

The background of the cover is a photograph of a construction site at sunset. The sky is a vibrant orange and yellow, with silhouettes of construction cranes and a building under construction. One crane is prominent in the upper left, another in the upper right, and a third in the lower left. The building's steel framework is visible in the lower center.

# RUMO AO RESÍDUO ZERO NA CONSTRUÇÃO

Elisabeth Maria Ferreira Severo

**Atena**  
Editora

Ano 2025

A black and white photograph of a construction site. In the foreground, the silhouettes of several tower cranes are visible against a cloudy sky. In the background, the skeletal frame of a large building under construction is visible, with numerous vertical rebar rods protruding from the structure. The overall scene is industrial and captures the early stages of a major construction project.

# RUMO AO RESÍDUO ZERO NA CONSTRUÇÃO

Elisabeth Maria Ferreira Severo

**Atena**  
Editora

Ano 2025

2025 by Atena Editora

Copyright © 2025 Atena Editora

Copyright do texto © 2025, o autor

Copyright da edição © 2025, Atena Editora

Os direitos desta edição foram cedidos à Atena Editora pelo autor.

*Open access publication by Atena Editora*

**Editora chefe**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira Scheffer

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Yago Raphael Massuqueto Rocha



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo desta obra, em sua forma, correção e confiabilidade, é de responsabilidade exclusiva dos autores. As opiniões e ideias aqui expressas não refletem, necessariamente, a posição da Atena Editora, que atua apenas como mediadora no processo de publicação. Dessa forma, a responsabilidade pelas informações apresentadas e pelas interpretações decorrentes de sua leitura cabe integralmente aos autores.

A Atena Editora atua com transparência, ética e responsabilidade em todas as etapas do processo editorial. Nosso objetivo é garantir a qualidade da produção e o respeito à autoria, assegurando que cada obra seja entregue ao público com cuidado e profissionalismo.

Para cumprir esse papel, adotamos práticas editoriais que visam assegurar a integridade das obras, prevenindo irregularidades e conduzindo o processo de forma justa e transparente. Nosso compromisso vai além da publicação, buscamos apoiar a difusão do conhecimento, da literatura e da cultura em suas diversas expressões, sempre preservando a autonomia intelectual dos autores e promovendo o acesso a diferentes formas de pensamento e criação.

# RUMO AO RESÍDUO ZERO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

## | Autores:

Elisabeth Maria Ferreira Severo

## | Revisão:

A autora

## | Diagramação:

Nataly Gayde

## | Capa:

Yago Raphael Massuqueto Rocha

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S498 Severo, Elisabeth Maria Ferreira  
Rumo ao resíduo zero na construção civil / Elisabeth  
Maria Ferreira Severo. – Ponta Grossa - PR: Atena,  
2025.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-3804-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.045251212>

1. Resíduo zero. 2. Futuro da Construção.  
3.PGRCC. I. Severo, Elisabeth Maria Ferreira. II. Título.  
CDD 690

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

## Atena Editora

☎ +55 (42) 3323-5493

☎ +55 (42) 99955-2866

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

# CONSELHO EDITORIAL

## CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Ariadna Faria Vieira – Universidade Estadual do Piauí  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Prof. Dr. Cláudio José de Souza – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Dr. Joachin de Melo Azevedo Sobrinho Neto – Universidade de Pernambuco  
Prof. Dr. João Paulo Roberti Junior – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Juliana Abonizio – Universidade Federal de Mato Grosso  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof. Dr. Sérgio Nunes de Jesus – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

# RESUMO

## RESUMO

A indústria da construção é uma das que mais impacta o meio ambiente, sendo responsável por 50% do CO<sub>2</sub> lançado na atmosfera e da geração da metade dos resíduos sólidos gerados no mundo. O presente livro tem como objetivo trazer como a evolução dos métodos construtivos é importante para uma construção mais limpa resultando o resíduo zero nos canteiros de obras. No desenvolvimento dos trabalhos foram descritos os resíduos da construção e demolição (RCD) quanto à sua estrutura e composição, quanto ao aproveitamento para transformação, quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e quanto sua natureza ou origem (Classes A, B, C e D), bem como as formas de destinação dos RCD (reutilização, reciclagem, áreas de transbordo e triagem), beneficiamento, aterros e coprocessamento de resíduos perigosos. Também foi abordado os impactos ambientais adversos da gestão inadequada dos RCCs. Foi observado que, no Brasil, com o intuito de melhorar a gestão de resíduos foram criadas legislações específicas através da Resolução CONAMA 307/2002 e da lei 12.305/2010, resultando no Programa Integrado de Gestão de Resíduos da Construção e Racionalização dos Processos Produtivos. Já o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) está diretamente relacionado com a preservação ambiental, o atendimento à legislação e normas, a proteção à vida humana, bem como a redução de custos e oportunidade de ganhos econômicos. Nesse contexto foi citado na síntese estudo de caso de Check list do PGRCC na cidade de Recife. A seguir houve breve explanação de dois Projetos Sustentáveis de Gerenciamento dos RCD, sendo o primeiro o Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR) e o segundo os Bancos Sociais da FIERGS. Posteriormente foi apresentado o gerenciamento e a aplicação dos RCD, em especial, na Comunidade Europeia e USA, bem como as Metodologias para aumentar o ciclo de vida dos RCD: Logística Reversa e Economia Circular aplicadas na Construção Civil. Por fim foi descrito o Projeto Construção 2030: “Uma Visão do Futuro Sustentável – Resíduo Zero nas Construções” que foi idealizado pelo SENAI Nacional e a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). Projeto que traz inovação tecnológica para redução dos RCCs nas construções e sendo dividido em 7 setores: Novos Equipamentos, Impressão 3D, Novos Materiais, Industrialização/Pré-Fabricação, Construção Modular, Sistemas Biomiméticos adaptativos e Regenerativos (Construção Rápida, Econômica e Confortável) e Automação Robótica. Verifica-se que é de extrema importância que o setor da construção civil esteja alinhado, para um futuro próximo, com soluções de inovações tecnológicas que tragam uma construção limpa, com maior ciclo de vida e que traga além do resíduo zero também benefícios ambientais, econômicos e sociais a todos os envolvidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo zero, Futuro da Construção, PGRCC, Sustentabilidade.

# ABSTRACT

## ABSTRACT

The construction industry is one of the industries that has the greatest impact on the environment, being responsible for 50% of the CO<sub>2</sub> released into the atmosphere and the generation of half of the solid waste generated in the world. This book aims to bring how the evolution of construction methods is important for a cleaner construction, resulting in zero waste on construction sites. In the development of the works, the construction and demolition waste (CDW) was described in terms of its structure and composition, its use for transformation, its potential risks to the environment and its nature or origin (Classes A, B, C and D), as well as the ways in which CDW is disposed of (reuse, recycling, transshipment and sorting areas), processing and landfills and co-processing of hazardous waste. The adverse environmental impacts of inadequate management of CDWs were also addressed. It was observed that, in Brazil, with the aim of improving waste management, specific legislation was created through CONAMA Resolution 307/2002 and law 12.305/2010, resulting in the Integrated Program for Construction Waste Management and Rationalization of Production Processes. The Civil Construction Waste Management Plan (CCWMP) is directly related to environmental preservation, compliance with legislation and standards, the protection of human life, as well as the reduction of costs and opportunities for economic gains. In this context, a case study of the CCWMP Checklist in the city of Recife was mentioned in the synthesis. Next, we present a brief explanation of two Sustainable CDW Management Projects, the first being the Integrated Waste Exchange System (IWES) and the second the FIERGS Social Banks. Subsequently, the management and application of CDW was presented, especially in the European Community and USA, as well as the Methodologies to increase the life cycle of CDW: Reverse Logistics and Circular Economy applied in Civil Construction. Finally, the Construction 2030 Project: "A Vision of the Sustainable Future – Zero Waste in Constructions" was described, which was conceived by SENAI Nacional and the Brazilian Chamber of the Construction Industry (CBIC). Project that brings technological innovation to reduce CDWs in constructions and is divided into 7 sectors: New Equipment, 3D Printing, New Materials, Industrialization/ Prefabrication, Modular Construction, Adaptive and Regenerative Biomicrometric Systems (Fast, Economical and Comfortable Construction) and Robotic Automation. It is extremely important that the civil construction sector is aligned, for the near future, with technological innovation solutions that bring a clean construction, with a longer life cycle and that brings, in addition to zero waste, also environmental, economic and social benefits to all involved.

**KEYWORDS:** Zero waste, Future of Construction, PGRCC, Sustainability

# SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>RESÍDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>4</b>
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	5
CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS .....	5
FORMAS DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	8
<b>IMPACTOS AMBIENTAIS ADVERSOS DA GESTÃO INADEQUADA DE RCCS.....</b>	<b>9</b>
<b>LEGISLAÇÃO E NORMAS SOBRE RESÍDUOS NO BRASIL .....</b>	<b>12</b>
<b>GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL ...</b>	<b>20</b>
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NAS CIDADES .....	20
GERENCIAMENTO DE RCCS.....	21
PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC).....	23
ASPECTOS IMPORTANTES DO PGRCC .....	25
DA RESPONSABILIDADE: .....	25
DA APRESENTAÇÃO DO PGRCC .....	25
CORRESPONSABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS.....	26
ASPECTOS IMPORTANTES DO PGRCC: .....	26
SÍNTESE DO CONTEÚDO PADRÃO DO PGRCC: .....	27
ACOMPANHAMENTO E AÇÕES CORRETIVAS DO PGRCC .....	27
ESTUDO DE CASO PGRCC NA CIDADE DE RECIFE .....	28
ESTUDO DE CASO EM RECIFE .....	30
Dados Gerais da Empresa .....	30
Dados do Empreendimento a ser estudado.....	31
Check List de Limpeza e Segregação dos RCCs .....	31
Comentários.....	32

# SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>PROJETOS SUSTENTÁVEIS DE GERENCIAMENTO DOS RCCS-BRASIL .....</b>	<b>33</b>
SISTEMAS ISOLADOS DE BOLSA DE RESÍDUOS.....	33
SÃO PAULO .....	33
RIO DE JANEIRO .....	33
RIO GRANDE DO SUL .....	34
SANTA CATARINA.....	34
MATO GROSSO DO SUL .....	34
SISTEMA INTEGRADO DE BOLSA DE RESÍDUOS (SIBR) .....	35
VANTAGENS DO SISTEMA INTEGRADO DE BOLSAS DE RESÍDUOS - SIBR.....	36
BANCOS SOCIAIS DA FIERGS .....	37
ORIGEM .....	37
OBJETIVO DO PROJETO DOS BANCOS SOCIAIS.....	37
OPERAÇÃO .....	37
ABRANGÊNCIA.....	38
RESULTADOS .....	38
<b>GERENCIAMENTO E APLICAÇÃO DOS RCCS NO MUNDO .....</b>	<b>39</b>
UNIÃO EUROPÉIA.....	39
<b>METODOLOGIAS PARA AUMENTAR O CICLO DE VIDA DOS RCCS.....</b>	<b>45</b>
LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL (CERÂMICA MODULAR, 2022).....	45
ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	48
<b>RESÍDUO ZERO NAS OBRAS - VISÃO DO FUTURO SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>52</b>

# SUMÁRIO

## SUMÁRIO

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>63</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO .....</b>	<b>70</b>
<b>SOBRE A AUTORA .....</b>	<b>73</b>



# INTRODUÇÃO

Nas cavernas os homens pré-históricos produziam o lixo que era composto por cascas e frutas, sementes e restos de animais. Esses materiais eram decompostos, ao longo do tempo, na natureza e serviam como adubo orgânico, aumentando a fertilidade do solo, isso ocorreu nos primórdios, por volta de 10 mil anos A.C., quando a humanidade começou a viver em comunidades. (Abreu & Palhares, 2006).



Figura 1 – Resíduos Orgânicos  
(Fonte: Freepik, 2003)

Com o passar do tempo o homem começou a produzir peças para seu melhor conforto tais como: vasilhas, cerâmicas, ferramentas para plantio, roupas mais apropriadas, etc. Nessa época deixou de ser nômade e passou a se fixar em um determinado local, desenvolvendo hábitos como a construção de moradias, criação de animais, cultivo de alimentos, resultando numa maior produção de resíduos.

Nas cidades coloniais brasileiras não existia sistema de coleta de lixo e as pessoas enterravam o lixo em seus quintais ou despejavam os resíduos em terrenos baldios, nas ruas e nos rios. O lixo ficava amontoado nas vias, repletas de esterco e excrementos. Existiam também os vazadouros, algo similar aos atuais lixões. Naquela época o meio de transporte eram os cavalos, e quando esses animais morriam, eram deixados no meio da rua. Esse problema começou a ser resolvido por volta de 1919, quando 300 veículos passaram a fazer a coleta dos resíduos.



Para termos uma noção de tudo o que envolve o Plano de Gestão de Resíduos Sólidos nas construções serão abordados os tipos de resíduos da construção, a legislação brasileira em vigor dos RCCs, bem como será feita uma projeção para o futuro.



# RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos são materiais descartados resultantes de atividades, cuja destinação final se procede nos estados sólidos ou semissólidos, gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água. Têm valor agregado.

Os rejeitos são resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente correta. Não tem valor agregado.

Já os entulhos são os resíduos misturados, relacionados ao lixo. Não tem valor agregado, materiais que não foram segregados

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente através da Política Nacional de Resíduos Sólidos tem a seguinte classificação (BRASIL/SINIR/MMA, 2023):

- Quanto à origem:

- Resíduos Domiciliares
- Resíduos de Limpeza Urbana
- Resíduos Sólidos Urbanos
- Resíduos de Estabelecimentos Comerciais e Prestadores de Serviços
- Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico
- Resíduos Industriais
- Resíduos de Serviços de Saúde
- Resíduos Agrossilvopastoris
- Resíduos de Serviços de Transportes
- Resíduos de Mineração
- Resíduos da Construção Civil
- Resíduos Radioativos

- Quanto à periculosidade:

- I Resíduos Perigosos
- I Resíduos Não Perigosos

## RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal 12.305/2010), os resíduos da construção civil são “Aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolição de obras da construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis”.

## CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Importante salientar que é a partir da geração de resíduos é que se começa a gestão dos resíduos. Deve-se considerar a quantidade e as classes dos resíduos sólidos.

Na etapa de classificação dos resíduos temos a caracterização dos mesmos de acordo com a NBR 10.004:2004 conforme a seguir:

### a. Quanto à estrutura e composição:

- I **Resíduos orgânicos:** possuem origem animal ou vegetal e se decompõem mais facilmente na natureza. São eles: restos de alimentos, cascas de frutas, ovos, folhagens, plantas, pó de café, madeira, etc.
- I **Resíduos inorgânicos:** não possuem origem biológica, por serem transformados pelo homem, demoram mais tempo para serem decompostos na natureza. São eles: vidro, plástico, metais, etc.

### b. Quanto ao aproveitamento para transformação:

- I **Resíduos recicláveis:** constituem interesse de transformação, que tem mercado ou operação que viabilize sua transformação industrial.
- I **Resíduos não recicláveis:** são aqueles que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação, são dispostos em aterros industriais ou aterros sanitários – Rejeitos.

### c. Quanto aos riscos potenciais ao Meio Ambiente:

- I **Classe I – Perigoso:** capaz de causar danos à saúde humana ou ao meio ambiente, pois possui as seguintes características:
- I **Inflamabilidade** – substância que queima rápido e facilmente.
- I **Reatividade** – são basicamente os resíduos que possuem uma capacidade de reação muito rápida e forte para com outros elementos, podendo gerar manifestações de calor e energia.

- I **Corrosividade** – substâncias que apresentam uma severa taxa de corrosão ao aço. Evidentemente, tais materiais são capazes de provocar danos também aos tecidos humanos. Basicamente existem dois principais grupos de materiais que apresentam essa propriedade e são conhecidos por ácidos e bases.
- I **Toxicidade** - como o nome sugere, são resíduos altamente tóxicos que possuem em suas estruturas biológicas a capacidade de provocar danos em organismos vivos.
- I **Patogenicidade** – materiais que possuem em sua composição traços biológicos que podem resultar o surgimento de doenças.

Exemplos de resíduos perigosos: pilhas e baterias, óleo usado, resíduo de tinta, resíduos de saúde, etc.

#### I **Classe II – Não Perigoso:**

- I **IIA- Não inertes:** solúveis em água. Exemplo: papel, lodos.
  - I **IIB- Inertes:** sem solubilização em água. Exemplo: plástico, vidro, etc.
- d. **Quanto à sua natureza ou origem:** de acordo com o artigo 30. da Resolução Conama 307/2002, os resíduos da construção civil (RCCs) deverão ser classificados conforme segue:
- I **CLASSE A:** resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
    1. De pavimentação e obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem.
    2. De edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, etc.), argamassas e concretos.
    3. De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, etc.) produzidas no canteiro de obras.

Importante:

Os RCCs podem ser reaproveitados no próprio canteiro de obras, ou encaminhados para usinas de reciclagem ou aterros específicos para RCCs Classe A, que permitam sua reutilização ou reciclagem futura.

- I **CLASSE B:** resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papel, metais, vidros, madeiras, gesso, etc.

