

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA CIVIL

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ESTUDO DE CASO EM OBRA RESIDENCIAL EM RIO VERDE - GO

Autora: Lethicia Cristina Martins Mota  
Orientadora: Ma. Bruna Oliveira Campos

Rio Verde – GO  
dezembro - 2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA CIVIL

CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL: ESTUDO DE CASO EM OBRA RESIDENCIAL EM RIO  
VERDE - GO

Autora: Lethicia Cristina Martins Mota  
Orientadora: Ma. Bruna Oliveira Campos

Trabalho de Curso apresentado como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL, ao curso de Graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.

Rio Verde – GO  
dezembro - 2020

# FICHA CATALOGRÁFICA

## Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

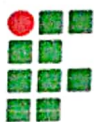
ML647g Martins Mota, Lethicia Cristina  
CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL:  
ESTUDO DE CASO DE OBRA RESIDENCIAL EM RIO VERDE - GO  
/ Lethicia Cristina Martins Mota; orientadora Bruna  
Oliveira Campos; co-orientador Wilker Alves Moraes.  
-- Rio Verde, 2020.  
30 p.

Monografia (Graduação em Bacharelado em Engenharia  
Civil) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio  
Verde, 2020.

1. Plano de gerenciamento. 2. Construção  
sustentável. 3. Resíduos da Construção. I. Oliveira  
Campos, Bruna, orient.  
II. Alves Moraes, Wilker , co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1

nº2376



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Lethicia Cristina Martins Mota

Matrícula: 2015202200840025

Título do Trabalho: Caracterização de resíduos da construção civil: estudo de caso em obra residencial em Rio Verde -GO.

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 06/07/2021

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local: Rio Verde, 06/07/2021.  
Data

Lethicia Cristina Martins Mota  
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Bruna Campos  
Assinatura da orientadora



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 104/2021 - GGRAD-RV/DE-RV/CMPRV/IFGOIANO

### **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO**

Aos onze dias do mês de dezembro de 2020, às 09 horas e 00 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelas docentes: Bruna Oliveira Campos (orientadora), Bruna Eloi do Amaral (membro externo) e Adriana Antunes Lopes (membro externo), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Caracterização de resíduos da construção civil: estudo de caso em obra residencial em Rio Verde -GO”, da estudante Lethicia Cristina Martins Mota, Matrícula nº 2015202200840025 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição da candidata pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora, em que a orientadora também assina em nome dos membros externos.

*(Assinado Eletronicamente)*

Bruna Oliveira Campos

Orientadora

*(Assinado Eletronicamente)*

Adriana Antunes Lopes

Membro externo

*(Assinado Eletronicamente)*

Bruna Eloi do Amaral

Membro externo

## Observação:

( ) O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- Bruna Oliveira Campos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 06/07/2021 08:44:16.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 06/07/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 287716

Código de Autenticação: 72ab40ed23



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Rio Verde  
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970  
(64) 3620-5600



## D E C L A R A Ç Ã O

Eu, Bruna Eloi do Amaral, declaro que participei como membro avaliador, aos onze dias do mês de dezembro de 2020, às 09 h, da defesa de Trabalho de Curso intitulado “Caracterização de resíduos da construção civil: estudo de caso em obra residencial em Rio Verde -GO”, da estudante Lethicia Cristina Martins Mota, matrícula nº 2015202200840025 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano, Campus Rio Verde. A banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Dessa forma, autorizo a orientadora Bruna Oliveira Campos a assinar eletronicamente a ata de defesa, no Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP).

Rio Verde (GO), 06 de julho de 2021

---

Bruna Eloi do Amaral





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE-GO

---

## D E C L A R A Ç Ã O

Eu Adriana Antunes Lopes, professora do Instituto Federal de São Paulo – campus São Carlos, declaro que participei como membro avaliador, aos onze dias do mês de dezembro de 2020, às 09 h, da defesa de Trabalho de Curso intitulado “Caracterização de resíduos da construção civil: estudo de caso em obra residencial em Rio Verde -GO”, da estudante Lethicia Cristina Martins Mota, Matrícula nº 2015202200840025 do Curso de Engenharia Civil do IF Goiano, Campus Rio Verde. A banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO da estudante. Dessa forma, autorizo a orientadora Bruna Oliveira Campos a assinar eletronicamente a ata de defesa, no Sistema Unificado de Administração Pública (SUAP).

Rio Verde (GO), 06 de julho de 2021

Adriana Antunes Lopes





## AGRADECIMENTOS

À Deus, que sempre esteve comigo em todos os momentos, sendo meu porto seguro me auxiliando a superar todas as dificuldades ao longo da minha jornada.

À minha mãe Seila Cristina Martins Santos e meu pai Marco Aurélio da Costa Mota, que me incentivaram nos estudos proporcionando meu crescimento profissional e pessoal, sem eles não teria chegado até aqui. Sou imensamente agradecida, pois nunca mediram esforços para me dar oportunidade de ter um título profissional.

Ao meu esposo Valdiney Souza da Silva, que sempre esteve comigo me dando total apoio, me proporcionando segurança e confiança, fazendo com que eu acreditasse ainda mais no meu potencial. Agradeço à Deus todos os dias por ter colocado você na minha vida, meu amor.

À minha professora orientadora Bruna Oliveira Campos, que não mediu esforços para me auxiliar na escrita desse artigo, compartilhando todo seu conhecimento de forma clara e objetiva. Agradeço por acreditar no meu potencial, por todo apoio como profissional e pessoal, a senhora é uma profissional que me espelho.

Aos meus amigos, em especial a Karen Lopes Lima e o Luís Henrique da Silva Araújo que tive o prazer de conhecer ao longo da minha jornada como estudante de Engenharia Civil, mas que ao longo do tempo se tornaram muito mais que colegas de classe, na verdade se tornaram amigos que levo para vida. Agradeço à vocês dois por ter me apoiado tanto nos estudos, seguir essa caminhada com ajuda de vocês tornou o fardo mais leve, vocês são incríveis.

Ao Grupo Casa Verdi que confiaram à mim o objeto de estudo desse artigo, não apresentando nenhuma resistência para realização da minha pesquisa nas obras. Agradeço, vocês somaram muito para a conclusão do meu curso superior.

À Cooperativa de Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis em Geral do Sudoeste Goiano (Coop-Recicla), por não medirem esforços para que eu efetivasse esse

estudo, fornecendo dados e serviços sem nenhuma resistência, e com isso incentivando ainda mais a pesquisa, bem como, a cultura sustentável.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, por proporcionar um quadro de profissionais que compartilharam todo conhecimento para que eu pudesse receber com honra o título de bacharel em Engenharia Civil, irei zelar pelo nome da Instituição sendo uma profissional responsável e ética.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Lethicia Cristina Martins Mota, nascida em 10 de Junho de 1996, na cidade de Quirinópolis - GO, atualmente reside em Rio Verde – GO. Graduanda em Bacharelado em Engenharia Civil no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

## ÍNDICE GERAL

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE QUADROS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 RCC na Construção Civil .....	13
1.1.1 Legislação Federal .....	14
1.1.2 Legislação Municipal.....	15
1.1.3 Gerenciamento de resíduos da construção civil.....	16
2 OBJETIVOS .....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	20
3 CAPÍTULO ÚNICO .....	22
1 INTRODUÇÃO .....	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	23
2.1 Resolução CONAMA n° 307 (2002).....	24
2.2 Taxa de Geração de RCC.....	25
3 MATERIAL E MÉTODO .....	26
3.1 Massa unitária dos RCC .....	27
3.2 Taxa de geração de RCC .....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	30
REFERÊNCIAS.....	31

