



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA

PRÓ REITORIA DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA

CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

AMBIENTAL

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUAS
E RESÍDUOS**

IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB

RAPHAEL ALMEIDA DE LIMA

Campina Grande – PB

Fevereiro de 2020

RAPHAEL ALMEIDA DE LIMA

**IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO
DE CAMPINA GRANDE - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento aos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. William de Paiva

Co-Orientador: Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos

Campina Grande - PB

Fevereiro de 2020

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732i Lima, Raphael Almeida de.
Identificação dos locais de descarte inadequado de resíduos da construção civil na área urbana do município de Campina Grande - PB [manuscrito] / Raphael Almeida de Lima. - 2020.
77 p. : il. colorido.
Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2020.
"Orientação : Prof. Dr. William de Paiva , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
"Coorientação: Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos , Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - CCT."
1. Resíduos da Construção Civil. 2. Veículos aéreos não-tripulados. 3. Impactos ambientais. 4. Sistema de Informação Geográfica. I. Título

21. ed. CDD 628.4

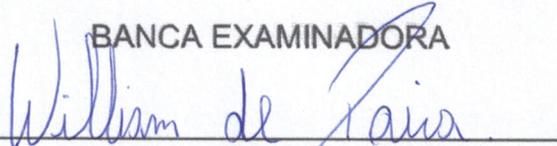
RAPHAEL ALMEIDA DE LIMA

**DESCARTE INADEQUADO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA
ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE - PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental (PPGCTA) da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento aos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

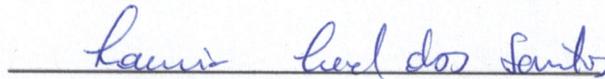
Aprovada em 10 de fevereiro de 2020

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. William de Paiva

(Orientador – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB)



Prof. Dr. Laércio Leal dos Santos

(Co-orientador – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB)



Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira

(Avaliador Interno – Universidade Estadual da Paraíba – UEPB)



Prof. Dr. Gerson Marques do Santos

(Avaliador Externo – Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por concluir mais uma etapa acadêmica. Tu, meu Pai, és quem sonda o meu coração e conhece o meu interior. Mesmo sem entender, obrigado por me trazer até aqui.

Aos meus pais, Valdy Batista de Lima e Ana Claudia Almeida de Lima por ter me concedido o dom da vida.

A minha tia, Maria do Socorro, por todo o suporte e auxílio que recebi para concluir essa pós-graduação com serenidade e sossego.

Ao meu orientador, Prof. Dr. William de Paiva e coorientador, Prof. Dr. Laércio Leal, pela amizade, conselhos e orientações que foram fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

Ao Grupo de Pesquisa em Tecnologia Ambiental (GPTecA), pelo conhecimento e apoio compartilhado.

Por fim, a minha namorada, companheira e melhor amiga, Euliny Santos Santana, por compartilhar sonhos e viver momentos especiais ao seu lado.

A todos vocês, meu muito obrigado.

RESUMO

O descarte inadequado de resíduos da construção civil (RCC) em locais públicos tem provocado diversos problemas de saneamento ambiental aos municípios brasileiros, principalmente aqueles onde a população urbana é densamente concentrada. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo identificar os principais locais de descarte de RCC distribuídos na área urbana do município de Campina Grande, Paraíba, além de monitorar um local de constante descarte visando a construção de diretrizes para o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC). O procedimento metodológico utilizado teve como base o veículo aéreo não tripulado (VANT) e os softwares *Google Earth Pro* e *PhotoScan Pro* na versão *trial*. O *Google Earth Pro* disponibiliza a série temporal de imagens da região. A coleta das informações compreende o período entre março de 2018 e março de 2019. Nesse período, foram identificados e comprovados, 45 locais de descarte inadequado de RCC. As principais áreas de descarte estão localizadas no Bairro da Bela Vista (Id. 4), Monte Castelo (Id. 26), Tambor (Id. 36) e Cruzeiro (Id. 9). Por outro lado, o *PhotoScan Pro* gera imagens tridimensionais, a partir de imagens bidimensionais tiradas por VANT. Através dos resultados obtidos, constata-se que o descarte inadequado de RCC produz um passivo ambiental no tocante a água, solo e ar, bem como abrigam vetores de doença, além de atrair o descarte de resíduo sólido urbano (RSU) para o local. Portanto, as diretrizes para PMGRCC propõem o encerramento das áreas de descarte inadequado de RCC e a definição das áreas habilitadas para esse fim mediante a atuação conjunta entre o poder público, sociedade e o gerador. Além disso, observa-se um resultado eficaz na utilização do VANT em conjunto com o software *PhotoScan Pro*, para execução de trabalhos investigativos e propositivos, como é possível verificar até mesmo pelos volumes calculados, onde os erros variam na ordem de 2%.

