

ISABELLA NASSAR DOS SANTOS COSTA
LUCAS EDUARDO CASSINO

**Gestão sustentável de resíduos em canteiro de obras com paredes
de concreto armado**

Isabella Nassar Dos Santos Costa

Lucas Eduardo Cassino

Gestão sustentável de resíduos em canteiro de obras com paredes de concreto armado

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil

Orientadora: Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin

Guaratinguetá - SP

2020

C837g	Costa, Isabella Nassar dos Santos Gestão sustentável de resíduos em canteiro de obras com paredes de concreto armado / Isabella Nassar dos Santos Costa; Lucas Eduardo Cassino – Guaratinguetá, 2020. 60 f. : il. Bibliografia : f. 54-60 Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020. Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Isabel Cristina de Barros Trannin 1. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). 2. Sustentabilidade. 3. Construção civil. I. Cassino, Lucas Eduardo II. Título. CDU 628.47
-------	---

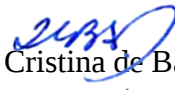
Luciana Máximo

Bibliotecária-CRB-8/3595

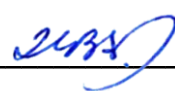
ISABELLA NASSAR DOS SANTOS COSTA

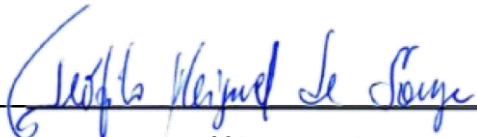
LUCAS EDUARDO CASSINO

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL**”
APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof^a Dr^a Isabel Cristina de Barros Trannin Orientadora/UNESP-FEG


Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza

UNESP-FEG


Doutoranda Rízia Miranda Aguiar

Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental-UNESP

Setembro/2020

DADOS CURRICULARES

ISABELLA NASSAR DOS SANTOS COSTA

NASCIMENTO	01.01.1997 – SÃO PAULO-SP
FILIAÇÃO	Izidro Pedro dos Santos Costa Filho Denise Lopes Nassar dos Santos Costa
2015/2020	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá

LUCAS EDUARDO CASSINO

NASCIMENTO	21.04.1994 – POÁ-SP
FILIAÇÃO	José Eduardo Cassino Gisele Mônica Aparecida Prado Cassino
2013/2020	Curso de Graduação em Engenharia Civil Universidade Estadual Paulista – “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Guaratinguetá

Dedicamos este trabalho aos nossos pais e irmãos, que sempre nos apoiaram e estiveram presentes em todos os momentos de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Para a conclusão deste trabalho foram indispensáveis a colaboração e o incentivo de diversas pessoas e entidades, seja de forma direta ou indireta. Dessa forma, muitos são os agradecimentos que precisam ser feitos, dentre os quais estão:

A nossa orientadora Prof. Dr. Isabel de Barros Trannin, pela paciência e competência com a qual conduziu a orientação, sempre com muita presteza e sabedoria.

À Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá - Faculdade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, responsável não somente por nossa formação superior, mas também pela construção da base acadêmica.

À Construtora Tenda, por fornecer todos os dados necessários para realização do estudo e por permitir sua divulgação nesta dissertação.

Aos engenheiros e toda a equipe da obra Vila Itália, por nos receber sempre com muita boa vontade e por apresentarem-se sempre disposto a colaborar com o desenvolvimento deste estudo.

Aos amigos e colegas de classe e de jornada, por todo incentivo, amizade, companheirismo, ajuda, trabalhos em grupo e momentos de descontração ao longo da formação acadêmica.

Aos nossos pais e familiares, pelos incansáveis esforços empregados na nossa educação, pelo exemplo de integridade que sempre foi dado, pelos inestimáveis conselhos que nos conduziram sempre a decisões coerentes e corretas e por representarem exemplos a serem seguidos.

RESUMO

A indústria da construção civil atua de forma significativa no PIB de um país, devido ao elevado consumo de materiais e energia, geração de empregos e capital de giro. No Brasil, as tecnologias construtivas ainda geram muito desperdício de materiais. Poucos municípios brasileiros possuem aterros adequados à disposição dos resíduos de construção civil e demolição (RCD) e usinas de reciclagem. Neste cenário, este estudo teve como objetivo quantificar e caracterizar os resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, localizado no bairro Jaraguá, no município de São Paulo (SP), que utilizou o método construtivo de parede de concreto armado em forma de alumínio. A quantificação e a caracterização dos resíduos foram realizadas em todas as etapas de construção, desde a terraplanagem, fundação, estrutura até acabamento/revestimento e comparados aos resíduos de obras que utilizam métodos tradicionais de construção em alvenaria. Desta análise comparativa foram propostas práticas sustentáveis para a gestão dos resíduos, visando a adoção de técnicas como a reutilização e a reciclagem e a destinação adequada. A partir das informações obtidas, verificou-se que os resíduos de concreto e de argamassa corresponderam a 609 m³ (40,4%) e 160 m³ (10,6%), respectivamente, que conforme a Resolução Conama nº 307/2002, pertencem à Classe A e podem ser reservados em aterro de inertes, reutilizados ou reciclados na forma de agregados. O solo retirado na terraplanagem também pertence à Classe A e pode ser reutilizado no nivelamento topográfico de terrenos e em projetos de reabilitação de áreas contaminadas. Os resíduos de concreto e de argamassa, podem ser reutilizados em obras para aterros, drenagens, enchimentos, na produção de argamassa de assentamento de alvenaria de vedação, contrapiso, fabricação de artefatos de concreto, pisos intertravados, terraplanagem entre outros. Estes resíduos, quando na forma de agregados reciclados e em padrões que atendam as normas NBR 15115/04 e NBR15116/04, podem ser aplicados na confecção de concreto sem função estrutural, em base e sub-base de pavimentação, podendo ser reciclados e utilizados no próprio canteiro de obras ou em usinas de reciclagem. Comparando o método construtivo de alvenaria tradicional com o método de parede em concreto armado, verificou-se que o primeiro gera um volume menor de resíduos de concreto e argamassa. De maneira geral, o método construtivo de parede de concreto se mostrou mais sustentável em relação ao método tradicional, por apresentar menor taxa de geração de resíduos, sendo estes de Classe A, com elevada capacidade de retornar ao ciclo produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Construção Civil. Gestão de Resíduos. Reciclagem. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The civil construction industry plays a significant role in a country's GDP, due to the high consumption of materials and energy, job creation and working capital. In Brazil, construction technologies still generate a lot of waste of materials. Few Brazilian municipalities have adequate landfills to dispose of civil construction and demolition waste (RCD) and recycling plants. In this scenario, this study aimed to quantify and characterize the waste generated at the construction site of the Vila Itália building, located in the Jaraguá neighborhood, in the city of São Paulo (SP), which used the reinforced concrete wall construction method in the form of aluminum. The quantification and characterization of residues were carried out at all stages of construction, from earthwork, foundation, structure to finishing / coating and compared to residues from works that use traditional masonry construction methods. From this comparative analysis, sustainable practices for waste management were proposed, aiming at the adoption of techniques such as reuse and recycling and proper disposal. From the information obtained, it was found that the concrete and mortar residues corresponded to 609 m³ (40.4%) and 160 m³ (10.6%), respectively, which, according to Conama Resolution 307/2002, belong to Class A and can be reserved in inert landfill, reused or recycled in the form of aggregates. The soil removed from the earthworks also belongs to Class A and can be reused in the topographical leveling of land and in projects for the rehabilitation of contaminated areas. Concrete and mortar residues can be reused in works for landfills, drainages, fillings, in the production of mortar for laying sealing masonry, subfloor, manufacture of concrete artifacts, interlocking floors, earthworks, among others. These residues, when in the form of recycled aggregates and in standards that meet the standards NBR 15115/04 and NBR15116/04, can be applied in the manufacture of concrete without structural function, in pavement base and sub-base, and can be recycled and used at the construction site itself or at recycling plants. Comparing the traditional masonry construction method with the reinforced concrete wall method, it was found that the first generates a smaller volume of concrete and mortar residues. In general, the concrete wall construction method proved to be more sustainable in relation to the traditional method, as it presents a lower rate of waste generation, these being Class A, with a high capacity to return to the production cycle.

KEYWORDS: Civil construction. Waste Management. Recycling. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do empreendimento Vila Itália, no Distrito de Jaraguá, no município de São Paulo.	34
Figura 2 – Planta do Pavimento Tipo do empreendimento Vila Itália, em Jaraguá, no município de São Paulo.	35
Figura 3 – Bombona com identificação.....	38
Figura 4 – Caçambas separadas por classe de resíduo em local de fácil acesso aos transportadores	38
Figura 5 – Porcentagem dos resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, em São Paulo.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação e Destinação de Resíduos de Construção Civil e Demolição.....	17
Quadro 2 – Especificações mínimas exigidas para unidades habitacionais construídas por meio do programa Minha Casa Minha Vida.....	18
Quadro 3 – Tipos de resíduos de construção civil gerados em diferentes etapas de acabamento.....	19
Quadro 4 – Normas da ABNT aplicadas à gestão de RCD e ao uso de agregados reciclados no Brasil.....	22
Quadro 5 – Forma de Destinação dos RCC de acordo com a Resolução Conama 307/2002.....	23
Quadro 6 – Áreas licenciadas para destinação de resíduos sólidos.....	24
Quadro 7 – Quantificação dos tipos de unidades de processamento de resíduos por região.....	25
Quadro 8 – Destinos intermediários e finais de RCC conforme subclasses estabelecidas.....	25
Quadro 9 – Quantificação em volume, caracterização e classificação dos resíduos obtidos no estudo.....	28
Quadro 10 – Número de caçambas retiradas na obra Vila Itália de fevereiro a novembro de 2019....	39
Quadro 11 – Volume dos principais componentes dos resíduos de construção civil gerados no período de fevereiro a novembro de 2019, na execução da obra Vila Itália, em São Paulo.....	40
Quadro 12 – Composição dos resíduos gerados em canteiros de obras dos estados de SP e BA.....	42
Quadro 13 – Taxas de geração de resíduos em diferentes métodos construtivos.....	45
Quadro 14 – Características e uso recomendado de agregados reciclados de resíduos da construção civil.....	46
Quadro 15 – Alternativas de destinação para plásticos, madeiras e metais.....	47
Quadro 16 – Resíduos gerados em diferentes fases de uma obra e suas respectivas alternativas de reutilização no canteiro de obras.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

AMLURB - Autoridade Municipal de Limpeza Urbana

CDHU - Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

MCMV - Minha Casa Minha Vida

NBR - Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil

PMGRS - Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC - Resíduos da Construção Civil

RCD - Resíduos da Construção e Demolição

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente

SNIS - Sistema Nacional de Informações de Saneamento

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1	RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RCD.....	15
3.1.1	Classificação e destinação dos resíduos de construção civil e demolição.....	15
3.1.2	Origem e composição gravimétrica dos resíduos de construção civil e demolição.....	17
3.1.3	Impactos ambientais dos resíduos de construção civil e demolição.....	19
3.2	PANORAMA BRASILEIRO DA GESTÃO DE RCD.....	20
3.2.1	Legislação brasileira.....	20
3.2.2	Gestão dos resíduos da construção civil no Brasil.....	22
3.2.3	Reciclagem e reutilização dos RCD.....	26
3.3	MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS EM CANTEIROS DE OBRAS.....	29
3.4	RELAÇÃO ENTRE MÉTODOS CONSTRUTIVOS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	31
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA.....	34
4.2	METODOLOGIA.....	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1	CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS....	37
5.2	ANÁLISE COMPARATIVA DA TAXA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS.....	43
5.3	PROPOSTAS PARA REUTILIZAÇÃO É RECICLAGEM DOS RESÍDUOS GERADOS.....	45
6	CONCLUSÕES.....	50
	REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem grande participação na economia brasileira e mundial, atuando de forma significativa sobre o PIB, pois além de ser uma grande geradora de empregos, receita e tributos, está intrinsecamente atrelada ao desenvolvimento de outros setores da economia, demandando a produção em grande escala de materiais para sustentar sua operação (SOUZA et al., 2015).

Segundo Oliveira (2015), aproximadamente 40% da economia mundial gira em torno da participação da construção civil, sendo ela responsável pelo consumo de 34% do suprimento de água mundial e 40% de toda a energia produzida no planeta. Consequentemente, esses valores contribuem para uma produção de 35 a 40% de todo o resíduo urbano gerado. No Brasil, o setor consome por volta de 50% da energia elétrica gerada e cerca de 20% de toda energia produzida (OLIVEIRA, 2015). Além disso, a produção de cimento, que é um dos materiais mais utilizados em edificações, é responsável pela geração de cerca de 8 a 9% de todo o gás carbônico gerado pelo país. De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB), a construção civil está entre os principais setores que impactam o meio ambiente. Pinto (1999) também fez uma estimativa de geração per capita de resíduos da construção civil, encontrando valores entre 230 e 760 kg por habitante, o que representa uma média de 495 kg hab⁻¹ano⁻¹.