## ÍNDICE DE TABELAS

	Página
<b>INTRODUÇÃO</b>	
Tabela 1. Tecnologia de tratamento indicada para resíduos da construção civil.....	15
<b>CAPÍTULO ÚNICO</b>	
Tabela 1. Massa unitária e taxa de geração de diferentes autores .....	25
Tabela 2. Massa unitária e taxa de geração de RCC .....	28

## ÍNDICE DE QUADROS

### **CAPÍTULO ÚNICO**

Quadro 1- Diretrizes sugeridas .....	30
--------------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>INTRODUÇÃO</b>	
Figura 1 - Etapas do plano de gerenciamento de RCC.....	25
Figura 2 – Destinação dos RCC de acordo com a classificação da resolução Conama n° 307 (2002).....	25
<b>CAPÍTULO ÚNICO</b>	
Figura 1 – Etapas do plano de gerenciamento de RCC de acordo com a CONAMA (2002).....	27
Figura 2 – Destinação de RCC de acordo com a classificação da resolução Conama n° 307 .....	28
Figura 3 – Placas utilizadas para identificação dos bags.....	28
Figura 4 – Bag contendo resíduos de sacos de cimento.....	28

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / sigla	Significado	Unidade Medida
A	Área	m <sup>2</sup>
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	
CPIC	Cadeia Produtiva da Indústria da Construção	
GO	Goiás	
kg	Quilogramas	kg
$M_{u(B)}$	Massa unitária dos resíduos da classe B	kg/m <sup>3</sup>
$M_{\text{classe B}}$	Quantidade de RCC classe B	kg
$M_{\text{classe A,C,D}}$	Massa da classe A,C,D	Kg
$M_f$	Massa final	kg
$M_i$	Massa inicial	kg
$M_{u(A,C,D)}$	Massa unitária dos resíduos da Classe A	kg/m <sup>3</sup>
$M_{\text{madeira}}$	Massa da madeira	kg
$M_{u \text{ madeira}}$	Massa unitária da madeira	kg/m <sup>3</sup>
$M_{RCC}$	Massa de resíduos da construção civil	kg
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil	
PIB	Produto Interno Bruto	
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos	
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos	
R\$	Real	
RCC	Resíduos da Construção Civil	
RG	Resíduos Gerados	
RS	Resíduos Sólidos	
%	Porcentagem	
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos	
$T_x$	Taxa de geração de resíduos	kg/m <sup>2</sup>
V	Volume	m <sup>3</sup>



## RESUMO

MOTA, LETHICIA CRISTINA MARTINS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, dezembro 2020. **Caracterização de resíduos da construção civil: estudo de caso em obra residencial em Rio Verde – GO.** Orientadora: Bruna Oliveira Campos. Coorientador: Wilker Alves Morais.

O estudo objetiva implantar um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC) em obra residencial geminada, localizada em Rio Verde – GO. O PGRCC foi elaborado conforme as orientações da CONAMA n° 307 de 2002, e implantado no próprio canteiro de obras onde se realizou a identificação, classificação e separação dos resíduos da construção civil (RCC), gerados durante o processo executivo. A partir dos resultados obtidos da quantidade dos resíduos gerados e massa unitária de cada classe de RCC, definiu-se as taxas de geração de resíduos por área construída e por dia. Dessa forma identificou que a obra gerou 49.728 kg de RCC, sendo que 3.648 kg foram encaminhados conforme orienta a legislação, o que proporcionou para construtora redução de custos com transporte dos resíduos gerados ao longo da obra, além de beneficiar o meio ambiente e a saúde pública. A taxa de geração encontrada no estudo foi de 276,55 kg/m<sup>2</sup>, valor superior ao encontrado na literatura, isso aconteceu devido a qualidade da mão obra, pois houve mudança da equipe executora ao longo da construção, o que resultou em retrabalhos e conseqüentemente gerou uma quantidade de RCC além do esperado.

**PALAVRAS-CHAVE:** plano de gerenciamento, construção sustentável, resíduos da construção.

## ABSTRACT

MOTA, LETHICIA CRISTINA MARTINS. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, December 2020, **Characterization of civil construction waste: residential work case study in Rio Verde -GO**. Advisor: Bruna Oliveira Campos. Co-advisor: Wilker Alves Morais

The construction industry consumes natural resources in an expressive way, in addition to producing civil construction waste (RCC) on a large scale, which is often disposed of in an irregular way, causing negative impacts on the environment and public health. Due to this, Resolution CONAMA No. 307/2002, which deals specifically with the management of civil construction waste, was created. The objective of this article was to implement a plan for the management of civil construction waste at the construction site of two twin-houses located in the municipality of Rio Verde - GO, based on CONAMA No. 307/2002. The identification, classification and separation of the construction waste was made, as well as quantitative surveys of the residues generated along the work and comparison of these values with those found in the literature. The results indicated that the work generated 49,728 kg of construction waste, of these 3,648 kg were sent as required by the legislation benefiting the environment, besides providing cost reduction for the construction company. The generation rate found in the study was 276, 55 kg/m<sup>2</sup>, a higher value than that found in the literature, this was due to the quality of the labor, and due to the rework of the execution team.

**KEYWORDS:** management plan, sustainable construction, construction waste.

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das mais importantes do país, responsável por 4,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CBIC, 2018), em contrapartida, consome de forma expressiva recursos naturais e gera grande quantidade de resíduos. De acordo com ABRELPE (2020), o Brasil gera anualmente 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo 44,5 milhões de toneladas apenas de resíduos da construção civil (RCC).

Os resíduos da construção civil (RCC), geralmente, são dispostos de maneira inadequada em aterros ou áreas urbanas, causando impactos negativos ao meio ambiente, como a poluição do solo, assoreamento de córregos, enchentes, proliferação de vetores de doenças e obstrução de vias de tráfego, entre outros (COSTA, *et al.* 2013). Segundo ABRELPE (2020), de 72.748,515 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos coletados, 29.448,200 milhões de toneladas desses resíduos foram encaminhados para disposição inadequada, ou seja, 40,48% dos resíduos coletados foram dispostos em lixões ou aterros controlados desprovidos de sistemas e medidas que visam proteger o meio ambiente contra danos e degradações, afetando diretamente a saúde da população. Os municípios brasileiros, a fim de realizar a limpeza urbana, aplicam recursos que representa em média R\$ 25 bilhões (R\$ 10 por habitante/mês).

A quantidade significativa de RCC gerados, atrelada a ausência do gerenciamento desses resíduos, propiciam problemas logísticos e prejuízos financeiros as construtoras. Segundo Nagalli (2014) a ausência de planejamento da ocupação, tanto de estoques de materiais, quanto dos resíduos, acarreta falta de espaço no canteiro de obra que dificulta, ou até mesmo inviabiliza, a execução da construção, além de aumentar os riscos de acidente de trabalho.

A elevada geração de RCC pode resultar no esgotamento das áreas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, fazendo com que a gestão pública tenha custos adicionais para efetuar a destinação correta desses resíduos. De acordo com Souza *et al.* (2005) torna-se necessário desenvolver práticas sustentáveis a fim de reduzir os resíduos gerados pela atividade da construção civil, haja vista, a escassez de locais (principalmente em centros urbanos) para a disposição desses resíduos.