Palavras Chaves: Resíduos da Construção Civil, Descarte Inadequado, Veículo Aéreo Não Tripulado, Passivo Ambiental.

ABSTRACT

Improper disposal of construction waste (CW) in public places has caused several environmental sanitation problems to Brazilian municipalities, especially those where the urban population is densely concentrated. Therefore, the present work aims to identify the main disposal sites of CW distributed in the urban area of Campina Grande, Paraíba, as well as to monitor a site of constant disposal aiming at the construction of guidelines for the Municipal Waste Management Plan Civil Construction (MWMPPC). The methodological procedure used was based on Google Earth Pro software, unmanned aerial vehicle (UAV) and PhotoScan Pro trial version. Google Earth Pro provides the region's time series of images. Information collection includes the period between March 2018 and March 2019. During this period, 45 sites of inappropriate CW disposal were identified and proven. The main disposal areas are located in neighborhood da Bela Vista (Id. 4), Monte Castelo (Id. 26), Tambor (Id. 36) and Cruzeiro (Id. 9). On the other hand, PhotoScan Pro generates three-dimensional images from two-dimensional images taken by UAV. From the results obtained, it appears that the inappropriate disposal of CW produces an environmental liability regarding water, soil and air, as well as harboring disease vectors, in addition to attracting the disposal of solid urban waste (SUW) to the site. Therefore, the guidelines for MWMPPC propose the closure of the areas of improper disposal of CW and the definition of the areas authorized for this purpose through the joint action between the government, society and the generator. In addition, there is an effective result of using the UAV in conjunction with PhotoScan Pro software to perform investigative and purposeful work, as can be verified even by the calculated volumes, where errors vary in the order of 2%.

Keywords: Civil Construction Waste, Inappropriate Disposal, Unmanned Aerial Vehicle, Environmental Liability.

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da área urbana do município de Campina Grande.....	35
Figura 2 - Phantom 4 Advanced Pro	39
Figura 3 - Mapa dos locais de descarte inadequado de RCC.....	40
Figura 4 - Possível local de descarte inadequado de RCC (2019)	41
Figura 5 - Série histórica de imagens do local identificado (Bairro - Monte Castelo) ..	42
Figura 6 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Monte Castelo)	44
Figura 7 - Georreferenciamento (Bairro - Monte Castelo).....	46
Figura 8 - Comparativo entre as áreas dos locais de descarte de RCC.....	48
Figura 9 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Bela Vista)	49
Figura 10 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Cruzeiro)	49
Figura 11 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Monte Castelo)	49
Figura 12 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Tambor)	50
Figura 13 - Polígonos delimitando as áreas de descarte de RCC	50
Figura 14 - Mapa de intensidade dos locais de descarte clandestino de RCC	51
Figura 15 - Série histórica do descarte inadequado de RCC (Bairro – Tambor)	52
Figura 16 - Plano de voo do VANT	53
Figura 17 - Dimensões da padiola	54
Figura 18 - Padiola cheia de RCC.....	55
Figura 19 - Pilhas de RCC criadas com o volume da padiola	55
Figura 20 - Traço do perímetro para identificação do volume.....	56
Figura 21 - Ortofoto do local de descarte inadequado de RCC	57
Figura 22 - Modelo Digital de Elevação (MDE) do local de descarte de RCC.....	58
Figura 23 - Imagens em três dimensões do descarte inadequado de RCC (Setor 1) .	59
Figura 24 - Imagens em três dimensões do descarte inadequado de RCC (Setor 2) .	60
Figura 25 - Imagens em três dimensões do descarte inadequado de RCC (Setor 3) .	61
Figura 26 - Fotos dos locais de descarte inadequado de RCC.....	77