Importante:

Esses resíduos devem ser armazenados em recipientes identificados como caçambas ou bags, o material deve ser destinado às cooperativas de reciclagem ou áreas de triagem destinadas ao recebimento de RCCs para eventual transformação e disposição final correta.

- CLASSE C:** são os rejeitos. Todos aqueles resíduos pelos quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como: isopor, massa corrida, massa de vidro, etc.

Importante:

Devem ser armazenados de forma a ficarem separados dos demais e enviados para áreas de transbordo e triagem ou para aterros sanitários preparados para seu recebimento. Esses RCCs não podem ser dispostos em aterros sanitários comuns, em conformidade com as Normas Técnicas específicas vigentes.

- CLASSE D:** são os resíduos perigosos, oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos, demolição e reformas de clínicas radiológicas, instalações industriais, telhas de amianto e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde, em conformidade com as Normas Técnicas específicas vigentes.

Importante:

Esses resíduos devem ser enviados para área de transbordo e triagem ou para aterros industriais licenciados para receber esse tipo de resíduo.




Classe A	Classe B
<p>Tijolo Telhas Areia e outros (Trituráveis).</p> 	<p>Papel Papelo Plástico Madeira</p> 
Classe C	Classe D
<p>Gesso Isopor e outros (Não recicláveis)</p> 	<p>Tinta Verniz Solventes (Resíduos perigosos)</p> 

Figura 3 – Classes de Resíduos da Construção Civil

(Fonte: <https://mjrengenharia.com.br/noticias/residuos-construcao-civil/>)

## FORMAS DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A seguir são apresentadas as formas de destinação dos RCCs:

- I **REUTILIZAÇÃO** (interna e externa): É o processo de reaplicação de um resíduo, sem transformação do mesmo;
- I **RECICLAGEM** (interna e externa): É o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação;
- I **ÁREA DE TRANSBORDO E TRIAGEM DE RCCs E RESÍDUOS VOLUMOSOS (ATT):** É a área destinada ao recebimento do RCC e resíduos volumosos, para triagem, armazenamento temporário dos materiais segregados, eventual transformação e posterior remoção para destinação adequada.
- I **BENEFICIAMENTO:** É o ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto.
- I **ATERRO DE RESÍDUOS CLASSE A DE RESERVAÇÃO DE MATERIAL PARA USOS FUTUROS:** É a área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de RCCs Classe A no solo, visando a reservação de materiais agregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área;
- I **ATERRO DE RESÍDUOS PERIGOSOS:** É uma área tecnicamente adequada onde são dispostos os resíduos perigosos no solo de forma a não causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível.
- I **COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS PERIGOSOS:** É uma técnica que consiste em destruir o lixo tóxico por meio de incineração. Comumente, esta queima é feita em fornos de fabricantes de cimento.



## IMPACTOS AMBIENTAIS ADVERSOS DA GESTÃO INADEQUADA DE RCCS

Os resíduos sólidos podem ser orgânicos (restos de alimentos), ou inorgânicos (plásticos, metais, vidros, papel, restos de materiais da construção (tijolos, concretos, gesso e outros RCCs) que apresentam estrutura rígida. Conforme Santos et al.(2022), os resíduos ao serem descartados de forma inadequada tem grande potencial poluidor, podem contaminar solo, água e o ar, devido terem em suas composições inúmeros materiais tais como: íons metálicos, orgânicos voláteis, etc.

Cuidado maior deve ser dado aos resíduos plásticos devido aos grandes problemas ambientais associados ao seu descarte (HUANG et al., 2020). A poluição do plástico representa uma grande ameaça aos ecossistemas costeiros do mundo (LEAL FILHO et al., 2019).

De acordo com Kaza et al. (2018), a estimativa no ano 2016 foi de que foram gerados 2,01 bilhões de toneladas de resíduos, sendo que 0,74 Kg/dia de resíduos por pessoa. Outra questão importante abordada por Koops & Van Leeuwen (2017) é que crescimento populacional em 1970 era de 3,7 bilhões de pessoas, em 2021 passou para 7,9 bilhões de pessoas e as projeções para 2050 e 2100 são respectivamente para 9 e 11 bilhões de pessoas.

Se considerarmos proporcionalmente esses dados teremos a projeção para a geração de resíduos conforme Quadro 01, a seguir:

Quadro 01 – População Mundial x Resíduos Gerados (1970 – 2100)

Ano	População Mundial	Resíduos gerados
1970	3,7 bilhões	N/A
2016	7,4 bilhões pessoas	2,01 bilhões de toneladas
2021	7,9 bilhões pessoas	2,15 bilhões de toneladas
2050	9 bilhões pessoas	2,44 bilhões de toneladas
2100	11 bilhões pessoas	2,99 bilhões de toneladas

Fonte: Koops & Van Leeuwen (2017) - Adaptado

Para Freitas (2021), os resíduos orgânicos quando se decompõem liberam o chorume, líquido escuro com forte odor, que pode contaminar o solo, o ar e o lençol freático e as águas superficiais. Podem contribuir consideravelmente para as mudanças climáticas devido a formação de gases tóxicos tanto no subsolo como na atmosfera (CASTRO; SANTOS e SOUZA, 2022).

Com a decomposição dos resíduos orgânicos, quando dispostos em lixões, aterros ou em áreas inadequadas, há liberação de gases do efeito estufa (GEE), gás metano ( $\text{CH}_4$ ) extremamente poluente e tóxico (FERREIRA, 2017).

Os impactos ambientais adversos (negativos) são quando a ação resulta em danos à qualidade de um fator ambiental, ou seja, quando alteram e geram danos para o ambiente e para os recursos naturais.

A falta de gerenciamento dos RCCs pode acarretar os seguintes impactos ambientais adversos:

- Esgotamento dos Recursos naturais;
- Poluição e degradação do ar, solo e água;
- Comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local;
- A disposição de RCCs irregular deteriora o ambiente local, tais como: obstrução no sistema de drenagem superficial e a obstrução de córregos;
- Proliferação de vetores trazendo problemas de saúde para a população;
- Diminuição de mananciais, inundações, erosões, mudanças climáticas, destruição da camada de ozônio, chuva ácida, agravamento do efeito estufa e degradação ambiental;
- Impactos econômicos, um exemplo: Custos com a limpeza;
- Resíduos podem conter substâncias perigosas, como adesivos, tintas, óleos, baterias, biocidas incorporados nas madeiras tratadas, sulfatos provenientes da dissolução do gesso e outros elementos que podem contaminar o solo, a água e ar (DEGANI, 2003);
- Queima de resíduos nos canteiros de obra, liberando gases tóxicos, poluindo e prejudicando a qualidade do ar (ARAÚJO, 2009);
- Impactos à saúde da população – o acúmulo de RCCs em locais inadequados é uma ameaça à saúde pública, atraindo resíduos não inertes e tornando-se habitat para muitas espécies de vetores patogênicos, como ratos, baratas, escorpiões, moscas, mosquitos, carrapatos, vermes, bactérias, fungos e vírus. A seguir, no Quadro 02, são apresentados alguns vetores e suas respectivas doenças (ROCHA, 1997).

Quadro 02 - Vetores e suas respectivas doenças

VETOR	DOENÇAS
Moscas	Febre tifóide, salmoneloses, disenterias, oncocerlose
Mosquitos	malária, febre amarela, dengue, Chikungunya, zika
Baratas	Febre tifóide, cólera, amebíase
Ratos	Leptospirose, diarreias, disenterias
Suínos	Cisticercose
Escorpiões	Aumento da frequência cardíaca, salivação, falta de ar, pressão baixa, morte
Carrapatos	Febre hemorrágica, doença de lyme, febre, encefalite, tularêmia
Pulgas	Peste, rickettsioses
Caracóis	Esquistossomose

Fonte: Adaptado de Rocha (1997).



## LEGISLAÇÃO E NORMAS SOBRE RESÍDUOS NO BRASIL

Como já visto anteriormente, a indústria da construção civil é uma das grandes vilãs ambientais quando se trata dos RCCs. Sendo que 40% de todos os resíduos produzidos pela atividade humana advém da construção/demolição, sendo também responsável por 1/3 dos gases de efeito estufa. Verifica-se também que os métodos construtivos na sua grande maioria são obsoletos, gerando retrabalhos e bastante resíduos.

Um dos grandes desafios da indústria da construção civil está em conciliar a sua atividade produtiva com as condições que a conduzam a um desenvolvimento sustentável e consciente, resultando uma atividade menos agressiva ao meio ambiente.

Com isso se faz necessário normas e legislações específicas que protejam o meio ambiente. No Brasil foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – que é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

O CONAMA é um colegiado representado por cinco setores, a saber: Órgãos Federais, Órgãos Estaduais, Órgãos Municipais, Setor Empresarial e Sociedade Civil. Trata das Resoluções para deliberar diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos à proteção ambiental e ao uso sustentável dos recursos ambientais.

A **Resolução CONAMA No. 307/2002** – Foi criada pela necessidade de diretrizes para a redução dos impactos ambientais gerados pelos RCCs e pela disposição indevida dos RCCs que contribui negativamente para uma maior degradação ambiental. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, onde traz a responsabilidade do gerador pelo gerenciamento e destinação ambientalmente dos RCCs.

A degradação ambiental é qualquer alteração das propriedades física, química e biológica do meio ambiente (**Resolução CONAMA No. 001/1986**), tais como:

- I Deterioração da qualidade do ar
- I Alteração na qualidade das águas

- Interferência da flora e fauna
- Alteração nas condições de saúde e segurança
- Incômodo para a comunidade
- Alteração no tráfego de vias
- Aumento do volume de aterros de resíduos

Na Quadro 03, a seguir, são apresentadas as principais características dos impactos ambientais causados pelas atividades da construção civil.

Quadro 03 - Impactos Ambientais causados pelas atividades da Construção Civil

CLASSE DE ATIVIDADES	CARACTERÍSTICAS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELAS ATIVIDADES							
	SOLO E LENÇOL FREÁTICO	ÁGUA	AR	PLANTAS	ANIMAIS	PAISAGEM	BARULHO	CLIMA
OCUPAÇÃO DE TERRAS	X	X	X	X	X	X	X	X
EXTRAÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA	X	X	X	X	X	X	X	X
TRANSPORTE			X				X	
PROCESSO CONSTRUTIVO	X	X	X			X	X	
GERAÇÃO/DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	XX	XX	XX	XX	XX	XX		
PRODUTO FINAL		X				X		X

Fonte: Programa Entulho Limpo (2000).

No artigo 4º - Resolução CONAMA 307/2002 são apresentadas os objetivos prioritários como formas para minimizar a geração de resíduos (Figura 4 - é apresentada a Pirâmide Hierárquica dos Resíduos e na Figura 5 - é apresentado o Ciclo dos Resíduos).

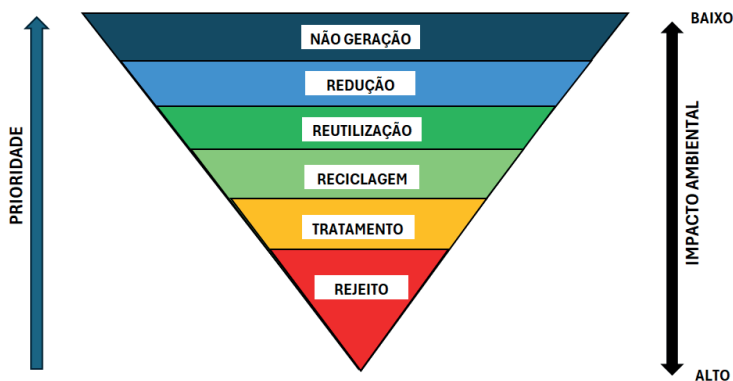


Figura 4 – Pirâmide Hierárquica dos Resíduos

Fonte: PNRS Lei 12.305/2010



Figura 5 – Ciclo de Resíduos

Fonte: ABREGEL (2023)

Objetivos Prioritários:

- I **NÃO GERAÇÃO** – resíduo ótimo é quando o mesmo não existe. Utilizar ações que evitem a geração de resíduos. Ex.: Escolher processos construtivos ou materiais que não requeiram embalagens, formas e execução *in loco*.
- I **REDUÇÃO** – quando há a redução dos resíduos. Utilizar tecnologias que otimizem os processos e dar maior capacitação técnico profissional aos trabalhadores.
- I **REUTILIZAÇÃO** – reaplicação e reuso dos resíduos na obra, sem a transformação dos mesmos. Utilizar os resíduos na própria obra. Ex.: reaproveitamento de formas de plástico/madeira durante o processo de concretagem. No Quadro 04 é apresentada a reutilização dos RCCs conforme as fases da obra.

Quadro 04 – Reutilização dos RCCs conforme fase da obra

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS	POSSÍVEL REUTILIZAÇÃO NO CANTEIRO	POSSÍVEL REUTILIZAÇÃO FORA DO CANTEIRO
LIMPEZA DO TERRENO	SOLOS, ROCHAS, VEGETAÇÃO E GALHOS	REATERROS	ATERROS
MONTAGEM DO CANTEIRO	BLOCOS CERÂMICOS, CONCRETO (AREIA E BRITA)	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
FUNDAÇÕES	SOLOS	REATERROS	ATERROS
SUPERESTRUTURA	CONCRETO, AREIA E BRITA	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	MADEIRA	CERCAS E PORTÕES	LENHA
	SUCATA DE FERRO, FORMAS PLÁSTICAS	REFORÇO PARA CONTRAPISO	RECICLAGEM
ALVENARIA	BLOCOS CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, ARGAMASSA	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	PAPEL E PLÁSTICO		RECICLAGEM
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	BLOCOS CERÂMICOS	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	PVC E PPR		RECICLAGEM
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	BLOCOS CERÂMICOS	BASE DE PISO, ENCHIMENTOS	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	CONDULETES, MANGUEIRAS, FIO DE COBRE		RECICLAGEM
REBOCO INTERNO / EXTERNO	ARGAMASSA	ARGAMASSA	FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
REVESTIMENTOS	PISOS E AZULEJOS CERÂMICOS		FABRICAÇÃO DE AGREGADOS
	PISO LAMINADO DE MADEIRA, PAPEL, PAPELÃO E PLÁSTICO		RECICLAGEM
FORRO DE GESSO	PLACAS DE GESSO ACARTONADO	READEQUAÇÃO NAS ÁREAS COMUNS	
PINTURAS	TINTAS, SELADORAS, VERNIZES E TEXTURAS		RECICLAGEM
COBERTURAS	MADEIRAS		LENHA
	CACOS DE TELHA DE FIBROCIMENTO		

Fonte: Gustavo Vital-CIPEC (2020).

- I **RECICLAGEM** – reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido transformação.
- I **TRATAMENTO DE RESÍDUOS** – encaminhar os resíduos para beneficiamento (interno/externo). Ex.: Papel, embalagens plásticas e de papel, latas de tinta, etc.
- I **DESTINAÇÃO FINAL DE REJEITOS** – encaminhar os resíduos para destinos ambientalmente corretos (aterros licenciados, unidades de biodigestão, coprocessamento).
- I No Quadro 05, são apresentados a Destinação Final de acordo com a classe do resíduo.

Quadro 05 - Destinação Final dos RCCs conforme Classe do Resíduo

CLASSE DO RESÍDUO	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL	DESTINOS LEGAIS
A	CIMENTÍCIOS E CERÂMICOS	USINA DE RECICLAGEM DO RCC
		ATERRO DE RCC (INERTES)
		ÁREA DE TRANSBORDO E TRIAGEM (ATT)
B	PAPEL, PLÁSTICO, MADEIRA, METAIS, GESSO, EMBALAGENS DE TINTAS VAZIAS, ETC.	ÁREA DE TRANSBORDO E TRIAGEM (ATT)
		ATERRO SANITÁRIO
		COOPERATIVA DE RECICLAGEM
C	MASSA CORRIDA DE VIDRO E OUTROS QUE NÃO TENHAM SIDO DESENVOLVIDAS TECNOLOGIAS OU APLICAÇÕES QUE PERMITAM A SUA RECICLAGEM OU RECUPERAÇÃO	ATERRO SANITÁRIO
		ATERPRO DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS
D	TINTAS, SOLVENTES, ÓLEOS, MADEIRA TRATADA, MATERIAIS COM AMIANTO	ATERRO DE RESÍDUOS PERIGOSOS

A **Resolução CONAMA No. 307/2002** estabelece a obrigatoriedade dos municípios em ter o Plano Integrado de Gerenciamento de RCC – PIGRCC. Traz a obrigatoriedade da apresentação do PGRCC pelos grandes geradores, sendo definido pelos estados e municípios a regulamentação.

Alterações da Resolução CONAMA No. 307/2002:

- I Resolução CONAMA No. 348/2004
- I Resolução CONAMA No. 431/2011
- I Resolução CONAMA No. 448/2012
- I Resolução CONAMA No. 469/2015

Posterior a Resolução CONAMA 307, foi promulgada a **Lei Federal 12.305/2010** estabelecendo a **Política Nacional de Resíduos Sólidos** – que traz a obrigatoriedade na elaboração e implementação do PGRCC pelas empresas do setor da construção civil.