Face ao exposto observa-se a necessidade de implantar o plano de gerenciamento dos resíduos da construção civil (PGRCC) nas obras, com o intuito de reduzir, reutilizar ou reciclar os resíduos provenientes da construção, diminuindo tanto desperdícios de materiais quanto custos da obra. Aliado ao gerenciamento, existe a gestão dos RCC que é de suma importância, pois trata-se das políticas públicas que regulamentam o manejo dos RCC, sendo leis e regulamentações a âmbito federal, estadual e municipal. Logo torna-se imprescindível conhecer tais legislações para desenvolver e aplicar o PGRCC e assim obter resultados satisfatórios.

O embasamento teórico proporcionado pela gestão, bem como, a aplicação prática no canteiro de obra, torna-se possível desenvolver o PGRCC e assim construir de forma mais sustentável, diminuindo custos e desperdício ao decorrer da construção, aumentando assim a produtividade da obra desde o planejamento até a sua conclusão.

Esse tema foi escolhido por observar a real necessidade de desenvolver técnicas que diminuam o impacto negativo ao meio ambiente, causado pela geração dos resíduos nas obras de Rio Verde – GO, bem como, procurar uma alternativa para o descarte dos RCC. Atualmente muitos RCC são dispostos no aterro sanitário municipal, sendo que existem resíduos que podem ser reciclados ou reutilizados para outros fins, gerando renda e menos impacto negativo ao meio ambiente. Outro ponto que despertou o interesse pelo tema, foi a perspectiva de implantação da Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil em Rio Verde – GO, que produzirá cinco subprodutos: areia, brita 1 e 2, pedrisco e rachão. Logo observa-se que com o funcionamento da usina, torna-se importante desenvolver práticas para orientar os grandes geradores sobre o tratamento e destinação dos resíduos para Usina, respeitando a legislação e o meio ambiente.

## 1.1 RCC na Construção Civil

Segundo Blumenschein (2004), a Cadeia Produtiva da Indústria da Construção (CPIC) causa impactos negativos ao meio ambiente, desde a extração da matéria prima, transporte, processo construtivo da edificação, demolição e descarte, ou seja, ao longo de todos os estágios e atividades da construção. Os resíduos são gerados de forma excessiva e, frequentemente, são dispostos de forma inadequada que causa impactos negativos, tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública.

O desenvolvimento de técnicas que propõem minimizar os efeitos negativos causados pelos resíduos da construção civil, é de grande valia, como é o caso do gerenciamento dos resíduos da construção civil. Nagalli (2014) afirma que esse gerenciamento é fundamentado nas técnicas de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e disposição final correta dos resíduos sólidos. Dessa forma, o gerenciamento de resíduos é o conjunto de ações operacionais cotidianas que lida diretamente com os resíduos na obra, e tem como objetivo minimizar os resíduos gerados por alguma atividade ou empreendimento.

### 1.1.1 Legislação Federal

Visto a importância do gerenciamento correto dos resíduos da construção civil, em 2002, foi publicada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a resolução nº 307 que traz todos os critérios, procedimentos e diretrizes para gestão dos resíduos da construção civil, definido como:

São os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. (CONAMA, 2002, p. 1).

Mais tarde, no ano de 2010, foi instituída a Lei Federal nº 12.305 nomeada como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) que dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. A PNRS

considera o resíduo da construção civil como uma das categorias de resíduos sólidos gerados que traz impactos negativos ao meio ambiente, o que reforça ainda mais a importância do cumprimento da Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) na atividade da construção civil.

### 1.1.2 Legislação Municipal

Existem legislações municipais que tratam da gestão dos resíduos sólidos com o objetivo em atender as leis federais e estaduais pertinentes. O município de Rio Verde – GO possui o projeto de lei complementar nº 142 que aprova o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) do município (EXPERT, 2018).

O PMGIRS menciona que o gerenciamento dos resíduos sólidos oriundos da construção civil é de responsabilidade dos geradores de grande porte, quantidade de RCC superior a 1.000 kg/dia, enquanto a administração pública se responsabiliza pela disposição final dos resíduos dos geradores de pequeno porte, até 3 m<sup>3</sup> de resíduos por pessoa. Para reduzir o descarte inadequado de resíduos, a prefeitura instalou em Rio Verde – GO, quatro ecopontos localizados nos bairros: Gameleira, Nilson Veloso, Monte Sião e Jardim Helena, destinados a receber os resíduos dos geradores de pequeno porte. Os grandes geradores têm a responsabilidade de elaborar e implementar o PGRCC e realizar a destinação final desses resíduos de acordo com sua classe, obedecendo as etapas descritas na Resolução nº 307 (CONAMA 2002).

De acordo com o PMGIRS os RCC de Rio Verde - GO são encaminhados para o aterro municipal juntamente com os resíduos domiciliares, mas são colocados em locais diferentes, pois o plano orienta que é proibido dispor os RCC em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de bota-fora, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e áreas protegidas pela lei. O PMGIRS traz ainda a respeito da destinação principal do RCC, afirmando que seu reaproveitamento será por meio da usina de triagem de resíduos da construção civil. Com isso, haverá reaproveitamento dos resíduos que ocupa espaços consideráveis, bem como, fornecimento de material de consumo destinados a obras da prefeitura, podendo também ser utilizado no sistema de disposição final de rejeitos. As

tecnologias de tratamento e reaproveitamento aplicadas para RCC, de acordo com o previsto pelo PMGIRS, está disposto na Tabela 1.

**Tabela 1.** Tecnologia de tratamento indicada para resíduos da construção civil

RCC	Classe	Tecnologia de Tratamento
Inertes, reutilizáveis ou recicláveis como agregados	Grupo A	Britagem/reutilização
Comuns recicláveis	Grupo B	Triagem/reciclagem
Inertes não reutilizáveis ou recicláveis como agregados	Grupo C	Aterro Sanitário
Perigoso	Grupo D	Incineração ou aterro de resíduos perigosos

Fonte: PMGIRS (2018)

### 1.1.3 Gerenciamento de resíduos da construção civil

A resolução CONAMA n° 307 (2002) define que o gerenciamento de resíduos visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos.

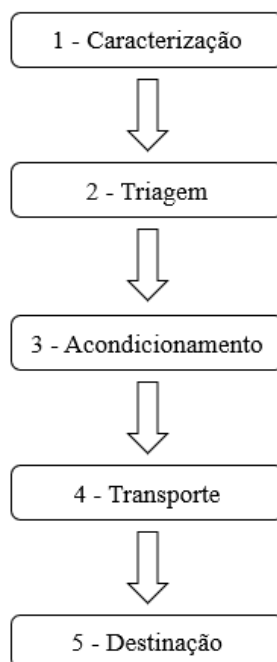
Atribuiu aos RCC quatro classes a saber: classe A, B, C e D. Os resíduos classe A podem ser reutilizados ou reciclados em agregados. Essa classe é subdivida em três grupos: resíduos de construção, demolição reformas e reparos de obras de infraestrutura; componentes cerâmicos, argamassa e concreto provenientes de construção, demolição reformas e reparos de edificações; e resíduos do processo de fabricação e/ ou demolição de peças pré-moldadas em concreto, feitas no canteiro de obra. A classe B trata-se de resíduos recicláveis para outras destinações sendo: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, gesso<sup>1</sup> e embalagens vazias de tintas imobiliárias<sup>2</sup>. A classe C é composta por resíduos que não tiveram tecnologias desenvolvidas, muito menos investimentos viáveis, a fim de possibilitar a reciclagem ou recuperação desses resíduos. A classe D engloba resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas,

<sup>1</sup> A resolução CONAMA n° 431 retirou produtos oriundos do gesso da classe C, e atribuiu-o à classe B (CONAMA, 2011).