A disposição incorreta desses resíduos pode causar significativos impactos ambientais, como a contaminação de corpos d'água, obstrução de vias e dispositivos de drenagem, poluição dos solos, degradação de ambientes urbanos, a partir do depósito em local inadequado e propagação de insetos vetores de doenças. Para Klein e Gonçalves-Dias (2016), entre as principais fontes geradoras de resíduos de construção e demolição (RCD), destacam-se as reformas, ampliações e demolições raramente formalizadas; as novas edificações com área superior a 300 m² e as residências individuais que, em grande parte, são autoconstruídas e realizadas de forma informal.

No Brasil, a disposição adequada desses resíduos ainda é um obstáculo, visto que, apenas uma pequena parte dos municípios possui estrutura necessária para a destinação correta do material descartado, como aterros de inertes e usinas de reciclagem para os resíduos de Classe A, como determinam a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal

12.305/2010. Dessa forma, boa parte dos RCD são destinados incorretamente, agravando ainda mais os problemas ambientais (PERINA; TRANNIN, 2019).

Diante deste cenário, este trabalho de graduação teve como objetivo quantificar e caracterizar os resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, localizado no bairro Jaraguá, no município de São Paulo (SP), que utilizou o método construtivo de parede de concreto armado em forma de alumínio. A quantidade e o tipo de resíduo gerado neste canteiro foram comparados aos de obras que utilizam métodos tradicionais, de construção em alvenaria. Desta análise comparativa foram propostas práticas sustentáveis para a gestão dos resíduos, visando a reutilização, a reciclagem e a destinação adequada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Quantificar e caracterizar os resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, localizado no bairro Jaraguá, no município de São Paulo (SP), que utilizou o método construtivo de parede de concreto armado em forma de alumínio, visando a gestão sustentável destes resíduos, por meio de reutilização, reciclagem ou disposição em aterros específicos para resíduos da construção e demolição.

2.2. Objetivos específicos

- Segregar os resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, considerando as diferentes classes de resíduos da construção civil, conforme a Resolução Conama 307/2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
- Quantificar cada classe de material gerado, considerando a classificação segundo a NBR 10.004/2004 e as Resoluções do Conama 307/2002, 348/2004, 431/2011 e 469/2015, para análise do potencial de aproveitamento no próprio canteiro de obras ou em obras externas.
- Propor destinação adequada a cada classe de resíduo gerado no canteiro de obras do edifício Vila Itália, em especial, a aplicação de técnicas de reutilização e reciclagem, para que os resíduos de Classe A possam ser utilizados em obras de construção civil na forma de agregados reciclados.
- Comparar a taxa de geração de resíduos de construção civil de obras tradicionais, em alvenaria, com o método de parede de concreto armado em forma de alumínio, por meio de dados obtidos em pesquisas bibliográficas e dados calculados do empreendimento estudado.
- Propor a gestão sustentável dos resíduos gerados no canteiro de obras, utilizando o método de parede de concreto armado, visando a reutilização e a reciclagem ou a disposição final em aterros apropriados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO – RCD

De acordo com a Resolução do Conama nº 307/2002, resíduos da construção civil:

...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).

No Brasil, a geração de resíduos ocorre ao longo de todo o processo construtivo, por se tratar de uma indústria de grande produção, mas com baixa produtividade, devido ao preponderante déficit organizacional e técnico, além do precário cenário no âmbito tecnológico, caracterizando-se por mão-de-obra manufactureira, métodos produtivos antigos e uso de equipamentos antiquados. Além disso, a Resolução Conama nº 307/2002, destaca que boa parte das construções, reformas e demolições são caracterizadas pela informalidade, ilegalidade e falta de licenciamento.

3.1.1. Classificação e Destinação dos Resíduos de Construção Civil e Demolição

A Resolução Conama nº 307/2002 estabelece, no Art. 3º, a classificação dos resíduos da construção civil e demolição, descrita a seguir:

Classe A - São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto ;c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;

Classe B - São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; (Redação dada pela Resolução nº 469/2015).

Classe C - São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; (Redação dada pela Resolução nº 431/11).

Classe D - São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde. (Redação dada pela Resolução nº 348/04).

A normativa também estabelece, em seu Art. 10º, a destinação correta dos RCD após o processo de triagem, impedindo o descarte em locais não licenciados, bem como, as obrigações de reciclagem e de descarte de cada classe de resíduo.

Classe A - deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros (nova redação dada pela Resolução 448/12);

Classe B - deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura;

Classe C - deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Classe D - deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas (nova redação dada pela Resolução 448/12).

A Resolução Conama nº 448/12 altera a Resolução nº 307/2002 e estabelece que os resíduos de construção e demolição, não podem, em hipótese alguma, ser destinados a aterros de resíduos sólidos urbanos, regiões denominadas como “bota-foras”, encostas, corpos d’água, terrenos baldios ou áreas que possuem proteções descritas em Lei.

No Quadro 1 são apresentadas as classes, origem, tipos e destinação dos resíduos de construção civil e demolição, conforme a Resolução Conama nº 448/12.

Quadro 1 – Classificação e Destinação dos Resíduos de Construção Civil e Demolição

Classe	Origem	Tipo de resíduo	Destinação
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	De pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de operações de terraplanagem. Da construção, demolição, reformas e reparos de edificações (componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas e placas de revestimento, concreto e argamassa).	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da Construção Civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
B	Resíduos recicláveis com outras destinações.	Plásticos, gesso, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e outros.	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas técnicas de aproveitamento.	Não especificado pela resolução.	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
D	Resíduos perigosos oriundos de processo de construção.	Tintas, solventes, óleos, amianto.	Deverão ser armazenados, transportados, reutilizados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
	Contaminados, oriundos de demolições, reforma e reparo, enquadrados como classe I na NBR10004.	Clínicas radiológicas, instalações, indústrias e outros.	

Fonte: Paschoalin Filho (2015).

3.1.2. Origem e Composição Gravimétrica dos Resíduos de Construção Civil e Demolição

O volume de RCD gerados, principalmente, em centros urbanos tem origem das condutas aplicadas ao manejo e descarte de resíduos da construção e demolição de obras civis, sendo os órgãos reguladores e fiscais responsáveis por dar incentivos ou aplicação de repreensão às empresas encarregadas, com o objetivo de minimizar a geração de resíduos nos canteiros de obras e garantir a correta disposição nos aterros homologados (BAKOSS; RAVINDRARAJAH, 1999).

Segundo Santos (2013), a composição gravimétrica dos RCD varia basicamente em função do tipo de obra a ser realizada, da região geográfica, da época do ano avaliada, entre outros fatores. Nas obras novas, as construtoras são responsáveis pela geração de 20 a 25% de todo entulho gerado no Brasil, sendo o restante procedente de reformas e de obras de autoconstrução (TECHNE, 2001).

É evidente como a metodologia e o sistema construtivo influenciam diretamente na quantificação e qualificação da geração de RCD de um canteiro, podendo-se correlacionar os

estudos de Freitas (2001), quanto à relação entre etapa de obra e provável geração de resíduos, com o artigo de Caetano et al. (2016), que apresenta uma padronização das estimativas de especificações mínimas de materiais a serem utilizados, de acordo com cada fase ou atividade característica das construções de habitações sociais do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Especificações mínimas exigidas para unidades habitacionais construídas por meio do programa Minha Casa Minha Vida

Características Gerais de Habitação	Especificações mínimas MCMV
Revestimento interno	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura
Revestimento externo	Massa única ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento de áreas molhadas	Azulejo com altura mínima de 1,50m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço.
Revestimento de áreas comuns	Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura.
Portas e ferragens	Portas internas em madeira. Admite-se porta metálica no acesso à unidade. Batente de aço ou madeira.
Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas ou meios agressivos e de aço para demais regiões.
Pisos	Cerâmica nas áreas molhadas, com rodapé, e desnível máximo de 15mm. Cerâmica no hall e nas áreas de circulação internas. Cimentado alisado nos demais cômodos e escadas.
Pinturas	Paredes internas e tetos em tinta PVA. Paredes de áreas molhadas ou externas em tinta acrílica ou com textura impermeável.
Pinturas de Esquadrias	Esquadrias de aço, esmalte sobre fundo preparador. Esquadrias de madeira em esmalte ou verniz.
Louças Sanitárias	Lavatório em louça sem coluna. Bacia sanitária em louça com caixa de descarga acoplada.
Tanque	Capacidade mínima de 20L, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético.
Pias de cozinha	Bancada de 1,20m por 0,50m com cuba de granilite ou mármore sintético.
Torneiras	Em metal, cromadas, com acionamento por cruzeta ou alavanca.
Circuitos elétricos	Circuitos independentes para chuveiro, tomadas e iluminação.
Cobertura	Sobre laje, em telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 5mm), com estrutura de madeira ou metálica. Admite-se laje inclinada desde que coberta com telhas.
Sistema construtivo	Aceitáveis as tecnologias inovadoras testadas e aprovadas conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013) e homologadas pelo SINAT ou que comprovarem desempenho satisfatório para a Caixa

Fonte: Caetano et al. (2016).

Para Oliveira (2011), as fases de concretagem, alvenaria, emboço, reboco e revestimento são as que mais geram resíduos. A etapa de acabamentos da obra, incluindo revestimentos,

argamassa de reboco, gesso, pinturas e instalações de equipamentos e esquadrias, contribui, mais significativamente, para as porcentagens de perdas dos insumos (Quadro 3).

Quadro 3 – Tipos de resíduos de construção civil gerados em diferentes etapas de acabamento

Etapas de acabamento	Tipo de resíduo possivelmente gerado
Revestimento interno/externo	Argamassa
	Gesso
Revestimentos Cerâmicos	Pisos e azulejos cerâmicos
	Pisos de madeira, papel, papelão, plástico
	Argamassa
Forros de gesso	Placas de gesso acartonado
	Cola
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes, solventes
	Latas metálicas com restos de tinta
Coberturas	Madeiras
	Cacos de telha de fibrocimento ou cerâmicas
	Vernizes

Fonte: Lima e Lima (2009).

Como pode ser verificado nos Quadros 1 a 3, existem resíduos que predominam em cada etapa de execução das obras, considerando o método brasileiro de construção tradicional, de alvenaria em bloco. Como no presente trabalho de graduação, será avaliada a gestão de resíduos no canteiro de obras de um edifício, na cidade de São Paulo, que utiliza o método de parede de concreto armado, será analisada, comparativamente, os tipos de materiais utilizados e, conseqüentemente, os tipos e a proporção dos resíduos gerados.

3.1.3. Impactos Ambientais dos Resíduos de Construção Civil e Demolição

A geração, a composição gravimétrica e a classificação dos resíduos de construção e demolição são amplamente abordadas na literatura. Sáez et al. (2014) relatam que a dificuldade de manuseio de RCD nos canteiros de obras não é uma novidade e continua sendo um problema ambiental. Contudo, entender a composição quali-quantitativa desses resíduos é essencial para a otimização do seu gerenciamento.

Os RCD são considerados um problema ambiental, por serem gerados em grandes volumes o que dificulta a disposição final, considerando que somente uma parcela mínima das cidades brasileiras possui aterros de inertes e usinas de reciclagem. Assim, pode-se inferir que grande parte desses resíduos é disposta indevidamente. A disposição inadequada dos resíduos da construção civil provoca impactos ambientais, no entanto, a redução e a reutilização destes

resíduos podem minimizar o consumo de recursos naturais e energéticos e gerar economia com materiais.

Como exemplo de materiais consumidos pela construção civil e que causam impactos ambientais, podemos citar a exploração de pedreiras, nas quais, a britagem de rochas gera alguns resíduos que não possuem aplicações nobres nas atividades construtivas e, por não ter uma disposição definida, são mantidos empilhados ao ar livre no pátio das pedreiras. Outro exemplo, é a extração da areia em leitos de rios, que pode contribuir com a destruição das matas ciliares e com o processo de assoreamento.

3.2 PANORAMA BRASILEIRO DA GESTÃO DE RCD

3.2.1 Legislação brasileira

A Constituição Federal Brasileira promulgada em 1988 é a Lei suprema do nosso país e serve de parâmetro de validade a todas as demais normas. De um modo geral, esses fundamentos regulam e organizam o exercício do poder do Estado Brasileiro, instituem os direitos e deveres básicos dos cidadãos e também estabelecem órgãos e delimita suas respectivas ações. No Título VIII “Da Ordem Social”, no Capítulo VI “Do Meio Ambiente”, especificamente no Art.225, a Constituição estabelece que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A Lei ainda rege diretrizes para assegurar o respeito a esse direito, delegando ao poder público, em seu § 1º, ações para garantir sua efetividade: I - Preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas; II - Preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético; III - Definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção; IV - Exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade; V - Controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem

risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente; VI - Promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente; VII - Proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

Em 31 de Agosto de 1981, foi decretada a Lei nº 6.938, que “dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências”. De uma maneira geral, ela dispõe sobre os objetivos da preservação, melhoria e recuperação do meio ambiente, seguindo os princípios de manutenção do equilíbrio ecológico; racionalização, planejamento e fiscalização de recursos, seguindo acompanhamentos do estado de qualidade dos ambientes; proteção de ecossistemas e áreas ameaçadas; incentivos ao estudo e pesquisa nesse âmbito, garantindo também a educação ambiental em todos os níveis de ensino do País; além de criar os órgãos que compõem o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), que hoje possui os seguintes órgãos: Conselho do Governo; Ministério do Meio Ambiente (MMA); Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama); Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Naturais Renováveis (Ibama) e outros órgãos de cunho estadual e municipais.