Os principais tópicos dessa Lei, são:

- Prevenção e a redução na geração dos resíduos sólidos.
- Instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e a reutilização (aquilo que tem valor econômico).
- Destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

**Portaria MMA No. 280/2020 – SINIR** – Institui o manifesto de transporte online de resíduos -MTR e o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos com sua sistematização e padrões. A utilização do MTR é obrigatória em todo o território nacional, para todos os geradores de resíduos sujeitos à elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, incluindo o setor da construção civil. É uma ferramenta online que não envolve custos para sua utilização, após 31/12/2020 a utilização do MTR online passou a ser obrigatório, sendo o gerador o responsável por emitir o formulário do MTR no SINIR, para cada remessa de resíduo para destinação, sendo responsabilidade do gerador a certificação de que o transporte e o destinador estão adequados para a execução do serviço de transporte e destinação, respectivamente, de acordo com as normas técnicas vigentes.

O Certificado de Destinação Final de Resíduos (CDF) somente será válido e reconhecido pelos órgãos ambientais competentes, quando emitido através do MTR.

Após à emissão do MTR pelo gerador, o transportador deverá manter, durante todo o transporte, uma via do MTR, em meio físico ou digital. Cabe ao transportador realizar o transporte dos resíduos em posse do devido MTR emitido pelo gerador até o armazenador temporário ou ao destinador. O CDF somente será válido e reconhecido pelos órgãos ambientais competentes, quando emitido através do MTR.

Normas que complementam a legislação pertinente:

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- ABNT NBR 15112/2004 – Diretrizes para projeto, implantação e operação de área de transbordo e triagem;
- ABNT NBR 15113/2004 - Diretrizes para projeto, implantação e operação de aterros de RCC e inertes;
- ABNT NBR 15114/2004 - Diretrizes para projeto, implantação e operação de área de reciclagem de RCC;

- ABNT NBR 15115/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – execução de camadas de pavimentação – procedimentos; e
- ABNT NBR 15116/2004 – Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – requisitos.

- Legislações Estaduais (Leis e Decretos) – A seguir, no Quadro 06, algumas políticas e instrumentos legais estaduais sobre resíduos sólidos:

Quadro 06 – Estados e Instrumentos Legais sobre Resíduos Sólidos

ESTADO	REGULAMENTAÇÃO
CEARÁ	Lei 13.103/2001
MATO GROSSO	Lei 7.852/2002
MINAS GERAIS	Lei 18.031/2009 e Deliberação Normativa COPAM 155/2010
PARANÁ	Lei 3.557/2005
PERNAMBUCO	Lei 12.008/2001 e Lei 14.236/2010
RIO DE JANEIRO	Lei 4.191/2003
RIO GRANDE DO SUL	Resolução COSEMA 017/2001
SANTA CATARINA	Lei 13.557/2003
SÃO PAULO	Lei 12.300/2006 e Resolução SMA 056/2010

Fonte: IPEA (2012)

- Legislações Municipais (Leis e Decretos) – Tanto em nível estadual como municipal, o PGRCC é um condicionante para obtenção do alvará de construção e/ou demolição e o Certificado de Vistoria de conclusão de obra (CVCO) em diversos municípios, conforme Quadro 07, a seguir.

Quadro 07 – Municípios e Instrumentos Legais sobre Resíduos Sólidos

MUNICÍPIO	REGULAMENTAÇÃO
BELÉM	Lei 8.014/2000
BELO HORIZONTE	Lei 9.193/2006 e Lei 8.357/2002
CAMPO GRANDE	Lei Complementar 92/2006
CUIABÁ	Lei 3.241/1993
CURITIBA	Lei 11.682/2006
FLORIANÓPOLIS	Lei Complementar 305/2007 e Lei Complementar 398/2010
FORTALEZA	Lei 9.374/1994
MANAUS	Lei 1.411/2010
NATAL	Decreto Municipal 13.972
RECIFE	Decreto 18.082/1998
SÃO PAULO	Decreto 42.217/2002, Decreto 48.075/2006 e Lei 14.803/2008

Fonte: IPEA (2012)

Importante salientar que na ausência de legislação municipal, as empresas devem buscar as legislações estadual e federal, se baseando na mais rigorosa.



# GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO BRASIL

## GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NAS CIDADES

Antes de se começar a falar da gestão de RCCs nas empresas, se faz necessário trazer à tona o gerenciamento dos resíduos nas cidades. Observou-se que as grandes cidades foram as primeiras a procurarem alternativas para problemas gerados pelos resíduos da construção civil, observando o seguinte:

- Grande quantidade de resíduos produzidos diariamente;
- Nas grandes cidades a fiscalização é mais rigorosa por parte dos órgãos ambientais; e
- As primeiras leis sobre RCCs surgirão nas grandes cidades.

Algumas pequenas cidades copiaram os sistemas já empregados pelas grandes cidades que nem sempre foram adequados a realidade econômica e espacial desses municípios e hoje o que se observa é que na maioria das pequenas cidades esse problema não foi considerado (não tendo gestão dos RCCs). Observou-se, em 2019, de acordo com a Abrelpe que 12% desses municípios tinham mais de 50 mil habitantes e que 88% eram de pequenas cidades com menos de 50 mil habitantes, na sua maioria sem o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PIGRS) conforme obrigatório pela Lei 12.305/2010 na qual traz a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Uma excelente saída para o tratamento adequado dos RCCs seriam os consórcios públicos, que vem se apresentando como uma alternativa de gestão compartilhada, na qual os pequenos municípios que não geram quantidade suficiente de RCCs que justifique o investimento público na construção e manutenção de usinas, formando assim o consórcio intermunicipal. Além de que os consórcios públicos seriam uma ferramenta para suprir os problemas de carência de pessoal, infraestrutura e recursos financeiros, que é uma realidade sobretudo nas pequenas cidades.

É atribuição municipal o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PIGRS) que engloba:

1. Programa de Gerenciamento de Resíduos
2. Projetos de Gerenciamento de Resíduos
3. Cadastramento / Licenciamento de Áreas
4. Cadastramento de Transportadoras
5. Orientação, Fiscalização, Campanhas Educativas

## GERENCIAMENTO DE RCCS

Importante salientar que os RCCs representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas. Esta resolução traz a importância da gestão dos RCCs. Também alerta sobre a viabilidade técnica/econômica do uso de materiais originados da reciclagem (tijolos, concreto, pedra, areia, plástico, papel, metais, vidros, gesso, etc.).

Que a gestão dos RCCs proporciona benefícios de ordem social, econômica e ambiental.

Conforme Sindicato Sinduscon SP (2020), para se obter um gerenciamento eficaz dos RCCs se faz necessário um Plano de ação que deve conter:

1º Desenvolver projetos e especificações de sistemas construtivos e materiais de modo a reduzir ao máximo a geração de resíduos, visto que quanto menos resíduos, mais eficiente será a gestão.

2º Fazer a caracterização e quantificação dos resíduos que serão gerados durante a obra. Conhecer bem a qualificação e a quantidade dos resíduos é essencial para a tomada de decisão e uma boa gestão de resíduos na obra.

3º Verificar todas as possibilidades de reaproveitamento e reciclagem no próprio canteiro de obras, em especial os resíduos de alvenaria, concreto e cerâmica.

4º Planejar no canteiro de obras os melhores acessos e fluxos internos de materiais e resíduos, locais e formas de armazenamento temporário e final.

5º Treinar as equipes de obra para as rotinas de triagem, acondicionamento, monitoramento e registro da geração de resíduos e distribuir responsabilidades.

6º Adquirir dispositivos de coleta e equipamentos, distribuí-los e sinalizá-los.

7º Qualificar e contratar os seguintes agentes:

- I **Fornecedores de acessórios:** no caso de bombonas e bags reutilizáveis, verificar se o fornecedor tem licenças específicas para remover os resíduos dos recipientes, higienizando e tratando adequadamente os efluentes decorrentes da higienização. O fornecedor deve possuir licenças dos órgãos de controle ambiental competentes.

- **Fornecedores de equipamentos:** verificar os equipamentos de transporte disponíveis.

- **Transportadoras:**

Empresas cadastradas nos órgãos municipais competentes e isentas de quaisquer restrições.

Obrigatório o registro de destinação dos resíduos retirados e dispositivos nas áreas previamente qualificadas e cadastradas pelo gerador.

Pagamento do transporte dos RCCs condicionado a apresentação do comprovante de destinação dos RCCs.

No uso de caçambas estacionárias, obediência às especificações da legislação municipal, especialmente em termos de segurança e desobstrução de tráfego.

Disponibilidade de equipamentos em bom estado de conservação e limpos.

8º Definir os locais de destinação e em relação a estes:

- Exigir destinatários cadastrados com demonstração de sua legalidade e adequação em termos da capacidade e tratamentos realizados.
- Efetuar cadastro dos destinatários contendo: razão social, CNPJ, responsável pela empresa, localização, atividade principal, descrição dos processos que serão aplicados aos resíduos e resíduos que serão destinados.
- Garantir a emissão dos controles de transporte de resíduos (CTR).

Considerar no processo seletivo de cada uma das seguintes opções de destinação:

- Áreas de transbordo e triagem ATT- Privado ou público e licenciado pela administração pública municipal.
- Área de reciclagem – Privada ou pública, licenciada pela administração pública municipal e pelo órgão de controle ambiental estadual, expresso na licença de instalação e operação.
- Aterros de resíduos Classe A – Privado ou público, licenciamento municipal e estadual conforme legislação específica, porte e localização.
- Aterros para resíduos industriais – área municipal licenciada e licenças estaduais, em certos casos com elaboração de EIA/RIMA.
- Empresas que comercializam tambores e bombonas para reutilização - alvará de funcionamento emitido pelo município, licença de instalação e operação e certificado de aprovação da destinação dos resíduos concedidos pelo órgão estadual ambiental.

- I Sucateiros, cooperativas, grupos de coleta seletiva e outros agentes que comercializam resíduos recicláveis – contrato social ou congênere, alvará de funcionamento, inscrição municipal. Em caso de necessidade de utilização de agentes informais, em função de baixa atratividade do resíduo para a coleta ou devido à indisponibilidade de agentes formais, deve-se realizar visita de reconhecimento do destino a ser dado ao resíduo e registrá-lo da maneira mais segura possível.

## **PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (PGRCC)**

Os principais motivos para se ter um gerenciamento de resíduos são:

- I Preservação ambiental
- I Atendimento à legislação e normas
- I Proteção à vida humana
- I Redução de custos e oportunidade de ganhos econômicos

Os primeiros passos para a elaboração do PGRCC:

- a. Ter conhecimento da legislação e resoluções nas esferas federal, estadual e municipal, bem como das normas para a elaboração do PGRCC. A falta do PGRCC pode gerar multas, bem como entraves na obtenção do alvará de construção/demolição. A Lei Federal 9.605/1998 (Lei de crimes ambientais, Decreto 6514/2008, legislações estaduais e municipais). A responsabilidade compartilhada – Gerador (contratante), Transportador (contratado), Destinador (contratado), seja na falta do PGRCC, quanto ao destino incorreto dos RCCs.
- b. Identificar e classificar os RCCs conforme Resolução CONAMA 307/2002 – Classes A, B, C e D.
- c. Quantificar os RCCs por tipo de resíduo.
- d. Traçar diretrizes para a segregação e acondicionamento dos RCCs, evitando contaminação, acidentes e proliferação de vetores.

O acondicionamento intermediário ou temporário:

- I Acondicionar os resíduos o mais próximo possível de seus locais de geração.
- I Dispor de forma compatível com seu volume e preservar a boa organização dos espaços.
- I Considerar também o acondicionamento dos resíduos não provenientes das atividades construtivas (refeitório, administração, sanitários, etc.).

- Utilizar caçambas estacionárias (preferencialmente com tampas), Bigbags para resíduos Classe B (papelão, plástico e embalagens) e baias cobertas e identificadas para empilhamento de resíduos.
- Em alguns casos, coletar e levar os resíduos diretamente aos locais de acondicionamento final.

Acondicionamento final – definir o tamanho, quantidade, localização e tipos a serem utilizados para o acondicionamento final dos resíduos considerando:

- Volume e características físicas dos resíduos.
- Facilidade para a coleta.
- Forma de controle da utilização dos dispositivos (especialmente quando dispostos fora do canteiro de obras).
- Segurança para os usuários.
- Preservação da qualidade dos resíduos nas condições necessárias para a destinação.

**IMPORTANTE:** Observar a legislação e adequação do estacionamento de caçambas nas vias públicas, onde:

- Não é permitido exceder o volume acima do nível da borda.
- Não depositar lixo orgânico (restos de comida, resíduos sanitários e outros contaminantes).
- Efetuar a triagem antes de depositar os resíduos na caçamba.
- Estacionar as caçambas obedecendo a legislação.
- Se certificar da necessidade de cadastro na empresa prestadora de serviço de limpeza municipal.

e. Transporte dos RCCs:

Transporte Interno – Horizontal: com o uso de carrinhos, giricas ou transporte manual.

- Vertical: com o uso de elevador de carga, grua e condutor de entulho.

Importante é ajustar a rotina de coleta nos pavimentos com a disponibilidade dos equipamentos para transporte vertical.

Considerar a movimentação dos resíduos no planejamento do layout do canteiro de obras a fim de minimizar a formação de “gargalos”. Equipamentos como o condutor de entulho podem propiciar melhores resultados, realizando o transporte interno de resíduos de alvenaria, concreto e cerâmicos.

Transporte Externo- Observar o uso adequado conforme volume dos resíduos, transporte por caminhões caçambas (5m<sup>3</sup>), caminhões poliguindastes (5m<sup>3</sup>) e roll-on roll-off (23m<sup>3</sup>).

- f. Destinação final dos RCCs – Depois de gerado, quais os endereços finais de envio dos resíduos. O Controle de Transporte de Resíduos (CTR) deve ser aberto na ocasião da coleta do resíduo gerado, acompanhar o transporte e ter o registro de recebimento pelo local de destinação. O gerador deve manter uma via da CTR como comprovação da correta destinação.

O CTR deve conter:

- Dados do gerador: Razão social, nome, CNPJ/CPF, endereço para a retirada e identificação da obra.
- Resíduos destinados: volume ou peso.
- Dados do Transportador: Razão social, nome, CNPJ/CPF, endereço, inscrição municipal, tipo de veículo (transporte) e placa do veículo.
- Termo de responsabilidade para devolução de bags da obra (se houver): quantidade, nome e assinatura do responsável.
- Dados do destinatário: Razão social, nome, CNPJ/CPF, endereço da destinação.
- Assinaturas e carimbos: Gerador, Transportador e Destinatário.

## ASPECTOS IMPORTANTES DO PGRCC

### DA RESPONSABILIDADE:

A elaboração e a implementação do PGRCC são de responsabilidade dos grandes geradores e deve ocorrer a cada empreendimento.

Para elaborar, implementar, operacionalizar e monitorar todas as etapas do PGRCC, inclusive o controle da disposição final ambientalmente correta dos resíduos, deve-se designar responsável técnico devidamente habilitado.

### DA APRESENTAÇÃO DO PGRCC

Deve ser entregue ao órgão competente do poder público municipal, em conformidade com o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil juntamente com o projeto do empreendimento.

Se o empreendimento ou atividade estiver sujeito a licenciamento ambiental, o PGRCC deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto aos órgãos ambientais competentes. O PGRCC é considerado um documento de comprovação de conformidade perante as fiscalizações dos órgãos ambientais.

## CORRESPONSABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS

- I **GERADOR** – responsável pela geração, manejo e contratação de empresas homologadas para o transporte e destinação final dos resíduos (**responsável pelo resíduo**).
- I **TRANSPORTADOR** – responsável pelo transporte correto dos diversos tipos de resíduos do gerador.

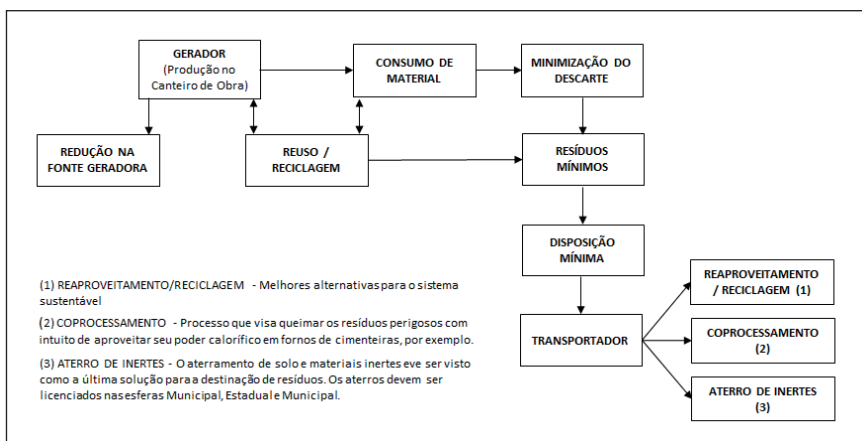


Figura 6 – Diagrama da Corresponsabilidade entre Gerador e Transportador

## ASPECTOS IMPORTANTES DO PGRCC:

- I Detalhes da obra: o documento deve evidenciar a localização da obra, dados do edifício como número de andares, área construída, área do terreno, duração da obra, tipo de construção, movimentação de solo e responsáveis técnicos pelo projeto.
- I O PGRCC e suas devidas aprovações nos órgãos competentes devem ser feitos antes da obra iniciar suas atividades.
- I Documento vivo – o PGRCC deve ser atualizado sempre que a obra realizar uma nova atividade, trocar fornecedores ou implantar alguma melhoria no sistema de gestão dos resíduos.
- I A anotação de responsabilidade técnica (ART) – é necessário que esse documento seja registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) por um profissional habilitado.
- I O PGRCC deve ser escrito de forma clara para que todos os participantes da equipe da obra consigam entender aos procedimentos e documentos necessários.

