultam a realização dessa medida (HUANG *et al.*, 2017).

Ainda, a reciclagem é a medida com maior visibilidade econômica no mercado e pode ser utilizada nas Classes A e B dos RCC. Considerando que os materiais da Classe A representam, em média, de 88 a 95,5% e da Classe B, de 7 a 10% (BESSA; MELLO; LOURENÇO, 2019; ROSADO; PENTEADO, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2020) dos resíduos totais gerados, as

iniciativas de reuso e reciclagem podem juntas desviar 100% dos resíduos Classe A e B de aterros, representando aproximadamente 97% dos resíduos totais gerados.

Empreendimentos que fomentam a reciclagem vêm sendo estabelecidos pelo país. Segundo a ABRECON (2022), em sua Pesquisa Setorial, existe cerca de 380 usinas de reciclagem espalhadas pelo Brasil. Contudo as taxas médias de reciclagem dos RCC das cidades brasileiras ainda são na ordem de 21% (ROSADO; PENTEADO, 2019).

A prática da utilização dos RCC reciclados como agregados pode ser observada em vários estudos, como por exemplo, Bussolaro *et al.* (2020) e Garcia, Barreto e Crispim (2018), que analisaram o uso de agregados reciclados na composição de blocos de concreto estrutural e na fabricação de pavimento asfáltico. De acordo com os autores, os agregados reciclados obedeceram aos padrões normativos para fabricação dos materiais analisados, demonstrando assim que os agregados reciclados apresentam viabilidade técnica em sua utilização. As normas NBR 15115 e NBR 15116 possuem diretrizes gerais para o uso de agregados reciclados de resíduos sólidos na construção civil (BRASIL, 2004a; BRASIL 2021).

Os RCC das classes C e D representam aproximadamente 3% do total dos resíduos totais gerados. Eles dificilmente são segregados e tratados, sendo denominados como rejeitos e apresentando única forma de destinação o envio para aterros (ROSADO; PENTEADO, 2019).

Apesar da existência de conceitos e estratégias sustentáveis, legislações e normativas vigentes e estudos e pesquisas com resultados satisfatórios para reuso e reciclagem dos RCC, os resíduos gerados pela construção civil ainda são, em sua maioria, destinados de forma incorreta, acarretando danos ao meio ambiente (THIVES; GHISI; THIVES JÚNIOR, 2022).

## **2.4 Gerenciamento de Resíduos no Projeto e na Obra**

De acordo com a Resolução CONAMA nº307/2002 o gerenciamento de resíduos é definido como:

“O sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (BRASIL, 2002).”

O gerenciamento de resíduos começa na fase de planejamento e concepção da edificação. Nesse sentido, o primeiro passo deve ser a elaboração do PGRCC visando o cumprimento de todos os requisitos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº307/2002, suas alterações e pela Lei PNRS nº12.305/2010 (LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019). O gerenciamento dos resíduos de uma obra pode acontecer sem o PGRCC, porém, quando elaborado, o plano dá segurança, adianta problemas e soluções, garante melhor gestão dos resíduos, gera economia de recursos, evita desperdícios, entre outros, garantindo a sustentabilidade apropriada das obras civis (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018).

Em sequência, para a fase de projeto, aspectos como comunicação e coordenação da equipe, atribuição de tempo, minimização da variação de materiais utilizados e a especificação detalhada devem estar presentes visando a redução significativa da geração dos RCC (KABIRIFAR *et al.*, 2020b).

Para a fase de execução deve ser realizada a prática das etapas, processos e medidas previstas no PGRCC. Kabirifar *et al.* (2020b) cita algumas ações para o sucesso dessa etapa, como por exemplo, o monitoramento preciso das atividades de construção, a mão de obra qualificada, métodos e maquinários adequados, a medição de insumos e materiais de cada fase de construção, a minimização de retrabalho, o armazenamento adequado tanto de materiais novos como de resíduos e a logística eficiente. Para Paulo *et al.* (2019), a organização dos canteiros de obras são medidas simples que evitam desperdícios. Por exemplo, resíduos podem ser organizados, triados, classificados e divididos para que se torne possível reutilizá-los.

Realizar o gerenciamento de resíduos é uma ação desafiadora e as dificuldades encontradas são várias. Elas vão desde falta de incentivos financeiros, de fiscalização e de consolidação do PGRCC nos âmbitos municipais, estaduais e federal; à mão de obra desqualificada, poucas empresas da área engajadas na temática, baixo custo de descarte dos RCC, disposição de recursos naturais e áreas para aterros (ROSADO; PENTEADO, 2019; CASTRO; SILVA; ATAÍDE, 2022; OLULEYE; CHAN; OLAWUMI, 2022).

Para superar as barreiras na gestão dos RCC, os autores HUANG *et al.* (2017) citam algumas estratégias, sendo elas: projetar um modelo de economia circular eficaz, reforçar o controle de origem, melhorar a supervisão e a gestão, adotar tecnologias e modelos de mercado inovadores, oferecer incentivos econômicos pelo governo e realizar parcerias público-privada para aliviar as pressões econômicas para as empresas de tratamento e reciclagem dos RCC.

### **3. CONCLUSÕES**

Os aspectos normativos vigentes são negligenciados na maioria dos âmbitos municipal, estadual e federal. O gerenciamento de resíduos ocorre mais intensamente em edifícios certificados, mas fatores como tempo e custo limitam a sua priorização. Os PGRCC's não são consolidados no país e existe escassez de ferramentas para torná-los mais eficientes, como por exemplo, a falta de uma metodologia para previsão assertiva da quantidade de resíduos que serão gerados pelos empreendimentos. Além disso, a falta de conhecimento e de padrões dos envolvidos nas obras dificultam as etapas do manejo dos resíduos, inviabilizando a prática da reutilização e reciclagem. A reciclagem, por sua vez, enfrenta grandes desafios como mercado incipiente e custos elevados de transportes. Nesse sentido, é necessário que aconteçam esforços de todos os envolvidos na temática, nos âmbitos público e privado, para reformular, ajustar, melhorar, qualificar, coordenar, incentivar e fiscalizar de maneira eficaz os vários aspectos relacionados ao gerenciamento de resíduos da construção civil no Brasil.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABRECON. Pesquisa Setorial ABRECON 2020: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. 2022.

ABREMA. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. 2023.

ALVES, J. L.; BORGES, I. B.; DE NADAE, J. Sustainability in complex projects of civil construction: Bibliometric and bibliographic review. *Gestao e Producao*, v. 28, n. 4, p. 1–21, 2021.

- ASLAM, M. S.; HUANG, B.; CUI, L. Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of Environmental Management*, v. 264, p. 110445, 2020.
- BAO, Z.; LU, W. Applicability of the environmental Kuznets curve to construction waste management: A panel analysis of 27 European economies. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 188, p. 106667, 2023.
- BESSA, S. A. L.; MELLO, T. A. G.; LOURENÇO, K. K. Quantitative and qualitative analysis of the construction and demolition waste generated in Belo Horizonte/MG. *Urbe*, v. 11, p. 1–16, 2019.
- BRASIL. NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação - procedimentos. 2004a
- BRASIL. NBR 15116: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimentos Portland - requisitos e métodos de ensaio. 2021
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. 2002.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 348, de 16 de agosto de 2004. 2004b.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 431, de 24 de maio de 2011. 2011.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 448, de 18 de janeiro de 2012. 2012.
- BRASIL. LEI 12.305: Política Nacional de Resíduos Sólidos. p. 1–19, 2010.
- BUSSOLARO, A. P. F. *et al.* Use of Concrete Block Waste as Aggregate in Structural Concrete Block. *REGET*, v. 24, p. 1-19, 2020.
- CAETANO, M. O.; FAGUNDES, A. B.; GOMES, L. P. Modelo de regressão linear para estimativa de geração de RCD em obras de alvenaria estrutural. *Ambiente Construído*, v. 18, n. 2, p. 309–324, 2018.
- CASTRO, V. R.; SILVA, M. P.; ATAÍDE, C. A. V. A falha no cumprimento da Lei Nº 12.305/10 e Resolução CONAMA 307/02: Jóquei, Teresina – PI. *Educação Ambiente em Ação*, p. 1–18, 2022.
- CHI, B. *et al.* Construction waste minimization in green building: A comparative analysis of LEED-NC 2009 certified projects in the US and China. *Journal of Cleaner Production*, v. 256, p. 120749, 2020.
- COELHO JÚNIOR, C. *et al.* Importância do gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. *Research, Society and Development*, v. 7, p. 0–14, 2018.
- DE CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L. DE; RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 12, n. 4, p. 100–127, 2017.
- FILHO, P. *et al.* Gerenciamento dos resíduos de demolição gerados nas obras de um edifício localizado na zona leste da cidade de São Paulo / SP. 2015.
- GÁLVEZ-MARTOS, J. L. *et al.* Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 136, p. 166–178, 2018.
- GARCIA, G. D. M.; BARRETO, M. R.; CRISPIM, F. A. Substituição de agregados minerais