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Taxa de recuperação de resíduos da construção civil em alguns países ..	21
Tabela 2 - Classificação dos Resíduos da Construção Civil e suas alternativas.....	26
Tabela 3 - Áreas e coordenadas dos locais de descarte de RCC.....	47
Tabela 4 - Relação entre o volume do RCC processado e a precisão.....	56
Tabela 5 - Volumetria do RCC.....	63

Lista de Quadros

Quatro 1 - Diretrizes e estratégias para gestão do RCC	64
---	----

Lista de Abreviações

ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição
ABRELPE	Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
GPS	Sistema de Posicionamento Global
KML	Keyhole Markup Language
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
PDI	Processamento digital de imagens
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIB	Produto Interno Bruto
PMGRCC	Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil
PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
QGIS	Quantum GIS
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UE	União Europeia
USEPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
VANT	Veículo aéreo não tripulado
XML	Extensible Markup Language

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. GERAL.....	15
2.2. ESPECÍFICOS	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1. INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
3.2. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
3.2.1. Conceitos	17
3.2.2. Impactos Ambientais Negativos	18
3.3. PANORAMA MUNDIAL.....	21
3.3.1. Panorama nacional (Brasil)	25
3.4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	28
3.4.1. Geoprocessamento.....	29
3.5. FOTOGRAMETRIA.....	31
4. METODOLOGIA	35
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	35
4.2. IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE RCC....	36
4.3. SOFTWARES PARA O ESTUDO DE IMAGENS.....	36
4.3.1. GOOGLE EARTH PRO	36
4.3.2. QUANTUM GIS (QGIS).....	37
4.3.3. PHOTOSCAN PRO.....	37
4.4. MAPEAMENTO	38
4.5. MONITORAMENTO VIA AEROFOTOGRAMETRIA	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE RCC.....	40
5.2. MONITORAMENTO POR VANT.....	52
5.3. DIRETRIZES PARA O PMGRCC.....	64
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE	76

1. INTRODUÇÃO

No contexto atual, existem poucos municípios brasileiros que gerenciam corretamente os seus resíduos da construção civil (RCC) ou que possuam o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC). Segundo Neto (2009), cerca de 1% dos municípios brasileiros estabeleceram o seu PMGRCC.

De acordo com a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2017, os municípios brasileiros recolheram cerca de 45 milhões de toneladas de RCC, diminuindo cerca de 0,08% em comparação com o ano de 2016. Esse panorama coincide com os anos anteriores, porém necessita de uma atenção especial devido a coleta não levar em consideração os geradores informais que representam uma parcela importante do RCC produzido (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

Por meio da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n. 307/2002 e suas alterações, buscou-se minimizar a problemática dos resíduos oriundos do processo de construção, demolição e reformas. Dessa forma, foram determinadas diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão adequada do RCC (BRASIL, 2002).

Sabendo da importância da gestão dos resíduos, tendo em vista o desenvolvimento sustentável, surge a necessidade de identificar a poluição difusa provocada pelo descarte inadequado de RCC. Diferentemente de poluição pontual, que se caracteriza por uma ação modificadora localizada, entende-se por poluição difusa as fontes de contaminação que se distribuem aleatoriamente em um sistema, não se concentrando em um único local (PRODANOFF, 2005).

Persistir no hábito de dispor inadequadamente o RCC traz consigo uma série de impactos negativos, como: descarte de resíduo sólidos urbanos (RSU) no local, aumento da proliferação de vetores de doenças, afeta a infraestrutura da cidade, obstrui os sistemas de drenagem e interferem na transição de veículos e pessoas (KLEIN e DIAS, 2017). Com a gestão eficiente e uma fiscalização atuante, é possível amenizar uma série de problemas ocasionados pelas disposições clandestinas de RCC.