- A obra deve sempre ter o controle da documentação de transporte e destinação dos resíduos.
- A gestão dos RCCs deve conter sempre indicadores atualizados com a finalidade de verificar potenciais melhorias e novos processos para um canteiro de obras sustentável.
- É importante procurar sempre um especialista para preparar um PGRCC mais adequado à sua empresa.

## SÍNTESE DO CONTEÚDO PADRÃO DO PGRCC:

- Caracterização e quantificação dos RCCs.
- Procedimentos de triagem e fluxos internos dos RCCs, respeitando as Classes A, B, C e D.
- Acondicionamento no canteiro de obras.
- Estratégias de reuso e reciclagem no próprio canteiro de obras.
- Indicação de transportadoras e destinação final dos resíduos e rejeitos, deverá contemplar a disposição mais adequada ambientalmente

## ACOMPANHAMENTO E AÇÕES CORRETIVAS DO PGRCC

Devem constar os seguintes procedimentos:

- Avaliar o desempenho da obra e redigir relatórios periódicos considerando: check list, limpeza da obra, qualidade da triagem, registro de quantidades e registro das destinações finais.
- Elaborar o sistema declaratório anual de acordo com o especificado pelo órgão ambiental.
- Acompanhar continuamente o PGRCC pelo fluxo - PDCA (Plan, Do, Check, Act).
- Corrigir desvios observados tanto nos aspectos da gestão interna dos resíduos (canteiro de obras) como da gestão externa (remoção e destinação final).
- Realizar novos treinamentos sempre que houver a entrada de novos empreiteiros e operários ou diante da insuficiência detectadas nas avaliações. Podendo prever a participação de cooperativas, associações de catadores de materiais recicláveis, se for o caso.

Além dessas ações, se faz necessário participar de redes que forneçam conselhos sobre resíduos de construção/demolição para uma melhor gestão das empresas como "NETREGS" ([www.netregs.gov.uk](http://www.netregs.gov.uk)) e orientações e modelos para uma gestão

eficaz de resíduos “NHBC” ([www.nhbcfoundation.org](http://www.nhbcfoundation.org)). No Brasil também se pode contar com o Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos “SIBR” que é coordenado pela FIEPR (<https://www.fiepr.org.br/observatorios/agroalimentar/sistema-integrado-de-bolsa-de-residuos-1-21874-218918.shtml>), onde pode-se comprar, vender e doar resíduos (SEVERO, 2018).

## ESTUDO DE CASO PGRCC NA CIDADE DE RECIFE

Conforme estudo elaborado por Severo e Sousa (2019) na cidade do Recife para se obter a Licença de Construção, além dos projetos arquitetônico, estrutural, incêndio, instalações elétricas e hidrossanitárias, entre outros, se faz necessário a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC que pode ser elaborado pelos grandes geradores ou por empresas de engenharia especializadas.

Baseada na Resolução CONAMA 307/2002 e na Lei Federal 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil, ficaram estabelecidas as diretrizes e critérios do Programa de Gerenciamento do Resíduo da Construção Civil no município de Recife conforme Lei Nº17.072 de 03/01/2005 e posteriormente pelo Decreto Municipal Nº 27.045/2013 na qual ficou estipulado o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município do Recife.

Para o caso prático a seguir se utilizou as seguintes etapas para o PGRCC conforme Pinto (2005) e Gusmão (2008):

1. Planejamento: Compatibilização dos projetos (exatidão nas cotas, níveis e alturas);
2. Especificação clara dos materiais e componentes e detalhamento adequado dos projetos;
3. Caracterização: Identificação e quantificação dos resíduos;
4. Triagem ou segregação: feito na origem e de responsabilidade do gerador ou nas áreas licenciadas para essa finalidade, respeitando-se a classe dos resíduos;
5. Acondicionamento: Inicial e final com responsabilidade do gerador assegurando, caso seja possível, a condição de reutilização e de reciclagem dos materiais; e
6. Transporte interno do RCCs – responsabilidade do gerador (a ser feito por carrinhos, elevador de carga, guincho, gruas e tubulões) de acordo com a classe do resíduo, normas técnicas e legislação vigente.
7. Destinação final de acordo com o tipo e classe do resíduo:

- a. Classe “A” – Sobras de alvenaria, concreto, argamassa e solos. Áreas de Triagem. Transbordo, áreas de reciclagem ou aterros de RCC’s. Dispostos nas áreas de triagem, transbordo, áreas de reciclagem ou aterros de RCC’s.
- b. Classe “B” – Sobras de madeira, metal, plásticos em geral, gesso e papel. Podem ser comercializados para empresas, ONGs, cooperativas ou associações de coleta seletiva.
- c. Classes “C” e “D” – Tintas, solventes, óleos, etc. Materiais que devem ir para empresas especializadas e licenciadas nos órgãos ambientais e contando com o envolvimento e responsabilidade dos geradores, dos fornecedores e dos transportadores, conforme NBR 10.009:2004.
- d. Resíduos orgânicos – coleta sistemática de responsabilidade municipal.

Para se implantar o PGRCC são necessárias as seguintes atividades: Reunião inaugural, planejamento, qualificação dos agentes (fornecedores de dispositivos e acessórios, empresas transportadoras e destinatários dos resíduos), plano de monitoramento do PGRCC com a finalidade de controlar a geração, o acondicionamento, o transporte e as ações preventivas e educativas referentes aos resíduos definidos e apresentados num cronograma (atividades X tempo). O PGRCC de uma determinada obra deve estar integrado à estrutura organizacional da mesma, ser parte dela. Se a empresa possui Programa de Qualidade (Certificações ISO), Sistema de Gestão Ambiental (SGA), 5S, ou outros, o PGRCC deve ser inserido no contexto da empresa, sendo importante definir uma única obra, de preferência na fase inicial, para a implantação do Projeto-Piloto para assim se validar a metodologia a ser adotada para todas as obras da empresa.

O monitoramento do PGRCC é feito através de check lists que tem a função de facilitar a avaliação contínua do desempenho do programa.

Conforme Guerra (2009) e Pinto (2005), a avaliação do desempenho da obra deve ser feita por auditorias através de check lists periódicos (Anexo I), onde serão avaliados entre outros os seguintes parâmetros: a limpeza, a segregação e a destinação compromissada dos resíduos. Sendo que essas informações servirão para gerar um relatório de tomada de decisão para correção das não conformidades observadas tanto no canteiro (internamente), como no transporte e destinação final (externamente), como estabelecer treinamentos que supram as deficiências do sistema e um comparativo da situação atual com as anteriores, servindo para como parâmetro para se medir a evolução do sistema.

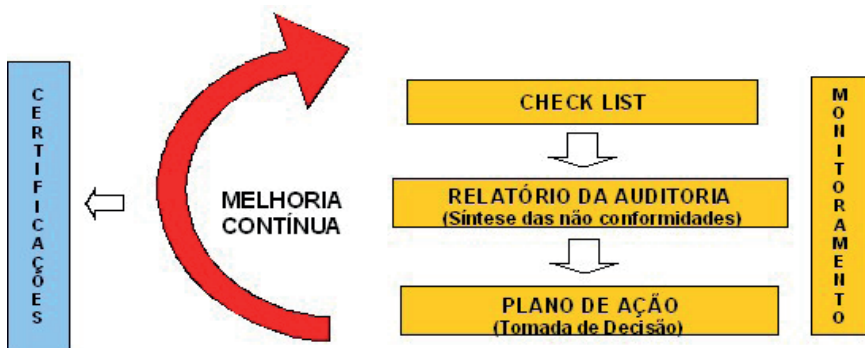


Figura 7 - Fluxograma da Melhoria Contínua do Sistema

Fonte: Severo e Sousa (2019)

## ESTUDO DE CASO EM RECIFE

### Dados Gerais da Empresa

- Empresa: A.
- Endereço da empresa: Recife-PE.
- Responsável Técnico: X
- Engº Co-responsável: Z
- Resumo da empresa:
- Fundada em 1983, com atividades construtivas nas áreas: residenciais e comerciais, com mais de 80 empreendimentos construídos totalizando 1,1 milhão m<sup>2</sup>, atua nos estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará, Alagoas e Bahia.
- A filosofia e gestão tem como base o Sistema Integrado de Gestão Organizacional com os seguintes programas:
  - Gestão da Qualidade: ISO 9001
  - Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional: OHSAS 18001
  - Gestão de Recursos Humanos
  - Gestão Ambiental (Projeto de Gestão ambiental, coletas seletivas de resíduos) e aproveitamento de materiais e cursos internos de RCC: ISO 14001
  - O Sistema Integrado de Gestão organizacional é monitorado pela equipe de auditoria interna composta por:
    - . Engenheira - Coordenadora e responsável pelos Check lists nas obras e as engenheiras civis auxiliares.

## Dados do Empreendimento a ser estudado

Através de visita pré-agendada, em 23/11/2018, se obteve as seguintes informações:

a) O PGRCC foi elaborado pela engenheira coordenadora e o monitoramento e auditoria do Sistema de Gestão Integrada (SGI) é feito bimensalmente em todas as obras e no escritório central: personalização, coordenação, SAT, suprimentos, projetos, SGI e orçamento.

O monitoramento do SGI consta de:

- Check list em cada obra
- Relatório de Auditoria Interna relatando todas as não conformidades encontradas na obra
- Plano de Ação – gerado com as informações do check list e pelo relatório de auditoria interna, o plano de ação tem como objetivo de apontar os pontos críticos e as ações corretivas do sistema

b) Empreendimento de incorporação, multifamiliar a ser monitorado: Edifício A

- Engº responsável pela obra: X
- Endereço do Empreendimento: Recife – PE
- Área total Construída: 17.630,66 m<sup>2</sup>
- Área T. Terreno: 2.961,07 m<sup>2</sup>
- Estimativa média de funcionários: 50 - Horas trabalhadas: 44 horas semanais
- Número de funcionários: 72 (9 administrativos e 63 da produção).
- Pavtos: T, V1, V2, 1º ao 35º e coberta (Ático) – Totalizando: 38 pavimentos + Ático.
- Início da obra: Maio de 2018 com término previsto para Outubro de 2020 (conforme e cronograma obra).

## Check List de Limpeza e Segregação dos RCCs

Verificou-se que o Edifício A se encontrou com a estrutura toda concluída, com exceção do ático que estava na etapa de armações e fôrmas; alvenaria de periferia no 32º tipo; contra-marcos de varanda nos 26º e 27º tipos: onde se avaliou o desempenho do empreendimento em relação a limpeza, segregação e destinação compromissada dos resíduos por meio de check list.

Conforme check list fornecido pela Ambitec, foram anotadas todas as observações possíveis sobre a limpeza, a segregação e destinação compromissada dos resíduos, sendo que houve também o registro fotográfico para melhor análise da atual

situação e para avaliação através de notas em cada andar avaliado. (conforme Check list anexo). Logo após foi gerado um relatório de desempenho (conforme anexo) com as conformidades e não conformidades, indicando o caminho para a melhoria da qualidade do sistema PGRCC.

## Comentários

Verifica-se que a construtora não terá maiores dificuldades em melhorar o desempenho da gestão do PGRCC, empresa já está consolidada no mercado imobiliário e foi uma das primeiras empresas no ramo da construção civil a trabalhar com o Sistema Integrado de Gestão Organizacional em Pernambuco, o que vem trazendo maior qualidade dos seus processos e produtos, obtendo como resultado a satisfação dos seus clientes.

Fica a sugestão da implantação de uma usina de reaproveitamento de resíduos sólidos da construção civil, o que poderia ser feito com a parceria de outras empresas do ramo, ou a própria prefeitura do Recife, conforme foi implantado na Prefeitura de São Gonçalo, Rio de Janeiro através da Lei Nº 714/2017.



# PROJETOS SUSTENTÁVEIS DE GERENCIAMENTO DOS RCCS-BRASIL

No Brasil várias são as iniciativas no sentido de se aumentar o ciclo de vida dos RCCs e tornar esse processo o mais sustentável possível. Foram selecionados dois projetos no âmbito nacional: O Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR) (SEVERO e SOUSA, 2023). e os Bancos Sociais da FIERGS (SEVERO, 2023).

## SISTEMAS ISOLADOS DE BOLSA DE RESÍDUOS

Com o mesmo objetivo de comprar, vender, trocar e doar os resíduos e recicláveis só que limitado a um determinado Estado. Os Estados que possuem seu próprio sistema são: São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul.

### SÃO PAULO

Em 1990 começou informalmente, sendo o Estado brasileiro com maior produção de resíduos. Para participar da Bolsa de Resíduos/Recicláveis da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) é necessário que a empresa interessada submeta seu cadastro para apreciação do comitê gestor e, somente após a aprovação poderá participar da bolsa. O portal também dispõe de uma relação de prestadores de serviços relacionados ou não com a geração ou coleta de resíduos.

Como o Estado de São Paulo representa 31,4% do PIB brasileiro é evidente que tenha o maior número de empresas cadastradas e visitantes, bem como anúncios e usuários “online”, apesar desses dados não estarem disponíveis para os não cadastrados no sistema.

### RIO DE JANEIRO

A Bolsa de Resíduos/Recicláveis da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) criada em 2000 em parceria com a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) é um espaço “on-line”, gratuito e aberto para as empresas buscarem e divulgarem as informações sobre seus resíduos com a finalidade de ganhos econômicos e redução dos impactos ambientais. Os resíduos são disponibilizados por setor de atividade com suas respectivas ofertas e procuras.

Mensalmente o website recebe cerca de 700 consultas. Para participar da Bolsa é necessário um cadastro prévio para que o resíduo seja divulgado. É provável que seus indicadores sejam superiores ao Estado de Minas Gerais.

## **RIO GRANDE DO SUL**

O objetivo maior do Banco de Resíduos da Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul (FIERGS) é de reduzir, reutilizar e reciclar resíduos industriais, buscando a preservação do meio ambiente, a geração de empregos e a implantação de projetos tecnologicamente viáveis nos diversos departamentos de pesquisas das universidades conveniadas. Na composição do Banco de Resíduos há a Bolsa de Recicláveis na qual as empresas previamente cadastradas podem gratuitamente comprar, trocar, vender e doar resíduos, buscando fortalecer e criar novas oportunidades para o setor de reciclagem. No portal há mais de 10 mil empresas cadastradas e 200 anúncios ativos. A FIERGS é uma federação muito atuante nessa área e promove várias palestras, workshops e fóruns internacionais de resíduos sólidos para divulgar seus programas e ações e, em 2016 teve sua 7ª edição com a participação de vários experts internacionais.

## **SANTA CATARINA**

A Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (FIESC) foi fundada em 2004 e tem o mesmo objetivo das demais bolsas. Dispõe de um portal eletrônico que tem a finalidade de identificar as oportunidades de negócios para resíduos. Para participar é necessário um cadastro prévio e gratuito, para acesso restrito (login e senha) e atualmente conta com 1705 empresas cadastradas e 592 anúncios ativos. A FIESC entende que a sua bolsa “é um importante instrumento de gerenciamento de resíduos decorrentes de atividades produtivas, a partir do fomento de um processo de livre negociação entre demandantes e ofertantes de resíduos tendo como foco a reutilização ou reciclagem”.

## **MATO GROSSO DO SUL**

Com o objetivo idêntico das demais bolsas, para participar da Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Estado do Mato Grosso do Sul é necessário cadastro prévio com login e senha para acesso a área restrita exclusiva para as empresas que estejam disponibilizando seus resíduos.

Segundo o SINDVEST-MS, trata-se de uma proposta que contribui para a preservação do meio ambiente, através da redução de resíduos na natureza. A participação é aberta a Pessoas Jurídicas, incluindo as microempresas, as pequenas,

médias e grandes empresas, para todos os serviços disponíveis do Programa. Para se cadastrar é necessário que a empresa disponha de resíduos a participar da bolsa. Empresas apenas interessadas em adquirir resíduos, deve procurar diretamente as empresas cadastradas no sítio eletrônico da bolsa.

## **SISTEMA INTEGRADO DE BOLSA DE RESÍDUOS (SIBR)**

Em 2008, a Confederação Nacional das Indústrias (CNI) que representa e defende os interesses da indústria brasileira nas 27 Federações Estaduais e em 1250 sindicatos patronais com quase 700 mil indústrias perante os poderes Executivo, Legislativo e Judiciário, bem como em diversas entidades e organismos no Brasil e no exterior, propôs um projeto para interligar as Bolsas de Resíduos/Recicláveis de todos os Estados em um único portal. A CNI, em 2009, lançou um novo sistema em ambiente internet ([http://www.sibr.com.br/sibr/index\\_bolsa.jsp](http://www.sibr.com.br/sibr/index_bolsa.jsp)) “on-line” com login e senha que na ocasião pretendia atender a 10 mil empresas em todo o país, com o objetivo de padronizar as operações de compra, venda troca e doação de resíduos industriais entre as empresas de todo o território brasileiro. O sistema SIBR além de interligar todas as unidades Estaduais, também evita o desperdício, reduz o impacto ambiental e traz benefícios econômicos para todos os usuários do sistema.