Em 5 de Julho de 2002, foi publicada a Resolução do Conama nº 307, que estabelece orientações e parâmetros para a gestão de resíduos da construção civil determinando ações necessárias para a redução dos impactos ambientais gerados. Essa Resolução estabelece definições, classificações e destinações indicadas para resíduos da construção civil e demolição, objetivos aos geradores, a implementação dos Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PMGRS) e suas diretrizes e institui o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (PGRCC). Subsequentemente, a Conama nº 307/2002 foi complementada pelas Resoluções do Conama: 348/2004 – Inclusão do Amianto como resíduo perigoso; 431/2011 – Definiu uma nova classificação para os resíduos provenientes do gesso; 448/2012 – Estabeleceu novas terminologias no sistema de gestão de resíduos da construção civil. Além destas Resoluções, a Resolução Conama nº 307/2002 foi complementada por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Normas da ABNT aplicadas à gestão de RCD e ao uso de agregados reciclados

Norma	Especificações
NBR 1004 (ABNT, 2004)	Resíduos sólidos – Classificação – classificação de resíduos sólidos quanto aos seus potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente
NBR 15112 (ABNT,2004)	Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15113 (ABNT,2004)	Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – aterros – Diretrizes para projetos, implantação e operação
NBR 15114 (ABNT,2004)	Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação
NBR 15115 (ABNT,2004)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos
NBR 15116 (ABNT,2004)	Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos

Fonte: Maranhão (2015).

Além disso, ainda podemos citar a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela Lei Federal 12.305/2010, que dispõe princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, sejam eles industriais, construção civil, de saúde, saneamento público, agropecuários, domiciliares e perigosos. A PNRS não contempla resíduos radioativos, que possuem sua própria legislação.

Em seu Artigo 9º, a Política Nacional de Resíduos Sólidos destaca:

"Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos".

Assim, a PNRS institui que, em caso de geração de resíduos, estes devem ser processados de modo correto antes da disposição final. A Lei 12.305/2010 prevê que a responsabilidade pelo gerenciamento é compartilhada entre os órgãos Públicos e Privados, ou seja, todos os setores que participam do ciclo de vida de um material, desde sua produção até a destinação final, possuem suas respectivas responsabilidades.

3.2.2 Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Brasil

Tenório e Espinosa (2004) consideram que o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é um conjunto de ações normativas, financeiras, de operação e planejamento que, com base em especificações sanitárias, ambientais e econômicas, que a administração do município desenvolve para coletar e dispor seus resíduos. O artigo 23 da Constituição Federal (BRASIL,

1988) atribui aos órgãos municipais de gestão ambiental a responsabilidade de elaborar e implementar a política local de meio ambiente, atuando de forma conjunta com a esfera estadual e inicial.

A Resolução Conama nº 307/2002 designa aos municípios a função de determinar o volume de RCD que estabelecerá a diferença entre pequenos e grandes geradores. No caso dos pequenos geradores, o gerenciamento dos resíduos de construção e demolição fica a cargo do município. Porém, quando tratamos de grandes geradores, estes são os responsáveis pelos resíduos desde a geração até a destinação final, e o órgão municipal deve regulamentar as ações dos agentes geradores a partir de seus Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). No caso dos grandes geradores, o Artigo 8º da Resolução Conama nº 307/2002 estabelece que:

“Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil serão elaborados e implementados pelos grandes geradores e terão como objetivo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.”

Cada classe de resíduo deve ter uma destinação adequada, de acordo com as informações do Artigo 10º da Resolução Conama nº 307/2002, dispostas no Quadro 5.

Quadro 5 – Destinação de resíduos da construção civil, conforme Resolução Conama 307/2002

Classe do Resíduo	Destinação
Classe A	Os resíduos devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a aterros inertes, onde há reservação de materiais que podem ser usados futuramente.
Classe B	Os resíduos devem ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento, onde poderão ser utilizados futuramente.
Classe C	Os resíduos devem ser armazenados, transportados e destinados conforme normas específicas.
Classe D	Os resíduos devem ser armazenados, transportados e destinados conforme normas específicas.

Fonte: Conama (2002).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) é a agência do governo do estado de São Paulo, responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de resíduos, que visa preservar e recuperar a qualidade das águas, do ar e do nosso solo. No que tange os resíduos da construção civil, a Cetesb fornece diversas informações sobre as áreas de destinação, em seu Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos – SIGOR. No Quadro 6 são apresentadas algumas áreas de destinação, e suas respectivas descrições e licenciamentos.

Quadro 6 – Áreas licenciadas pela Cetesb e por prefeituras municipais para a destinação de resíduos sólidos urbanos

Área de Destinação	Descrição	Licenciamento
ATT – Área de Transbordo e Triagem de RCC e volumosos	Destinada ao recebimento de resíduos de construção civil e de resíduos sólidos volumosos para triagem, armazenamento e posterior remoção para a destinação final.	Prefeitura do Município em que se localiza
Ecoponto ou PEV – Ponto de Entrega Voluntária	Destinada à entrega voluntária de pequenas quantidades de resíduos de construção civil, resíduos volumosos e resíduos de coleta seletiva para transbordo e triagem. Faz parte do sistema público de limpeza urbana.	Prefeitura do Município em que se localiza
Aterro de resíduos Classe A	Destinada a reservação de material de classe A para usos futuros.	Licença ambiental junto à Cetesb
Sucateiro Intermediário	Sucateiros, cooperativas, grupos de coleta seletiva e outros agentes que comercializam resíduos recicláveis.	Licença de funcionamento, inscrição municipal e cadastramento no SIGOR como destino
Aterro de resíduo perigoso – Classe I	Área tecnicamente adequada para disposição de resíduos perigosos classe I.	Licença ambiental para instalação e operação junto à Cetesb e cadastramento no SIGOR como destino
Incinerador	Local tecnicamente adequado para o tratamento de resíduos de alta periculosidade, ou que necessitam de destruição completa e segura.	Licença ambiental para instalação e operação junto à Cetesb e cadastramento no SIGOR como destino

Fonte: Cetesb (2020).

Também existem as usinas de reciclagem, locais onde é realizada a transformação de resíduos em matérias-primas, como papéis, alumínio, plásticos, vidros, entre outros. A coleta desses materiais é feita por cooperativas de catadores ou empresas especializadas, que vendem os materiais às usinas. Após o recebimento, é realizada a triagem, onde os resíduos são separados para que possam passar pelo processo de reciclagem. Em seguida, é feita a compactação e assim os materiais já podem ser vendidos às empresas que utilizam estes materiais para a confecção de seus produtos.

O Quadro 7 apresenta os dados fornecidos pelo Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS, 2018) sobre a quantidade dos diferentes tipos de unidades de processamento de resíduos distribuídos entre as regiões brasileiras.

Quadro 7 – Quantificação das unidades de processamento de resíduos nas regiões brasileiras

Tipo de unidade de processamento	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Lixão	154	588	85	33	177
Aterro Controlado	39	61	362	39	39
Aterro Sanitário	16	56	311	189	35
Unidade de Triagem (galpão ou usina)	25	85	489	359	772
Unidade de compostagem (pátio ou usina)	1	4	50	12	3
Unidade de transbordo (RDO+RPU)	0	8	70	55	12
Unidade de tratamento por incineração	1	5	5	3	0
Unidade de manejo de galhadas e podas	1	6	13	15	0
Vala específica de Resíduos de Serviços de Saúde	4	7	5	0	1
Unidade de tratamento por micro-ondas ou autoclave	1	2	11	6	0
Queima em forno de qualquer tipo	1	0	0	0	0

Fonte: SNIS (2018).

Existem diferentes sistemas de coleta, segregação, acondicionamento, transporte e destinação dos resíduos, de acordo com cada tipo de material gerado e seu respectivo volume. Desta forma, a segregação dos resíduos, considerando suas subclasses facilita a destinação correta e melhora os processos de gestão dos resíduos nos canteiros de obras. No Quadro 8 são apresentados os destinos intermediários e finais dos resíduos de construção e demolição, considerando suas subclasses, como propõe o Sinduscon-SP (LOMBARDI FILHO, 2017).

Quadro 8 – Destinações intermediárias e finais de RCD conforme suas subclasses.

Classes de RCD	Subclasses	Destinações Intermediárias		Destinação Final
		Volumes até 1m³	Volumes > 1m³	
A	Cimentícios	Ecopontos	ATT	Aterro destinados a RCD
				Usinas de Reciclagem
				Fábricas de blocos de concreto ou outros materiais
				Usina móvel de reciclagem
B e C	Papel ou Plástico	Ecopontos, Cooperativas, Sucateiros, ONGs	ATT	Outras indústrias (incineração)
	Madeira serrada		ATT	Fabricantes de papéis e plásticos
	Madeira industrializada			Biomassa, passando ou não pela destinação intermediária.
	Metais		ATT	Fabricantes de madeira industrializada
	Gesso		ATT	Siderúrgicas, passando ou não pela destinação intermediária
	Tinta fresca a base de água > 1/3 da lata		ATT	Aterro industrial
				Solo agrícola
D	Tintas com metal pesado ou a base de solvente	-	-	Cimenteiras
	Madeira Tratada			Doação para reuso
	Cimento amianto			Incineração e aterro de resíduos de Classe I
				Aterro de resíduos de Classe 1
				Aterro de resíduos de Classe 1

Fonte: Lombardi filho (2017).

A realização das etapas de caracterização, quantificação, segregação por classe de resíduo, acondicionamento adequado, transporte e destinação, é de fundamental importância para que os resíduos da construção civil estejam preservados, quando se pretende adotar práticas de reciclagem e reutilização para os resíduos de Classe A, bem como, para garantir a disposição final adequada dos resíduos perigosos (Classe D) em aterros específicos.

Perina (2014), apontou vantagens para a implementação de um gerenciamento de RCD eficiente nos canteiros de obras, destacando a diminuição de custos com limpeza urbana, advindos do município; conservação de aterros; proteção do meio ambiente; aumento da limpeza urbana e, conseqüentemente, aumento da qualidade de vida no ambiente urbano e redução na geração de RCD. Costa et al. (2006) destacaram diversos aspectos que podem ser determinantes para o sucesso da reciclagem de RCDs, entre eles:

- Fatores sociais: se referem ao crescimento e densidade populacional, nível de educação e consciência ambiental, que influenciam as necessidades de infraestrutura, gestão adequada de resíduos, além de mudança de postura da população com relação à prática de reciclagem.
- Fatores econômicos: considerando a perspectiva de uma economia crescente e saudável, a reciclagem se mostra como um fator importante.
- Fatores político-legais: a reciclagem permite aos empreendimentos estarem devidamente regulamentados ambientalmente, motivados pela fiscalização e a obterem incentivos financeiros, sendo estes, aspectos importantes e que qualificam um programa de reciclagem.
- Fatores técnico-gerenciais: a reciclagem condiciona a caracterização e quantificação das diferentes classes de RCD, do estoque dos edifícios, das distâncias de matéria-prima virgem, comercialização de resíduos, números de aterros, entre outros. É preciso considerar que os aspectos de gestão de RCD estão relacionados às entidades governamentais e outros órgãos que envolvem o tema de reciclagem.

3.2.3 Reciclagem e Reutilização dos RCD

Teixeira (2013) destacou a necessidade de estabelecimento de um sistema hierárquico para averiguar o tamanho do impacto causado pela disposição de resíduos de construção e demolição. Este autor destacou que a ação que causa menor impacto ambiental e possui o melhor retorno econômico, é a diminuição da geração de resíduos e destacou a importância da adoção das práticas de reutilização e de reciclagem para os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis,

bem como, a compostagem para os resíduos orgânicos e a incineração, para determinados rejeitos, sendo a última alternativa o aterramento dos rejeitos.

A prática da reciclagem é vista como uma das possibilidades mais benéficas na tratativa de RCDs, do ponto de vista socioambiental, considerando que ela reduz o consumo de recursos naturais, diminui o consumo de água e energia, reduz o volume de rejeitos e pode gerar empregos. O termo “reciclagem” pode ser definido como reaproveitamento de resíduos descartados da construção civil, utilizando-se de técnicas e processos transformadores que possibilitam a reintrodução no ciclo produtivo (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020).