O desenvolvimento de novas tecnologias para determinação de áreas, perímetros e volumes de materiais tem crescido no decorrer dos últimos cinco

anos. Atualmente, é constante a utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) para o cálculo da topografia de terrenos em áreas urbanas, rurais e em fazendas. Além disso, em conjunto com os *softwares* de processamento digital de imagens (PDI), é possível utilizar o VANT para a quantificação do volume do RCC. A lógica dessa tecnologia é baseada nos conceitos de Fotogrametria, um método capaz de obter medições e outros produtos geometricamente confiáveis a partir de fotografias (LILLESAND *et al.*, 2014).

Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo identificar os locais de descarte inadequado de resíduos da construção civil na área urbana do município de Campina Grande, Paraíba. Além de utilizar um método inovador para mensurar o volume de resíduos e monitorar sua disposição em um local de frequente descarte na cidade visando fornecer subsídios para formulação do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC).

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

- Identificar a presença de locais de descarte inadequado de resíduos da construção civil visando diretrizes para o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil do município de Campina Grande – PB.

2.2. ESPECÍFICOS

- Mapear os locais de descarte inadequado de resíduos da construção civil;
- Conhecer e aplicar o uso da tecnologia de VANT no acompanhamento da disposição dos resíduos da construção civil em um local de frequente descarte;
- Usar o VANT para obtenção dos volumes de resíduos da construção civil através da aerofotogrametria digital;
- Contribuir e propor diretrizes para o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil do município de Campina Grande – PB através dos resultados obtidos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A datar dos primórdios da vida humana, o homem tem transformado insumos (pedras, madeira, peles, lã, etc.) em produtos fundamentais para sua sobrevivência. Esse antigo processo passou a ser chamado com o tempo de artesanato, no qual, a matéria-prima era manufaturada até chegar ao produto final (PORTAL BRASIL, 2019).

A Revolução Industrial e a decorrente criação de indústrias em cidades americanas e europeias tiveram início por volta do século XVIII e XIX. A demanda por trabalhadores nas fábricas resultou no êxodo rural e, conseqüentemente, proporcionou o aumento populacional desenfreado nas áreas urbanas. Essas imensas aglomerações humanas passaram a consumir energia, alimentos e espaço, dando origem a cidades superlotadas, turbulentas, sem saneamento e, conseqüentemente, sujas. A superpopulação sem infraestrutura, proporcionou os mais diversos problemas de urbanização, dentre eles, abastecimento de água, coleta de esgoto, mobilidade urbana, iluminação, construção de habitações, etc. (PORTAL BRASIL, 2019).

O rápido crescimento demográfico e, por conseguinte, o aumento das atividades do setor construtivo, foi essencial para a urbanização das principais cidades. Com o tempo, a larga exploração dos recursos naturais e o desperdício nas obras de construções, reformas e demolições, elevou a geração de RCC a índices alarmantes (HALMEMAN *et al.*, 2010).

Segundo Karpinsk (2009) a construção civil é o maior consumidor de matérias-primas (até 50% do total de recursos consumidos pela sociedade). Halmeman *et al.*, (2010) complementam afirmando que o setor abrange operações de grande consumo de energia (cerca de 80% da energia utilizada na produção de um edifício são consumidos na produção e transporte de materiais), gera poluição em quase todas as suas atividades (da extração de matérias-primas à produção de produtos como cimento e concreto), e, mesmo durante o uso dos edifícios, os impactos ambientais são inúmeros (o volume de recursos consumidos na manutenção da edificação é semelhante ao da construção). É

natural que, por ser tão representativo na economia nacional, a construção civil seja também um dos grandes vilões ambientais.