De acordo com o SIBR/CNI, “O sistema Integrado tem por objetivo principal fortalecer as bolsas estaduais, propiciar a padronização na forma de operação e incorporar as melhores experiências existentes em um ambiente amigável, moderno e seguro. Com a base de dados nacional pretende-se dar maior escala e visibilidade as operações das bolsas, agregando valor nas negociações por questões de escala e propiciando maior publicidade aos anúncios cadastrados”.

Podem participar das Bolsas de Resíduos empresas legalmente estabelecidas no país, ou de outros países, desde que possuam um representante legal devidamente autorizado para comercialização de resíduos. Não podem participar do Sistema Integrado, Pessoas Físicas e empresas com pendências de regularização na Receita Federal.

Para viabilizar o cadastramento é necessário que o participante forneça o seu Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) e Cadastro Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). Após aprovação, o cadastro, o participante poderá participar das transações da bolsa que envolvem cadastramento de os anúncios para venda, compra, troca ou doação de resíduos.

Atualmente o Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR) é composto por quatro Estados: Bahia, Minas Gerais, Paraná e Sergipe, constatando-se que não houve a adesão prevista. Outra questão importante é que as Bolsas de Resíduos/Recicláveis das Federações dos Estados do Espírito Santo, Goiás, Pernambuco e Pará que já foram ativas no sistema SIBR, hoje se encontram inativas.

Em consulta “on-line” em 11/05/2015, os indicadores globais foram de 7082 empresas cadastradas, com 46 anúncios, 17 usuários “on-line” e 675258 visitantes.

A integração das bolsas de resíduos em um único sistema, permite que as empresas interessadas possam encontrar resíduos que estejam mais próximos de sua localização, mesmo que estejam em outro estado da Federação. Na hipótese de sistemas isolados ao acessar o sistema da sua unidade federativa, uma empresa só conseguiria observar ofertas de empresas cadastradas nesse sistema isolado, enquanto se estivesse num sistema integrado, poderia encontrar todas as ofertas de resíduos, em toda a federação, possibilitando inclusive adquirir resíduos de empresa de outro estado, porém geograficamente mais próxima. Ora, se houvesse um sistema integrado, além da possibilidade de aumento da oferta de resíduos, elevando, consequentemente a competitividade, destaca-se ainda o importante aspecto de localização física que impacta na possibilidade de redução de custo e emissões no transporte dos resíduos adquiridos.

## **VANTAGENS DO SISTEMA INTEGRADO DE BOLSAS DE RESÍDUOS - SIBR**

A maior vantagem é a criação de um ambiente comum a todas as Federações, destacando-se a padronização, a concentração de dados e informações em uma única base de dados nacional, permitindo a geração de estatísticas das transações realizadas e as expectativas de demandas permitindo aos participantes que programem suas ações de forma mais eficaz e eficiente.

Outro aspecto de grande importância é a agilidade na busca de compradores/ vendedores devido a concentração de dados em uma única base de dados, o que não seria possível se tivesse que procurar entre vários sítios individualmente.

O acesso também é simplificado já que o usuário teria uma interface padronizada (única), evitando compreender e se familiarizar com outros portais.

O cadastramento dos resíduos em um único portal reduz tempo, agiliza a visualização e facilita a comparação entre ofertas de um mesmo tipo de resíduo disponível.

Não se pode deixar de evidenciar os aspectos de encurtamento de tempo, recursos e emissões, quando se torna possível a seleção de fornecedores de resíduos mais próximos dos compradores, em razão do sistema integrado.

## BANCOS SOCIAIS DA FIERGS

### ORIGEM

Em 2003 um grupo de empresários da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul – FIERGS preocupado com as distorções sociais (miséria e fome) e inspirados nas iniciativas de solidariedade internacionais resolveram projetar ações para a criação do 1º. Banco Social Brasileiro – Banco de Alimentos através da Fundação Gaúcha de Bancos Sociais -FIERGS.

Com o sucesso alcançado pelo Banco de Alimentos foram criados posteriormente mais 14 Bancos Sociais, que proporcionam os seguintes bens e serviços:

#### I Bens

Alimentos, Medicamentos, Vestuário, Computadores, Refeições Coletivas, Matéria Prima Secundária (Resíduos), Livros, Mobiliários, Banco de Plástico e **Materiais de Construção**.

#### I Serviços

Gestão e Sustentabilidade, Voluntariado, Projetos Comunitários, Intermediação de Órgãos, Transplantes e Tecido Humano.

### OBJETIVO DO PROJETO DOS BANCOS SOCIAIS

O principal objetivo dos Bancos Sociais é criar uma sólida indústria solidária, onde a comunidade empresarial juntamente com o apoio de várias outras entidades (Senai, Rotary, Lyons, Associações, Universidades, Hospitais, Comércio entre outras entidades) e a sociedade em geral exerça o papel de impulsionadora da Responsabilidade Social colaborando com a diminuição dos resíduos nas cidades, do desperdício e da desigualdade social.

### OPERAÇÃO

Através do Banco de Gestão e Sustentabilidade bens excedentes em perfeitas condições de uso e serviços de diversas empresas doadoras são cadastrados contando também com um eficiente sistema logístico integrado de recolhimento, armazenamento e posterior distribuição a entidades filantrópicas previamente cadastradas.

## ABRANGÊNCIA

O projeto dos Bancos Sociais foi implantado em 31 cidades brasileiras sendo que, a grande maioria está concentrada no Estado do Rio Grande do Sul com sua sede central em Porto Alegre. Outra capital que também participa do projeto, Rio de Janeiro-RJ com o Banco de Alimentos.

## RESULTADOS

Os Bancos Sociais, ano a ano, vem ultrapassando suas metas, conforme atestam os principais resultados do exercício de 2022:

- Coletou e distribuiu mais de 5 milhões de quilos de alimentos beneficiando 918 instituições;
- Foram recuperados e doados 512 equipamentos de informática a 62 entidades;
- Foram recuperados e doados 1718 móveis (prateleiras, cadeiras, camas) para 66 entidades;
- Foram realizadas 3.502 doações de materiais de construção (portas, janelas, tijolos, cerâmicas, material hidráulico, etc.) para 66 entidades;
- Foram doadas mais de 28 mil peças de vestuário (roupas, cobertores, travesseiros, etc.);
- Intermediou transplantes de vítimas de queimaduras entre outros serviços;
- Recentemente foi criado o Banco de Plástico com o foco no reaproveitamento e reciclagem, etc.

O Projeto dos Bancos Sociais contribui significativamente com o lado mais nobre da Pirâmide Hierárquica dos Resíduos, ou seja, a “Reutilização” através do aumento do ciclo de vida dos produtos, fazendo com que haja maior eficiência e a aumento de recursos, resultando em menor impacto ambiental e econômico das cidades, possibilitando também a diminuição da desigualdade social além de fomentar a sustentabilidade e responsabilidade social das empresas e da sociedade como um todo.

O projeto dos Bancos Sociais atingirá sua plenitude quando for aplicado em outros municípios, estados e países, alcançando assim, maior eficiência, tornando-se uma importante ferramenta no auxílio à implantação dos objetivos do Desenvolvimento Sustentável preconizado pela ONU.



# GERENCIAMENTO E APLICAÇÃO DOS RCCS NO MUNDO

## UNIÃO EUROPÉIA

A maior percentagem dos resíduos produzidos na EU(Eurostat,2014) resulta da atividade de construção civil (33%), conforme MARQUES (2017).

Conforme Quadro 08, a seguir, pode-se verificar países europeus e suas taxas de reciclagem/reutilização dos RCCs no ano de 2014.

Quadro 08 - Produção de RCCs na Europa – 2014

País	Resíduos de Construção e Demolição (000 ton, 2014)	População (*000)	RCC por habitante (por ano)
Alemanha	206 466	80 425	2,57
Bélgica	26 383	11 128	2,37
Bulgária	1 340	7 305	0,18
República Checa	9 409	10 510	0,90
Dinamarca	10 572	5 591	1,89
Estónia	671	1 322	0,51
Irlanda	1 884	4 586	0,41
Grécia	479	11 045	0,04
Espanha	20 418	46 773	0,44
França	227 607	65 438	3,48
Croácia	621	4 269	0,15
Itália	51 683	59 539	0,87
Chipre	634	863	0,73
Letónia	454	2 034	0,22
Lituânia	434	2 987	0,15
Luxemburgo	5 979	530	11,28
Hungria	3 439	9 920	0,35
Malta	1 241	419	2,96
Holanda	90 734	16 754	5,42
Áustria	40 265	8 429	4,78
Polónia	17 010	38 063	0,45
Portugal	1 512	10 514	0,14
Roménia	1 050	20 058	0,05
Eslovénia	535	2 057	0,26
Eslováquia	815	5 407	0,15
Finlândia	16 296	5 413	3,01
Suécia	8 866	9 519	0,93
Reino Unido	120 393	63 700	1,89
Total	867 190	504 598	

Fonte: Eurosat (2017) e Marques (2017)

Observa-se uma maior produção de RCCs per capita em países como Luxemburgo, Holanda, Áustria, França e Finlândia. E uma menor produção per capita em países como Grécia, Roménia, Croácia, Lituânia e Bulgária.

Infelizmente a qualidade das informações quando se trata dos RCCs continua a ser um problema.

A seguir, no Quadro 09 são apresentadas as estimativas de reutilização/reciclagem de RCCs em alguns países europeus.

Quadro 09 - Gerenciamento de RCCs na Europa – 2014

País	Resultados (Mton)	% de Reutilização ou Reciclagem	Taxa de disposição em aterro (€/ton)
Alemanha	72,40	86%	80-148
Polónia	38,19	68%	ND
Espanha	31,34	69%	5-40
Chipre	0,73	1%	-
República Checa	14,70	23%	19
Dinamarca	5,27	94%	64
Portugal	11,42	48%	7,7
Finlândia	5,21	26%	55
França	85,65	45%	32-150
Holanda	80,5	90%	.*

Fonte: Eurostat (2017) e Marques (2017)

(\*) Proibido por Lei a disposição final em aterro sanitário.

Na Dinamarca o índice de reciclagem dos RCCs é de 94%. Possuem mercado de reciclagem dinâmico, incentivado com taxa de disposição final de RCCs de 64 euros/ton. Conta com uma plataforma que reporta as informações. A partir de 2010 sua Agência do Ambiente recebe informações de todos os agentes que gerenciam os RCCs e contam com mais de 400 unidades de reciclagem de RCCs.

Já a Alemanha apresenta uma taxa de 86% de reutilização/reciclagem. O sistema de gestão de RCCs mais utilizado é o da desconstrução controlada, onde conta com um planejamento detalhado (demolição controlada) e remoção do material contaminado antes da demolição, trazendo assim um aumento da reutilização dos resíduos.

Na Espanha a reciclagem de RCCs é pouco desenvolvida. As políticas de gestão de RCCs, devida sua baixa exigência, não possibilitam a obtenção de bons resultados no que se refere a reciclagem/reutilização dos RCCs.

Os resultados são desafiadores quando se trata de reciclagem/reutilização de RCCs, o desenvolvimento tecnológico ainda não permite soluções aceitáveis.

De acordo com a EPA US (2024), muitas comunidades dos USA e em todo mundo estão trabalhando para alcançar o desperdício zero. Como exemplo se pode citar a cidade de Fort Collins que em 2013 lançou seu Plano Executivo de Zero Resíduos.

A definição de entidades norte americanas quanto ao resíduo zero:

- Zero Waste International Alliance: “Desperdício zero é a conservação de todos os recursos por meio da produção, consumo, reutilização e recuperação responsável dos produtos, embalagens e materiais sem a queima e sem descargas na terra, na água ou no ar que ameacem o meio ambiente ou a saúde humana”;

- US Conference of Mayors: em 2015 foi adotado que o conceito de desperdício zero vai além da reciclagem e da compostagem no final do ciclo de vida de um produto, começando com o projeto do produto e prevendo o uso de gerenciamento de materiais de forma a preservar o valor, minimizar os impactos ambientais e conservar os recursos naturais. Que a gestão de materiais através do desperdício zero pode começar a transferir a carga fiscal dos resíduos e capacitar a indústria à responsabilidade pelos recursos, recompensando a administração através de incentivos de compra e de desenvolvimento econômico. E que embora a indústria e o Governo Federal tenham definido e categorizado diversas estratégias de desperdício zero, cabe às cidades a responsabilidade primária pela gestão dos resíduos, elaborar uma legislação que incentive a responsabilidade fiscal compartilhada e inovações. Nesta conferência ficou definido que os prefeitos dos Estados Unidos adotaram a definição de desperdício zero, reconhecendo uma hierarquia de gestão de materiais conforme a seguir:

Elementos chave do Projeto Desperdício Zero:

- Selecionar os materiais certos é fundamental para o Projeto com desperdício zero.
- As condições críticas para a seleção de materiais incluem:
  - Ecologia – escolha de materiais com baixo impacto ambiental, como madeira de origem sustentável, metal reciclado ou materiais rapidamente renováveis, como o bambu.
  - Durabilidade – materiais mais duráveis, que reduzem a necessidade de reposição e manutenção, o que minimiza a geração de resíduos.
  - Reciclabilidade – optar por materiais que são facilmente reciclados no final da sua vida útil, como metal, vidro ou certos tipos de plástico.

- Fornecimento local – usar materiais de origem local para minimizar as emissões de transporte e apoiar a economia local sempre que possível.
- Projeto para Desmontagem – projetar edifícios e componentes tendo em mente a desmontagem para um desperdício zero. Esta abordagem permite a reutilização ou reciclagem eficiente de materiais quando a sua vida termina.

As considerações críticas para projetar a desmontagem incluem:

- Uso de componentes modulares – utilização de componentes modulares que possam ser facilmente removidos, substituídos ou reconfigurados sem causar danos a outras partes da estrutura.
- Evitar o uso de adesivos e conexões permanentes – optar por fixadores mecânicos, como parafusos e porcas, em vez de adesivos, facilitando a desmontagem.
- Rotulagem e documentações claras – rotular claramente os componentes e fornecer a documentação sobre como desmontá-los para tornar o processo mais simples para futuros usuários.

#### **. Modularidade:**

Os princípios do projeto modular são cruciais para a criação de espaços flexíveis que se adaptam facilmente às novas necessidades, que incluem:

- Espaços reconfiguráveis- Projetos com espaços com paredes móveis, móveis modulares e layouts flexíveis que podem ser reconfigurados para acomodar diferentes necessidades e funções.
- Escalabilidade – criar projetos que possam ser facilmente expandidos ou contraídos conforme a necessidade, permitindo o uso eficiente de recursos e minimizando desperdícios.
- Componentes padronizados – utilizar equipamentos padronizados e intercambiáveis para facilitar a substituição, reparo e reutilização.
- Adaptabilidade – projetar edifícios e espaços adaptáveis é vital para garantir a longevidade das estruturas e minimizar o desperdício.

Considerações críticas para a adaptabilidade no Projeto de Desperdício Zero incluem:

- Layouts Flexíveis – criar plantas baixas abertas e divisórias móveis que podem ser facilmente reconfiguradas para acomodar necessidades e tecnologias em constante mudança.
- Capacidade de Atualização - incorporar sistemas e componentes de construção que possam ser facilmente atualizados ou substituídos, como luminárias, sistemas HVAC e encanamentos.

- Projetar para Tecnologias em evolução – considerar como as tecnologias futuras podem impactar o projeto do edifício e incorporar disposições para integração de novos sistemas ou recursos à medida que se tornem disponíveis.

. Estratégias para Projeto de Desperdício Zero:

- Prevenção de Resíduos – colocar forte ênfase na prevenção de resíduos através de práticas meticulosas de projeto e construção ajudam a minimizar a geração de resíduos.

Estratégias de Prevenção de Resíduos devem incluir:

- Construção Enxuta – implementar metodologias de construção enxuta para agilizar processos, reduzir desperdício e melhorar a eficiência.
- Uso eficiente de materiais – otimizar o uso de materiais minimizando sobras, usando tamanhos padrões e empregando ferramentas de projeto auxiliadas por computador para reduzir o desperdício durante a construção.
- Pré-fabricação – utilizar componentes pré-fabricados ou técnicas de construção modular para minimizar o desperdício no canteiro de obras e melhorar a eficiência da construção.
- Reutilizar e Reciclar – incentivar a reutilização e reciclagem de materiais e componentes é uma estratégia vital para se conservar os recursos e reduzir os resíduos.

A reutilização e a reciclagem são alcançadas através:

- Reaproveitamento de estruturas existentes – sempre que possível, renovar ou adaptar edifícios existentes em vez de construir novos, preservando assim a energia e os materiais incorporados.
- Utilização de materiais recuperados – incorporar materiais recuperados, como madeira recuperada, tijolos ou metal, em novos projetos para reduzir a demanda de novos recursos.
- Incorporação de conteúdo reciclado – utilizar produtos reciclados, como vidro, borracha e plástico reciclado para promover uma economia circular e minimizar o desperdício.