Grigoli (2001) aponta inúmeras possibilidades para a aplicação de agregados reciclados de RCD de Classe A, entre eles: confecção de argamassa para assentamento de batentes; uso em assentamento de esquadrias e/ou contramarco; enchimentos de rasgos de paredes; chumbamentos de tubulações elétricas e hidráulicas; assentamentos de blocos cerâmicos; chumbamentos de caixas elétricas; execução de embonecamento de tubulações; remendo e emenda de alvenarias; enchimentos de rebocos internos; enchimentos de caixões perdidos; enchimentos de degraus de escada; estrado sobre o solo para lançamento de contrapiso e passeio público; contrapiso e interiores de unidades habitacionais; concretos de piso para abrigos de automóveis leves; drenos de floreiras; drenos de visitas de hidrantes, drenos de fundo de poço de elevador, drenos de escoamento de água de chuvas e drenos de pátios de estacionamento; aterramento de valetas junto ao solo; estanqueamento; fundações de muros com pequenas cargas; vigas de concreto com baixa solicitação; e pilares de concreto com baixa solicitação.

A reutilização consiste na aplicação direta de um resíduo para qualquer fim, sem sofrer processos ou tratamentos que modifiquem suas características físico-químicas, ou seja, não há reprocessamento e o resíduo não se transforma em um novo produto, como ocorre na reciclagem. Para Cassa et al. (2001), a reutilização da madeira, por exemplo, pode ser realizada de forma simples, desde que sejam tomados os cuidados necessários no desmonte de peças, a fim de que esses materiais não sejam danificados ou que não sejam misturados com outros materiais ou que tenham passado por pintura ou tratamento com produtos químicos, que impeçam sua reutilização. O corte da madeira só é recomendado para adequação da peça caso não haja aplicação dela ou caso ela esteja danificada. O ideal para esta estratégia é a realização de um projeto, antes da concepção da obra, que viabilize a reutilização das peças.

Perina e Trannin (2019) acompanharam por sete meses a geração de resíduos de uma obra da CDHU, no município de Pindamonhangaba (SP). Durante esse período foi coletado um total

de 535 m³ de resíduos que foram enviados ao aterro da cidade. O Quadro 9 apresenta os principais componentes, suas respectivas quantidades e classificação, conforme a Resolução Conama nº 307/2002.

Quadro 9 – Volume, caracterização e classificação dos resíduos obtidos no canteiro de obras da CDHU, em Pindamonhangaba (SP).

Resíduo	Volume, m ³	Proporção	Classe
Concreto e blocos	149,8	28,0%	A
Argamassa	101,65	19,0%	A
Solo e areia	90,95	17,0%	A
Pedra	16,05	3,0%	A
Gesso	69,55	13,0%	B
Madeira	64,2	12,0%	B
Plástico	26,75	5,0%	B
Outros	16,05	3,0%	-
TOTAL	535	100,0%	-

Fonte: Perina e Trannin (2019).

Como propostas para o aproveitamento destes resíduos, as autoras apontaram as seguintes reutilizações:

- Aplicação, de forma simplificada e bruta, em obras para aterros, respeitando as condições imprescindíveis de compactação e estabilidade do terreno;
- Utilização das aparas de blocos a fim de preencher vãos, na execução de vedação em alvenarias;
- Realizar a britagem destes materiais, a fim de realizar a homogeneização, para processos de enchimento e estabilização de terrenos, sub-base e base de pavimentos, contrapisos, drenagens, produção de argamassas e concretos não estruturais, entre outros.
- Uma alternativa para areia seria a utilização durante a produção de argamassa, para assentamento de cerâmica e contrapiso, no próprio canteiro de obras;
- Com frações de solo pode ser realizada a recuperação de locais degradados por conta do exercício de mineração e regularização topográfica de terrenos, definidos por projetos de engenharia com capacidade de receber esses materiais;

Como propostas de reciclagem, as autoras citaram os seguintes processos:

- No caso das sobras de aparas de gesso deve ser realizado um envio a indústrias de concreto, que utilizam o material para realizar o controle da pega, durante a fase de moagem do clínquer;

- Para materiais plásticos, que estão presentes nas embalagens, lonas, telas, partes de tubulação e conduítes, entre outros, deve ser efetuado o envio a cooperativas ou empresas que comercializem esse material plástico para reciclagem, em processos que envolvam a moagem, lavagem, secagem, aglutinação, extrusão, resfriamento, granulação e uso do insumo na produção de materiais plásticos
- Por último, o aproveitamento de metais, arames, partes de tubulações e vergalhões de metal, além de outros, é realizado através do envio destes resíduos a cooperativas ou empresas que realizam o comércio de sucata metálica, com destinação a indústria siderúrgica.

3.3 MÉTODOS DE QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS EM CANTEIROS DE OBRAS

A importância dos Planos de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) por parte dos geradores tem merecido destaque nos últimos anos, devido às comprovações a respeito dos impactos ambientais que são gerados na atividade de construção civil e à legislação cada vez mais rigorosa. Para isso, é imprescindível a realização de um diagnóstico dos resíduos gerados no canteiro de obras, que possibilite identificar e quantificar a geração dos diferentes resíduos, sendo essa informação indispensável na elaboração dos planos de gerenciamento. No Brasil, a tarefa de quantificar os resíduos de construção civil ainda é bastante dificultada, porque uma boa parcela dos geradores atua informalmente, prejudicando o levantamento de dados estatísticos (PINTO, 1999).

Dessa forma, para traçar a melhor estratégia de gerenciamento de RCD é necessário, primeiramente, caracterizar e quantificar os resíduos e, com esse objetivo, vários estudos têm sido desenvolvidos nas últimas décadas, visando estimar a geração de entulho por unidade de serviço. De acordo com Costa et al. (2013), a taxa de geração de resíduos de construção civil pode ser definida como a relação entre dois parâmetros, a quantidade total de resíduos produzidos na obra (em massa ou volume) pela área total construída ou pela população correspondente.

Pinto (1999) considerou uma massa de 1.200 kg m^{-3} para construções finalizadas com processos convencionais, com perda média de 25% durante a execução das etapas, em relação aos materiais levados ao canteiro de obra. Este autor destacou que, do total de resíduos gerados pelos municípios brasileiros, cerca de 30% correspondem a resíduos da construção civil, chegando à taxa de geração de 150 kg m^{-2} de área construída.

Carneiro (2005) estimou a geração de resíduos de construção civil em Recife com base em dados analisados de dois canteiros de obra que realizaram controle de caçambas estacionárias por fase de produção da construção. Para quantificar os valores encontrados de perdas de resíduos de volume em massa, foram utilizadas duas hipóteses de cálculo de carregamento estrutural das edificações. A primeira consistiu em adotar um valor médio de massa, estimado por estudos de engenheiros calculistas, considerando edificações com pórticos de concreto, o índice de carregamento estrutural de aproximadamente 850 kg m^{-2} , sem considerar a parcela da sobrecarga. Com essas estimativas e cálculos, obteve-se a taxa de geração de RCD de $69,29 \text{ kg m}^{-2}$. A segunda hipótese consistiu no somatório das cargas de todos os pilares existentes no projeto da obra, desconsiderando a parcela da sobrecarga de 150 kg m^{-2} (não há sobrecarga nas etapas de construção de uma edificação) e divisão desse valor pela área construída, sendo obtido o índice de carregamento de $1.060,29 \text{ kg m}^{-2}$. Por esses dados, esse autor obteve a taxa de geração de RCD de $86,41 \text{ kg m}^{-2}$.

Andrade et al. (2001) obtiveram a massa de resíduos gerada por metro quadrado construído, de $49,58 \text{ kg m}^{-2}$. Considerando indicadores que relacionam a quantificação dos serviços executados na obra com a área de piso da edificação, obteve-se a quantidade de RCD gerados por área construída considerada (m^3/m^2). Assim, o cálculo final da taxa de geração de RCD foi realizado por meio da multiplicação do volume dos resíduos gerados por metro quadrado pelo valor da massa desse resíduo por unidade de material.

Careli (2008) obteve valores diferentes em duas obras que analisou, de $104,49 \text{ kg m}^{-2}$ de resíduos gerados no canteiro de obras de uma escola pública de 3 pavimentos, e $115,82 \text{ kg m}^{-2}$ para o canteiro de obras de um condomínio residencial de uma torre de 16 pavimentos, com 64 apartamentos. O diferencial do estudo foi que os resíduos foram separados de acordo com a tipologia e considerando as formas de coleta e acondicionamento dos mesmos, o autor estimou uma densidade média para cada tipo de resíduo e adotou nos cálculos a densidade média de 1.200 kg m^{-3} .

Os autores Solís-Guzman et al. (2009) utilizaram dados estimados nas pesquisas do governo espanhol, da Andalusia Construction Costs Database (ACCDB). A partir dos coeficientes de geração de resíduos admitidos para cada etapa da construção de um prédio com área de 1.600 m^2 , obtiveram uma geração de resíduos de $107,6 \text{ kg m}^{-2}$.

Souza (2005) avaliou a geração de resíduos no canteiro de obra de 50 habitações de $44,52 \text{ m}^2$ cada, totalizando uma área construída de 2.226 m^2 . Para a quantificação da massa de resíduos

gerados em cada habitação, foi considerada a massa unitária de 1288 kg m^{-3} e o valor de $3,10 \text{ m}^2$ de entulho gerado por unidade residencial, sendo obtido o valor de $89,68 \text{ kg m}^{-2}$ de taxa de geração de RCD.

Marques Neto e Schalch (2010) também quantificaram os resíduos gerados em obras, sendo uma de reforma e outras quatro, com acompanhamento da execução do início ao fim. Nas análises, foi admitida a massa unitária de 600 kg m^{-3} para $1795,3 \text{ m}^2$ de área construída, que resultou em uma taxa de geração de resíduos de $137,02 \text{ kg m}^{-2}$.

Perina e Trannin (2019) avaliaram os resíduos de construção civil gerados em um canteiro da obra estadual CDHU, no distrito de Moreira César, em Pindamonhangaba-SP. Neste estudo, foram quantificados os resíduos coletados por caçambas, separados por classe, conforme a Resolução Conama nº 307/2002 e, utilizando a massa específica de 1200 kg m^{-3} , sendo obtida a taxa de geração de resíduos de $91700 \text{ kg mês}^{-1}$. Um valor médio encontrado da taxa de geração de RCD é de $123,80 \text{ kg m}^{-2}$.

Por meio desses estudos, verificou-se que existem dois métodos principais aplicados à quantificação dos resíduos gerados em um canteiro de obras. Os autores Carneiro (2005) e Andrade et al. (2001) chegaram aos valores de geração de RCC de forma indireta, utilizando parâmetros e índices estimados por pesquisas e considerações técnicas, não medidos por amostragem de obra *in loco*. Existe também o método de quantificação direta, em que são analisados dados colhidos diretamente nos canteiros de obras monitoradas. Careli (2008), Souza (2005) e Marques Neto e Schalch (2010) mediram a taxa de geração de RCC por área construída. Perina e Trannin (2019) igualmente chegaram a uma quantidade de resíduos gerados por meio do monitoramento da obra *in loco*, sendo a taxa de geração quantificada em diferentes etapas da obra.

3.4 RELAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS E A GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A sustentabilidade é um dos grandes desafios do mercado de construção civil, tornando a escolha do método construtivo adequado um ponto muito importante a ser levado em conta na concepção de uma edificação. A escolha de um método construtivo sustentável visa a eficiência energética das edificações, o gerenciamento da utilização de água e uso de técnicas ambientalmente adequadas. Além de ser capaz de reduzir custos, através da reutilização ou reciclagem dos resíduos gerados que podem ser reaproveitados no próprio canteiro de obras ou

vendidos a locais que realizam a transformação desses materiais. (CARVALHO; FURUKAWA, 2011)

Fragoso e Almeida (2017) realizaram um comparativo entre a geração de resíduos no método tradicional e utilizando o *Lean Construction*. O estudo abordou duas obras, localizadas na cidade de Maceió, em Alagoas, que demonstraram conformidade com o Plano de Geração de Resíduos de Construção Civil, porém com características diferentes. Na obra tradicional, o foco era relacionado apenas ao armazenamento e descarte dos materiais residuais, ou seja, não havia preocupação com a geração desses materiais, onde os principais erros eram a produção excessiva de entulhos e destinação inadequada. Na segunda obra, que se utilizou do método *Lean Construction*, houve o emprego de uma logística adequada, que resultou em uma edificação mais eficaz, levando em conta o reaproveitamento de materiais e a taxa de geração de resíduos. O estudo, que teve duração de três meses, apontou uma redução significativa na geração de resíduos utilizando o método *Lean Construction*, constatando uma redução de 31% de geração de resíduos no primeiro mês e 35% nos outros dois meses.