Porém, o setor é responsável por aproximadamente 15% do produto interno bruto (PIB) brasileiro, com investimentos que ultrapassam R\$ 90 bilhões por ano e geração de 62 empregos indiretos para cada 100 empregos diretos. A participação chave do setor contribui para a redução do déficit habitacional e aumento de infraestrutura, indispensável ao progresso, assim como, promove o bem-estar social, melhorando a qualidade de vida e gerando renda para a população local (KARPINSK, 2009; HALMEMAN *et al.*, 2010).

3.2. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

3.2.1. Conceitos

Durante a pesquisa bibliográfica em periódicos, dissertações e teses, fica clara a existência de uma variedade de termos utilizados para se referir aos resíduos oriundos da indústria da construção civil. Algumas fontes nacionais tratam como resíduos da construção e demolição (RCD), outras apenas resíduos da construção civil (RCC), e em periódicos internacionais são abreviados como C&D (*construction and demolition*). Neste sentido, esta pesquisa preferiu adotar o termo “RCC”, uma vez que, sob o ponto de vista de classificação, os resíduos do processo de demolição são os mesmos da etapa de construção.

Outra confusão de termos, observada durante o levantamento teórico, refere-se ao uso das expressões “deposição”, “disposição” e “descarte” como se tivessem o mesmo significado. Assim, foi utilizado o termo “disposição” para referir-se ao arranjo da pilha de RCC no local e seu acúmulo, independentemente da condição, se aterrado ou não. O termo “descarte” será usado neste trabalho para definir o ato de se livrar de algo que não é mais útil.

Foi comum também encontrar em algumas publicações a expressão “descarte irregular” para descrever a ilegalidade da colocação de RCC em locais inapropriados. Dessa forma, o termo “descarte inadequado” foi empregado, visto que o RCC está sendo depositado em terrenos baldios, sítios e áreas privadas sem atender a Lei 12.305/2010.

3.2.2. Impactos Ambientais Negativos

A gestão de resíduos sólidos se enquadra nas atividades de saneamento básico, pois existe a interdependência entre este, a saúde e o meio ambiente. Portanto, as ações de gerenciamento de resíduos da construção civil devem ser inter-relacionadas para contribuir com a melhoria da qualidade ambiental proporcionada a população (SILVA *et al.*, 2015).

De acordo com Souza *et al.*, (2004) as discussões sobre as questões ambientais têm ganhado conotação no cenário nacional, uma vez que desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo (mais comumente denominado entulho de construção) ou sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais. Assim, a indústria da construção civil está no centro das discussões da busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões.

A poluição ambiental, de acordo com a Política Nacional de Meio Ambiente (Brasil, 1981), seria pela violação ao art. 3º, inciso III, onde qualquer atividade que cause alteração adversa da qualidade ambiental à saúde, segurança ou bem-estar à população, às atividades sociais e econômicas, à biota, às condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

À medida que os materiais extraídos para o setor da construção civil se movem ao longo do seu ciclo de vida, resíduos são gerados. Degani (2003) reconhece que uma das maiores preocupações referentes à geração descontrolada de RCC é o descarte inadequado. Seus estudos afirmam que esse descarte engloba todos despejos clandestinos em vias e logradouros públicos, terrenos baldios e fundos de vales. Tais despejos são responsáveis pelo surgimento de bota-foras irregulares ou clandestinos, que acabam se transformando em pequenos lixões e, conseqüentemente, prejudica o saneamento ambiental das cidades.

O descarte inadequado de RCC está relacionado à carência de políticas públicas que disciplinem e ordenem os fluxos da destinação dos resíduos da construção civil (PINTO *et al.*, 2005). Essa carência associada ao descompromisso dos geradores no manejo e, principalmente, na destinação dos resíduos, tem provocado diversos impactos ambientais, tais como a degradação das áreas de manancial e de proteção permanente; proliferação de agentes

transmissores de doenças (moscas, baratas, ratos e outros vetores de importância sanitária); assoreamento de rios e córregos; obstrução dos sistemas de drenagem (piscinões, galerias e sarjetas); ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo para a circulação de pessoas e veículos; degradação da paisagem urbana e; atraem o descarte de RSU e de resíduos perigosos (KARPINSK *et al.*, 2009; DELONGUI *et al.*, 2011; LU & TAM, 2013; YEHEYIS *et al.*, 2013).