. **Recuperação de Materiais** – projetar tendo em mente a recuperação de materiais garantindo assim que recursos valiosos possam ser recuperados quando termina o ciclo de vida do edifício.

As estratégias para a recuperação de materiais incluem:

- Planos de Desconstrução – desenvolver planos para a construção de um edifício, identificando materiais e componentes que podem ser recuperados, reutilizados ou reciclados.
- Projetar para Desmontagem – projetar estruturas e componentes para serem facilmente desmontados, facilitando a recuperação eficiente do material no final de sua vida útil.
- Selecionar Materiais facilmente recicláveis – escolher materiais que possam ser facilmente reciclados, como alumínio, aço ou certos plásticos, para promover a recuperação de materiais e minimizar o desperdício.

. **Eficiência Energética** – o projeto energeticamente eficiente não só ajuda a reduzir o desperdício relacionado com o consumo de energia, mas também contribui para um ambiente construído mais sustentável.

As estratégias críticas para um projeto energeticamente eficiente incluem:

- Estratégias de Projeto Passivo – incorporar elementos de projeto passivo, como ventilação natural, iluminação natural e massa térmica, para minimizar o consumo de energia e reduzir a necessidade de sistemas eletromecânicos.
- Sistemas Prediais Eficientes – usar sistemas energeticamente eficientes, como HVAC de alto desempenho, iluminação e sistemas de água, para minimizar o uso e o desperdício de energia.
- Fontes de Energia Renováveis – integrar fontes de energia renováveis, como painéis solares, turbinas eólicas ou sistemas geotérmicos, para alimentar edifícios e reduzir a dependência de recursos não renováveis.

Sob todos os aspectos se verifica uma maior sensibilização de todos os envolvidos no gerenciamento de RCCs para que vislumbrem as vantagens econômicas, sociais e ambientais de todo o processo.



# METODOLOGIAS PARA AUMENTAR O CICLO DE VIDA DOS RCCS

Entre tantas metodologias para aumentar o ciclo de vida dos RCCs se pode destacar a Logística Reversa e a Economia Circular.

## **LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL (CERÂMICA MODULAR, 2022).**

Baseia-se no controle ideal do retorno dos produtos ao canal de origem (produção). Ação esta que planeja e opera os fluxos reversos da logística, que visa agregar valor a um material descartado, trazendo um maior ciclo de vida aos materiais descartados.

A logística reversa está diretamente interligada à sustentabilidade e ao papel da construção civil na preservação do meio ambiente. Estratégia utilizada para ampliar a competitividade e reforçar a imagem de responsabilidade socioambiental das indústrias, em especial à da construção civil.

No Brasil, a Lei 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) visa promover uma maior proteção à saúde pública e assegurar qualidade ambiental. A Lei exige que todos os setores (públicos e privados) saibam lidar com os resíduos de forma correta, com controle dos resíduos. Sendo o principal papel da logística reversa de realizar a devida coleta dos resíduos para garantir a reciclagem ou o descarte correto dos mesmos.

Para o bom funcionamento da logística reversa e o adequado reaproveitamento dos RCCs é necessário planejamento e gerenciamento dos fluxos direto e reverso (LEITE, 2003).

A reciclagem é a principal modalidade utilizada pela logística reversa na construção civil, devido a maior parte dos RCCs em não manterem a forma nem a funcionalidade após seu uso (MARCONDES, 2007).

Para Luchezzi, Terence (2014), “A reciclagem além de agregar valor econômico, econômico e logístico aos materiais que podem voltar como novas matérias-primas, agregar valor de reutilização ao bem de pós-consumo”. Na Figura 08 é apresentado o fluxo logístico reverso na construção civil.

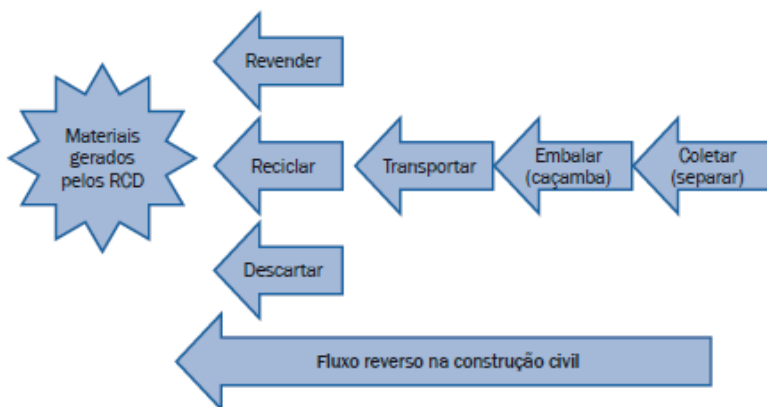


Figura 08 – Fluxo Reverso na Construção Civil

Fonte: Luchesi, Terence. 2013.

Importante salientar que é necessário que os RCCs passem por uma triagem antes de serem reciclados ou reaproveitados, devido esses resíduos terem materiais contaminados não inertes em suas composições, o que pode resultar na produção de recicláveis de baixa qualidade.

Conforme Fonseca, Uchoa (2016), a logística reversa no contexto da construção civil pode ser dividida em:

- a) Suprimentos - fornecimento de recursos materiais e humanos que a produção necessita, tais como: transporte de recursos até a obra, gestão de fornecedores, atividades de planejamento, processamento das aquisições, etc.
- b) Canteiro de Obras – atividades ligadas à gestão e ao planejamento de fluxos físicos ligados à execução dos serviços e dos seus mecanismos de controle dos serviços.

#### Benefícios da Logística Reversa:

- I **Coleta Otimizada** – resíduos num único local (rotas de entrega) facilitando o recolhimento dos resíduos.
- I **Cadeia Fechada de Procedimentos** – o que permite a redução de custos e evita o desperdício de materiais, armazenagem e de tempo.
- I **Redução de Riscos do Descarte Inapropriado** – a geração de um novo ciclo de vida (novos valores) a esses resíduos impede que esses materiais gerem toxidade ao meio ambiente.

- I **Reciclagem e a Reutilização dos Resíduos** – traz um novo valor aos produtos, colaborando com a saúde financeira das empresas, aumentando os lucros devido a redução de compras de matérias-primas e novos insumos. A construção civil pode reciclar 98% dos seus resíduos, sendo que hoje só 21% são reciclados e reutilizados.
- I **Vantagem Competitiva** – Empresas que adotam metodologias sustentáveis são mais bem vistas pelo consumidor final.

#### **Boas Práticas na Aplicação da Logística Reversa:**

- I **Otimização da Rota de Entregas** – procurar melhores caminhos para realizar o despacho de materiais e o recolhimento dos resíduos, reduzindo perdas e garantindo mais economia.
- I **Utilização de Combustíveis Sustentáveis** – dar preferência a combustíveis com base em energias renováveis e biocombustíveis (Etanol e o GNV).
- I **Redução do Desperdício** – utilizar a estratégia, quando necessário, no Pós-venda/consumo. Reduzir a perda de materiais e tempo, otimizar a produção, aumentar a produtividade e qualidade, garantindo a preservação do meio ambiente. Utilizar apenas o necessário, garantindo a diminuição de erros e retrabalhos.
- I **Prática do Canteiro de Obras Limpo e Organizado** – a organização e a limpeza do canteiro de obras trazem diversos benefícios, espaços de trabalho bem-sinalizados e despoluídos trazem maior produtividade dos profissionais, em especial com a redução na perda de tempo para localizar materiais, insumos e ferramentas, evitando perda de tempo e retrabalhos.
- I **Reciclagem no Canteiro de Obras** – o reuso e a reciclagem geram um novo valor agregado para os resíduos. No Brasil a média do custo unitário da reciclagem do entulho da construção civil é de R\$0,01p/Kg, esse processo custa bem menos do que o da compra de novos materiais.
- I **Parcerias** – são fundamentais para a coleta seletiva e o descarte correto dos resíduos. Parcerias com ONGs, entidades ou iniciativas que realizam o reaproveitamento e o tratamento dos resíduos é fundamental. Incluir a logística reversa nas rotas convencionais otimiza os processos.
- I **Treinamentos** – despertam e incentivam o sentimento de urgência no cuidado do meio ambiente, bem como é uma importante ferramenta para a correta distribuição de informações, dar um destaque para dicas de como se deve evitar o desperdício e a prática da sustentabilidade das atividades. Esses treinamentos devem ser fornecidos a todos os envolvidos no processo (funcionários, engenheiros, arquitetos, etc).

- I **Materiais Verdes** – são materiais que são sustentáveis desde a sua produção. Um exemplo de material verde é a cerâmica vermelha que tem sua origem na argila, produzida com menor quantidade de água e utiliza na sua produção energéticos de fontes renováveis (biomassas e os cavacos de madeira), reduzindo a emissão de CO<sub>2</sub>.

O importante é sempre buscar fornecedores responsáveis ambientalmente que adotem a sustentabilidade nas suas cadeias produtivas.

## ECONOMIA CIRCULAR NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com a Organização Internacional de Normalização (ISO) – “Economia Circular é um sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter o fluxo circular dos recursos, por meio da adição, retenção e regeneração de seu valor, contribuindo para o desenvolvimento sustentável”.

Para Roque & Pierre (2019), o mercado está cada vez mais competitivo, sendo necessário uma produção mais sustentável com o intuito de reduzir o desperdício de materiais e com ações que permitam a redução dos custos e insumos e que reaproveitem e promovam o desenvolvimento econômico e social.

Conforme Salgado (2022), a Economia Circular vai muito além de retornar os resíduos para a sua origem ou para a sua reciclagem, essa metodologia veio para maximizar o aproveitamento dos recursos, gerando um desenvolvimento mais equilibrado. Sendo uma estrutura de soluções com a finalidade de eliminar a lógica da economia linear, sendo baseada na extração de recursos, uso e descarte de produtos, um fluxo processual cíclico que resulta numa redução dos impactos ambientais negativos, criando oportunidades de novos negócios (KORHONEN, HONKASALO & SEPPÄLÄ, 2018).

Barboza et al (2019), apresenta um modelo econômico da economia circular na qual busca dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo dos recursos finitos, respondendo aos desafios de empresas e países, podendo gerar crescimento, empregos e reduzir os impactos ambientais negativos, reduzindo as emissões de carbono.

As principais características da Economia Circular são: minimização da extração de recursos, maximização da reutilização, aumento da eficiência no desenvolvimento de processos e no uso de produtos.

Para EMF (2016) e EMF (2013), as características da Economia Circular são a restauração e a regeneração, buscando manter produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade e valor durante o ciclo de vida.

Os três princípios fundamentais da Economia Circular são: eliminar a poluição e os resíduos, potencializar o uso dos produtos e regenerar os sistemas naturais.

Segundo EMF (2017), os princípios da Economia Circular são:

- ❑ Preservar e aprimorar o capital natural controlando os fluxos de recursos renováveis;
- ❑ Otimizar o rendimento de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais em uso no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico;
- ❑ Estimular a efetividade do sistema revelando e excluindo as externalidades negativas desde o princípio.

Esse modelo considera que os recursos finitos devem passar pela partilha, reuso, manutenção, restauro ou remanufatura antes de serem reciclados. Já os recursos renováveis possuem um alto potencial para serem reaproveitados novamente para a regeneração de ecossistemas ou na produção de energia.

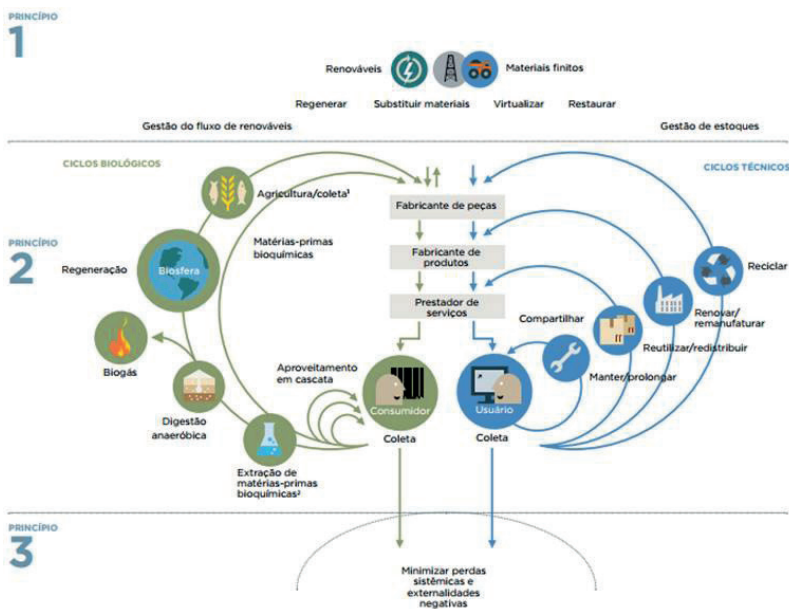


Figura 09 - Diagrama do Sistema de Economia Circular

Fonte: EMF (2017).

EMF (2017) propõe um sistema de economia circular, onde há regeneração no ciclo biológico com a gestão do fluxo de bens renováveis para que possam ser recuperados em tempo hábil para serem utilizados de maneira sustentável, atrelados a gestão do ciclo técnico garantindo o prolongamento dos estoques de maneira a minimizar perdas sistêmicas e externalidades negativas, conforme apresentado na Figura 09.

Os princípios da Economia Circular e o Ciclo de Vida na construção vem sendo bem trabalhados no continente Europeu, Estados Unidos, China, Coreia do Sul e Japão. Até um tempo atrás, no Brasil, o movimento girava em torno de pesquisas e debates.

Atualmente, verifica-se algumas ações (CNI, 2023):

- Coordenação da Comissão de Estudo especial da Economia Circular no Brasil, desenvolvido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- Publicação de Cartilha orientativa para inclusão de critérios de sustentabilidade nas compras públicas;
- Acompanhamento pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) das Políticas Públicas que estimulem as boas práticas de Economia Circular no setor privado; e
- Realização pela CNI da pesquisa circular na indústria brasileira, com abrangência nacional.

Para a CNI (2023) os benefícios da Economia Circular são:

- Materiais aproveitados em cadeia de forma cíclica na qual os recursos naturais são valorizados em todas as etapas produtivas com o objetivo de reduzir a extração e ampliar a disponibilidade;
- Reverter danos ambientais como aquecimento global e a poluição;
- A sustentabilidade e a valorização dos recursos naturais resultam em melhores condições de saúde para a população;
- Redução de custos e ganhos de competitividade com maior geração de valor;
- Novas fontes para investimentos;
- Otimização da utilização de matérias-primas;
- Menos desperdício;
- Aumento de geração de empregos;
- Maior crescimento econômico;
- Conscientização da população (consumindo com mais cautela e consciência ambiental); e
- Oportunidade para novos negócios.

Para Salgado (2022) na construção civil são diversas as oportunidades para reaproveitamento dos RCCs. Há também a possibilidade de desmontagem de elementos estruturais (metálicos ou em madeira engenheirada). Vigas, lajes e outros elementos estruturais e de fachada sendo os mesmos reaproveitados em outras edificações.

Projetos arquitetônicos com especificações de acordo com os princípios da economia Circular, trazendo o reuso de componentes desmontáveis (sistemas construtivos parafusados ou de encaixe).



## RESÍDUO ZERO NAS OBRAS – VISÃO DO FUTURO SUSTENTÁVEL

Conforme Agência CBIC (2022), em 2018, no Brasil, através da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial Nacional (SENAI Nacional) foi criado o Projeto Construção 2030 – cujo os principais tópicos são Visões do Futuro – Canteiro Zero Resíduos – Novas Tecnologias. Iniciativa essa que tem um olhar para o futuro da construção no mundo e no Brasil. Os pilares desse projeto são a habitação e a infraestrutura com a finalidade de uma maior excelência operacional, redução de prazo, assertividade em custos, maior segurança e sustentabilidade. O Projeto Construção 2030 surgiu com o intuito de fomentar uma cultura voltada para a inovação nas empresas.

No período da Pandemia da Covid-19, a construção industrializada, especialmente a modular, ganhou destaque com a construção de hospitais em tempo recorde, por outro lado a escassez e a alta elevada dos preços dos materiais de construção reforçaram a necessidade de insumos e processos construtivos alternativos de qualidade.

Após a pandemia, a CBIC, juntamente com o SENAI Nacional retomaram o Projeto Construção 2030 com a meta de ampliar o cenário futuro da construção civil – setor imobiliário. Atualmente contam com a participação de empresas da construção, representantes de instituições e associações de diversos segmentos da construção e academia.

Conforme Klavdianos (Agência CBIC, 2022) – “No nosso cenário futuro, a construção civil torna-se uma indústria inovadora, avançada, produtiva, onde os princípios da indústria 4.0 estão implementados e a evolução para a 5.0 encaminhada. Duas forças influem para esse resultado: a Política Pública Habitacional e a cultura do setor para inovação”.

A visão do futuro sustentável traz a combinação de novos materiais, construção modular e automatização da construção com o uso intensivo de robótica e impressão 3D, resultando em construção de habitações que não produzirão resíduos no canteiro de obras.

O canteiro Zero de Resíduos está dividido em 7 setores:

## 1. Novos Equipamentos

Um exemplo dos novos equipamentos é a **Casa Flutuante (Floating House)** que é uma unidade equipada com sistema de auto elevação hidráulico capaz de suportar ventos fortes, inundações e até mesmo furacões. A tecnologia que está em desenvolvimento poderá ser utilizada para criar cidades inteiras flutuantes, em novos espaços.