<sup>2</sup> A resolução CONAMA n° 469 inseriu embalagens vazias de tintas imobiliárias à classe B (CONAMA, 2015).

solventes, óleos e outros); resíduos de demolição prejudiciais à saúde ou que venham estar contaminados (resíduos de reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros); telhas e demais objetos e materiais com presença de amianto<sup>3</sup> ou outros produtos nocivos à saúde pertence a essa classe de resíduos (CONAMA, 2002)

O gerenciamento de resíduos da construção civil deve seguir cinco etapas, conforme descrito na CONAMA n° 307 (2002) e apresentado na Figura 1.



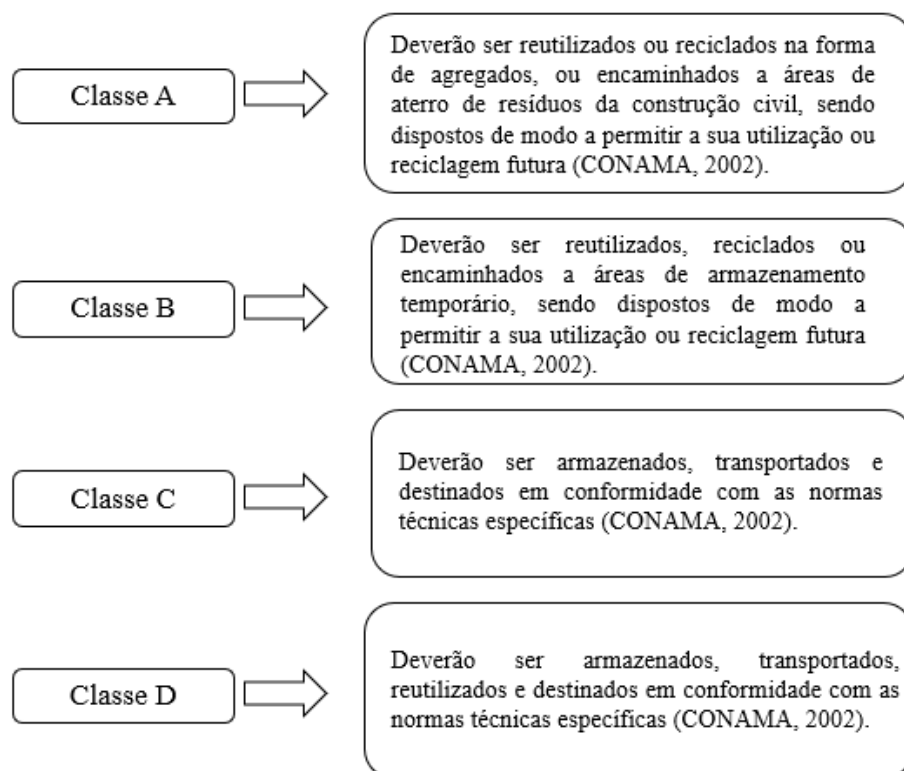
**Figura 1.** Etapas do plano de gerenciamento de RCC  
Fonte: Adaptado da CONAMA (2002) pela autora

Na primeira etapa é necessário que o gerador identifique e classifique os resíduos gerados. A etapa de triagem deve ser executada preferencialmente pelo gerador no próprio canteiro de obras, entretanto, também pode ser feita nas áreas de destinação final licenciadas, sendo fundamental respeitar a classificação, classes A, B, C, D dos resíduos. Na terceira etapa, o acondicionamento dos resíduos gerados, deve ser garantido pelo gerador até que ocorra o transporte, assegurando as condições de reutilização e de reciclagem quando possíveis. A quarta etapa deve ser realizada respeitando as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos. Por fim, a última etapa trata-se de destinar os RCC de acordo com sua classificação, como demonstrado na Figura .

---

<sup>3</sup> A resolução CONAMA n° 348 inseriu amianto à classe D (CONAMA, 2004).





**Figura 2.** Destinação dos RCC  
Fonte: Adaptado da CONAMA (2002) pela autora

## 2 OBJETIVOS

### GERAL

Caracterizar os RCC de duas obras residenciais geminadas, localizadas em Rio Verde – GO, para subsidiar a elaboração do plano de gerenciamento de resíduos da construção civil.

### ESPECÍFICOS

- Identificar, classificar e separar os resíduos da construção civil gerados durante a obra estudada, realizando tais atividades no próprio canteiro de obra, de acordo com as diretrizes impostas pela Resolução CONAMA n° 307 (2002).
- Calcular a massa de RCC (kg), a massa unitária ( $\text{kg/m}^3$ ), as taxas de geração de resíduos por área construída ( $\text{kg/m}^2$ ) e por dia ( $\text{kg/dia}$ ) de cada classe de RCC;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020**. São Paulo, 2020. 50 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Resumo Contas Nacionais: PIBpm Brasil; VABpb; Taxas % Reais de crescimento e Participação % do VABpb da Construção Civil**. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Resolução n° 307**, de 05 de julho de 2002. Brasília/DF, 2002. 4 p.

\_\_\_\_\_. Altera art. 3° da Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002. **Resolução n° 469**, de 29 de julho de 2015. Brasília/DF, 2015. 1 p.

\_\_\_\_\_. Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Resolução n° 348**, de 16 de agosto de 2004. Brasília/DF, 2004. 1 p.

\_\_\_\_\_. Altera o art. 3° da Resolução n° 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-estabelecendo nova classificação para o gesso. **Resolução n° 431**, de 24 de maio de 2011. Brasília/DF, 2011. 1 p.

BRASIL. **Lei Federal n° 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília, 2010. 21 p.

BLUMENSCHHEIN, R. N. **A Sustentabilidade na Cadeia Produtiva da Indústria da Construção**. 2004. 263 p. Tese de Doutorado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Brasília - DF, 2004.

COSTA, R. V. G. da; JÚNIOR, G. B. A.; OLIVEIRA, M. M. de. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, v.14, p. 127–137, 2013.

IBGE. **Cidades e Estados, 2018**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go/rio-verde.html?>. Acesso em: 2 de abril 2019.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 176 p.

EXPERT CONSULTORIA E TREINAMENTOS. **Projeto de Lei complementar nº 142** de 22 de outubro de 2018. Aprova sobre Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos de Rio Verde – GO PMGIRS e dá outras providências. Rio Verde, 2018. 168 p.

SOUZA, U. E. L. de. **Como reduzir perdas nos canteiros**. São Paulo: Pini, 2005. 128 p.

### 3 CAPÍTULO ÚNICO

#### **CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO DE OBRA RESIDENCIAL EM RIO VERDE – GO**

#### **Characterization of civil construction waste: residential work case study in Rio Verde - GO**

##### **RESUMO**

A indústria da construção consome de forma expressiva recursos naturais, além de produzir em larga escala resíduos da construção civil (RCC) que muitas vezes são dispostos de forma irregular, provocando impactos negativos ao meio ambiente e a saúde pública. Devido a isso, surgiu a Resolução CONAMA nº 307 (2002), que trata especificamente da gestão dos resíduos da construção civil. O objetivo do presente artigo foi implantar um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil em duas obras residenciais geminadas, localizadas em Rio Verde – GO, baseado na CONAMA nº 307 (2002). Foi feita a identificação, classificação e separação do RCC, bem como, levantamentos quantitativos dos resíduos gerados ao longo da obra e comparados os valores com os dados da literatura. Os resultados indicaram que a obra gerou 49.728 kg de RCC e desse total 3.648 kg foram encaminhados conforme orienta a legislação, para beneficiar o meio ambiente e reduzir custos com descarte para construtora. A taxa de geração encontrada no estudo foi de 276, 55 kg/m<sup>2</sup>, valor superior ao encontrado na literatura. Isso ocorreu devido a baixa qualidade da mão de obra, e retrabalhos da equipe executora.