Historicamente, o poder público municipal enfrenta o problema da limpeza e recolhimento do RCC depositado em local inapropriado como logradouros públicos, canteiros, ruas, praças e margens de rios (IPEA, 2012). A incidência dos locais onde ocorre o descarte inadequado de RCC é predominante nas periferias e áreas ocupadas por população de baixa renda das cidades brasileiras. Schneider (2003) identificou que as regiões de IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) baixo e muito baixo no município de São Paulo concentravam o maior volume de disposições clandestinas de RCC, proveniente das regiões sul e leste da cidade. Resultados similares foram encontrados em Uberlândia-MG (MORAIS, 2006; RIBEIRO & DIAS, 2013); em Passo Fundo-RS (KARPINSK *et al.*, 2009); em Parnaíba-PI (FEIJÃO NETO, 2010); em São José do Rio Preto-SP (SILVA, 2012); e em Montes Claros-MG (MOURÃO *et al.*, 2015).

Uma das medidas para redução do descarte inadequado de RCC é recomendação do Ministério do Meio Ambiente para implantação dos Pontos de Entrega Voluntária (PEV) nos municípios (BRASIL, 2012). Os PEV são locais públicos que disponibilizam gratuitamente equipamentos, a exemplo de caçambas, para a população descartar adequadamente os resíduos da construção civil, resíduos volumosos, resíduos domésticos da coleta seletiva e resíduos enquadrados na logística reversa obrigatória. Nesse sentido, os PEV permitem transformar resíduos difusos em resíduos concentrados, reduzindo-se custos com a limpeza corretiva e, concomitantemente, promovendo a precaução e a prevenção em relação aos impactos socioambientais dos diferentes resíduos.

A externalização dos custos com a coleta e transporte adequado dos RCC por meio do descarte inadequado ocorre, sobretudo, nas áreas periféricas das cidades brasileiras. Feijão Neto (2010) identificou que o descarte inadequado de RCC na cidade de Parnaíba-PI é originado sobretudo das pequenas obras informais, não sendo controlado pelo Poder Público. Moraes (2006) salienta que,

apesar da existência de Centrais de Entulho (PEV) para o recebimento de RCC na cidade de Uberlândia-MG, uma quantidade significativa desses resíduos é descartada clandestinamente, sendo a maior parte nos bairros periféricos e de baixa renda. Nesses bairros, sendo comum a prática da construção informal, tanto de pequenas reformas como autoconstrução, o descarte de RCC é feita pelos próprios geradores ou por pequenos coletores (MORAIS, 2006).

Por outro lado, os instrumentos econômicos podem ser outra maneira de influenciar na quantidade ou composição da geração de resíduos sólidos. Conhecido como o sistema de taxação denominado “pague conforme você descarta” ou *pay as you throw* (PAYT), permite aplicar taxas sobre os consumidores, conforme a quantidade de resíduos gerada. Tal sistema, já existente na Dinamarca e na Alemanha, tem sido implementado em outros países e regiões como na União Europeia, Austrália, Coreia, Canadá, México e Japão, sendo associado com a redução na geração de resíduos, por influenciar no comportamento da população e, assim, levando-a a adotar práticas como a redução do descarte de resíduos e o emprego alternativo da reciclagem e da compostagem dos resíduos orgânicos (VERGARA *et al.*, 2012).

A literatura internacional também destaca o contínuo aumento da geração de RCC a tendência à redução de áreas disponíveis para serem usadas como aterros. Hao *et al.* (2008) destaca que o governo de Hong Kong aprovou em 2005 um programa de cobrança para geração e disposição final de resíduos da construção civil, estabelecendo faixas de precificação muito maiores para o gerador que envia esses resíduos para aterros e, ao mesmo tempo, reduzindo a taxa de cobrança para o envio às usinas de beneficiamento que realizam o reaproveitamento ou reciclagem desses materiais. O uso de taxas diferenciadas para incentivar a reciclagem de RCC e assim reduzir a demanda por aterros é também adotado por alguns países da União Europeia e da Ásia (HAO *et al.*, 2008).