Oliveri et al. (2007) avaliavam a utilização do sistema construtivo que utiliza o *Light Steel Framing* para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras em comparação com o método tradicional. Dos quatro casos estudados, dois visavam a redução da geração de resíduos. No primeiro caso, foram obtidos dados da contagem de caçambas utilizadas para o descarte dos resíduos, sendo observada uma redução de 50% de resíduos gerados. No segundo caso, os dados foram obtidos através de um subcontratado que tinha especialidade nessa função, e constatou-se que houve uma redução significativa na geração dos resíduos de até 86,7% menor quando comparado ao método tradicional. Vale ressaltar que no método de *Light Steel Framing*, os resíduos pertencem, em sua maioria, à Classe B, conforme Resolução Conama nº 307/2002, que são recicláveis.

Gnecco (2018) utilizou o BIM para realizar o estudo de caso de gestão de resíduos em uma obra localizada no município de Biguaçu. A autora constatou, através de análises realizadas, um erro de apenas 1,05% na área construída de alvenaria no térreo e 1,08% na cobertura, se comparado com as estimativas indicadas pelo BIM, justificando que a utilização desse software pode levar a um levantamento com precisão adequada. A autora relata que a construtora responsável comprou por volta de 10.200 tijolos, que levou a uma diferença de 25,46% em relação ao valor utilizado, que foi de 8.130 unidades de tijolo. Assim, a utilização do software

pode trazer uma geração menor de resíduos de construção e demolição, se comparado aos métodos tradicionais, que realizam um levantamento de materiais geralmente superestimado.

Os diversos autores citados realizaram um comparativo entre as tecnologias e os métodos construtivos inovadores e o método tradicional, obtendo dados relacionados à quantidade e qualidade dos resíduos gerados. Portanto, é possível concluir que a seleção de um método construtivo impacta diretamente na geração dos resíduos, não apenas quantitativamente, mas também qualitativamente.

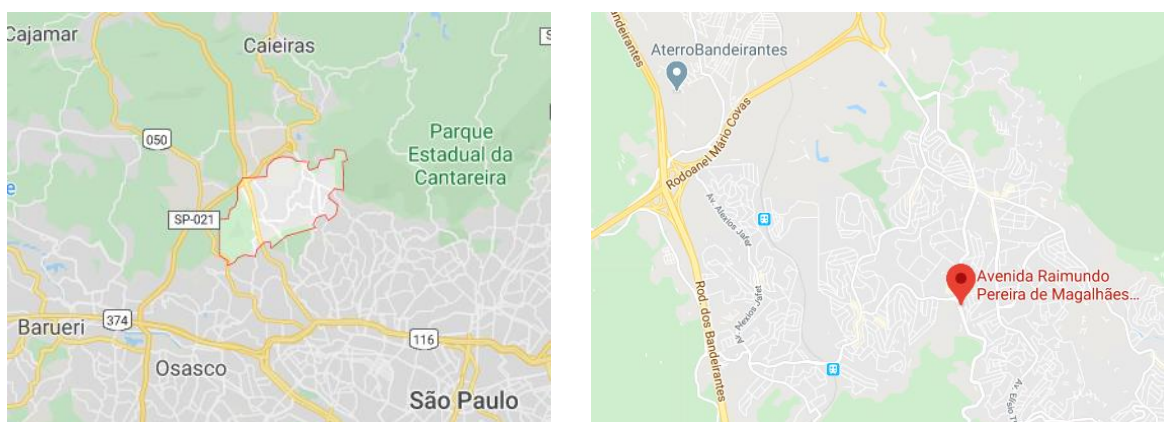
4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A avaliação da gestão de resíduos gerados em canteiro de obras foi desenvolvida no período de construção do condomínio residencial Vila Itália, localizado na cidade de São Paulo, que apresentou como particularidade, a utilização do método construtivo de paredes maciças de concreto armado, produzido em forma de alumínio, o que representou um diferencial na quantificação e na qualificação dos resíduos, comumente gerados em obras tradicionais de alvenaria.

O empreendimento Vila Itália está localizado no distrito de Jaraguá, no bairro Jardim Pirituba, na avenida Raimundo Pereira de Magalhães, ao lado de um shopping center, como pode ser observado na Figura 1. Esse distrito abrange uma área de 27,6 km² e conta com aproximadamente 282 mil habitantes, além de apresentar uma pluviosidade significativa ao longo do ano, com a temperatura média de 18,4 °C e 1.365 mm de pluviosidade média anual. O distrito de Jaraguá faz limite com os municípios de Osasco à Oeste, e Caieiras ao Norte, sendo o distrito cortado pelas rodovias Anhanguera e Bandeirantes. O distrito é atravessado pela Linha 7 - Rubi da CPTM, possuindo duas estações: Vila Aurora e Jaraguá. Suas principais avenidas são: Aléxios Jafet, Deputado Cantídio Sampaio, Elísio Teixeira Leite, Estrada das Taipas, Jerimanduba, Dr. Felipe Pinel e Raimundo Pereira de Magalhães.

Figura 1 – Localização do Condomínio Vila Itália, no Distrito de Jaraguá, em São Paulo (SP).



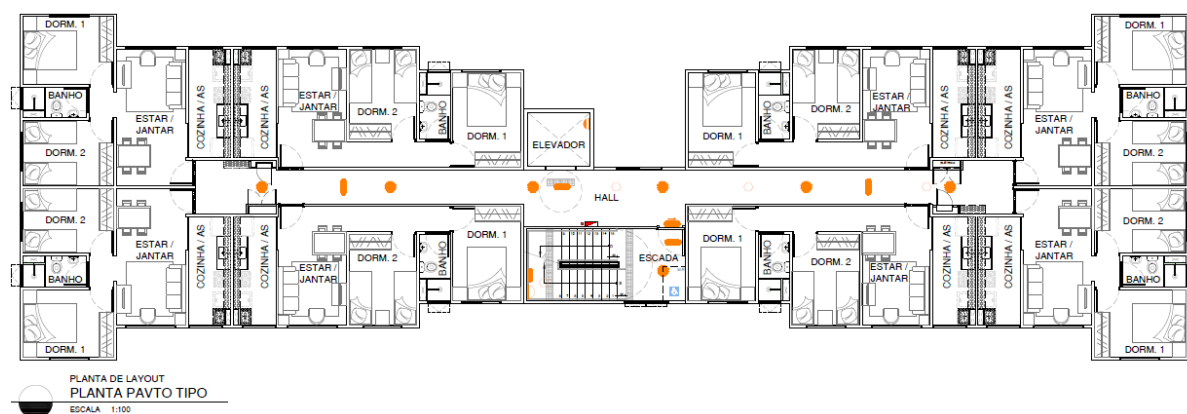
Fonte: Google Maps (2020).

A região é muito conhecida por abranger um famoso ponto de turismo e lazer popular, o Pico do Jaraguá, em uma zona montanhosa aberta à visitação turística, com mirantes que oferecem vista para grande parte da cidade de São Paulo, além de espaços para a prática de atividades físicas, como trilhas em meio a vegetação, caminhadas, corridas e até mesmo ciclismo.

As obras do conjunto habitacional em que o estudo foi realizado foram iniciadas em 19 de fevereiro de 2019 e neste trabalho serão quantificados os resíduos gerados até a etapa de acabamento em de 22 de novembro 2020. O condomínio residencial conta com cinco torres de onze pavimentos e oito apartamentos por andar, totalizando 440 unidades de 41,0 m², dois salões de festa, playground infantil e área externa de fitness. A planta do pavimento tipo da torre encontra-se na Figura 2.

O empreendimento, assim como todas as obras da Construtora Tenda, utilizou o Minha Casa Minha Vida, um programa do Governo Federal, que oferece condições especiais de financiamento de moradias para famílias de baixa renda. Assim, a construtora recebeu subsídios da Caixa Econômica Federal e os proprietários passaram a ter condições de pagamento a longo prazo com juros baixos.

Figura 2 – Planta do Pavimento Tipo do Condomínio Vila Itália, no distrito de Jaraguá, em São Paulo (SP)



Fonte: Construtora Tenda (2019).

4.2. METODOLOGIA

Para avaliar o gerenciamento de resíduos da obra selecionada, inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura, abrangendo artigos e trabalhos relacionados ao tema de gestão de RCD no Brasil. Após o embasamento técnico e científico, foram compilados e analisados os dados obtidos da obra em estudo, destacando o diferencial no método de construção de paredes de

concreto armado. Esse sistema construtivo distingue-se do método tradicional de alvenaria com blocos cerâmicos, pois as paredes exercem a dupla função, estrutural e de vedação, além da racionalização das instalações elétricas e hidráulicas, embutidas nas paredes e que podem ser montadas antes da concretagem (PERINA, 2014).

Para a avaliação da gestão dos resíduos gerados no canteiro, foram recolhidos e analisados documentos como as fichas de “Controle de Transporte de Resíduos” – CTR’s e as medições mensais da empresa terceirizada responsável pelo fornecimento e coleta das caçambas do início até o final da obra. A empresa responsável pelo transporte das caçambas destinou os resíduos para local de descarte adequado, armazenando os resíduos para triagem, realizada em um galpão localizado no bairro Cangaíba, há aproximadamente 40 minutos da obra em veículo. Com esse monitoramento, foi possível estimar as quantidades de cada resíduo gerado e sua classificação segundo a NBR 10.004/2004, durante a execução das paredes de concreto e do acabamento com revestimento interno e externo.

Com base na qualidade e quantidade dos resíduos gerados neste canteiro de obras e, considerando o panorama brasileiro do setor de construção civil, foram avaliadas todas as medidas que foram tomadas pela construtora, por meio de visitas técnicas e acompanhamento, para a proposição de adequações, onde estas foram consideradas necessárias, para a gestão adequada dos resíduos em todas as etapas. Desta forma, foram avaliadas as etapas de coleta, segregação por classe de resíduo, acondicionamento, transporte interno e externo ao canteiro de obras, reciclagem e reutilização dos resíduos, dentro ou fora do canteiro de obras. As diretrizes e critérios aplicados nesta análise tiveram como fundamentação a Lei 12.305/2010 da PNRS, a Resolução Conama nº 307/2002 e suas complementares e as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Posteriormente, foi realizada uma análise comparativa da taxa de geração de resíduos entre canteiros de obras tradicionais de alvenaria com blocos cerâmicos, apresentados na literatura em estudo realizado em uma CDHU por Perina (2014) em Pindamonhangaba - SP, em obras de São Paulo - SP por Brito Filho (1999), e em obras de Salvador - Bahia por Carneiro et al. (2000), e o sistema construtivo de concreto armado em forma de alumínio com dados obtidos *in loco* e no Plano de Gerenciamento de Resíduos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados obtidos pela caracterização e quantificação dos resíduos gerados no canteiro de obras do condomínio Vila Itália, bem como, a proposição de destinação correta a cada classe de resíduo, dando prioridade às práticas de reciclagem e reutilização, considerando as propriedades dos materiais residuais e suas respectivas formas de processamento. A análise comparativa da quantidade e da qualidade dos resíduos gerados no método construtivo de parede de concreto armado e o método construtivo tradicional de alvenaria, também será apresentada a seguir.

5.1. CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS

O canteiro do edifício Vila Itália seguiu as diretrizes de seu Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, abrangendo todas as etapas de gestão dos resíduos, com a triagem/segregação e o acondicionamento em recipientes dispostos em locais estratégicos no canteiro, logo após a geração pelos colaboradores.

Para isso, foram utilizadas bombonas de 200 litros com identificação para papelão, plástico, argamassa, cerâmica e EPS, para o acompanhamento das atividades em execução nas torres, onde foram depositados os resíduos (Figura 3). No final do dia e após o enchimento das bombonas com os resíduos gerados nos serviços, o conteúdo era retirado das torres e depositado em diferentes caçambas, específicas para cada classe de resíduo. Estas caçambas ficavam, estrategicamente, localizadas próximas a uma saída de fácil acesso da obra (Figura 4).

A avaliação das etapas de coleta, segregação e acondicionamento dos resíduos gerados no canteiro foi realizada ao longo dos nove meses de obra, compreendendo toda a construção do condomínio, desde a terraplanagem e fundação, estrutura e acabamento, abrangendo o revestimento. Os resíduos de Classe A, não foram reutilizados ou reciclados pela própria construtora, entre os resíduos de Classe B, somente as madeiras foram reutilizadas o máximo possível no processo construtivo, os demais resíduos foram acondicionados nas caçambas e transportados por uma empresa contratada para sua destinação.

Figura 3 – Bombona com identificação.



Fonte: Autores.

Figura 4 – Caçambas separadas por classe de resíduo em local de fácil acesso aos transportadores.



Fonte: Autores.