- por resíduos de concreto na fabricação de pavimento asfáltico. *Sustentabilidade em Debate*, v. 9, p. 185–197, 2018.
- HUANG, B. *et al.* Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 129, p. 36–44, 2017.
- ISMAEEL, W. S. E.; KASSIM, N. An environmental management plan for construction waste management. *Ain Shams Engineering Journal*, p. 102244, 2023.
- JACQUES, Jeovani Rodrigues. Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí/RS, 2013.
- KABIRIFAR, K. *et al.* Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce , reuse , and recycle strategies for effective waste management : A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 263, p. 121265, 2020a.
- KABIRIFAR, K. *et al.* A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 1, p. 100019, 2020b.
- LIMA, S. F. DE S. *et al.* Sustainable construction management practices in a Brazilian medium-sized city. *Ambiente Construído*, v. 21, n. 4, p. 329–342, 2021.
- LOCH, P.; STOCKER, S. M.; BERTOLINI, G. R. F. Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Uma revisão sistemática da produção científica brasileira de 2003 a 2016. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS*, 2019.
- MA, W. *et al.* Towards a circular economy for construction and demolition waste management in China: Critical success factors. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 35, p. 101226, 2023.
- NEZHADDEHGHAN, M.; ANSARI, R.; BANIHASHEMI, S. A. An optimized hybrid decision support system for waste management in construction projects based on gray data: A case study in high-rise buildings. *Journal of Building Engineering*, v. 80, p. 107731, 2023.
- OBATA, S. H. *et al.* LEED certification as booster for sustainable buildings: Insights for a Brazilian context. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 145, p. 170–178, 2019.
- OLIVEIRA, F. DE A. *et al.* Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM. *Ambiente Construído*, p. 157–176, 2020.
- OLULEYE, B. I.; CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O. Barriers to circular economy adoption and concomitant implementation strategies in building construction and demolition waste management : A PRISMA and interpretive structural modeling approach. *Habitat International*, v. 126, p. 102615, 2022.
- ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 - Cidades e comunidades sustentáveis. 2015.
- PAULO, J. *et al.* Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. *Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, p. 784–807, 2019.
- PAZ, D. H. F. DA; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. DO C. M. Computational system for the integrated management of construction and demolition waste. *Ambiente Construído*, v. 22, n. 3, p. 255–273, 2022.
- PINTO, T. DE P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção

urbana. 1999.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Avaliação do ciclo de vida do Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da Região Metropolitana de Campinas. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 24, p. 71–82, 2019.

SANTOS, F. F. DOS *et al.* Práticas de sustentabilidade na construção civil: um estudo em empresas construtoras de edificações. Organizações e Sustentabilidade, 2020.

SANTOS, R. L. R. DOS *et al.* Modelo de previsão da geração de resíduos de construção e demolição para cidades brasileiras de médio porte populacional. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 28, p. 305–314, 2023.

SEMASA SANEAMENTO AMBIENTAL. Modelo para Elaboração do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – (PGRCC). 2021.

SILVA, J. D. DOS S. S.; LOPES, R. L. Análise dos manuais e cartilhas para implantação de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em canteiro de obras no Brasil. Research, Society and Development, v. 2020, p. 1–23, 2020.

SOTO-PAZ, J. *et al.* The circular economy in the construction and demolition waste management: A comparative analysis in emerging and developed countries. Journal of Building Engineering, v. 78, p. 107724, 2023.

SOUZA, M. A. DE *et al.* Lixo Zero: por uma rota tecnológica alinhada às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Capítulo 18 do livro: Catadores de Materiais Recicláveis: um encontro nacional, 2016.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S. DE; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS Quantification and classification of construction and demolition waste in the municipality of Pelotas, RS. Ambiente Construído, v. 12, n. 2, p. 121–130, 2012.

THIVES, L. P.; GHISI, E.; THIVES JÚNIOR, J. J. An outlook on the management of construction and demolition waste in Brazil. Cleaner Materials, v. 6, p. 100153, 2022.

ZHANG, C. *et al.* An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. Science of the Total Environment, v. 803, p. 149892, 2022.

ZHANG, K. *et al.* How construction and demolition waste management has addressed sustainable development goals: Exploring academic and industrial trends. Journal of Environmental Management, v. 345, p. 118823, 2023.

**CAPITULO II****PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE UMA RESIDÊNCIA COM CERTIFICAÇÃO GBC NÍVEL PLATINA**

O presente manuscrito seguirá as padronizações adotadas pelo periódico *Revista Case Studies in Construction Materials*, ao qual o presente trabalho será submetido.

## RESUMO

A construção civil é um dos segmentos responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico do país. Por outro lado, o setor gera uma expressiva quantidade de resíduos que são em sua maioria destinados de forma incorreta. Como consequência, os Resíduos de Construção Civil (RCC) geram diversos impactos ambientais negativos. Para minimizar esses efeitos, foi proposto o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) como ferramenta para o gerenciamento de resíduos. Aliado a isso, a sustentabilidade na construção civil propõe estratégias para serem utilizadas nos edifícios verdes (edifícios sustentáveis). Entretanto, é importante ressaltar a ausência de literaturas que exploram a prática do gerenciamento de RCC e também a ausência das quantidades de resíduos gerados e suas formas de destinações. Diante desse cenário, nessa pesquisa foi apresentado o gerenciamento dos RCC da Residência Ecohaus Mariscal, edificação certificada pela *Green Building Council* (GBC) Brasil no nível platina. A metodologia consistiu em: (1) elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), (2) quantificação de resíduos gerados, reutilizados, reciclados e destinados ao aterro e (3) acompanhamento do gerenciamento de resíduos desde o planejamento até a entrega final da residência. Os resultados mostraram o reuso e reciclagem de 100% para as Classes A, B e D do CONAMA nº307/2002, representando 96,53% do total de resíduos gerados. O PGRCC se mostrou como uma ferramenta fundamental para o gerenciamento de resíduos, pois ele orientou a prática do gerenciamento durante as etapas de planejamento e de execução. O gerenciamento de resíduos com este nível de reuso e reciclagem se mostrou possível e as medidas utilizadas são factíveis e compatíveis com a maioria das obras residenciais, contribuindo com as nuances da economia circular.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Green Building Council* (GBC); Objetivos do Desenvolvimento Sustentável; Objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis; Gerenciamento RCC; PGRCC.

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um dos segmentos responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico do país. Segundo Tafesse, Girma e Dessalegn (2022), nos países em desenvolvimento, as atividades de construção civil representam 80% do ativo total de capital, 10% de seu Produto Interno Bruto (PIB) e mais de 50% da riqueza investida em ativos fixos. Além da participação econômica, a construção civil gera inúmeras oportunidades de trabalho. No Brasil, no ano de 2023, o setor gerou mais de 253,8 mil novas vagas de emprego com carteira assinada (ABRAIN, 2023).

Por outro lado, a construção civil, em nível global, é responsável por 40% do consumo total de energia e recursos naturais (TAFESSE; GIRMA; DESSALEGN, 2022). Aliado a isso, o setor gera uma expressiva quantidade de resíduos. No Brasil, a construção civil é responsável por cerca de 40 a 60% dos resíduos sólidos totais gerados no país (LOCH; STOCKER; BERTOLINI, 2019). No ano de 2023, a construção civil gerou aproximadamente 45 milhões de toneladas de Resíduos da Construção Civil (RCC) (ABREMA, 2023). Todavia, a quantidade real de resíduos gerados pode ser ainda maior, visto que esses valores se referem apenas aos materiais coletados legalmente ou destinados aos coletores públicos, o que agrava ainda mais esse cenário (BESSA; MELLO; LOURENÇO, 2019).

A problemática dos RCC é que, dada a continuidade de geração e a prática comum da incorreta disposição, impactos ambientais são gerados, como por exemplo contaminação da água e solo, enchentes e deterioração da paisagem, podendo se tornar um problema de saúde pública (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018).

No Brasil há resoluções e leis que regulamentam o gerenciamento de resíduos sólidos, como a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) - Lei nº307 de 5 de julho de 2002 e a Lei nº12.305 de 2 de agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2002; BRASIL, 2010). Ambas as normativas trazem o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) como uma ferramenta para a prática do gerenciamento dos RCC. O PGRCC, quando desenvolvido e executado, pode apresentar redução de mais de 95% de resíduos gerados contribuindo para redução da geração de resíduos e de desperdícios, minimizando assim os danos causados ao meio ambiente (COELHO JÚNIOR *et al.*, 2018 *apud* Jacques, 2013).