Palavras-chave: Plano de gerenciamento. Construção sustentável. Resíduos da construção.

##### **ABSTRACT**

The construction industry consumes natural resources in an expressive way, in addition to producing civil construction waste (RCC) on a large scale, which is often arranged in an irregular way, causing negative impacts on the environment and public health. Due to this, Resolution CONAMA No. 307/2002, which deals specifically with the management of civil construction waste, was created. The objective of this article was to implement a plan for the management of civil construction waste at the construction site of two twin-houses located in the municipality of Rio Verde - GO, based on CONAMA No. 307/2002. The identification, classification and separation of the construction waste was made, as well as quantitative surveys of the residues generated along the work and comparison of these values with those found in the literature. The results indicated that the work generated 49,728 kg of construction waste, of these 3,648 kg were sent as required by legislation, benefiting the environment, in addition to providing cost reduction for the construction company. The generation rate found in the study

was 276, 55 kg/m<sup>2</sup>, a higher value than that found in the literature, this was due to the quality of the labor, and due to the rework of the execution team.

Keywords: Management plan. Sustainable construction. Construction waste.

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com Souza (2005) a indústria da construção civil é uma das mais importantes do país, responsável por 4,5% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CBIC, 2018), em contrapartida, consome de forma expressiva recursos naturais, e com isso é considerada grande geradora de resíduos. De acordo com ABRELPE (2020), o Brasil gera anualmente 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, sendo 44,5 milhões de toneladas apenas de resíduos da construção civil

A quantidade expressiva de resíduos da construção civil (RCC) gerados ao longo da construção, ocorre devido a falta de processos de reaproveitamento ou até mesmo a ausência de reciclagem dos materiais provenientes de obras da construção civil. Logo, com esse desperdício como afirma Costa *et al.* (2013) é comum encontrar tais resíduos, dispostos de maneira inadequada em aterros ou áreas urbanas, causando assim impactos negativos ao meio ambiente, como a poluição do solo, assoreamento de córregos, enchentes, proliferação de vetores de doenças e obstrução de vias de tráfego, entre outros.

De acordo com Bernardes *et al.* (2008) somente nas últimas décadas que a questão da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e conseqüentemente dos RCC começaram a ser tratados como parte importante do saneamento dos ambientes urbanos, visto que, tais resíduos influencia diretamente na qualidade de vida das populações. Através de diversas publicações sobre o assunto, em 2002 surgiu a Resolução n°307 do CONAMA que trata especificamente sobre a gestão dos resíduos da construção civil.

O objetivo do presente artigo, foi implantar um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC) em duas obras residenciais geminadas, localizadas em Rio Verde – GO e comparar os valores obtidos com a literatura. Vale ressaltar que o PGRCC foi formulado seguindo as diretrizes impostas pela Resolução n° 307 (CONAMA, 2002). Foi realizado a identificação, classificação e separação dos RCC gerados ao longo da obra, e com isso foram feitos levantamentos quantitativos de tais resíduos, sendo: massa dos resíduos gerados (kg), massa unitária de cada classe de RCC (kg/m<sup>3</sup>), taxas de geração por área construída (kg/m<sup>2</sup>) e por dia (kg/dia), de cada classe de RCC.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

As atividades da construção civil geram quantidades elevadas de resíduos que, quando mal gerenciados, podem causar impactos negativos ao meio ambiente. De acordo com Mália *et al.* (2011), a disposição final dos resíduos da construção civil (RCC), em sua maioria, acontece em aterros sanitários, sem o devido controle e sem qualquer preocupação de separação na origem. Arelado a isso, ocorre também os despejos ilegais que afetam negativamente a saúde pública mediante a proliferação de insetos e roedores, compromete a drenagem e degrada a paisagem urbana.

Ainda segundo Mália *et al.* (2011), legislações ambientais vêm sendo implementadas a fim de fiscalizar e proporcionar a gestão de RCC, com alternativas de beneficiamento desses resíduos, com o intuito de preservar o meio ambiente e assegurar o crescimento sustentável das cidades. As leis, normas e especificações técnicas compõem a gestão dos RCC que abordam diretrizes de uso desses resíduos como material reciclável e reutilizável.

O desenvolvimento de técnicas que propõem minimizar os efeitos negativos ao ambiente, causados pelos RCC, é de grande valia, como é o caso do gerenciamento que se trata do

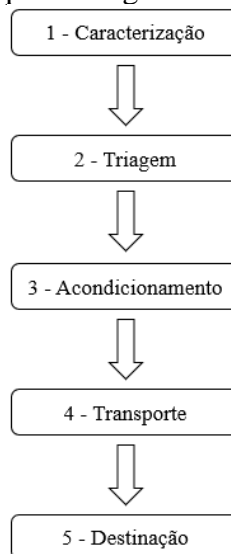
conjunto de ações operacionais cotidianas que objetiva minimizar os resíduos gerados por alguma atividade ou empreendimento. Nagalli (2014), afirma que esse gerenciamento é fundamentado nas técnicas de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e disposição final correta dos resíduos sólidos.

Visto a importância da disposição correta dos resíduos sólidos, em 2010, foi instituída a Lei Federal nº 12.305 nomeada como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (BRASIL, 2010) que dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

### **2.1 Resolução CONAMA nº 307 (2002)**

A PNRS classifica os RCC como uma das categorias de resíduos sólidos, que pode trazer impactos negativos ao meio ambiente. Para tratar desses resíduos, foi publicada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a resolução nº 307 (2002) que define o gerenciamento como o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos. A Resolução CONAMA nº 307 (2002), define que os RCC, denominados também de entulhos, calça ou metralha, são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, além dos resíduos resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros. Esses resíduos são classificados em quatro classes, A, B, C e D. Os resíduos classe A são passíveis de reutilização ou reciclagem como agregados, e podem ser provenientes de obras de infraestrutura ou de reparos de edificações como componentes cerâmicos, argamassa e concreto, ou ainda, de processo de fabricação e/ ou demolição de peças pré-moldadas em concreto feitas no canteiro de obra. A classe B trata-se de resíduos recicláveis para outras destinações, como plásticos, papel, papelão, metais, vidros e madeiras. A resolução CONAMA nº 431 (2011) retirou da classe C, os produtos oriundos do gesso e os atribuiu à classe B, enquanto a resolução CONAMA nº 469 (2015) inseriu embalagens vazias de tintas imobiliárias à essa classe. A classe C é composta por resíduos que não tem tecnologia desenvolvida e investimentos viáveis que possibilite a sua reciclagem ou recuperação. A classe D engloba resíduos perigosos oriundos do processo de construção (tintas, solventes, óleos e outros); resíduos de demolição prejudiciais à saúde ou contaminados (resíduos de reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros); telhas e demais materiais de amianto, incluídos à essa classe pela resolução CONAMA nº 348 (2004). Os RCC devem ser gerenciados em cinco etapas como demonstra a Figura 1.