Em todo o período de acompanhamento da obra foram coletadas 377 caçambas de 4 m³ de resíduos, pela empresa AM Mendes Remoção de Entulhos Ltda., que realizou o transporte dos resíduos até o destino, a empresa RMJ Terraplanagem EIRELI, localizada na Avenida Doutor Assis Ribeiro, nº 4203, em Cangaíba-SP. A RMJ é uma empresa de destinação, credenciada pela AMLURB, cujas principais atividades são a coleta de resíduos não-perigosos; tratamento e disposição de resíduos não-perigosos; recuperação de materiais não especificados anteriormente; obras de terraplenagem; aluguel de máquinas e equipamentos para construção sem operador, exceto andaimes. A Construtora Tenda não verificou se a destinação dos resíduos coletados pela empresa terceirizada foi adequado, mas conferiu o cadastramento da empresa transportadora junto à prefeitura de São Paulo.

O Quadro 10 apresenta a quantidade de caçambas, com volume unitário de 4 m³, coletadas em cada mês de acompanhamento da obra, separadas por classe de resíduo, sendo que um dos

tipos de caçamba era mista, possibilitando o acondicionamento de resíduos das classes A e B. Esse tipo de caçamba tem um custo maior, por deixar sob a responsabilidade da empresa contratada, a triagem e a disposição adequada dos resíduos.

Quadro 10 – Número de caçambas de 4 m³ por classe de RCC retiradas do canteiro de obras do condomínio Vila Itália, no período de fevereiro a novembro de 2019.

Mês	Classe A	Classe B	Classe A/B	Classe C	Classe D
Fevereiro	7	2	-	-	-
Março	7	4	-	-	-
Abril	10	1	-	-	-
Maio	19	1	5	-	-
Junho	20	2	33	-	-
Julho	24	5	76	-	4
Agosto	14	3	55	-	3
Setembro	17	-	28	-	2
Outubro	13	-	10	-	-
Novembro	8	-	3	-	1
Total	139	18	210	0	10
Porcentagem	36,9%	4,8%	55,7%	0%	2,6%

Fonte: Autores.

Quanto à segregação dos RCC gerados ao longo da obra, as bombonas continham os materiais que não seriam reutilizados e estes eram despejados diretamente nas caçambas. Destes, apenas uma pequena quantidade de EPS que foi gerada conseguiu ser reutilizada para fazer emendas nos shafts hidráulicos, mas as sobras também foram descartadas nas devidas caçambas. Além desses resíduos, também foram gerados resíduos de aço e alumínio, provenientes, principalmente, de restos e pedaços de armaduras estruturais e perfis metálicos de drywall, que também foram acondicionados em caçambas e transportados para o ferro-velho Taipas Comércio de Sucatas Ltda. Esta empresa, localizada próximo à obra, na rua Elísio Teixeira Leite, nº 6913, fornecia a caçamba que ficava alocada no canteiro e realizava a coleta semanalmente ou quando a caçamba estava cheia. A Construtora Tenda também não averiguou se esta empresa de sucatas estava quite com as exigências legais para funcionamento deste tipo de comércio.

Considerando o volume de 4 m³ das caçambas e a classificação da Resolução Conama nº 307/2002, foi possível estimar o volume de cada classe de resíduo gerado por mês (Quadro 11). Apesar da grande quantidade de caçambas mistas, o Controle de Transporte de Resíduos (CTRs) mensal apresentava a distribuição e os materiais contidos em cada caçamba registrada. Assim,

verificou-se que ao longo de toda a obra, foi gerado um volume de 1508 m³ de resíduos de construção.

Quadro 11 – Volume dos principais componentes dos resíduos de construção civil gerados no período de fevereiro a novembro de 2019, na execução da obra Vila Itália, em São Paulo.

Resíduos	Volume (m ³ mês ⁻¹) de resíduos									
	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov
Solo e Areia	23,0	15,0	11,0	7,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rocha	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Concreto e Bloco	0,0	13,0	27,0	63,0	125,0	227,0	112,0	25,0	4,0	3,0
Argamassa	0,0	0,0	2,0	10,0	21,0	41,0	23,0	18,0	9,0	7,0
Cerâmica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,0	37,0	21,0	11,0
Metal	2,0	5,0	3,0	14,0	27,0	56,0	25,0	4,0	3,0	2,0
Madeira	5,0	9,0	1,0	1,5	24,0	48,0	26,0	11,0	2,0	2,0
Plástico	0,0	0,0	0,0	2,5	4,0	7,0	35,0	45,0	27,0	8,5
Desmoldante	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	12,0	8,0	0,0	4,0
Outros	1,0	2,0	1,0	2,0	17,0	38,0	30,0	40,0	26,0	10,5

Fonte: Autores.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se a predominância de classes de resíduos relacionadas às etapas de execução da obra. Durante os três primeiros meses foram executadas a terraplanagem, com escavações e movimentações de terra, e as fundações das torres e reservatórios de água. Em consequência disso, observou-se que, em fevereiro, 77,8% dos resíduos foram compostos por solo, areia e rochas, todos relacionados à terraplanagem. Em março, 25% dos resíduos corresponderam a solo, 21,6% a concreto, utilizado nas fundações e o restante foi constituído de ferragens das armaduras e madeiras de gabaritos. Em abril foram finalizadas as fundações das últimas torres e construídos os anexos (salões de festas, guarita, etc.), com blocos de concreto.

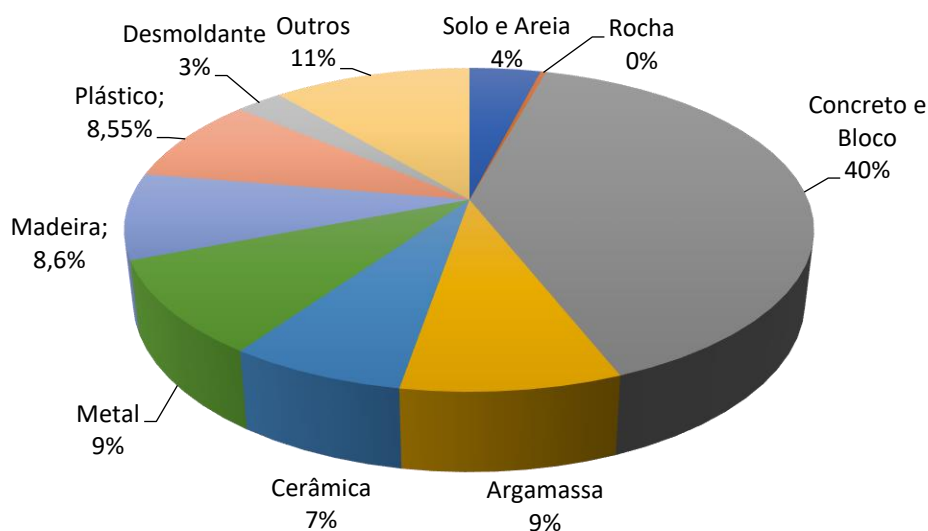
Seguindo a ordem das etapas do canteiro, após a terraplanagem e execução das fundações iniciou-se a etapa estrutural, que nessa obra teve como diferencial, a adoção do método de parede de concreto armado em forma de alumínio. Diferente de obras tradicionais, que utilizam formas de madeira, foram usadas formas de alumínio, que têm maior durabilidade e possibilitam um número maior de reutilizações. Desse modo, no mês de maio, predominaram os resíduos à base de concreto (54,3%) e metal (12%), referentes às concretagens com armações das paredes e lajes das torres, e argamassa (8,6%), utilizada nos arremates pós desforma. No mês de junho, foi intensificada a quantidade de concretagem com a inserção do segundo jogo de forma, gerando mais resíduos de concreto (56,8%), armações de metal (12,2%), além da utilização de argamassa

(18,6%) e também madeira (10,9%) para fazer os reparos e acabamentos das torres e fechamento dos vãos abertos para operação da mini grua guincho de elevação. É importante ressaltar que na etapa estrutural, para permitir uma desforma mais fácil após concretagem, foi necessária a utilização de óleo desmoldante, aplicado nas peças de alumínio, sendo classificado como um resíduo perigoso e, portanto, de classe D. Os desmoldantes foram fornecidos pela empresa Homy, que realizava a coleta mensal das embalagens com resíduos remanescentes do produto.

Em agosto foi iniciada a etapa de acabamento das torres, sendo realizadas as instalações elétricas e hidráulicas, execução dos revestimentos e pinturas, além da finalização da superestrutura, com as últimas concretagens. Por esse motivo, ocorreu a predominância de componentes de concreto (35%), argamassa (7,2%), cerâmica (11,5%) e plástico (10,9%), oriundo das embalagens dos produtos usados. Sendo assim, percebeu-se que a quantidade de resíduos gerada em setembro diminuiu, destacando os resíduos à base de cerâmica (17,8%), plástico (21,6%), e outros (19,2%).

Os resíduos gerados no canteiro de obras do Edifício Vila Itália, foram triados, considerando as diferentes classes, quantificados e avaliados quanto à proporção, como segue: solo e areia (60 m^3 - 4%); rocha (5 m^3 - 0,3%); concreto e bloco (599 m^3 - 39,7%); argamassa (131 m^3 - 8,7%); cerâmica (106 m^3 - 7%); metal (141 m^3 - 9,4%); madeira ($129,5 \text{ m}^3$ - 8,6%); plástico (129 m^3 - 8,55%); desmoldante (40 m^3 - 2,65%); outros ($167,5 \text{ m}^3$ - 11,1%) - constituídos, principalmente, de papelão, drywall e EPS, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Porcentagem dos resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, em São Paulo (SP), no período de fevereiro a novembro de 2019.



Fonte: Autores.

No Quadro 12 são apresentados os resultados da quantificação e caracterização dos componentes dos resíduos gerados na obra do condomínio Vila Itália, bem como, os obtidos nos estudos realizados por Perina e Trannin (2019), no canteiro da CDHU, em Pindamonhangaba (SP); por Carneiro et al. (2000) em canteiros de Salvador e por Brito Filho (1999) em São Paulo.

Quadro 12 – Composição dos resíduos gerados em canteiros de obras dos estados de SP e BA.

Componentes dos Resíduos da Construção Civil	Método Tradicional			Método Construtivo Parede de Concreto Armado
	Perina e Trannin Pindamonhangaba/SP	Brito Filho São Paulo/SP	Carneiro Salvador/BA	Condomínio Vila Itália São Paulo/SP
Solo e Areia	17,0%	32,0%	22,0%	4,0%
Rocha	3,0%	-	5,0%	0,3%
Concreto e Bloco	28,0%	8,3%	7,0%	39,7%
Argamassa	19,0%	25,2%	46,0%	8,7%
Cerâmica	-	29,5%	14,0%	7,0%
Metal	-	-	-	9,4%
Madeira	12,0%	-2	-	8,6%
Plástico	5,0%	-	4,0%	8,55%
Desmoldante	-	-	-	2,65%
Outros	16,0%	5,0%	2,0%	11,1%

Fonte: Adaptado de Perina (2014) e Leite (2001).

Carneiro et al. (2000), apontam diversos fatores que influenciam nos resultados de quantidade e composição de resíduos de construção e demolição gerados em obras, como os componentes das matérias-primas disponíveis; as técnicas e metodologias utilizadas no processo construtivo; o estágio de desenvolvimento da construção civil na região; a qualificação da mão de obra e as técnicas construtivas empregadas. Tais afirmações são reforçadas pelos resultados apresentados no Quadro 12, que comprova a discrepância entre os tipos e quantidades de resíduos gerados em canteiros de obras que utilizaram o método construtivo tradicional, em alvenaria, nos estados de São Paulo e Bahia e os gerados na obra do condomínio Vila Itália, com o método construtivo de parede de concreto armado com forma de alumínio. Esta análise evidenciou que somente no empreendimento Vila Itália houve predominância de resíduos a base de concreto e bloco, correspondendo a 40% do total de resíduo produzido durante os nove meses da construção. Para Sáez et al. (2014), as atividades de alvenaria e acabamento são responsáveis por mais de 30% dos resíduos gerados em toda a execução da obra. Nesse método, como a concretagem das paredes e lajes é bombeada, é muito comum a perda do concreto usinado, seja por falha na

execução do bombeamento ou da manutenção da própria tubulação mangote, que transfere a mistura do caminhão até a forma montada.

Também foi significativa a diferença do total de solo e areia descartados na obra do Vila Itália, que foi de apenas 4,0%, em relação aos outros três estudos, de 17,0% por Perina e Trannin (2019), de 32,0% por Brito Filho (1999) e de 22,0% por Carneiro et al. (2000). A quantidade de solo retirado ou adicionado varia muito de terreno para terreno e também depende do tipo de construção a ser realizada e da proporção que ocupa da área. Essa diferença ocorreu devido à retirada e disposição inadequada de solo nas etapas de terraplanagem e fundação do empreendimento Vila Itália, sendo grande parte do solo utilizada em outros terrenos sem a devida quantificação.