Por outro lado, é possível observar nos últimos anos a prática da sustentabilidade no setor da construção civil, que dentre seus objetivos está o gerenciamento de resíduos (GURGUN; KOMURLU; ARDITI, 2015). Nesse cenário, aplicam-se os conceitos da “Hierarquia dos Resíduos” e os “3R’s (Reduzir, Reusar e Reciclar)”. A Hierarquia dos Resíduos estabelece uma ordem de prioridades nas estratégias de gerenciamento de resíduos e os 3R’s trazem as estratégias mais utilizadas, sendo elas: redução, reutilização e reciclagem. Obras que aplicam iniciativas de redução podem evitar 36% de geração de resíduos provocados por erros de execução e 40% de desperdícios dos materiais adquiridos (NEZHADDEGHAN; ANSARI; BANIHASHEMI, 2023). Ainda, para as iniciativas de reutilização e reciclagem, os materiais da Classe A e da Classe B, assim definidos pela Resolução CONAMA nº307/2022 e que representam a maior parcela dos resíduos totais, podem ser 100% reutilizados e/ou reciclados (BRASIL, 2002).

Todavia, o gerenciamento dos resíduos ainda apresenta limitações, como por exemplo, municípios que ainda não possuem seu modelo de PGRCC, falta de fiscalização e de incentivos financeiros públicos, escassez de ferramentas para otimizar o PGRCC, poucas empresas do

setor engajadas nessa temática, mão de obra desqualificada, ausência de técnicas e maquinários adequados, desorganização em canteiros de obras, comunicação e cooperação vulneráveis dos envolvidos, manuseio e armazenamento incorreto de materiais e de resíduos, falta de conhecimento e orientação dos profissionais da área, mercado subdesenvolvido e tecnologias inadequadas de reciclagem, baixo custo de destinação dos RCC em aterros, disponibilidade de recursos naturais e de áreas para aterro (ROSADO; PENTEADO, 2019; CASTRO; SILVA; ATAÍDE, 2022; OLULEYE; CHAN; OLAWUMI, 2022). Assim, os resíduos gerados pela construção civil ainda são em sua maioria destinados de forma inadequada, acarretando impactos negativos para o meio ambiente (THIVES; GHISI; THIVES JÚNIOR, 2022).

Dessa forma, gerenciar os resíduos da construção civil de forma adequada se torna um desafio frente às dificuldades encontradas. Porém, quando praticado, o gerenciamento traz ganhos para o meio ambiente, a economia e a sociedade, sendo eles: reduz a extração de recursos naturais, por meio da inclusão de conteúdos reciclados na composição dos produtos industrializados; diminui a demanda por áreas de aterros, não destinando os resíduos que podem ser reusados e/ou reciclados; reduz a contaminação do ambiente, por meio da coleta e do descarte adequado de materiais tóxicos ou contaminantes; organiza e legitima a indústria da reciclagem, gerando benefícios econômicos para os coletores engajados em cooperativas e em empresas de destinação e promove a inclusão social, a capacitação técnica e a educação ambiental (GBC BRASIL CASA, 2017). Ainda, todos estes ganhos se alinham aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Objetivo 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis, entre outros (ONU, 2015) e ao conceito de economia circular (OLULEYE; CHAN; OLAWUMI, 2022).

Para confirmar esses ganhos, os autores Souza *et al.* (2016) utilizam o “*Zero Waste Index*” para mensurar, a partir da taxa de desvio de resíduos de aterro, o potencial de compensação ambiental da matéria prima, entre outros insumos. Por exemplo, na cidade de Estocolmo, onde a taxa de desvio de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) de aterro é de 95%, a redução na emissão dos gases do efeito estufa é na ordem de 400 mil ton de CO<sub>2</sub> por ano e há a recuperação dos recursos naturais na ordem de 34% (SOUZA *et al.*, 2016). Na União Européia, o potencial máximo de reciclagem pode levar à redução total anual de 33 megatoneladas de CO<sub>2</sub> (TONINI, 2023). Em termos econômicos, no Bangladesh, toda a reciclagem de resíduos de concreto e tijolo contribui com aproximadamente 45 milhões de dólares por ano para a economia nacional (THIVES; GHISI; THIVES JÚNIOR, 2022). Em termos sociais, em Londrina, Brasil, foi verificada a existência de 478 postos de cooperativas de catadores, o que representa geração de trabalho e renda, inclusão socioproductiva de pessoas em frágil situação social e desenvolvimento de uma cultura ambiental (SOUZA *et al.*, 2016).

A revisão bibliográfica demonstra os principais motivos dos PGRCC possuírem implantação limitada no Brasil. A literatura técnica é escassa de trabalhos originados em canteiro de obras e que utilizem dados demonstrando a realidade do gerenciamento de RCC. Trabalhos práticos que contribuam com predições mais precisas na geração dos resíduos assim como medidas mitigadoras exequíveis para redução, reutilização e reciclagem são pontos essenciais para o desenvolvimento efetivo das políticas públicas em RCC. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo apresentar o gerenciamento dos RCC da Residência Ecohaus Mariscal, edificação certificada pela *Green Building Council* (GBC) Brasil no nível platina, por meio da descrição das etapas do PGRCC e da quantificação dos resíduos gerados e desviados do aterro.

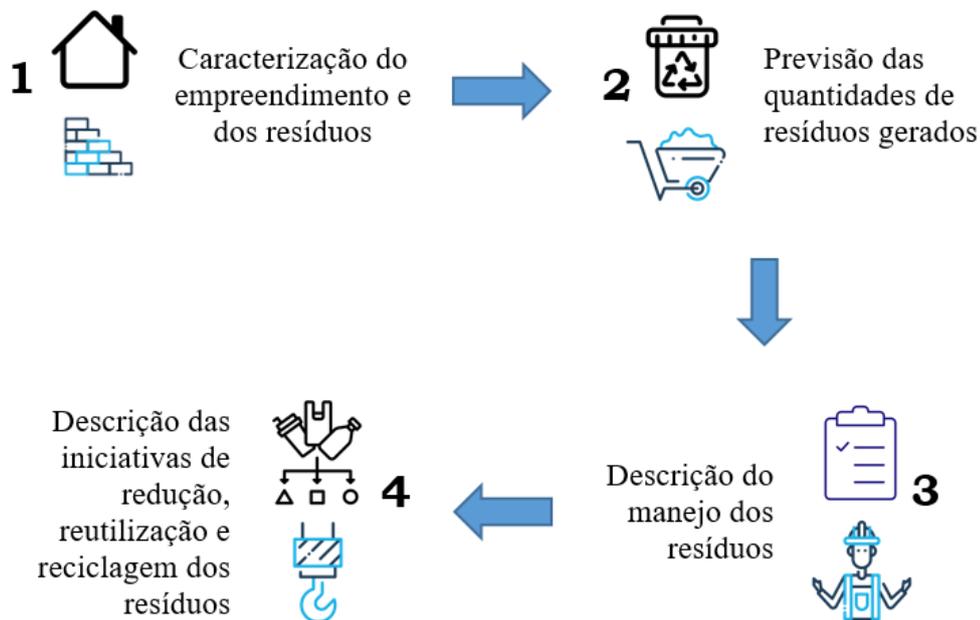
## 2. MATERIAL E MÉTODO

A metodologia dessa pesquisa consistiu em: (1) elaboração de um PGRCC baseado nas diretrizes da Resolução CONAMA n°307/2002, suas alterações e na PNRS Lei n°12.305/2010; (2) quantificação dos resíduos que foram gerados, reutilizados, reciclados e destinados a aterro e (3) acompanhamento do gerenciamento dos resíduos durante toda etapa de projeto e obra.

### 2.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)

O PGRCC foi o primeiro passo para o gerenciamento dos resíduos. O PGRCC elaborado foi dividido em quatro etapas, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Etapas do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).



Fonte: Autor (2024).

#### 2.1.1 Caracterização do Empreendimento e dos Resíduos

O objeto de estudo foi a Residência Ecohaus Mariscal, obra unifamiliar, localizada no Condomínio *Carpe Diem Resort* na cidade de Sinop – MT, com área construída de 394,37 m<sup>2</sup> (Figura 2). As técnicas construtivas adotadas na execução foram: fundações em sapatas com superestrutura em pilares e vigas em concreto armado, alvenaria de vedação em blocos cerâmicos e blocos de concreto, cobertura em laje treliçada, impermeabilizada e com teto verde.

O período de coleta de dados de campo e tratamento para esta pesquisa ocorreu durante o período de obras, de outubro de 2019 a agosto de 2021, compreendendo um total de 23 meses.

A Residência Ecohaus Mariscal foi pensada como edificação de alto padrão com viés sustentável. O projeto e a execução aconteceram com o intuito de se alcançar a certificação GBC Brasil Casa. Essa certificação é proveniente da metodologia LEED, a metodologia mais

utilizada em nível mundial para edifícios verdes (OBATA *et al.*, 2019). A GBC Brasil Casa aborda, dentre vários aspectos, as preocupações ambientais relacionadas à seleção de materiais, disposição de resíduos e redução de geração de resíduos (GBC BRASIL CASA, 2017).

Figura 2: Residência Ecohaus Mariscal.



Fonte: Autor (2021).

Para a caracterização dos resíduos foram utilizadas as informações descritas na Resolução CONAMA N°307/2002 e suas alterações (BRASIL, 2002). A caracterização dos resíduos foi realizada em dois momentos: na etapa de planejamento da obra (pré-obra), com o intuito de prever as quantidades de resíduos que seriam geradas para assim organizar da melhor forma possível o manejo dos resíduos, e durante a execução da obra, para identificar o que foi gerado e quantificar o desvio dos resíduos de aterros.