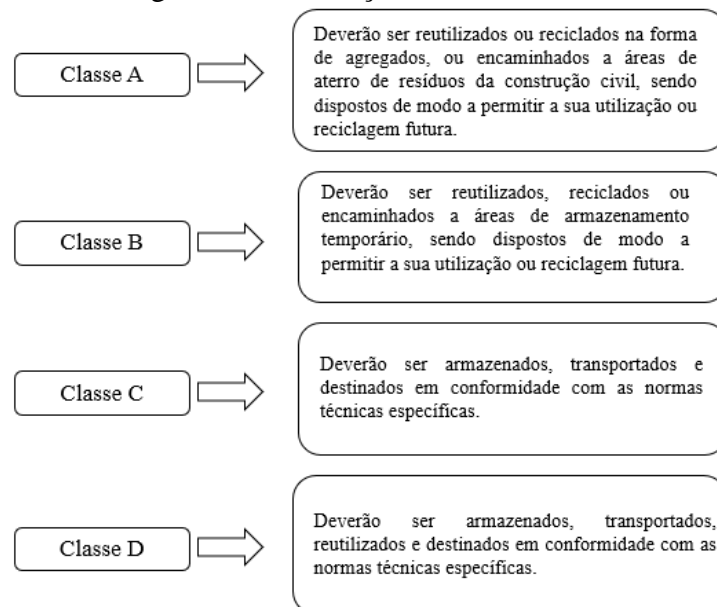
Figura 1 - Etapas do plano de gerenciamento de RCC



Fonte: Adaptado da CONAMA (2002) pela autora

Inicialmente os geradores identificam e classificam os resíduos, para então seguir a etapa de triagem, que pode ser realizada no próprio canteiro de obras, ou nas áreas de destinação final licenciadas, sendo fundamental respeitar a classificação (A, B, C, D) dos resíduos que são acondicionados até o seu transporte. É importante assegurar as condições de reutilização e de reciclagem em todos os casos possíveis. Por fim, os RCC são destinados de acordo com a classe pertencente, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Destinação dos RCC



Fonte: Adaptado da Conama (2002) pela autora

## 2.2 Taxa de Geração de RCC

Oliveira (2008) afirma que a quantidade de RCC pode ser influenciada pelo local que são gerados, pela tecnologia aplicada na construção, pelo tempo que o RCC se encontra disposto, pelo tipo de material usado na execução da obra e pela qualidade do projeto e da mão de obra.



De acordo com Costa *et al.* (2013), a taxa de geração de RCC pode ser definida pela razão da quantidade de RCC gerado, em unidade de volume ou de massa, pelo tempo de execução da obra e/ou pela população correspondente, ou ainda, pela área construída.

Pinto (1999) definiu a taxa de geração de RCC de 150 kg/m<sup>2</sup> construído, considerando a massa unitária de RCC de 1.200 kg/m<sup>3</sup>, para edificações executadas predominante por sistema construtivo convencional que se caracteriza pela vedação de blocos cerâmicos e estrutura de concreto armado. Nesse estudo, obteve-se 25% de perdas de materiais durante a execução da obra, sendo que 50% foram descartados como entulhos. Já Souza (2005) obteve o valor da taxa de geração de resíduos de 89,68 kg/m<sup>2</sup>, a partir da análise de 50 unidades habitacionais populares, com 44,55 m<sup>2</sup> de área construída, também no sistema construtivo convencional, e com massa unitária de 1.288 kg/m<sup>3</sup>.

Costa *et al.* (2013) fizeram um estudo em 35 obras variando entre prédios, blocos de sala de aula, sala de professores, laboratórios em uma universidade e por fim residências unifamiliares sendo essa categoria importante para o estudo desse artigo. No caso das residências unifamiliares foram estudadas três unidades, a primeira com área construída de 70 m<sup>2</sup>, a segunda com 95 m<sup>2</sup>, e a terceira com 150 m<sup>2</sup>, as respectivas taxas de RCC (kg/m<sup>2</sup>) são de 146,43 kg/m<sup>2</sup>, 113,29 kg/m<sup>2</sup> e 75,17 kg/m<sup>2</sup>. A Tabela 1 apresenta a taxa de geração de resíduos e a massa unitária definida por diferentes autores no sistema construtivo convencional.

Tabela 1 - Massa unitária e taxa de geração de diferentes autores

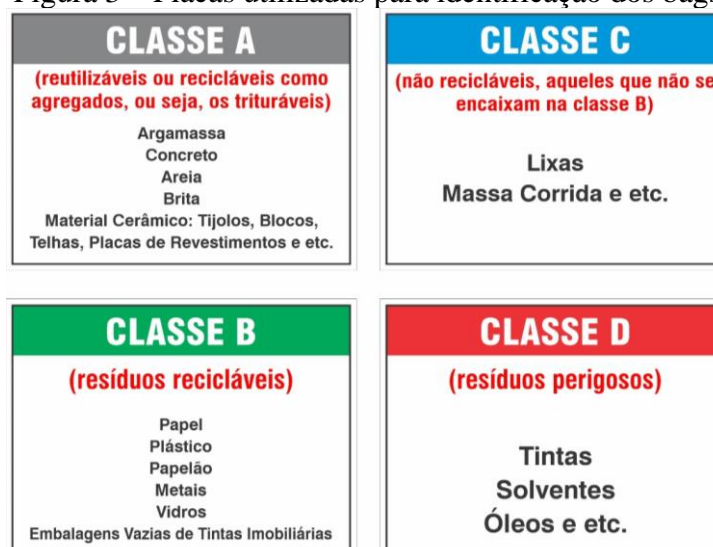
	Massa unitária RCC (kg/m <sup>3</sup> )	Taxa de RCC (kg/m <sup>2</sup> )
Pinto (1999)	1.200	150
Souza (2005)	1.288	89,68
Costa <i>et al.</i> (2013)	1.025	146,43 / 113,29 / 75,17

Fonte: Autora (2020)

### 3 MATERIAL E MÉTODO

O objeto de estudo escolhido foi a obra de duas residências geminadas, com 89,91 m<sup>2</sup> de área construída, cada, executadas em 145 dias e localizada em Rio Verde – GO. O sistema construtivo adotado na obra foi o convencional, com vedação de blocos cerâmicos e estrutura de concreto armado. O estudo consistiu em implantar um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para quantificar e analisar os RCC gerados durante a construção. Inicialmente foi feito o treinamento com a equipe executora da obra analisada, onde foi apresentada a Resolução CONAMA n° 307 (2002), a importância da destinação correta dos resíduos, conforme orienta a legislação, como os resíduos devem ser gerenciados e o material para acondicioná-los. Foram dispostas quatro bags, com capacidade de 1 m<sup>3</sup>, no terreno ao lado da construção, sendo cada bag identificada com placas das classes (A, B, C e D) e os respectivos materiais pertencentes a cada classe, conforme apresentada na Figura 3. As bags eram substituídas conforme preenchidas.

Figura 3 – Placas utilizadas para identificação dos bags



Fonte: Autora (2020)

Os resíduos das classes A, C e D foram destinados para o aterro sanitário de Rio Verde – GO, localizado aproximadamente 10 km da área urbana. Os resíduos da classe B foram encaminhados para a Cooperativa de Trabalho de Catadores de Materiais Recicláveis em Geral do Sudoeste Goiano (Coop-Recicla), com exceção da madeira, pois a cooperativa não recebe esse tipo material. Parte dos resíduos de madeira foi encaminhada para incineração em uma fazenda da região e o restante disposto no aterro sanitário municipal.