A obra do Vila Itália, seguiu a padronização e requisitos dispostos pelo programa do Governo Federal, Minha Casa Minha Vida, apresentando características semelhantes com a obra da CDHU, realizada em Pindamonhangaba, avaliada por Perina (2014), principalmente, nas etapas de revestimento e acabamento. Por meio da caracterização dos resíduos gerados na CDHU, apresentada no Quadro 12, foi possível verificar que em ambas as construções os resíduos mais gerados foram concreto, bloco e argamassa, que se enquadram na Classe A. Dessa maneira, consideramos relevante estudar as propostas apresentadas ao CDHU, que também podem ser válidas aos moldes do Programa Minha Casa Minha Vida, quanto à aplicação de medidas e ações para melhorar o aproveitamento dos resíduos, por meio de segregação, acondicionamento e transporte adequados e aplicação de técnicas de reutilização e reciclagem dos resíduos gerados no canteiro, com consequente diminuição de consumo de recursos naturais e minimização de resíduos.

5.2. ANÁLISE COMPARATIVA DA TAXA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Para fazer uma análise comparativa da taxa de geração de resíduos entre o método construtivo tradicional e o método de parede de concreto, foram aplicadas as metodologias utilizadas em vários estudos com canteiros de obras do Estado de São Paulo e Bahia. A taxa de geração de resíduos foi calculada pela razão entre a massa total de resíduos e a área total construída. Com base no projeto do Condomínio Vila Itália, a área construída nesta obra foi de 22.089,61 m².

O primeiro método, aplicado foi o desenvolvido por Pinto (1999), que admitiu que 12,5% dos materiais utilizados de um canteiro de obras, utilizando o método construtivo tradicional,

corresponderam às perdas ou resíduos, e adotou a massa unitária de 1200 kg m^{-3} para esses resíduos, resultando em uma taxa de geração de resíduos de 150 kg m^{-2} construído. Então, considerando essa massa unitária de 1200 kg m^{-3} e o volume total de 1508 m^3 de resíduos gerados no canteiro de obras do Edifício Vila Itália, foram gerados $1809,6 \text{ t}$ de resíduos, que dividido pela área construída (m^2), resultou na taxa de geração de resíduos de $81,92 \text{ kg m}^{-2}$ construído.

Na metodologia aplicada por Souza (2005), para a quantificação do volume de resíduos gerados no canteiro de obras de 50 habitações, que totalizaram 2226 m^2 de área construída no método construtivo tradicional, foi considerada a massa unitária de 1288 kg m^{-3} , sendo obtido o valor de $89,68 \text{ kg m}^{-2}$ de resíduos. Considerando essa massa unitária para a área construída do empreendimento Vila Itália, foram geradas $1942,3 \text{ t}$ de resíduos e $87,93 \text{ kg m}^{-2}$ construído.

Nas análises de Marques Neto e Schalch (2010) foram quantificados os resíduos de cinco obras, admitindo a massa unitária de 600 kg m^{-3} que, aplicada ao volume coletado de resíduos e à área construída do Condomínio Vila Itália, resultou na taxa de geração de resíduos de $40,96 \text{ kg m}^{-2}$ construído.

Com a aplicação destes três métodos de análise, verificou-se que dois valores de taxa de geração de resíduos calculados para a obra Vila Itália foram muito próximos, que pela metodologia de Pinto (1999) foi de $81,92 \text{ kg m}^{-2}$ e de Souza (2005) foi de $87,93 \text{ kg m}^{-2}$. Estes resultados são condizentes com os tipos de obras avaliadas pelos autores, que no caso de Pinto (1999) e Souza (2005) foram obras de construção, enquanto Marques Neto e Schalch (2010) avaliaram canteiros de obras de habitações residenciais e de reformas.

Para Mália, Brito e Bravo (2011), em edifícios com estrutura em madeira, a taxa de geração de resíduos é da ordem de 10 a 39 kg m^{-2} e em edifícios com estrutura em concreto a taxa de geração de resíduos varia de 44 a 115 kg m^{-2} . Estes autores relataram que as construções com estruturas de concreto armado produziram maior quantidade de resíduos, sendo a taxa de geração de resíduos do empreendimento Vila Itália foi condizente com este estudo de estruturas em concreto.

Sáez et al. (2014) obtiveram uma taxa de geração de resíduos de $131,02 \text{ kg m}^{-2}$ ou $0,192 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$ em obras de alvenaria tradicional, utilizando tijolos. Para Careli (2008), nas obras de estrutura de concreto armado com alvenaria de vedação em bloco ou cerâmica, a geração de resíduos está entre $0,10$ e $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2}$. Demonstrando as taxas de geração de resíduos de construção civil encontradas por diferentes autores e métodos, foi elaborado o Quadro 13. Comparando com os dados obtidos no canteiro do Vila Itália, verificou-se que as taxas de geração

admitidas por esses dois autores são maiores que as taxas encontradas no presente estudo, utilizando o método de parede de concreto armado com forma de alumínio. Estes resultados evidenciam os benefícios desse tipo de modelo construtivo, prevendo menores perdas de insumos, além do fato de ser mais vantajoso para a gestão dos resíduos em canteiro, considerando a menor variedade de resíduos, o que facilita a segregação, o acondicionamento, o transporte e as técnicas de aproveitamento, como reutilização e reciclagem dos resíduos.

Quadro 13 – Taxas de geração de resíduos em diferentes métodos construtivos

Método Construtivo	Referências	Taxa de Geração de Resíduos
Tradicional	Pinto (1999)	150 kg m ⁻²
	Perina e Trannin (2019)	123,80 kg m ⁻²
	Sáez et al. (2014)	131,02 kg m ⁻²
	Souza (2005)	87,93 kg m ⁻²
Estrutura de concreto armado com alvenaria em bloco ou cerâmica	Careli (2008)	115,82 kg m ⁻²
Estrutura em madeira	Mália, Brito e Bravo (2011)	10 a 39 kg m ⁻²
Estrutura em concreto		44 a 115 kg m ⁻²
Parede de concreto Armado	Condomínio Vila Itália	81,92 kg m ⁻²

Fonte: autores.

A partir dos valores encontrados por Pinto (1999), que adotou uma geração média de 495 kg hab⁻¹ano⁻¹, estimou-se que o bairro do Jaraguá, contendo uma população aproximada de 281.824 habitantes, de acordo com dados demográficos da prefeitura de São Paulo (2015) possui um potencial gerador de resíduos de 139.502,88 t ano⁻¹ ou 11.625,24 t mês⁻¹. Levando em conta o período de nove meses, e utilizando-se o valor encontrado por Pinto (2005), que adota um valor de massa específica de 1.200 kg m⁻³, foram gerados 1.809,6 t de resíduos ao longo da construção, ou seja, 201,07 t mês⁻¹. Portanto, o edifício Vila Itália representa um valor aproximado de 1,3% do total gerado no distrito no ano de 2019.

5.3 PROPOSTAS PARA REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM DOS RESÍDUOS GERADOS

No canteiro de obras do Condomínio Vila Itália, os principais resíduos gerados foram argamassa e concreto, responsáveis por 49% do total produzido. Uma proposta para o aproveitamento destes resíduos é a reutilização destes materiais em obras para aterros, respeitando as condições de compactação e estabilidade necessárias do terreno. Além disso, é possível utilizar em anexos (salão de festas e guarita), e em detalhes, como base de postes de iluminação e acabamento de muros.

Segundo Addis (2010), as alternativas para utilização do concreto usinado podem ser, após trituração, aplicar diretamente como preenchimento ou em paisagismos, ou indiretamente como agregado reciclado para a produção de novos concretos. Desse modo, os resíduos de concreto deveriam ser destinados à usinas de reciclagem, para seu beneficiamento e produção de agregados reciclados, onde por meio de trituração e em padrões que atendem as normas NBR15115 e NBR 15116, possam substituir os agregados naturais na confecção de concreto sem função estrutural, na fabricação de blocos de concreto pré-moldados e em leito ou subleito de pavimentação. A Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição – ABRECON (2019), apresentou as características e recomendações de uso para os agregados reciclados (Quadro 14).

Quadro 14 – Características e usos recomendados para agregados reciclados de resíduos da construção civil

Produto	Característica	Uso Recomendado
Areia Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8mm isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapiso, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação
Pedrisco Reciclado	Material com dimensão máxima característica inferior a 6,3mm isento de impurezas, proveniente de reciclagem de concreto e blocos de concreto	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros
Brita Reciclada	Material com dimensão máxima característica inferior a 39mm isento de impureza, proveniente de reciclagem de concreto e blocos de concreto	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagem.
Bica Corrida	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63mm	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos
Rachão	Material com dimensão máxima característica inferior a 150mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto	Obras de pavimentação, drenagens e terraplanagem

Fonte: ABRECON (2019).

Assunção et. al. (2007) avaliou as propriedades das argamassas de revestimento produzidas a partir de cimento, areia natural, areia reciclada, e um aditivo incorporador de ar, que substituiu o uso de cal. O agregado reciclado utilizado era composto, basicamente, por resíduos de argamassa, tijolos cerâmicos e concreto, e foi gerado a partir de entulho de uma construção que se encontrava na fase de alvenaria. Os resultados foram pautados em três traços, o primeiro, usado como referência, não continha substituição de porcentagem de agregado

natural pelo agregado reciclado, e os outros dois com, respectivamente, 30% e 50% de substituição. As argamassas que continham agregados reciclados em sua composição apresentaram resistência mecânica adequada, sendo que a argamassa que continha 50% de agregados reciclados, apresentou melhor trabalhabilidade e resistência, quando comparada às demais. A argamassa que continha 30% de agregados reciclados, apresentou melhor desempenho nos ensaios de aderência à tração que os demais traços estudados.

Para os demais resíduos, PINTO et al, 2005 sugerem alternativas para a destinação, apresentadas no Quadro 15.

Quadro 15 – Alternativas de destinação para plásticos, madeiras e metais

Tipo de Resíduos	Exemplos	Alternativas de destinação
Plásticos	Embalagens, conduítes, pedaços de mangueiras pex, acabamento elétrico danificado	Empresas, cooperativas ou associações de coletas seletivas, as quais darão a destinação correta para estes resíduos.
Madeiras	Gabaritos, arremates das paredes e lajes de concreto, guarda-corpo	Uso combustíveis (fornos ou caldeiras), reutilização das peças e tábuas, através do redimensionamento ou a atividades econômicas que possibilitem a reciclagem deste material.
Metal	Restos de telas, armaduras, arames, vergalhões de metal, entre outros.	Empresas, cooperativas ou associações de coletas seletivas, as quais darão a destinação correta para estes resíduos.

Fonte: PINTO et al, 2005.

A reutilização de resíduos da construção civil também pode ocorrer no próprio canteiro de obras em que são gerados, seguindo as normas regulamentadoras e com o cuidado necessário na etapa de segregação para evitar contaminação. De acordo com VALLOTO (2007), os resíduos normalmente gerados em diferentes etapas de uma obra apresentam muitas alternativas para reutilização no canteiro de obras, como pode ser observado no Quadro 16.

Quadro 16 – Resíduos gerados em diferentes fases de uma obra e suas respectivas alternativas de reutilização no canteiro de obras

Fases da Obra	Tipos de Resíduos Possivelmente Gerados	Possível reutilização no canteiro
Limpeza do terreno	Solos	Aterro
	Rocha, vegetação e galhos	-
Montagem do canteiro	Blocos cerâmicos, concreto (areia e brita)	Base de piso e enchimentos
	Madeiras	Formas, escoras e travamentos.

Fundações	Solos	Aterros
	Rochas	Jardinagem e muros de arrimo
Superestrutura	Concreto (areia; brita)	Base de piso e enchimentos
	Madeira	Cercas e portões
	Sucata de ferro e fôrmas plásticas	Reforço para contrapisos
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto e Argamassa	Base de piso, enchimentos e argamassas
	Papel e plástico	-
Instalações hidro sanitárias	Blocos Cerâmicos	Base de piso e enchimentos
	PVC e PPR	-
Instalações Elétricas	Blocos Cerâmicos	Base de piso e enchimentos
	Conduítes, mangueira e fio de cobre	-
Reboco interno/externo	Argamassa	Argamassa
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos	-
	Piso laminado de madeira, papel, papelão e plástico	-
Forro de gesso	Placa de gesso acartonado	Readequações em áreas comuns
Pinturas	Tintas, seladoras, vernizes e textura	-
Coberturas	Madeiras	-
	Cacos de telha de fibrocimento	-

Fonte: VALOTTO (2007).