### 2.1.2 Previsão da Quantidade de Resíduos Gerados

A previsão da geração de resíduos pré-obra foi calculada conforme Pinto (1999), onde a quantidade de resíduos gerada pelo empreendimento é dada por uma estimativa baseada em sua área construída multiplicada por uma taxa de geração de resíduos de 150 kg m<sup>-2</sup> (PINTO, 1999). Para a distribuição dos resíduos em classes e tipologias, foi adotado os valores médios da composição dos RCC, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Classes, tipologias e composição média dos RCC.

Classe	Tipologia	Estimativas de Geração
A	Solo, alvenaria, argamassa e concreto.	80%
B	Madeira	10%
B, C e D	Plásticos, papéis, papelões, aço, gesso e materiais contaminados.	10%
	<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fonte: Pinto e González (2005).

### 2.1.3 Descrição do Manejo dos Resíduos

O manejo dos resíduos consiste nas etapas de: segregação e triagem, armazenamento e acondicionamento, coleta, transporte e destinação final. Para a segregação e a triagem, os resíduos foram separados semanalmente pela equipe da obra, sob acompanhamento da equipe técnica.

Para o armazenamento, foi previsto no Projeto de Canteiro de Obra um espaço para a construção das baias - local onde os resíduos seriam armazenados (ANEXO A). Para os materiais destinados para reciclagem, o acondicionamento foi em *bags* fornecidos pela empresa especializada para posterior coleta. Nessas etapas, os RCC foram divididos conforme as classes definidas pela Resolução CONAMA nº307/2002 e suas alterações, a fim de viabilizar a prática das iniciativas de reutilização, reciclagem e destinação final (BRASIL, 2002).

Para coleta, transporte e destinação final dos resíduos, foi realizada uma pesquisa de mercado local, com objetivo de tomar conhecimento das empresas que atuam nesses setores. Essa pesquisa aconteceu na etapa de planejamento da edificação.

### 2.1.4 Descrição das Iniciativas de Redução, Reutilização e Reciclagem dos Resíduos

Nessa etapa, foi respeitada a ordem de prioridade da Hierarquia dos Resíduos estabelecida pela PNRS Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) e o conceito dos 3R's, assim como suas estratégias, citados nos estudos de Huang *et al.* (2017), Rosado e Penteado (2019) e Paulo *et al.* (2019).

A redução dos resíduos foi priorizada no planejamento da edificação, por ser a medida que acarreta menos impactos negativos ao meio ambiente quando comparada ao reuso e a reciclagem. As medidas previstas para reduzir a geração de resíduos foram: projetos detalhados, compras otimizadas de materiais, armazenamento correto dos materiais, utilização de materiais usinados (argamassas e concreto), utilização de poucos tipos de revestimentos, projeto de paginação de pisos feito de forma a aproveitar ao máximo os revestimentos, devolução de sobras de materiais e doação de sobras de materiais para outras obras.

A reutilização foi a segunda na ordem de prioridades do gerenciamento de resíduos. Para essa iniciativa buscou-se reutilizar os resíduos da Classe A e alguns da Classe B na mesma obra, com pouca ou nenhuma modificação ou tratamento dos mesmos. As estratégias previstas para a reutilização dos resíduos foram: solos escavados aproveitados como aterro, resíduos de alvenaria e revestimentos empregados como agregados em áreas não estruturais, resíduos de madeira reutilizados como isolante térmico e acústico, adubo e decoração de paisagismo e embalagens de revestimentos do tipo papelão reaproveitadas como proteção de pisos.

Para as iniciativas de reciclagem, foi planejado que alguns materiais das Classes B e D (plásticos, papéis, papelões, aço e contaminados) fossem enviados a empresa especializada que atua no recebimento e destinação final dos mesmos.

Para os RCC da Classe C, gesso acartonado e materiais finos que não puderam ser segregados, não foi prevista nenhuma iniciativa além do encaminhamento para aterro, pois foi verificado na etapa de pesquisa de mercado local, que não havia nenhuma empresa ou tecnologia para esse fim, sendo os mesmos tratados como rejeitos.

## 2.2 Quantificação dos Resíduos Gerados, Reutilizados, Reciclados e Destinados ao Aterro

A quantificação dos resíduos gerados, reutilizados, reciclados e destinados ao aterro foi realizada por volumes de caçambas de entulhos ( $m^3$ ), volumes de carrinhos de mão ( $m^3$ ), peso de *bags* (kg) e cálculos de volume ( $m^3$ ). Para transformar as diferentes unidades de medida em uma única unidade de medida (ton), foram utilizados os valores de peso específico dos materiais (Tabela 3).

Tabela 3: Peso específico adotado.

Classe	Material	Peso específico ( $kg\ m^{-3}$ )	Fonte
A	Solos, componentes cerâmicos, argamassas e concreto.	2.000,00	NBR 6120 (1980)
B	Madeiras	600,00	
C	Gesso acartonado e materiais finos que não puderam ser segregados.	300,00	Vasconcelos e Lemos (2015)

Fonte: Autor (2024).

Ao final, foi calculada a porcentagem em massa de resíduos não encaminhados para aterro, para cada classe, e para o total de todos os resíduos gerados.

## 2.3 Acompanhamento do Gerenciamento dos RCC durante Projeto e Obra

O gerenciamento dos RCC foi praticado seguindo o PGRCC. Durante a elaboração dos projetos, a equipe definiu materiais e técnicas construtivas para que os requisitos referentes ao gerenciamento fossem atendidos. A comunicação, a atribuição de tempo e a especificação detalhada também foram aspectos contemplados.

Durante a obra a equipe técnica foi responsável por acompanhar e orientar a equipe de execução e também por buscar informações e soluções frente às dificuldades que surgiram, de forma a garantir a prática do PGRCC no canteiro de obra. A equipe de obra por sua vez, ficou responsável por manter a organização do canteiro de obra, tantos dos materiais adquiridos quanto dos resíduos que foram sendo gerados, a fim de contribuir para os processos de gerenciamento.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 A Sustentabilidade na Residência Ecohaus Mariscal

A concepção da residência, assim como sua execução, foi alinhada com os pilares da construção sustentável: meio ambiente, economia e sociedade (SANTOS *et al.*, 2020). Os ganhos ambientais envolveram economia de recursos naturais e redução da poluição ao meio ambiente. Os ganhos econômicos se deram por meio da redução de custos de compras e de alguns serviços e os ganhos sociais foram a educação e o desenvolvimento de uma cultura ambiental entre os profissionais envolvidos e a comunidade. Para além, tem-se a contribuição aos ODS, Objetivo 11, entre outros (ONU, 2015) e também ao conceito de economia circular (OLULEYE; CHAN; OLAWUMI, 2022).

Ao final da execução, a Residência Ecohaus Mariscal conseguiu a certificação GBC Brasil Casa no nível Platina (ANEXO B), nível mais alto da certificação, com pontuação final de 91 pontos de 110 possíveis, maior pontuação em nível nacional atingida até o momento (ANEXO C). A conquista não só agregou valor à edificação, como também confirma o maior desempenho, rigor técnico e responsabilidade ambiental da residência.

O caráter sustentável da edificação foi decisivo para realizar o gerenciamento de resíduos e suas respectivas demandas, como a seleção de materiais, geração e disposição de resíduos. A Residência Ecohaus Mariscal cumpriu o requisito obrigatório da certificação, Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e também obteve a pontuação máxima e o desempenho exemplar no crédito Gerenciamento dos Resíduos da Construção. Em resumo, a residência alcançou 11 pontos de 14 possíveis na categoria de Materiais e Recursos (ANEXO C). Este resultado difere dos outros edifícios certificados no Brasil, pois de acordo com Obata *et al.* (2019) a grande maioria dos edifícios verdes ainda não colocam o gerenciamento de resíduos como prioridade, devido a fatores como tempo e custo.

### 3.2 Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)

O PGRCC foi uma diretriz durante toda etapa de planejamento e execução e cumpriu seu papel em diminuir a produção e os desperdícios de resíduos e assim, evitou danos ao meio ambiente. Tal desempenho alinha-se com a importância, necessidade e a eficiência (95,83%) do PGRCC apresentada pelos autores Coelho Júnior *et al.* (2018) *apud* Jacques (2013).

#### 3.2.1 Previsão da Quantidade de Resíduos Gerados versus Quantidade Real Gerada

A estimativa da geração de resíduos da Residência Ecohaus Mariscal foi de 59,15 toneladas (150 kg m<sup>-2</sup>). Entretanto, a quantidade total real de resíduos gerados foi de 86,54 toneladas (220 kg m<sup>-2</sup>). A distribuição da estimativa, em classes, tipos e composição dos resíduos, pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4: Classes, tipologia e composição dos RCC estimados e gerados da Residência Ecohaus Mariscal.