**Origem:** Estados Unidos.

**Fase:** Atualmente encontra-se em testes e avaliações.

## 2. Impressão 3D

Pode-se citar oito exemplos:

**2.1 – MX3D** – a construção de uma ponte pedonal de aço de 12 metros de comprimento e 4 metros de largura foi feita pela impressão 3D de sua estrutura.

**Consequências:** as construções serão mais rápidas, econômicas e gerarão menos resíduos de construção, uma vez que a aplicação dos materiais será feita por máquinas autônomas.

**Origem:** Holanda.

**Fase:** Startup, Produto local

**2.2 – Casa Impressa 3D** – casa com 4 quartos é um protótipo para projetos maiores, levou 54 horas para ser impressa, embora tenha sido necessário mais 4 meses para os empreiteiros colocarem janelas, portas e teto. A casa foi equipada com sensores para monitorar a qualidade do ar, umidade e temperatura, bem como equipamentos para avaliar suas propriedades térmicas. Custou 176 mil libras para construir, o que os fabricantes afirmam que é 20% mais barata do que uma construção tradicional.

**Consequências:** rapidez, menor preço de construção e menos resíduos.

**Origem:** França

**Fase:** Startup, Produto local

**2.3 – Wikihouse (3D printing)** – projeto para reinventar a maneira como fazemos casas. A estrutura de automontagem é um kit de plataforma de código aberto, que permite aos usuários projetar, baixar e compartilhar modelos que podem ser impressos usando uma impressora 3D.

**Consequências:** construtores amadores agora podem construir suas próprias casas com menor preço de construção, menor tempo e menos resíduos.

**Origem:** Reino Unido

**Fase:** Startup, Produto local

**2.4– Escritório Impresso em 3D** – em 2016, o primeiro escritório impresso em 3D do mundo foi inaugurado em Dubai, com 250m<sup>2</sup> foi impresso e instalado em 17 dias com a ajuda de 18 pessoas, o prédio foi instalado nas dependências das Torres dos Emirados, sendo utilizado uma mistura de cimento e outros materiais projetados e fabricados nos Emirados Árabes e nos Estados Unidos, impressos camada por camada.

**Consequências:** rapidez na construção e menos resíduos.

**Origem:** Emirados Árabes

**Fase:** Startup, Produto local

**2.5– TVASA (3D printing)** – projetos para impressão 3D, fundada por 4 ex-alunos do IIT Madras em 2016. Focada para impressão industrial em 3D.

**Consequências:** o impacto da impressão 3D na construção será principalmente voltado para a “habitação para todos e construção de banheiros populares”, com menos resíduos.

**Origem:** Índia

**Fase:** Startup, Produto local

**2.6 – WINSUN (3D printing)** – Em 2014 começou a produzir casa em 3D. As primeiras casas foram impressas na China. Foram produzidas 10 casas em 24 horas com um custo unitário de US\$4.800, comprovando a importância dessa tecnologia para habitações de interesse social.

**Consequências:** rapidez na construção, baixo custo e menos resíduos.

**Origem:** China

**Fase:** Startup, Produto local

**2.7 – The Bod Building (3D printing)** – com o objetivo de demonstrar como a tecnologia de impressão 3D pode ser aplicada na indústria da construção tradicional na Europa. O Bod é um pequeno hotel de escritório impresso em 3D com menos de 50m<sup>2</sup> localizado em Nordhau, em Copenhagen.

**Consequências:** facilidade e rapidez na construção e menos resíduos.

**Origem:** Dinamarca

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

**2.8 – Contour Crafting (3D printing)** – tecnologia de impressão 3D em grande escala. Existem mais de 100 patentes nos Estados Unidos e internacionais em vários aspectos do Contour Crafting.

**Consequências:** oferece uma gama de diferentes tipos de construção 3D, edifícios com vários andares e estruturas grandes com várias unidades, tecnologia já pronta para uso no mercado, rapidez na construção e menos resíduos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

### 3. Novos Materiais

Pode-se citar cinco exemplos:

**3.1 – Sotãos Voadores** – construção modular híbrida de alvenaria estrutural e light steel framing, casas construídas com vedações em alvenaria estrutural e com parte superior e cobertura em light steel framing, denominado sótão voador, pois é içado e instalado no local da construção.

**Consequências:** idealizar e implementar soluções com estruturas híbridas é cada vez mais viável, permite rápida execução, reduz os custos operacionais e reduz os resíduos.

**Origem:** Brasil

**Fase:** Startup, Produto local

**3.2 – Aquapanel** – utiliza uma chapa cimentícia como vedação, composta por estrutura (aço galvanizado) na qual são parafusadas chapas cimentícias na face exterior e executada drywall na face interna. A esse sistema, seria associada fachada ventilada, solução que proporciona eficiência energética, criando uma segunda pele em relação à vedação principal. Seu revestimento é fixado a uma armação que é ancorada na estrutura da edificação, mantendo a fachada afastada da vedação.

**Consequências:** diminuição de mão de obra no canteiro de obras e consequentemente mitigação de riscos com segurança do trabalho, a execução da construção é mais rápida e redução de resíduos no canteiro de obras.

**Origem:** Brasil.

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

**3.3 – Utilização do Cimento de obra como componente em impermeabilizantes Acrílico** – reduzir a industrialização de misturas de cimento com diversos agregados, quando apenas o cimento é suficiente para fornecer o calor de hidratação necessário à reticulação da emulsão acrílica.

**Consequências:** redução de custos de transporte dos agregados, pois será utilizado o cimento local já disponível na obra, inclusive para outras finalidades. Dessa forma também eliminaremos a geração de resíduos sólidos, uma vez que a mistura cimento e agregados que porventura venham a sobrar, não tem nenhuma outra utilidade.

**Origem:** Brasil

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

**3.4 – Madeira Biossintética** – Madeira reciclada e reciclável produzida a partir de resíduos sólidos agrícolas, resíduos sólidos industriais, resíduos sólidos urbanos, resíduos minerais, lodos e matéria de aterros. Ela pode ser usada para todos os fins que se emprega a madeira normal, seu custo é equivalente a madeiras de média qualidade (ex: cedrinho) e abaixo de madeiras de alta qualidade (ipê).

**Consequências:** redução do impacto ambiental das construções ao reduzir o corte de árvores e poder reciclar o material após o descarte. Além disso, ganho de qualidade e eficiência na construção ao apresentar melhor custo/benefício frente as madeiras de qualidade mediana e superior.

**Origem:** Brasil.

**Fase:** Produto comercializado em larga escala.

**3.5 – Cork Study** – Casa de Cortiça – a colheita de cortiça é um processo completamente renovável que não causa danos à árvore, naturalmente, regenera-se após 10 anos. O material também possui muitas propriedades desejáveis como ser um retardador de fogo, isolante acústico e altamente impermeável. Suas qualidades adaptativas podem ser utilizadas para finalidades internas e externas.

**Consequências:** a cortiça pode ser um modelo da indústria sustentável e um material de construção eficiente, sendo reciclável e renovável, pois é a única árvore que regenera sua casca, enquanto a colheita da casca faz com que a árvore não seja prejudicada, além de ser um material biodegradável.

**Origem:** Reino Unido

**Fase:** Startup, Produto Local

#### **4. Industrialização/Pré-Fabricação**

Pode-se citar oito exemplos:

**4.1 – Container Houses** – solução completa de casas pré-fabricadas. O serviço abrange desde o projeto arquitetônico, produção, armazenamento e transporte para instruções de instalação e serviço pós-venda, entre outros. Sua especialidade é a produção integrada de moradias.

**Consequências:** são 4 tipos diferentes de casas pré-fabricadas, dentre elas as casas container, transportadas prontas para o local onde serão instaladas. Já foram realizados mais de 2 mil projetos em mais de 100 países. Mais rapidez e economia e redução de resíduos no canteiro de obras.

**Origem:** China

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

**4.2 – Mini Sky City** - foi erguido arranha-céus moderno com 57 andares em apenas 19 dias, sendo 3 andares por dia, com 2736 módulos individuais que levaram 4 meses para serem montados fora do local de obra.

**Consequências:** cidades poderão aumentar a infraestrutura do país de maneira rápida e eficiente e menos resíduos.

**Origem:** China

**Fase:** Startup, Produto local

**4.3 – Pier 57 (Construção modular)** – está prestes a ser convertido em um grande shopping modular de containers na água. O projeto incluíra “sala de alimentos” e os escritórios da Google em Nova York, usará containers de carga pré-fabricados e conectados à estrutura existente para serem usados como espaço de varejo. Estão sendo planejados restaurantes, um teatro, decks de observação e um telhado verde de 14 mil pés quadrados.

**Consequências:** a construção modular está mudando a paisagem urbana e permitindo que os arquitetos criem projetos cada vez mais ousados, funcionais e sustentáveis. De limitações de espaço à eficiência de construção, a construção modular permite que projetistas e construtores criem adições visuais impressionantes para as cidades e produção de menos resíduos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Startup, Produto local

**4.4 – Fullstack Modular (Construção modular)** – é uma solução modular pré-fabricada para desenvolvedores de edifícios multifamiliares, hotéis e dormitórios. Com processo de criação de design totalmente integrado incorpora tecnologias como o BIM, design para manufatura e gerenciamento enxuto da construção. O resultado é um processo que é mais rápido e econômico do que a construção convencional, gera muito menos resíduos, permite obras mais seguras e é menos impactante para a vizinhança.

**Consequências:** tecnologia com processos modernos em construção modular, construções com menos custos, tempo e redução no impacto ambiental, havendo uma projeção que esse tipo de construção tomará o lugar da construção tradicional e com geração de menos resíduos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Startup, Produto local

**4.5 – Dormitório da Xiangyin Hunan (pré-fabricado)** – desenvolvimento supereficiente, recentemente foi erguido um edifício de dormitórios pré-fabricado com 6 andares na China. O prédio foi construído em 5 dias por meio de uma grande força tarefa, com trabalhadores por 24 horas/dia no canteiro de obras.

**Consequências:** técnica que reduz significativamente a duração de um canteiro de obras, reduz custos e resíduos nos canteiros de obras.

**Origem:** China

**Fase:** Startup, Produto local

**4.6 – Plant Prefab – (pré-fabricado)** – os componentes da casa são pré-fabricados fora do canteiro de obra enquanto o terreno está sendo preparado, depois são transportados e montados no local com 50% do tempo de uma construção tradicional.

**Consequências:** a pré-fabricação de componentes fora do canteiro vai se transformar em uma grande tendência no futuro próximo. As tecnologias já são maduras e os modelos de negócio estão ficando mais robustos. Aqui também a uma redução de custos, de tempo e de resíduos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Startup, Produto local

**4.7 – Ecocapsule – (micro casa auto sustentável)** – micro casa inteligente e auto-sustentável que utiliza energia solar e eólica. Permite que se fique em lugares remotos, fora do alcance de infraestrutura, com luxo de quarto de hotel (design para habitação independente). Pode servir como uma casa de campo, hotel, caravana, escritório móvel, estação de pesquisa, etc. Foi planejado do zero para ser auto-suficiente, prática e mais funcional possível.

**Consequências:** possibilidade de morar em locais sem ligação à rede elétrica, pelo seu tamanho permite que os moradores movam a cidade de lugar. Por ser auto-sustentável, a casa promove mais sustentabilidade e regeneração do ecossistema.

**Origem:** Eslováquia

**Fase:** Startup, Produto local

**4.8 – Mobile Aluminum House (modular)** - com estrutura de alumínio, incluindo piso, paredes, trilhos para varandas e escadas e outras partes estruturais podem ser montados em módulos pré-fabricados com montagem fácil e rápida. Com um sistema modular flexível, os usuários podem criar diferentes formas e andares de habitação, todos com muitas opções que levam a possibilidades ilimitadas. As casas são entregues e habitáveis em 2 dias (casas móveis) e 60 dias (casas customizadas).

**Consequências:** a casa pode ser transportada, permitindo maior mobilidade para os moradores. Além disso a sua estrutura modular permite que a casa seja adaptada ao longo do tempo para atender as novas necessidades dos moradores.

**Origem:** Hong Kong

**Fase:** Startup, Produto local

## 5. Construção Modular

Pode-se citar três exemplos:

**5.1- Mehta Construções Modulares** - soluções modulares para locação para a construção civil.

**Consequências:** por ser uma construção industrializada, o sistema modular possibilita uma obra a seco com rapidez de execução e economia de recursos naturais, garantindo a sustentabilidade do processo construtivo. A logística passa a ser mais demandada nesse tipo de construção. Tem redução de resíduos no canteiro de obras.

**Origem:** Brasil

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

**5.2- Microunidades Pré-fabricadas** – tendência de redução da área construída nos novos empreendimentos confirmando a tendência dos construtores em busca de maximizar o lucro por m<sup>2</sup> e diluir o elevado custo do terreno nessas regiões. Módulos pré-fabricados são apontados por especialistas do setor da construção como a solução mais completa em direção a demanda dos novos proprietários.

**Consequências:** esse sistema construtivo implica em maior customização, ecológico, conectado, durável, energeticamente eficiente, habilidade no transporte, desmonte e relocação. Qualidade superior, menor custo de fabricação e menos resíduos no canteiro de obras.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

– **Soleta Zero Energy One** – pré-fabricada – construção independente de energia elétrica que pode ser usada como residência, escritório ou lugar para passar as férias. A construção foi feita com 97% de material reciclável com 48m<sup>2</sup>. O aquecimento do ambiente e da água são feitos com energia limpa. Também é realizada a reutilização da água da chuva nas torneiras da casa. A construção é entregue entre 3 a 4 meses após a assinatura do contrato.

**Consequências:** construção e manutenção sustentáveis, entregues com maior agilidade e pode ser construída em locais sem energia elétrica, além disso, a casa é pré-fabricada e modular, o que reduz/elimina os resíduos no canteiro de obras. Tudo isso aponta para uma nova forma de adquirir e manter uma residência.

**Origem:** Romênia

**Fase:** Produto comercializado em larga escala

## **6. Sistemas Biomimétricos Adaptativos e Regenerativos. Construção rápida, econômica e confortável**

Pode-se citar 2 exemplos:

**6.1 – Torre Jeddah** – com mais de 1000 metros de comprimento e uma área construída de 530 mil m<sup>2</sup>, essa torre com design elegante, econômico, com tecnologia inovadora, materiais de construção, considerações sobre o ciclo de vida e conservação de energia.

**Consequências:** o projeto contará com um sistema de parede exterior de alto desempenho que minimizará o consumo de energia ao reduzir as cargas térmicas. Além disso, cada um dos 3 lados da torre apresentará uma série de entalhes que criam bolsas de sombra que protegem as áreas do edifício do sol e proporcionam terraços exteriores com deslumbrante vista de Jeddah e do Mar Vermelho. Sendo mais sustentável e com menor custo de manutenção.

**Origem:** Arabia Saudita

**Fase:** Startup, Produto Local

**6.2 – Living Building Challenge** – (construção regenerative) - esse modelo se autodefine como a mais rigorosa competição de arquitetura para a construção no mundo. A competição disponibiliza um framework para criação e projeto de espaços regenerativos. A competição define como construções regenerativas aquelas que se conectam de forma adequada aos ocupantes, luz, ar, comida, natureza e comunidade, sendo autossuficientes, produzindo inclusive mais energia do que são capazes de produzir.

**Consequências:** a competição provoca questionamentos entre os participantes tais como: E se tivéssemos projetos e construções que fizessem um mundo melhor? Certamente teríamos um mundo mais saudável e agradável para todos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Prova de conceito, Protótipo

## **7. Automação Robótica**

Pode-se citar cinco exemplos:

**7.1 – Digital Construction Technology** (robô, agilidade e redução do custo e do impacto ambiental – sistema de alvenaria robotizado 3D patenteado globalmente e marca a transição para robôs dinamicamente estabilizados que operam ao ar livre em ambientes descontrolados. A fabricante está empenhada em melhorar a segurança, a velocidade, a precisão, o gerenciamento de custos e resíduos no setor da construção global através da utilização das últimas inovações do mundo em tecnologia robotizada móvel.

**Consequências:** com o uso de robôs o tempo de construção e o custo serão reduzidos. Além disso, o canteiro de obras ficará mais seguro, com menos desperdício, menos resíduos e maior qualidade das construções.

**Origem:** Austrália

**Fase:** Startup, Produto Local

**7.2 – Robô Mule (robô)** – pedreiro semiautomático, que auxilia o pedreiro humano a carregar peso e o torna 3 a 5 vezes mais produtivo que um pedreiro humano sozinho. Sua capacidade de colocar 250 a 400 tijolos por hora em comparação com 300 a 500 tijolos por dia de um pedreiro típico. O robô realiza tarefas similarmente repetitivas no canteiro de obras, fazendo a seguinte pergunta: “Onde alguém está fazendo a mesma coisa várias vezes, onde podemos aplicar um robô para ajudar essa pessoa e tirar o esforço físico de seu trabalho e aumentar a velocidade em que eles são capazes de trabalhar?”