No empreendimento construído pelo método de parede de concreto armado, ficou evidente a predominância da geração de resíduos de concreto, em relação aos demais resíduos (Figura 5), principalmente quando se comparou este canteiro de obras com outros, utilizando o método construtivo tradicional. Os resíduos de concreto e argamassa corresponderam a 49% dos resíduos gerados e, conforme a Resolução Conama 307/02, pertencem à Classe A, podendo ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados. Os resíduos de concreto e argamassa podem ser utilizados em obras para aterros, em drenagens e enchimentos. Os resíduos de concreto e argamassa, na forma de agregados reciclados e em padrões que atendam as normas NBR 15115/04 e 15116/04, podem ser utilizados na confecção de concreto sem função estrutural, em leito e subleito de pavimentação, na produção de argamassa de arremates, chumbamento de tubos e caixas, contrapiso, fabricação de artefatos de decoração de concreto e pisos intertravados. O solo retirado na terraplanagem, também pertence à Classe A e pode ser reutilizado em nivelamento topográfico de terrenos.

As tábuas e pontaletes de madeiras, pertencem à Classe B, e podem ser reaproveitadas em diversos serviços até sua inutilização ou contaminação. Os plásticos e metais, embora pertençam à Classe B e apresentem potencial de reciclagem, não são reaproveitados diretamente no canteiro e, portanto, devem ser destinados à usinas de reciclagem. Os resíduos perigosos como vernizes, óleos e tintas, pertencentes à Classe D, necessitam de destinação apropriada a aterros industriais.

Os resíduos gerados no canteiro de obras do edifício Vila Itália, localizado no distrito Jaraguá, no município de São Paulo, foram coletados por uma empresa terceirizada, AM Mendes entulhos, que se responsabilizou pela retirada das caçambas e emissão do Controle de Transporte de Resíduos. As caçambas foram destinadas ao centro de coleta e tratamento de resíduos não perigosos de razão social RMJ Terraplanagem EIRELI, cadastrada pela Autoridade Municipal de Limpeza Urbana - AMLURB. Os resíduos metálicos foram destinados ao ferro-velho Taipas Comércio de Sucatas Ltda., que não possui cadastramento na prefeitura de São Paulo. As embalagens dos desmoldantes, classificados como resíduos perigosos, por conterem óleos utilizados na desforma, são recolhidas pela construtora e destinadas a Homy Química, empresa que produz este material.

Para Oliveira (2008), a reutilização e reciclagem dos resíduos gerados em um canteiro de obras resulta em diversos benefícios, como reconhecimento de sustentabilidade no mercado concorrente, obtenção de certificados ambientais e de qualidade, redução do desperdício e excesso de material comprado, além de, principalmente, contribuir para a preservação ambiental do planeta. Dessa maneira, o mercado da construção civil brasileira deve passar por mudanças e adaptações em prol de construções mais sustentáveis. Com este estudo de caso, pode-se quantificar as vantagens e ganhos de métodos não convencionais, principalmente os racionalizados, acarretando na diminuição de desperdício e retrabalho que, aliados a um estudo e planejamento prévio dos resíduos gerados (PGRCC) e as formas de descarte, reuso e reciclagem, resultam em obras mais sustentáveis, na medida do possível.

6. CONCLUSÕES

No canteiro de obras do Edifício Vila Itália, que utilizou o método construtivo de parede de concreto armado, foram gerados 1.809,6 t de resíduos, sendo os principais componentes: concreto (39,7%), outros, como papelão, drywalls e EPS (11,1%), argamassa (8,7%); plástico (8,55%); madeira (8,6%); metal (9,4%); cerâmica (7,0%), solo e areia (4,0%); desmoldante (2,65%); e rocha (0,3%). A Resolução no 307/2002 do Conama, classifica os resíduos de concreto, argamassa, cerâmica, solo, areia e rocha como Classe A, e a construtora deve destiná-los a ecopontos ou áreas de transbordo e triagem, que determinarão seu fim. Os plásticos, madeiras, metais e papéis (Classe B) devem ser destinados a ecopontos, cooperativas, sucateiros ou ONGs para volumes pequenos, ou para áreas de transbordo e triagem para volumes maiores. E os desmoldantes, caracterizados como classe D, por conterem resíduos perigosos, a construtora deve enviá-los aos fabricantes ou a aterros especializados ou incineradoras. O EPS e o drywall devem ser destinados aos Pontos de Entrega Voluntária.

Os resíduos de concreto e argamassa, corresponderam a 48,4% dos resíduos gerados no canteiro de obras do Edifício Vila Itália, e como pertencem à Classe A, poderiam ter sido reutilizados no próprio canteiro ou encaminhados para uma central de reciclagem, mas a Construtora Tenda optou por terceirizar o transporte e a destinação desses resíduos.

A taxa de geração de resíduos do Edifício Vila Itália foi de $81,92 \text{ kg m}^{-2}$, inferior às taxas observadas em outros canteiros de obras que utilizaram o método construtivo tradicional, que variaram de 87,93 a 150 kg m^{-2} .

REFERÊNCIAS

ADDIS, B. **Reuso de materiais e elementos de construção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

ALMEIDA, G.S.M.; FRAGOSO, V. S. M. **Estudo da geração de resíduos sólidos em obras da construção civil: gestão tradicional vs lean construction**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário CESMAC, Maceió - AL, 2017.

ANDRADE, A. C. *et al.* Estimativa da qualidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios. *In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL*, 2001, São Paulo. **Anais[...]**. São Paulo: IBRACON, 2001.

ANGULO, S. C. *et al.* Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p.299-306, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.112**: resíduos da construção civil e resíduos volumosos: áreas de transbordo e triagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.113**: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: aterros: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.114**: resíduos sólidos da Construção civil - áreas de reciclagem: diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.115**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - execução de camadas de pavimentação: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO – ABRECON. **Características e usos recomendados para agregados reciclados de resíduos da construção civil**. 2019. Disponível em: <https://abrecon.org.br>. Acesso em: 10 jul. 2020.

ASSUNÇÃO, L. T.; CARVALHO, G. F.; BARATA, M. S. Avaliação das propriedades das argamassas de revestimento produzidas com resíduos da construção e demolição como agregado. **Revista Exacta**, São Paulo, v.5, n.2, p.223-230, 2007.

BAKOSS, S.L.; RAVINDRARAJAH, R.S. **Recycled construction and demolition materials for use in roadworks and other local government activities**. Sydney: Scoping Report - Centre for Built Infrastructure Research, University of Technology, 1999.

BERTOL, A.C.; RAFFLER, A.; SANTOS, J.P. **Análise da correlação entre a geração de resíduos da construção civil e as características das obras**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

BRITO FILHO, J. A. Cidades versus entulho. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2., 1999, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Comitê Técnico do IBRACON; CT206 – Meio e Ambiente, 1999. p. 56-67.

CAETANO, M. O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P. Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.16, n.2, p.51-67, 2016.

CARELI, E. D. **Resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para gestão dos resíduos de construção e demolição**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.

CARNEIRO, F.P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CARNEIRO, F. P. *et. al.* Gestão de resíduos da construção civil: uma análise do modelo aplicado em obras de edifícios multipiso na cidade do Recife. **Revista Brasileira De Ciências Ambientais**, Recife, v.10, n. 16, pág. 4-8, 2000.

CASSA, J. C. S; CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S de (org). **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. Salvador: EDUFBA, 2001.

CARVALHO, B. B; FURUKAWA, F. M. **Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis**: estudo de caso: edifício na cidade de São Paulo. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2011.

CLIMATE DATA ORG. **Informações sobre o clima de Jaraguá**. 2015. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/jaragua-286810>. Acesso em: 15 ago. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Sistema Estadual de Gerenciamento Online de Resíduos Sólidos - SIGOR. **Informações sobre as áreas de destinação**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/sigor/informacoes-sobre-as-areas-de-destinacao/#1507859735781-d52477de-3433>. Acesso em: 25 jun. 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução onama nº 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 136, p. 95-96, 2002.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 158, Seção 1, p. 70, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama nº 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 99, p.123, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama nº 448, de 18 de janeiro de 2012. Altera os art. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10º e 11º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, seção 1, p. 95 e 96, 2012.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama nº 469, de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.144, seção 1, p.109-110, 2015.

COSTA, N. *et. al.* Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, Florianópolis, v.12, n. 4, p. 446-456, 2007.

COSTA, R. V. G.; ATHAYDE JUNIOR, G. B.; OLIVEIRA, M. M. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.14, n.1, p.127-137, 2014.

GNECCO, V. **BIM para gestão de resíduos na construção civil**: um estudo de caso na obra do CRAS do município de Biguaçu/SC. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

GRICOLI, A. S. Entulho em canteiro de obra utilizado como material de construção: uma alternativa inadiável. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL – MATERIAIS RECICLADOS E SUAS APLICAÇÕES, 4., 2001, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2001.

KLEIN, F. B.; GONÇALVES-DIAS, S. L. F. **A disposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo**: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

LEAL, U. Sobras que valem uma obra. **Revista Techne**, São Paulo, v. 10, n.55, p.10-14, 2001.

LEITE, M. B. **Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos da construção e demolição**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Curitiba: CREA-PR, 2009. (Série de publicações temáticas do CREA-PR). Disponível em: http://www.crea-pr.org.br/crea3/html3_site/doc/guia/cartilhaResiduos baixa.pdf. Acesso em: 15 maio 2020.

LINHARES, S. P.; FERREIRA, J. A.; RITTER, E. Avaliação da implantação da Resolução n. 307/2002 do CONAMA sobre gerenciamento dos resíduos de construção civil. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, Rio de Janeiro. v.3, n.3, p.176-194, 2007.

LOMBARDI FILHO, P. **Modelo de destinação de resíduos da construção civil baseado na análise da infraestrutura e legislação do município de São Paulo**. 2017. Dissertação (Mestrado Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

MALIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Revista Ambiente Construído**, São Paulo, v.11, n.3, p. 117-130, 2011.

COSTA NETO, J.; SCHALCH, V. Gestão dos resíduos de construção e demolição: estudo da situação no município de São Carlos-SP, Brasil. **Revista Engenharia Civil**, São Carlos, v. 36, p. 41-50, 2010.

NOBREGA, A. R. S. **Contribuição ao diagnóstico da geração de entulho da construção civil no município de Campina Grande, PB**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

OLIVIERI, Hylton. *et. al.* A utilização de novos sistemas construtivos para a redução no uso de insumos nos canteiros de obras: Light Steel Framing. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 45-60, 2017. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000400045&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 abr. 2020.

GONZAGA, E.D.O.; MENDES, O. **Gerenciamento de resíduos da construção civil e demolição: estudo de caso da resolução 307 do CONAMA**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia (GO), 2008.

OLIVEIRA, M. E. D. *et. al.* Diagnóstico da geração e da composição dos RCD de Fortaleza/CE. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.16, n.3, p. 219-224, 2011.

OLIVEIRA, T. Y. M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PASCHOALIN FILHO, J. A.; DUARTE, E. B. L.; FARIA, A. C. Geração e manejo dos resíduos de construção civil nas obras de edifício comercial na cidade de São Paulo. **Revista Espacios**, Caracas, v. 37, n. 6, p.30, 2015.

PENG, C.; SCORPIO, D. E.; KILBERT, C. J. Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations. **Construction, Management and Economics**. Londres, v.15, n. 1, p. 49-58, 1997.

PERINA, J. M. **Potencial de aproveitamento de resíduos da construção civil: o caso do canteiro de obras do CDHU de Pindamonhangaba (SP)**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2014.

PERINA, J. M.; TRANNIN, I. C. B. Proposta para aproveitamento de resíduos da construção civil gerados em canteiros de obras. **Revista Online Sodebras**. Guaratinguetá, v.14, p.192-197, 2019.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP**. São Paulo: Obra Limpa; I&T; SindusCon-SP, 2005

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Dados demográficos dos distritos pertencentes às Subprefeituras**. São Paulo, [2017]. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/subprefeituras/subprefeituras/dados_demograficos/index.php?p=12758. Acesso em: 25 jun. 2020.

SÁEZ, P. V. *et. al.* Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. **Resources, Conservation and Recycling**. Amsterdam, v. 93, p. 67-74, 2014.

SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2008.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**: Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, p. 240, 2019.

SILVA, A. F. F. **Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a resolução CONAMA nº 307/02: estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte**. 2007.

Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SOLIS-GUZMAN, J. A Spanish model for quantification and management of construction waste. **Waste Management**, Nova York, v.29, n.9, p. 2.542-2.548, 2009.

SOUZA, B. A. Análise dos indicadores PIB nacional e PIB da indústria da construção civil. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, Salvador, v.17, n. 31, p.140-150, 2015.

SOUZA, V. B. **Avaliação da geração de entulho em conjunto habitacional popular**: estudo de caso. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

TENÓRIO, J.A.S.; ESPINOSA, D.C.R. Controle ambiental de resíduos. *In*: TENÓRIO, J.A.S.; ESPINOSA, D.C.R. **Curso de Gestão Ambiental**. São Paulo: Manole, 2004. p. 155-212.

VALOTTO, D. V. **Busca de informação**: gerenciamento de resíduos da construção civil em canteiro de obras. 2007. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Londrina, Londrina, 2007.