Classe	Tipologia	Estimativas de Geração	Geração
A	Solo, alvenaria, argamassa e concreto.	47,32 toneladas (80%)	70,00 toneladas (80,90%)
B	Madeira	5,91 toneladas (10%)	12,00 toneladas (13,85%)
B, C e D	Plásticos, papéis, papelões, aço, gesso e materiais contaminados.	5,91 toneladas (10%)	4,54 toneladas (5,25%)
	<b>TOTAL</b>	<b>59,15 toneladas</b>	<b>86,54 toneladas</b>

Fonte: Autor (2024).

A porcentagem, referente a distribuição dos resíduos em classes e tipos, concordou para a Classe A (80,90%) com a porcentagem da estimativa (80%), entretanto, para as outras classes houve variação. No caso da Classe B, a variação foi devido a maior demanda de madeira para a

execução da laje, do tipo não convencional, pra receber o teto verde; e para os outros materiais foi obtido uma porcentagem menor devido as compras otimizadas.

Em relação a quantidade total de resíduos gerados, o valor foi maior, com 27,39 toneladas a mais do que o valor esperado, representando um aumento de 46% em relação ao valor estimado. Essa diferença é devida, principalmente, pela escavação de solo para: (1) construção de piscina, característica de obra de alto padrão e (2) construção de sistema de tratamento de esgoto, visto que não há rede de coleta de esgoto no local.

### 3.2.2 Manejo dos Resíduos

O manejo dos resíduos possibilitou a prática das iniciativas de reutilização, reciclagem e disposição final e confirmou ser um fator crítico de sucesso no gerenciamento de resíduos conforme MA *et al.* (2023). O manejo dos resíduos (Figura 3) aconteceu da seguinte forma: conforme os resíduos foram sendo gerados, eles foram segregados e triados pela equipe da obra que recebeu capacitação para realizar tais tarefas. A equipe técnica acompanhou a realização desse processo durante os 23 meses de execução.

Para o armazenamento, os resíduos foram estocados nas baias construídas e acondicionados nos *bags*, conforme previsto, com necessidade de ajuste de espaço para alguns resíduos em função da variação de resíduos gerados. A coleta e o transporte dos resíduos foram feitos por empresas especializadas e possibilitou a preparação de alguns materiais para reutilização, doação e reciclagem.

A destinação dos resíduos é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5: Destinação dos resíduos.

Classe A	Classe B – madeiras	Classes B e D - passíveis de reciclagem	Classe C e outros
Reutilizados na própria obra (28,5%)	Reutilizadas na própria obra (25%)	100% destinados por empresa especializada	100% destinados por empresa do ramo de entulhos
Reutilizados em outras obras da construtora (71,5%)	Destinadas pela empresa de paisagismo da obra (75%)		

Fonte: Autor (2024).

Figura 3: Imagens de medidas adotadas para o manejo dos resíduos - Armazenamento dos resíduos nas baias (a); Acondicionamento dos resíduos em *bags* (b); Transporte das madeiras para trituração (c); Transporte dos resíduos para reciclagem (d).



a.



b.



c.



d.

Fonte: Autor (2020).

### 3.2.3 Práticas de Redução, Reutilização e Reciclagem dos Resíduos

Conforme o planejamento realizado no PGRCC, as estratégias de redução, reuso e reciclagem foram empregadas durante o período de execução de 23 meses da residência e seus resultados concordaram com os resultados dos autores da área.

Para a prática das iniciativas de redução, os projetos bem detalhados favoreceram ou reduziram substancialmente erros de execução (ALVES; BORGES; DE NADAE, 2021); o planejamento das compras de materiais evitou sobras (NEZHADDEGHAN; ANSARI; BANIHASHEMI, 2023); o armazenamento correto dos materiais, como por exemplo, abrigo das madeiras para proteção de sol e chuva, evitou perdas (KABIRIFAR *et al.*, 2020b); a utilização de materiais usinados, como concreto e argamassa, evitou geração de resíduos de areia, brita e sacos de cimento e a devolução de alguns materiais ou a doação das sobras de materiais, eliminou o fato deles se tornarem resíduos.

Ainda, a escolha de poucos tipos de revestimentos e o projeto de paginação de pisos determinaram a otimização do uso dos revestimentos (KABIRIFAR *et al.*, 2020b). Por exemplo, a altura do pé direito nos ambientes úmidos foi definida de acordo com a altura final do revestimento assentado, não utilização de soleiras e acabamento de recortes feitos na obra, foram medidas que evitaram desperdícios ( Figura 4).

Figura 4: Imagens de medidas adotadas na obra para a redução da geração de resíduos - Abrigo das madeiras (a); Argamassa usinada (b); Paginação de pisos otimizada (c).



a.

b.

c.

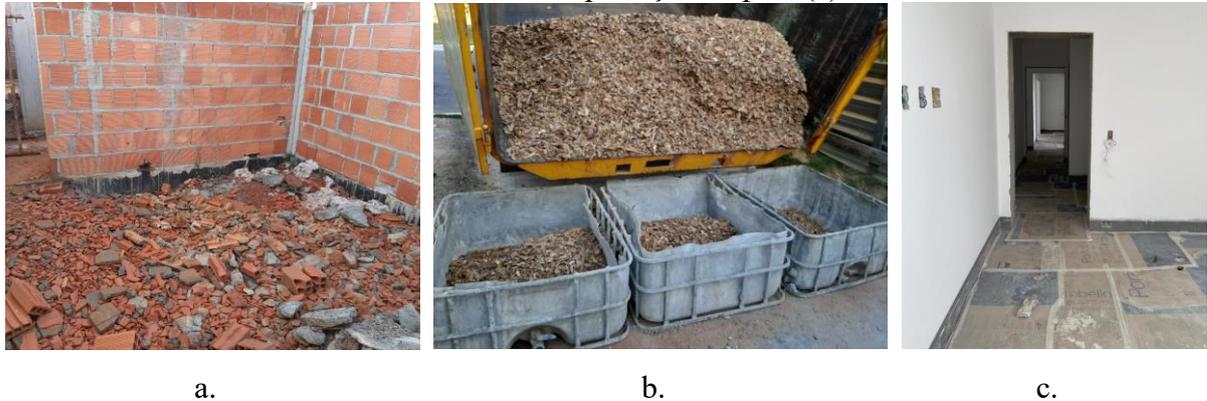
Fonte: Autor (2020/2021).

Para a prática do reuso e da reciclagem, a correta segregação e a triagem, assim como o correto armazenamento e acondicionamento, todos feitos de acordo com as classes de resíduos, foi imprescindível. Isso porque, dessa forma, foi possível identificar os tipos de resíduos gerados e designá-los para sua destinação adequada, como afirmam os autores PAULO *et al.* (2019).

Para a reutilização (Figura 5), as estratégias adotadas foram aplicadas nas Classes A e B. Para a Classe A, o solo escavado para a execução da fossa séptica, sumidouro e piscina foram reutilizados como aterro para a residência. Essa ação, embora pareça simples, é uma prática incomum nos canteiros de obras, porque demanda que as escavações sejam feitas no início da obra e que o solo seja protegido com lonas para uso posterior, sendo preciso prever espaços para armazenar esse material. Ainda na Classe A, os resíduos de cortes de paredes e de placas de revestimento foram triturados e empregados como material de enchimento no contrapiso.

Para a Classe B, as embalagens de materiais do tipo caixas de papelão foram reutilizadas na obra como proteção dos pisos instalados. Após essa reutilização, os papelões foram reciclados por empresa especializada. Os resíduos de madeira triturada foram reutilizados como isolante térmico e acústicos nas paredes da residência e como adubação e decoração do paisagismo. Diferentemente dos outros aproveitamentos, a madeira precisou de processamento antes da sua reutilização, como a retirada de pregos ainda na obra, e trituração externa em empresa terceirizada.

Figura 5: Imagens de medidas adotadas na obra para a reutilização dos resíduos - Cortes de paredes reutilizados como material de enchimento no contra piso (a); Sobras de madeiras trituradas reutilizadas como isolante térmico e acústico (b); Embalagens de papelões reutilizadas como proteção de piso (c).



Fonte: Autor (2021).

Para as iniciativas de reciclagem, conforme previsto no PGRCC, os materiais enviados para blendagem para coprocessamento foram os plásticos, papéis, papelões, aço e contaminados (Figura 6). A prática do reuso e da reciclagem, principalmente, nas Classes A e B está alinhada com as diretrizes do CONAMA nº307/2002 e com os autores Kabirifar *et al.* (2020a).

Figura 6: Imagens de medidas adotadas para reciclagem dos resíduos – Papéis para reciclagem (a); Papelões para reciclagem (b); Aço para reciclagem (c).



Fonte: Autor (2021).

Para finalizar, aspectos como mão de obra qualificada, orientação, comunicação, coordenação, monitoramento e atribuição de tempo da equipe, durante todo o período de planejamento e execução da edificação, determinaram a eficácia do gerenciamento de resíduos (KABIRIFAR *et al.*, 2020b; HUANG *et al.*, 2017).