**Consequências:** construção mais rápida, mais segura para os profissionais envolvidos. Resultando em menos custo de aquisição da habitação e menor tempo de construção. Além disso, reduz o desperdício na obra contribuindo para o zero resíduo.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Produto comercializado em larga escala.

**7.3 – Pillar Technologies (automação, robôs)** - mecanismo desenvolvido para ser instalado em canteiros de obras, que é capaz de analisar em tempo real o risco das obras e prever danos e acidentes. A tecnologia se utiliza de uma variedade de sensores para coletar informações sobre vazamentos de água, fogo, gás, exposição a umidade, etc.

**Consequências:** mecanismos automatizados como o PillarTech podem contribuir para zerar o risco de acidentes em obras, barateando os custos com seguradoras, reduzindo o número de acidentes, salvando vidas.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Startup, Produto Local

**7.4 – SAM 100 (robô, redução de custo e de resíduos)** - um robô que constrói paredes 6 vezes mais rápido que um pedreiro humano. O SAM 100 instala 3 mil tijolos por dia, usando uma combinação de correia transportadora, braço robótico e bomba de concreto. Por outro lado, um pedreiro humano fará a aplicação, em média, de cerca de 500 tijolos por dia. O SAM faz o trabalho pesado, o pedreiro humano é necessário para suavizar o concreto antes do SAM colocar mais tijolos, tornado assim um trabalho em equipe (homem-robô).

**Consequências:** com a robotização é observado um aumento de produtividade e menor esforço humano no canteiro de obras, redução do tempo de entrega da obra, do custo e resíduos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Produto comercializado em larga escala.

**7.5- Drone da SKYCATCH (Drone, monitoramento)** - drones que fazem um mapeamento automático do canteiro de obra. Com isso é possível emitir relatórios de processo, acelerar a logística para monitoramento de entregas, identificar rapidamente a necessidade de modificar o planejamento em caso de encontrar problemas.

**Consequências:** com o monitoramento constante do canteiro de obras, será possível identificar desvios rapidamente a baixo custo, para que os planos de ação possam ser traçados de imediato. Isso acelera a entrega da obra e reduz o tempo de resposta e os custos. E consequentemente reduz os resíduos.

**Origem:** Estados Unidos

**Fase:** Startup, Produto Local



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

É incontestável a importância do setor da construção civil para a economia global, com seus efeitos multiplicadores gera a cada emprego direto, no mínimo quatro indiretos, trazendo efeitos positivos para a balança comercial dos países (ABIKO et al, 2005), por outro lado é uma das indústrias que mais impacta o meio ambiente, sendo responsável por 50% do CO<sub>2</sub> lançado na nossa atmosfera, produzindo a metade dos resíduos sólidos gerados no mundo.

Existem várias as estratégias para se reduzir os RCDs nas construções e colher os benefícios ambientais e econômicos através das etapas de reduzir, reutilizar, reciclar e recomprar os RCDs.

Através das Ferramentas como o Plano de Gestão de Resíduos da Construção e Demolição (PGRCD), Projetos Sustentáveis de Gerenciamentos dos RCDs, Logística Reversa e a Economia Circular verifica-se que é possível uma economia energética, materiais mais saudáveis e duráveis e menos desperdícios nas construções.

Avaliar as práticas de gestão de resíduos ao longo da vida das matérias-primas e materiais para os ciclos seguintes é de extrema importância para a sustentabilidade do setor construtivo.

Verifica-se também a necessidade de se aprimorar novas tecnologias tais como: novos equipamentos, impressão 3D, novos materiais, industrialização, pré-fabricação, construção modular, sistemas biomiméticos adaptativos e regenerativos e automação robótica, tendo como finalidade o “resíduo zero”, trazendo a otimização da utilização dos recursos naturais, redução dos impactos negativos, promovendo assim uma maior sustentabilidade do setor da construção.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por: UID/04708/2025 e <https://doi.org/10.54499/UID/04708/2025>, da Unidade de Investigação CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções - financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P./ MECI, através de fundos nacionais.

Filiação: **CONSTRUCT, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto, Portugal**



## REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10.004: 2004. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file>. Acesso em: 15 10 2017.

ABNT NBR 15.112:2004. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/23693/nbr15112-residuos-da-construcao-civil-e-residuos-volumosos-areas-de-trans-bordo-e-triagem-diretrizes-para-projeto-implantacao-e-operacao>. Acesso em: 15 10 2017.

ABNT NBR 15.113:2004. Disponível em: [https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR\\_15113\\_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral](https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15113_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral). Acesso em: 15 10 2017.

ABNT NBR 15.114:2004. Disponível em: [https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR\\_15114\\_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral](https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15114_2004.pdf&pasta=legislacaoGeral). Acesso em: 15 10 2017.

ABNT NBR 15.115:2004. Disponível em: [https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR\\_15115.pdf&pasta=legislacaoGeral](https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15115.pdf&pasta=legislacaoGeral). Acesso em: 15 10 2017.

ABNT NBR 15.116:2004. Disponível em: [https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR\\_15115.pdf&pasta=legislacaoGeral](https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortaleza-online/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_15115.pdf&pasta=legislacaoGeral). Acesso em: 15 10 2017.

ABIKO, A. K.; GONÇALVES, O. M.; CARDOSO, L.R. A. O futuro da indústria da Construção Civil: construção habitacional. Série Política Industrial –5. Brasília, 2005. Disponível em: <http://prospectiva.pcc.usp.br/.../O%20futuro%20da%20construção%20civil-20no%20brasil.pdf> –Acesso em: 21 Out 2018.

ABREU, L.B & PALHARES, M.C. O destino do lixo. Trabalho de Estágio Supervisionado-Profa. Cristine Nogueira, Turma 2006.

AGÊNCIA CBIC. Projeto Foca no Futuro da Construção no Brasil e no Mundo, 2022. Disponível em: <https://cbic.org.br/construcao-2030-projeto-que-foca-no-futuro-da-construcao-e-des-taque-no-portal-g1/>. Acesso em: 05 11 2023.

ARAÚJO, V. M. Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras. 209. 204 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BARBOZA, D. V.; SILVA, F.A. da; MOTTA, W. H. ; MERIÑO, M. J.; FARIA, A. do V. Aplicação da Economia Circular na Construção Civil. Research Society and Development, Vol. 8, No.7, pp.01-19, UFI, 2019.

BRASIL. Lei 9605/1998. Lei de Crimes Ambientais. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm). Acesso em: 13 08 2018.

BRASIL. Decreto 6514/2008. Infrações e sanções administrativas ao Meio Ambiente. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6514.htm). Acesso em: 15 09 2018.

BRASIL. Lei Nº12.305/2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil. Disponível em: [https://fld.com.br/catadores/pdf/politica\\_residuos\\_solidos.pdf](https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf). Acesso em: 10 Nov 2018.

BRASIL. Portaria 280/2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-280-de-29-de-junho-de-2020-264244199>. Acesso em: 13 08 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA 001:1986. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902> . Acesso em: 20 01 2018.

BRASIL. Resolução CONAMA 307:2004. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002\\_Res\\_CONAMA\\_307.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2002_Res_CONAMA_307.pdf). Acesso em: 20 08 2018.

BRASIL. SINIR/MMA- Ministério do Meio Ambiente. Tipos de Resíduos. 2023. Disponível: [sinir.gov.br/informações/tipos-de-residuos/](http://sinir.gov.br/informações/tipos-de-residuos/) - acesso em: 21 08 2023.

CASTRO, R. S. S.; SANTOS, V. C.; SOUZA, R. L. (2022). Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos: resíduos de oficina mecânica. (Ciências exatas e tecnológicas, v. 7 n.2, 2022, p. 101-112)

CERÂMICA CONSTRULAR. Logística Reversa na Construção Civil: Saiba como aplicar o conceito, 2022. Disponível em: <https://ceramicaconstrular.com.br/logistica-reversa-na-construcao-civil-saiba-como-aplicar-o-conceito/> . Acesso em: 15 11 2023.

CNI. Economia Circular: Entenda o que é, Suas Características e Benefícios, 2023. Disponível: <https://www.portaldaindustria.com.br/industria-de-a-z/economia-circular/>. Acesso em: 17 11 2023.

DEGANI, C. M. Sistema de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. 2003. 223p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

Ellen MacArthur Foundation (EMF). (2013). SUN, McKinsey & Co Growth Within: A Circular Economy Vision for a Competitive Europe.

Ellen MacArthur Foundation (EMF). (2016). Rumo à Economia Circular: o Racional de Negócio para Acelerar a Transição.

Ellen MacArthur Foundation (EMF). (2017). Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial.

FERREIRA, R. (2017). Proposta de padronização cartográfica para carta-imagem emergencial de inundação Impactos ambientais decorrentes do lixo da cidade de Condado-PB. (Geografia, Ensino & Pesquisa (2017), Vol. 21, n.3, p. 142-1510).

FONSÊCA, Rúbia de Oliveira; UCHOA, Francisco Passos. A importância da logística reversa para construção civil. 2016.

FREITAS, D. (2021). Impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado dos resíduos sólidos em áreas urbanas do município de Ariquemes – Rondônia Ariquemes – RO, Trabalho de Conclusão de Curso para a obtenção de grau de Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária, apresentado à Faculdade de Educação e Meio Ambiente (2021) - FAEMA.

GUERRA, J. S. Gestão de resíduos da Construção civil em obras de edificações. Dissertação do PEC/POLI/UPE. RECIFE, 2009.

GUSMÃO, A. D. Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil. Camaragibe, 2008.

HUANG, Q.; CHEN, G.; WANG, Y.; CHEN, S.; XU, L.; WANG, R. 2020. Modelling the global impact of China's ban on plastic waste imports. Resources, Conservation and Recycling, 154, 104607. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104607>

IPEA. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. 2012. Disponível: [https://portalartigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911\\_relatorio\\_construcao\\_civil.pdf](https://portalartigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf). Acesso: 16 11 2023

KAZA, S.; YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. 2018. What aWaste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. UrbanDevelopment. Washington, License: CC BY 3.0 IGO.

KOOPS, S. H.; VAN LEEUWEN, C. J. 2017. The challenges of water, waste and climate change in cities. Environ. Dev. Sustain., 19, (2), 385-418. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-97604>

KORHONEN, J., HONKASALO, A., & SEPPÄLÄ, J. (2018). Circular economy: the concept and its limitations. *Ecological economics*. 143. 37-46.

LEAL FILHO, W.; HAVEA, P. H.; BALOGUN, A. L.; BOENECKE, J.; MAHARAJ, A. A.; HA'APIO, M.; HEMSTOCK, S. L. 2019. Plastic debris on Pacific Islands: Ecological and health implications. *Science of The Total Environment*, 670, 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.181>

LEITE, Paulo Roberto. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. In: Logística reversa: meio ambiente e competitividade. 2009

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. R. Guia para a elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil. Série de Publicações Temáticas do CREA-PR, Curitiba, Disponível em: [http://www.crea-pr.org.br/crea3/html3\\_site/doc/guia/cartilhaResiduos\\_baixa.pdf](http://www.crea-pr.org.br/crea3/html3_site/doc/guia/cartilhaResiduos_baixa.pdf). Acesso em 28 Nov 2018.

LUCHEZZI, Celso; TERENCE, Mauro Cesar. Logística Reversa Aplicada na Construção Civil. *Revista Mackenzie de Engenharia e Computação*, São Paulo, v.13, n.1, p.144-160, out.2013.

MARCONDES, Fábria Cristina Segatto. Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado. 2007. PhD Thesis. Universidade de São Paulo.

MARQUES NETO, J. C. Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição no Brasil. São Carlos: RIMA, 172p.2005.

MARQUES, R.C. A Experiência Europeia no Gerenciamento e Aplicação dos RCC. Técnico Lisboa, PT. Apresentado em Fortaleza, Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.cidades.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/12/2017/05/Rui-Marques.pdf>. Acesso em: 12 10 2023.

PINTO, T. P. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil. A experiência do Sinduscon-SP. São Paulo, 2005. Disponível em: [http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Manual\\_Residuos\\_Solidos.pdf](http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Manual_Residuos_Solidos.pdf) Acesso em: 21 Nov 2019.

RECIFE. Decreto Municipal Nº 27.045/2013. Estabelece o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município do Recife. Recife, 2005. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a1/pe/r/recife/decreto/2013/2705/27045/decreto-n-27045-2013-reconhece-o-plano-metropolitano-de-residuos-solidos-pmrs-da-regiao-metropolitana-como-plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-do-municipio-do-recife>. Acesso em: 20 Nov. 2018.

RECIFE. Lei Nº 17.072 de 04 de Janeiro de 2005. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil na Cidade do Recife. Recife, 2005. Disponível em: <http://www.recife.pe.gov.br/diariooficial>. Acesso em: 20 Nov. 2018.

ROCHA, A. A. Fatos históricos do saneamento. São Paulo: João Scortecci, 1997.

ROQUE, R. A. L., & PIERRE, A. C. Uso inteligente de recursos naturais e sustentabilidade na construção civil. *Research, Society and Development*, 219 - 8 (2). 1-18.

SALGADO, R.R. A Economia Circular na Construção Civil: Desafios e Oportunidades. CTE, 2022. Disponível: <https://cte.com.br/blog/sustentabilidade/a-economia-circular-na-construcao-civil-desafios-e-oportunidades/>. Acesso em: 18 11 2023.

SANTOS, M. de J.; RODRIGUES, A. S. S.; ANDRADE, J. V. de; QUEISSADA, D. D. Os Impactos Ambientais Causados pelo Descarte Inadequado de Resíduos Sólidos, 2022. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Unisul. Disponível em: <https://repositorio-api.animaeducacao.com.br/server/api/core/bitstreams/f99fe96f-d848-4bcb-8581-c64904aa6dbd/content>. Acesso em: 10 11 2023.

SEVERO, E.M.F.; SOUSA, H.J.C. de. Aplicação Prática do PGRCC nas Construções da Cidade do Recife. 10. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, João Pessoa, PB, Brasil, 2019.

SEVERO, E.M.F. Bancos Sociais Promotor da Indústria Solidária e do Gerenciamento Eficiente dos Resíduos nas Cidades. 3º. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos (FIRS), Porto Alegre-RS, 2011.

S. SEVERO, E.M.F. Sustentabilidade das Habitações de Interesse Social nas Cidades de João Pessoa, Recife e São Paulo- Avaliação das Práticas e Proposta de Melhoria. Tese de doutoramento pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto-FEUP, 2018, Porto, PT. Disponível em: [file:///C:/Users/eseve/Downloads/256106%20\(10\).pdf](file:///C:/Users/eseve/Downloads/256106%20(10).pdf). Acesso: 20 08 2018.

SEVERO, E.M.F.; SOUSA, H.J.C. de. Eficiência no Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil com a Adoção do Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos no Brasil. 2023. Vol. 4 No. 1 (2023): *Studies in Engineering and Exact Sciences*, Curitiba, v.4, n.1, 2023 - <https://doi.org/10.54021/sesv4n1-010>

SINDUSCON SP. Manual de Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil, São Paulo, 2015. Disponível em: [file:///C:/Users/eseve/Downloads/MANUAL-DE-RES%C3%84DUOS-2015\\_3\\_.pdf](file:///C:/Users/eseve/Downloads/MANUAL-DE-RES%C3%84DUOS-2015_3_.pdf). Acesso em: 01 10 2017.

SINDUSCON SP. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Resíduos da Construção Civil. Gestão pelos Grandes Geradores. Disponível em:

UFMG-Universidade Federal de Minas Gerais (GERESOL). História do lixo. Linhas Gerais., 1999.

**Data:** 23 de novembro de 2018  
**Resp. Preenchimento:** Elisabeth M. F. Severo

- Check-List de Limpeza e Segregação de Resíduos
- Relatório de Desempenho

70



Limpeza	8,0
Segregação na fonte	7,5
Acondicionamento final	7,3
Segregação geral	7,4
Destinação compromissada	9,3

## SOBRE A AUTORA

**ELISABETH MARIA FERREIRA SEVERO:** é uma profissional com formação avançada em **Engenharia Civil**, com foco em Construção e Meio Ambiente.

**Formação Acadêmica:** Ela possui doutorado (PhD) em Engenharia Civil, especificamente na área de Construção, pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em Portugal. Seu diploma de doutora foi reconhecido no Brasil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em 2019. Anteriormente, ela obteve o título de Mestre em Engenharia Civil pela Fundação Universidade de Pernambuco (FESP/UPE) em 2011.

**Atuação Profissional e Pesquisa:** Elisabeth Maria Ferreira Severo tem publicações e pesquisas na área de gestão de resíduos da construção civil (PGRCC), sustentabilidade em habitações de interesse social e ciências ambientais. Ela é autora ou co-autora de diversos artigos e publicações em anais de conferências internacionais.

**Atividades Empresariais:** Ela também aparece como sócia e uma das administradoras da empresa **ETI Soluções de Tecnologia** (nome empresarial: ETI - EMPRESA DE TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA LTDA), cujo CNPJ é 11.965.860/0001-86, em Recife, PE, com registro de 1987.



# RUMO AO RESÍDUO ZERO NA CONSTRUÇÃO



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora

Ano 2025



# RUMO AO RESÍDUO ZERO NA CONSTRUÇÃO

🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

📷 @atenaeditora

📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)