### 3.1 Massa unitária dos RCC

A massa unitária dos resíduos da classe B ( $M_{u(B)}$ ), em  $\text{kg/m}^3$ , gerados durante a obra, exceto a madeira, foi obtida mediante a relação da quantidade de RCC dessa classe ( $M_{\text{classe B}}$ ) em kg, determinada por uma balança disponível no local de descarte, e do volume das bags ( $V$ ), utilizada para acondicionar os resíduos, que corresponde a  $1 \text{ m}^3$ , cada, conforme mostra a Equação 1.

$$M_{u(B)} = \frac{M_{\text{classe B}}}{V} \quad \text{Eq. 1}$$

Os resíduos das classes A, C e D foram quantificados e descartados no aterro sanitário municipal. O caminhão caçamba, carregado de resíduos, foi inicialmente pesado, mediante a balança instalada no aterro sanitário, obtendo-se a massa inicial ( $M_i$ ). Após o caminhão descarregar todo material, pesou-o novamente, obtendo-se a massa final ( $M_f$ ). Com esses dados coletados, definiu-se a quantidade de resíduos gerados ( $M_{\text{classe A,C,D}}$ ) na obra, mediante a Equação 2.

$$M_{\text{classe A,C,D}} = M_i - M_f \quad \text{Eq. 2}$$

A massa unitária dos resíduos da Classe A, C e D ( $M_{u(A,C,D)}$ ) em  $\text{kg/m}^3$ , foi obtida pela relação da massa dos resíduos ( $M_{\text{classe A,C,D}}$ ), determinada pela pesagem dos caminhões caçamba no local de descarte, pelo volume dos caminhões ( $V$ ) em  $\text{m}^3$ , aproximadamente  $13 \text{ m}^3$ , cada, como mostra a Equação 3.

$$M_{u(A,C,D)} = \frac{M_{\text{classe A,C,D}}}{V} \quad \text{Eq. 3}$$

A massa unitária dos resíduos da madeira foi obtida pela literatura, pois não havia balança disponível no canteiro de obras e no local de descarte do material. Para tanto, adotou-se os autores Pfeil e Pfeil (2003) que determina 560 kg/m<sup>3</sup> para a espécie da madeira pinus elliottii.

### 3.2 Taxa de geração de RCC

Não havia disponível balança no canteiro de obras e no local de descarte dos resíduos de madeira. Assim, a quantidade de resíduos de madeira gerada na obra ( $M_{\text{madeira}}$ ) foi determinada pela massa unitária ( $M_{u \text{ madeira}}$ ), considerada de 560 kg/m<sup>3</sup> para a espécie da madeira pinus elliottii (PFEIL e PFEIL, 2003), relacionada pelo volume (V) e quantidade das bags, sendo 1 m<sup>3</sup> cada, representada na Equação 4.

$$M_{\text{madeira}} = M_{u \text{ madeira}} * V \quad \text{Eq. 4}$$

Para determinar a taxa de geração de resíduos ( $T_x$ ) em kg/m<sup>2</sup>, considerou-se a relação da quantidade de resíduos ( $M_{RCC}$ ) da classe B, madeira e classes A, C e D pela área construída das duas residências (A), correspondente a 179,82 m<sup>2</sup>, como apresentado na Equação 5.

$$T_x = \frac{M_{RCC}}{A} \quad \text{Eq. 5}$$

Determinou-se também a taxa de geração de resíduos pelo tempo, considerando os dias de execução de obra. Para tanto, obteve-se essa taxa pela relação da quantidade de resíduos ( $M_{RCC}$ ) da classe B, madeira e classes A, C e D, pela duração da obra, em dias, como apresentado na Equação 6.

$$T_x = \frac{M_{RCC}}{\text{dias}} \quad \text{Eq. 6}$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A obra foi executada em 145 dias, entre os meses de março a agosto de 2020. Na etapa inicial da obra, constituída pela construção do muro de arrimo, foi observado a geração predominante dos resíduos da Classe B como sacos de cimento. Assim foi disponibilizada apenas uma bag nessa fase da obra, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Bag contendo resíduos de sacos de cimento



Fonte: Autora (2020)

Com o avanço da obra observou-se que os resíduos da Classe A estavam sendo gerados de forma expressiva, quando comparado com as demais classes, assim as bags não estavam suportando a demanda, isso aconteceu devido a equipe executora ter realizado retrabalhos. A solução encontrada, para armazenar os resíduos da Classe A, foi dispô-los em montes ao lado das bags das Classes B, C e D, localizadas no lote vizinho a obra.

Com o avanço da obra, os resíduos das Classes A, C e D foram dispostos sem separação, pois a equipe executora, mesmo com o treinamento e visita/orientação semanal, apresentou resistência em caracterizar, realizar a triagem e acondicionar os resíduos, conforme orienta a legislação e o PGRCC. Esses resíduos foram dispostos no aterro sanitário municipal, ao contrário do que orienta a Resolução CONAMA n° 307 (2002), em que os resíduos da Classe A devem ser reciclados ou reutilizados na forma de agregados e os resíduos das Classes C e D destinados conforme norma técnica específica. Dessa forma, os resíduos da Classe A, C e D não seguiram as etapas do gerenciamento dos RCC (caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação) previstas pela Resolução CONAMA n°307 (2002).

Os resíduos da classe B, exceto os resíduos de madeira, foram separados corretamente e encaminhados semanalmente para a Cooperativa de Reciclagem do município, onde foram tratados conforme orienta a legislação, enquanto parte dos resíduos de madeira foram incinerados em uma fazenda da região e o restante dispostos no aterro sanitário municipal. Vale ressaltar que na fase de acabamento, em especial na etapa de pintura, os resíduos de caixa de papelão, das tintas utilizadas na obra, não foram em sua totalidade acondicionadas nas bags, sendo parte desses resíduos encaminhados para o aterro sanitário. Dessa forma, demonstrou mais uma vez a resistência da mão de obra em fazer a triagem e o acondicionamento correto dos resíduos. No entanto, mesmo com a resistência da equipe de execução, boa parte dos resíduos da classe B foi encaminhada para reutilização e reciclagem na Cooperativa, como orienta a Resolução CONAMA n° 307 (2002).

A tabela 2 apresenta a massa de resíduos gerados ao longo da obra, bem como, a massa unitária e a taxa de geração por área construída e por dia desses resíduos.

Tabela 2 – Massa unitária e taxa de geração de RCC

RESÍDUOS	DESTINAÇÃO	VOLUME	RCC (kg)	MASSA UNITÁRIA (kg/m <sup>3</sup> )	TAXA DE GERAÇÃO (kg/m <sup>2</sup> )	TAXA DE GERAÇÃO (kg/dia)
Classe A, C, D	Aterro Sanitário Municipal	4 cargas de caminhões	46.080	886,15	256,26	317,79
Classe B*	Cooperativa de reciclagem	6 bags	288	48	1,60	1,97
Madeira**	Incineração em fazenda da região	6 bags	3.360	560	18,69	23,17
Total			49.728	1494,15	276,55	342,93

\* exceto a madeira.

\*\* A Cooperativa de Reciclagem do município não recebe resíduos de madeira.