### 3.3 Obstáculos do Gerenciamento

Embora o resultado da aplicação do PGRCC para a Residência Ecohaus Mariscal tenha demonstrado viabilidade técnica e eficiência, algumas dificuldades frente ao gerenciamento dos RCC ocorreram durante o planejamento e a execução da obra.

O primeiro obstáculo identificado foi a ausência da prática dos aspectos normativos no município de Sinop. Apesar de a Resolução CONAMA nº307/2002 e a Lei PNRS nº12.305/2010 estarem em vigor há mais de 20 e 10 anos, respectivamente, nenhuma ação visando ao atendimento dessas normativas são realizadas na cidade. O PGRCC do município permanece como um “projeto” não aprovado, ou seja, não há nenhum documento vigente. Esse cenário também acontece em outras cidades do país, como citado pelos autores Loch, Stocker e Bertolini (2019). Essa carência torna a elaboração do PGRCC um desafio, pois o mesmo fica à deriva da expertise da equipe envolvida no empreendimento, não apresentando assim um padrão e uma diretriz de acordo com as facilidades e as necessidades do município.

O segundo obstáculo foi a pouca disponibilidade de literatura ou metodologia para prever de forma assertiva a quantidade de resíduos que seria gerada pela edificação. O problema, que é relatado também pelos autores Oliveira *et al.* (2020), dificulta a eficiência do PGRCC, gerando objeções ao seu emprego. Nesse estudo, a quantidade de resíduos estimada foi de 59,15 toneladas, e ao final da execução, mesmo aplicando as estratégias de redução de geração de resíduos, a quantidade total de resíduos gerados foi de 86,54 toneladas, valor quase 50% maior que o previsto. Essa diferença, devido ao protocolo utilizado, implicou em alterações do planejamento prévio do manejo dos resíduos durante a etapa de obra. Questões como dimensões dos espaços reservados para armazenamentos e custos são alguns exemplos.

Outro desafio importante diz respeito ao capital humano. Esse fator, embora pouco discutido, é uma das principais barreiras para promoção das práticas de gestão dos resíduos (AL-RAQEB *et al.*, 2023). Durante a execução da residência, verificou-se resistência da equipe de execução em alterar o seu modo de trabalho para o modo requerido. Como por exemplo, houve objeção da equipe em executar o acabamento dos recortes dos revestimentos na obra, pois isso tornou a etapa de assentamento mais demorada e mais trabalhosa.

Mais uma dificuldade nesse sentido foi a trituração da madeira a ser reutilizada. Esse processo não é uma prática comum na região e por isso, os maquinários das empresas não eram apropriados para a trituração. Dessa forma, foi necessário extrair todos os pregos das madeiras, das fôrmas e caixarias, para que o material pudesse ser triturado. Essa ação implicou em atribuição de tempo da equipe de obra.

Por último, em relação a reciclagem notou-se que a medida ainda é incipiente na cidade de Sinop. As empresas envolvidas com a reciclagem de resíduos sólidos no município são apenas três, a Olistika, que trabalha com a compostagem de resíduos orgânicos, a Canaã Norte Resíduos, que trabalha com resíduos recicláveis e contaminados e a J. Testa Disk Entulho com seu projeto “Nós Reciclamos”, que trabalhará com os resíduos da Classe II-A e II-B. Assim, em um cenário onde todas as obras do município enviassem seus resíduos para reciclagem, seria bem provável a saturação dessa prática, uma vez que não há capacidade para tal demanda. Segundo a ABRECON, na região Centro-Oeste a taxa de reciclagem dos RCC é de apenas 11% e no ranking das regiões brasileiras, o Centro-Oeste fica em penúltimo lugar, em números de usinas de reciclagem instaladas (ABRECON, 2022). Esse cenário torna a reciclagem no município pouco atrativa e sem viabilidade econômica para as construtoras.

Assim, tem-se que o gerenciamento de resíduos pode ficar comprometido frente às dificuldades encontradas. Algumas providências para minimizar ou mitigar os obstáculos podem ser tomadas. Como por exemplo, para as dificuldades dentro do canteiro de obra é importante sensibilizar todos os membros que fazem parte do projeto, para que eles se sintam valorizados e executem as tarefas conforme o proposto (HAO *et al.*, 2022). Para as dificuldades que

excedem o canteiro de obra, é necessário maior comprometimento dos governos nos âmbitos municipal, estadual e federal (THIVES; GHISI; THIVES JÚNIOR, 2022). Para as lacunas de metodologias devido à escassez de literatura, novos estudos e pesquisa na área deveriam ser realizados (LI; LI; SANG, 2022). Para concluir, em relação ao mercado incipiente de reciclagem dos RCC, incentivos econômicos do governo, realização de parcerias público-privada ou de consórcios intermunicipais poderiam ser o início de um novo caminho para esse contexto (HUANG *et al.*, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2023).

### 3.4 Quantidades de Resíduos Reutilizados e Reciclados

As quantidades de resíduos reutilizados e reciclados da Residência Ecohaus Mariscal são apresentadas na Tabela 6. O total de resíduos não encaminhados para aterro foi de 96,53%.

Para os resíduos das Classes A e B, 100% foi reutilizado ou reciclado. Esse resultado corrobora com o proposto nas diretrizes da Resolução CONAMA n°307/2002 (BRASIL, 2002). Também, foi possível observar que os resíduos da Classe A (80,90%) representam a maior parcela de resíduos gerados, seguido dos resíduos da Classe B (15,01%). Essa proporção foi observada por outros autores (BESSA; MELLO; LOURENÇO, 2019; ROSADO; PENTEADO, 2019; OLIVEIRA *et al.*, 2020). Juntos, esses resíduos (Classe A e B) são responsáveis por 95,9% do total dos resíduos reutilizados ou reciclados. Isto demonstra o potencial de ganhos que as estratégias de reuso e reciclagem, apenas nessas duas classes, produzem nos resultados finais. O concreto por exemplo, que representa a maior parcela dos RCC, pode ser 100% reciclado como agregado e substituir 100% dos agregados naturais na fabricação de novos concretos de qualidade (GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2022).

Para os resíduos da Classe D (0,6%) a reciclagem foi de 100%. Este resultado difere da maioria das obras que praticam o gerenciamento de resíduos e só foi alcançado pelo fato de existir, na cidade, uma empresa especializada que recebesse e destinasse os resíduos contaminados. Os resíduos da Classe C (3,4%), conforme previsto no PGRCC, foram encaminhados para aterros.

Tabela 6: Quantidades de resíduos reutilizados e reciclados.

Classe	Tipologia	Quantidade gerada	Destinação	Porcentagem reutilizada ou reciclada
Classe A	Solos, componentes cerâmicos, argamassas e concreto	70,00 ton (35m <sup>3</sup> )	10m <sup>3</sup> reutilizados na própria obra	100%
			25m <sup>3</sup> reutilizados em outras obras	
Classe B	Embalagens de plástico, papel, papelão e metais	0,99 ton	Reciclados por empresa especializada em reciclagem	100%
	Tábuas, ripões, caibros e compensados	12,00 ton (20m <sup>3</sup> )	4m <sup>3</sup> reutilizados na própria obra 16m <sup>3</sup> reutilizados por empresa no ramo de paisagismo	
Classe D	Materiais contaminantes ou contaminados	0,55 ton	Reciclados por empresa especializada na	100%

			destinação dos resíduos	
Classe C e Outros Resíduos	Gesso acartonado e materiais finos que não puderam ser segregados	3,00 ton (10m <sup>3</sup> )	Enviados para aterro por empresa do ramo de entulhos	0%
Quantidade resíduo total				86,54 ton
Quantidade reutilizada ou reciclada				83,54 ton
<b>Porcentagem total</b>				<b>96,53%</b>

Fonte: Autor (2024).

O alto valor de reutilização e reciclagem é explicado principalmente pela elaboração e cumprimento do PGRCC conforme Resolução CONAMA n°307/2002 (BRASIL, 2002); correto manejo dos resíduos (RAMOS; MARTINHO; PINA, 2023) e pelo emprego da Hierarquia dos Resíduos e das iniciativas dos 3R's conforme Brasil (2010), Kabirifar *et al.* (2020a), Kabirifar *et al.* (2020b) e Ismaeel e Kassim (2023).

Com isso, o gerenciamento de resíduos mostrou-se alcançável e as medidas utilizadas são praticáveis e compatíveis com a maioria das obras residenciais. Notou-se também que o gerenciamento de resíduos, como uma prática da sustentabilidade na construção civil, cumpre os benefícios prometidos, apresentando ganhos ambientais, econômicos e sociais.

Os ganhos ambientais envolveram a economia de recursos naturais, como por exemplo, a economia de 35 m<sup>3</sup> de solo virgem para aterro através da reutilização dos solos escavados e dos outros materiais da Classe A. Houve também, a redução da poluição ao meio ambiente pelo não encaminhamento de 83,54 toneladas de resíduos para aterros. É importante ressaltar que o envio dos RCC para aterros, embora seja uma medida legal, não é desejável porque conduz potenciais impactos ambientais e à utilização desnecessária do solo (THIVES; GHISI; THIVES JÚNIOR, 2022).

Em termos econômicos, os ganhos se deram por meio da redução de custos devido as compras otimizadas de materiais e pela redução de custos de alguns serviços, como por exemplo, o serviço de destinação de entulho. Em obras de alto padrão, geralmente é requerida uma caçamba de entulho a cada 15 dias. No caso da Residência Ecohaus Mariscal, onde o tempo de execução foi de 23 meses, em situações normais, teriam sido utilizadas por volta de 46 caçambas de entulho, com valor médio de R\$320,00/quinzena, totalizando um custo de R\$14.720,00. Esse valor, tido como um custo médio em uma obra, foi reduzido para R\$640,00 (2 caçambas), resultando em uma economia de R\$14.080,00.

Por último, os ganhos sociais foram a educação e o desenvolvimento de uma cultura ambiental. A educação foi por meio da capacitação dos colaboradores da obra, com o treinamento “Educação para Gestão de Resíduos de Construção e Demolição”, favorecendo a inclusão social dessa classe. O desenvolvimento de uma cultura ambiental foi promovido para todos os envolvidos, desde os profissionais até a comunidade local, pela divulgação de conteúdos sobre o gerenciamento de resíduos em redes sociais, reportagem para TV aberta e visitas guiadas de estudantes e profissionais da área.

Importante ressaltar que esses ganhos não foram apenas devidos ao não envio dos RCC para aterros, mas principalmente pela escolha das estratégias utilizadas para alcançar este resultado. Pois, de acordo com os autores Souza *et al.* (2016), a simples taxa de desvio de aterro não reflete

os ganhos, mas sim a rota tecnológica escolhida para o desvio. Por exemplo, a incineração, que pode ser uma alternativa para desviar os resíduos de aterro, traz por outro lado, desvantagens ambientais. Nesse sentido, seguindo a Hierarquia dos Resíduos estipulado na PNRS Lei nº 123.05/2010, após a priorização da redução e da reutilização, a reciclagem é a alternativa tecnológica que apresenta as maiores vantagens ambientais, econômicas e sociais, quando comparadas com outras alternativas (SOUZA *et al.*, 2016).

Sendo assim, este estudo demonstra que os aspectos da economia circular podem ser empregados e que levam à obtenção de resultados satisfatórios na escala estudada.

#### 4. CONCLUSÕES

A quantidade de resíduos reutilizados e reciclados na Residência Ecohaus Mariscal foi alta, acima de 96% do montante gerado, com os resíduos da classe A, B e D apresentando 100%. Esse resultado é alcançável quando o PGRCC é elaborado e medidas mitigadoras de redução, reúso e reciclagem são aplicadas com rigor. Executar o PGRCC, embora exija maior atribuição de tempo e dedicação das equipes de projeto e execução, é exequível, uma vez que requer medidas simples, praticáveis e compatíveis com a maioria das obras residenciais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAIN. Informativo Econômico. 2023.

ABRECON. Pesquisa Setorial ABRECON 2020: a reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil. 2022.

ABREMA. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023. 2023.

AL-RAQEB, H. *et al.* Understanding the challenges of construction demolition waste management towards circular construction: Kuwait Stakeholder's perspective. *Cleaner Waste Systems*, v. 4, p. 100075, 2023.

ALVES, J. L.; BORGES, I. B.; DE NADAE, J. Sustainability in complex projects of civil construction: Bibliometric and bibliographic review. *Gestao e Producao*, v. 28, n. 4, p. 1–21, 2021.

BESSA, S. A. L.; MELLO, T. A. G.; LOURENÇO, K. K. Quantitative and qualitative analysis of the construction and demolition waste generated in Belo Horizonte/MG. *Urbe*, v. 11, p. 1–16, 2019.

BRASIL. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estrutura em edificações. p. 1–5, 1980.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002. p. 6–8, 2002.

BRASIL. LEI 12.305: Política Nacional de Resíduos Sólidos. p. 1–19, 2010.

CASTRO, V. R.; SILVA, M. P.; ATAÍDE, C. A. V. A falha no cumprimento da Lei nº 12.305/10 e Resolução CONAMA 307/02: Jóquei, Teresina – PI. *Educação Ambiente em Ação*, p. 1–18, 2022.

COELHO JÚNIOR, C. *et al.* Importância do gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil. *Research, Society and Development*, v. 7, p. 0–14, 2018.

- GÁLVEZ-MARTOS, J. L. *et al.* Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 136, p. 166–178, 2018.
- GBC BRASIL CASA. *Guia de Certificação: Casa*. 2017.
- GONÇALVES, G. H. V. *et al.* Proposição e análise de viabilidade econômica de cenários para o gerenciamento de resíduos da construção civil por meio de consórcios intermunicipais. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 28, p. 1–12, 2023.
- GURGUN, A. P.; KOMURLU, R.; ARDITI, D. Review of the LEED Category in Materials and Resources for Developing Countries. *Procedia Engineering*, v. 118, p. 1145–1152, 2015.
- HAO, J. L. *et al.* Determinants of workers' pro-environmental behaviour towards enhancing construction waste management: Contributing to China's circular economy. *Journal of Cleaner Production*, v. 369, p. 133265, 2022.
- HUANG, B. *et al.* Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation & Recycling*, v. 129, p. 36–44, 2017.
- ISMAEEL, W. S. E.; KASSIM, N. An environmental management plan for construction waste management. *Ain Shams Engineering Journal*, p. 102244, 2023.
- JACQUES, Jeovani Rodrigues. *Estudo da viabilidade técnica da utilização de concreto reciclado como agregado graúdo em concreto de cimento Portland*. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí/RS, 2013.
- KABIRIFAR, K. *et al.* Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce , reuse , and recycle strategies for effective waste management : A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 263, p. 121265, 2020a.
- KABIRIFAR, K. *et al.* A conceptual foundation for effective construction and demolition waste management. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 1, p. 100019, 2020b.
- LI, Y.; LI, M.; SANG, P. A bibliometric review of studies on construction and demolition waste management by using CiteSpace. *Energy and Buildings*, v. 258, p. 111822, 2022.
- LOCH, P.; STOCKER, S. M.; BERTOLINI, G. R. F. *Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil: Uma revisão sistemática da produção científica brasileira de 2003 a 2016*. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - GeAS*, 2019.
- MA, W. *et al.* Towards a circular economy for construction and demolition waste management in China: Critical success factors. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 35, p. 101226, 2023.
- NEZHADDEHGHAN, M.; ANSARI, R.; BANIHASHEMI, S. A. An optimized hybrid decision support system for waste management in construction projects based on gray data: A case study in high-rise buildings. *Journal of Building Engineering*, v. 80, p. 107731, 2023.
- OBATA, S. H. *et al.* LEED certification as booster for sustainable buildings: Insights for a Brazilian context. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 145, p. 170–178, 2019.
- OLIVEIRA, F. DE A. *et al.* Previsão da geração de resíduos na construção civil por meio da modelagem BIM. *Ambiente Construído*, p. 157–176, 2020.
- OLULEYE, B. I.; CHAN, D. W. M.; OLAWUMI, T. O. Barriers to circular economy adoption and concomitant implementation strategies in building construction and demolition waste management : A PRISMA and interpretive structural modeling approach. *Habitat*

International, v. 126, p. 102615, 2022.

ORGANIZAÇÕES DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 - Cidades e comunidades sustentáveis. 2015.

PAULO, J. *et al.* Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. *Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, p. 784–807, 2019.

PINTO, T. DE P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999.

PINTO, T. DE P.; GONZÁLEZ, J. L. R. Guia Profissional para uma Gestão Correta dos Resíduos da Construção. CREA-SP Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado de São Paulo, 2005.

RAMOS, M.; MARTINHO, G.; PINA, J. Strategies to promote construction and demolition waste management in the context of local dynamics. *Waste Management*, v. 162, p. 102–112, 2023.

ROSADO, L. P.; PENTEADO, C. S. G. Avaliação do ciclo de vida do Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil da Região Metropolitana de Campinas. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, p. 71–82, 2019.

SANTOS, F. F. DOS *et al.* Práticas de sustentabilidade na construção civil: um estudo em empresas construtoras de edificações. *Organizações e Sustentabilidade*, 2020.

SOUZA, M. A. DE *et al.* Lixo Zero: por uma rota tecnológica alinhada às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Capítulo 18 do livro: *Catadores de Materiais Recicláveis: um encontro nacional*, 2016.

TAFESSE, S.; GIRMA, Y. E.; DESSALEGN, E. Analysis of the socio-economic and environmental impacts of construction waste and management practices. *Heliyon*, v. 8, p. e09169, 2022.

THIVES, L. P.; GHISI, E.; THIVES JÚNIOR, J. J. An outlook on the management of construction and demolition waste in Brazil. *Cleaner Materials*, v. 6, p. 100153, 2022.