Fonte: Autora (2020)

De acordo com o exposto na Tabela 2, a obra estudada gerou um total de 49.728 kg de RCC ao longo da construção. Vale ressaltar que devido a implantação do PGRCC esse resíduo não foi em toda sua integridade encaminhado para aterro, pois os resíduos da classe B, 288 kg, tiveram sua destinação conforme orienta a legislação, encaminhados para a cooperativa de reciclagem, beneficiando assim o meio ambiente. Já os resíduos da madeira, 3.360 kg, não foram encaminhados conforme orienta a legislação, visto que, parte foi dispostos no aterro e outra

parte incinerada, o que resulta na poluição do meio ambiente. Entretanto, mesmo com os inconvenientes, a construtora foi beneficiada, pois reduziu-se os custos com transporte dos resíduos gerados, visto que, o valor cobrado por cada viagem feita pelo caminhão, da obra ao aterro sanitário, é de R\$ 150,00. O meio ambiente também foi afetado positivamente, visto que, aqueles resíduos que foram encaminhados de forma correta não irão poluir a natureza, ou até mesmo ocupar espaço no aterro sanitário, deixando assim área livre para os resíduos que necessitam especificamente serem dispostos no aterro.

As taxas de geração de RCC (kg/m<sup>2</sup>) e (kg/dia) obtidos na Tabela 2 são superiores aos valores encontrados na literatura de 150 kg/m<sup>3</sup> (PINTO, 1999); 89,68 kg/m<sup>3</sup> (SOUZA, 2005) e 146,43 kg/m<sup>3</sup> (COSTA, *et al.*, 2013). Tal fato pode ter ocorrido devido a qualidade da mão de obra, pois alterou-se a mão de obra durante a construção, que gerou retrabalhos e conseqüentemente houve aumento da quantidade de RCC. Além disso, observou-se retrabalhos devido à falta de interpretação dos projetos, pois algumas vezes era necessário fazer aberturas de janelas em alvenaria já construídas, entre outros problemas encontrados.

Houve inconvenientes para efetiva implantação do PGRCC, assim o Quadro 1 apresenta diretrizes para diminuir ou até mesmo sanar tais problemas e tornar o PGRCC mais eficaz, proporcionando melhores resultados tanto para a construtora quanto para o meio ambiente.

Quadro 1- Diagnóstico e diretrizes para a implantação do PGRCC

<b>Diagnóstico</b>	<b>Diretrizes</b>
Resistência da mão de obra na implantação do PGRCC.	Idealizar um modelo de gratificação para as equipes executoras que desempenhem de forma eficaz as etapas do plano de gerenciamento de RCC, prevista pela resolução CONAMA n°307 (2002).
Ausência de local para destinação do RCC da Classe A.	Utilizar britador móvel para beneficiar os resíduos da Classe A em agregados reciclados, no próprio canteiro de obra.
Prefeitura municipal.	Condicionar a liberação do habite-se da edificação mediante o relatório da destinação dos resíduos gerados durante a execução da obra;
Acondicionamento dos resíduos da classe A que mais foi produzido quando comparado com as demais classes.	Utilizar caçambas estacionárias, pois são mais resistentes, visto que essa classe de resíduo possui massa unitária considerável e os bags não suportam. Logo, a utilização das caçambas evita que esses resíduos se misturem com as demais classes. Caso tenha um espaço considerável na obra, outra solução é utilizar baias construídas com madeirite, essa solução diminui custos, visto que, não será necessário pagar sua locação, diferente das caçambas estacionárias, pois as mesmas tem custo com locação.
Dificuldade na interpretação dos projetos de arquitetura.	Os técnicos que acompanham a evolução da obra e fazem gerenciamento de materiais e serviços possuem capacidade para auxiliar nesse problema. Logo, a realização de reuniões com a equipe executora para sanar dúvidas dos projetos, pode evitar problemas de retrabalhos ao longo da obra que aumenta a quantidade de RCC gerados.

Fonte: Autora 2020

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obra estudada teve duração de 145 dias e gerou 49.728 kg de RCC, sendo que 3.648 kg desses resíduos não foram dispostos no aterro sanitário, pois 288 kg de RCC foram encaminhados para

a cooperativa de reciclagem e 3.360 kg incinerados. Dessa forma, proporcionou redução de custos para construtora com o transporte dos resíduos gerados ao longo da obra.

A construtora apresentou abertura para implantação do PGRCC que é um ponto positivo para o estudo, pois viu-se a necessidade e vantagens em gerenciar os RCC. É importante ressaltar que o estudo analisou apenas duas obras executadas pela construtora, uma vez que se o PGRCC for implantado em todas as obras da construtora, a quantidade de resíduos encaminhados conforme orienta a legislação será ainda maior, e proporcionalmente a redução de custos com o descarte dos resíduos.

A taxa de geração encontrada no estudo foi de 276, 55 kg/m<sup>2</sup>, superior ao encontrado na literatura. Esse resultado ocorreu devido à qualidade de mão de obra que resultou em retrabalhos e conseqüentemente gerou maior quantidade de RCC que o esperado. Logo, com o melhor gerenciamento da mão de obra, esse problema pode ser reduzido ou até mesmo sanado, como por exemplo desenvolver alguma gratificação as equipes que desenvolverem de forma correta as etapas do plano de gerenciamento de RCC, prevista pela resolução CONAMA n°307 (2002).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. São Paulo, 2017. 74 p.

BERNARDES, A.; THOMÉ, A.; PRIETTO, P. D. M.; ABREU, A. G. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição coletados no município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, v. 8, p. 65-76, 2008.

BRASIL. **Lei Federal n° 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Institui a política Nacional de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Brasília, 2010. 21 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Resumo Contas Nacionais: PIBpm Brasil; VABpb; Taxas % Reais de crescimento e Participação % do VABpb da Construção Civil**. Disponível em: <http://www.cbicdados.com.br/menu/pib-e-investimento/pib-brasil-e-construcao-civil>. Acesso em: 18 de maio de 2019.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Resolução n° 307**, de 05 de julho de 2002. Brasília/DF, 2002. 4 p.

\_\_\_\_\_. Altera o art. 3° da Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002. **Resolução n° 469**, de 29 de julho de 2015. Brasília/DF, 2015. 1 p.

\_\_\_\_\_. Altera a Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Resolução n° 348**, de 16 de agosto de 2004. Brasília/DF, 2004. 1 p.

\_\_\_\_\_. Altera o art. 3° da Resolução CONAMA n° 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-estabelecendo nova classificação para o gesso. **Resolução n° 431**, de 24 de maio de 2011. Brasília/DF, 2011. 1 p.

\_\_\_\_\_. Altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, inserindo embalagens vazias de tintas imobiliárias. **Resolução nº 469**, de 29 de julho de 2015. Brasília/DF, 2015. 1 p.

COSTA, R. V. G. da; JÚNIOR, G. B. A.; OLIVEIRA, M. M. de. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, v.14, p. 127–137, 2013.

MÁLIA, M.; BRITO, J. de; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Ambiente Construído**, v. 11, p. 117-130, 2011.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 176p.

OLIVEIRA, D, M. **Desenvolvimento de ferramenta para apoio à gestão de resíduos de construção e demolição com uso de geoprocessamento: caso Bauru – SP**. 2008, 119f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, 2008.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003, 224p.

PINTO, T. P. de. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999, 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

SOUZA, V. B. de. **Avaliação da Geração de Entulho em Conjunto Habitacional Popular – Estudo de Caso**. 2005, 251p. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.