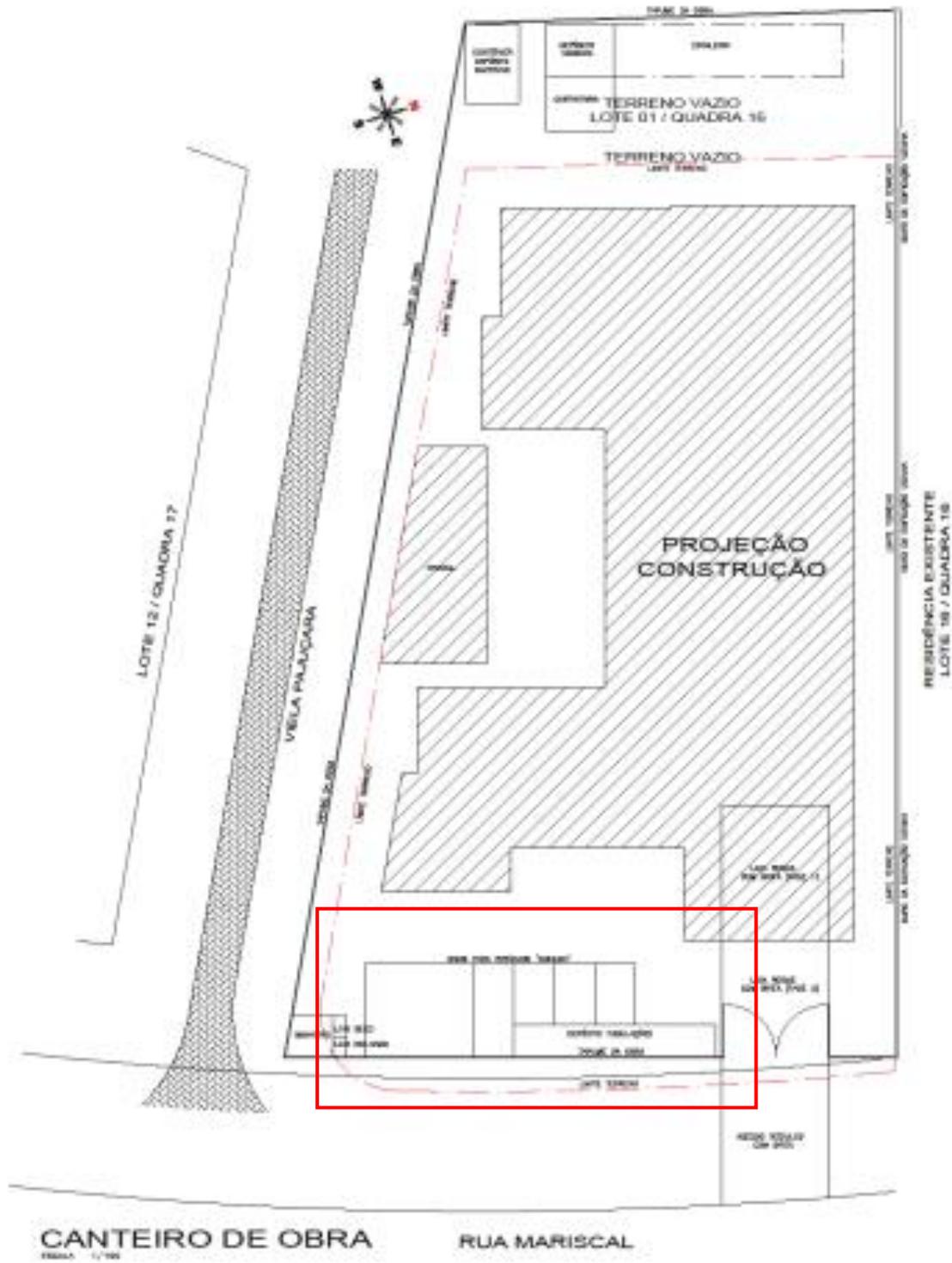
TONINI, D. Environmental and socio-economic effects of construction and demolition waste recycling in the European Union. *Science of the Total Environment*, p. 168295, 2023.

VASCONCELOS, K. B. DE; LEMOS, C. F. DE. Densidade Aparente Dos Resíduos Da Construção Civil Em Belo Horizonte – Mg. p. 1–4, 2015.

ZHANG, C. *et al.* An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe. *Science of the Total Environment*, v. 803, p. 149892, 2022.

# ANEXOS

## ANEXO A. Projeto de Canteiro de Obra.



ANEXO B. Certificado Residência Ecohaus Mariscal.



ECOHAUS MARISCAL

Sinop, MT

ESTÁ CERTIFICADO PELO GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, REFERÊNCIA NACIONAL EM CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, CONFORME DIRETRIZES ESTABELECIDAS NO GBC BRASIL CASA I®.

Março, 2022

PLATINA

Raul Pençoco, Presidente do Conselho  
Green Building Council Brasil

Super Tania, CFO  
Green Building Council Brasil

ANEXO C. Pontuação Residência Ecohaus Mariscal.



## CERTIFICAÇÃO GBC BRASIL CASA

### Ecohaus Mariscal Sinop - MT

	<b>Implantação (IMP)</b>	13 pontos atendidos
	<b>Uso Racional da Água (URA)</b>	12 pontos atendidos
	<b>Energia e Atmosfera (EA)</b>	23 pontos atendidos
	<b>Materiais e Recursos (MR)</b>	11 pontos atendidos
	<b>Qualidade Ambiental Interna (QAI)</b>	17 pontos atendidos
	<b>Requisitos Sociais (RS)</b>	4 pontos atendidos
	<b>Inovação e Projeto (IP)</b>	10 pontos atendidos
	<b>Créditos Regionais (CR)</b>	1 ponto atendido
<b>NÍVEL PLATINA</b>		<b>91 pontos atendidos de 110 possíveis</b>

## ANEXO D. Compreenda o GBC Casa.



# Compreenda o GBC CASA

## A CERTIFICAÇÃO RESIDENCIAL DO GBC BRASIL

A Certificação GBC Brasil Casa® foi projetada para enfrentar os desafios ambientais, respondendo às necessidades de um mercado competitivo. São residências que demonstram liderança, inovação, gestão ambiental e responsabilidade social e são projetados para oferecer: custos operacionais mais baixos, aumento do valor patrimonial, redução de resíduos enviados para aterros sanitários, conservação de energia e água, ambientes mais saudáveis e produtivos para ocupantes, resultando em um aumento da qualidade de vida, saúde e bem estar, redução das emissões de gases de efeito estufa e qualificação para descontos fiscais, subsídios de zoneamento e outros incentivos financeiros por parte do poder público.



## COMO FUNCIONA?

A Certificação GBC Brasil Casa® visa promover a transformação do setor da construção por meio de estratégias desenvolvidas para alcançar seis objetivos:



Mudanças Climáticas



Saúde e Bem-Estar



Benefícios Econômicos



Recursos Hídricos



Biodiversidade



Educação e Comunicação

Esses objetivos são a base para os **pré-requisitos** e **créditos** da Certificação, que são classificados em 8 categorias

### Créditos

Créditos são ações sugeridas.

A medida que o empreendimento aplica as sugestões, recebe uma pontuação.

### Pré-requisitos

Ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação. Não cumprindo um dos diversos pré-requisitos, é negada a possibilidade do empreendimento buscar a certificação.

As 8 Categorias analisadas:



**IMPLANTAÇÃO**

PONTOS POSSÍVEIS **21**



**USO RACIONAL DA ÁGUA**

PONTOS POSSÍVEIS **12**



**ENERGIA E ATMOSFERA**

PONTOS POSSÍVEIS **28**



**MATERIAIS E RECURSOS**

PONTOS POSSÍVEIS **14**



**QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA**

PONTOS POSSÍVEIS **18**



**REQUISITOS SOCIAIS**

PONTOS POSSÍVEIS **5**



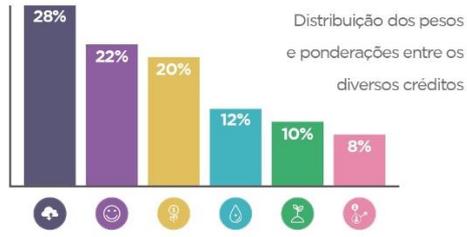
**INOVAÇÃO E PROJETO**

PONTOS POSSÍVEIS **10**



**CRÉDITOS REGIONAIS**

PONTOS POSSÍVEIS **2**



**110 pontos**  
 Total de pontos possíveis.  
 Os pontos são conquistados a medida que o empreendimento aplica os créditos sugeridos pela certificação.



Certified  
 40 - 49 pontos



Silver  
 50 - 59 pontos

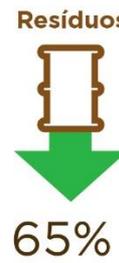


Gold  
 60 - 79 pontos



Platinum  
 80+ pontos

Média de reduções no Brasil



Construindo um futuro sustentável  
[www.gbcbrazil.org.br](http://www.gbcbrazil.org.br)