Se, por um lado, tal sistema de taxação tem tido amplo sucesso nesses países na redução dos resíduos enviados para aterros, em contrapartida, também tem sido associado com o aumento do descarte inadequado de RCC (VERGARA *et al.*, 2012). Conforme salientam Ann *et al.* (2013), um dos impactos negativos após a implementação do programa de cobrança de RCC para a destinação final em aterros foi o aumento significativo do descarte inadequado:

o número de ocorrências em Hong Kong passou de 365 casos em 2005 para 1.587 casos em 2006, sendo difícil “...obter a prova concreta do responsável pelo descarte inadequado” (ANN *et al.*, 2013, p. 140).

3.3. PANORAMA MUNDIAL

Países em todo o mundo estão tentando reduzir o RCC introduzindo legislações específicas e aumentando a conscientização dos geradores através de estratégias que permitam o desenvolvimento de uma consciência ambiental. Para conhecer um pouco mais sobre o panorama mundial do RCC, uma breve revisão sobre a geração e taxa de recuperação de RCC em alguns países do mundo será apresentada na tabela 1 e discutida a seguir.

Tabela 1 - Taxa de recuperação de resíduos da construção civil em alguns países

Cont.	País	Geração de RCC (ton)	Taxa de recuperação de RCC (%)	Fonte
Oceania	Austrália	19 mi	81	HYDER CONSULTING, 2011
	China	1,13 - 2,36 bi	8	ISLAM <i>et al.</i> , 2019
Ásia	Coréia do Sul	68 mi	98	YANG <i>et al.</i> , 2015
	Japão	75 mi	95	YONITANI, 2015
	Hong Kong	-	92	WU <i>et al.</i> , 2019
	Cingapura	1,68 mi	99	NATIONAL ENVIRONMENT AGENCY, 2017
	Índia	530 mi	12	XU <i>et al.</i> , 2018
	Bangladesh (Dhaka)	1,28 mi	2	ISLAM <i>et al.</i> , 2019
	Europa	Áustria	35 mi	87
Croácia		1,04 mi	76	EUROSTAT, 2016
Suécia		8 mi	70	WAHLSTRÖM, 2019
Itália		40 mi	98	EUROSTAT, 2016
Dinamarca		6,51 mi	90	EUROSTAT, 2016
Irlanda		-	97	EUROSTAT, 2016
Reino Unido		65,7 mi	96	EUROSTAT, 2016
Islândia		-	99	EUROSTAT, 2016
Alemanha		200 mi	86	EUROSTAT, 2016
Portugal		-	97	EUROSTAT, 2016
Chipre		-	57	EUROSTAT, 2016
Noruega		-	71	EUROSTAT, 2016
Romênia		-	85	EUROSTAT, 2016
Finlândia		-	87	EUROSTAT, 2016
Holanda		30 mi	99	EUROSTAT, 2016
Estônia		2 mi	97	EUROSTAT, 2016
Eslováquia		-	54	EUROSTAT, 2016
França		246 min	71	EUROSTAT, 2016
Espanha		30 mi	79	EUROSTAT, 2016
República Tcheca	6,34 mi	92	EUROSTAT, 2016	
África	África do Sul	22 mi	6	VAN WYK, 2014; DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL AFFAIRS, 2018
América	Brasil	84 mi	6	ABRECON, 2015
	EUA	480 mi	76	TOWNSEND <i>et al.</i> , 2014;

Fonte: Autor (2019)

Os países com taxa de recuperação de RCC acima dos 90% possuem em comum forte investimento no seguimento de gestão de RCC. A maioria dos países têm implementado políticas públicas como leis, regulamentos e diretrizes para disciplinar as atividades da construção civil, com o intuito de reduzir os impactos ao meio ambiente e à saúde pública (LU *et al.*, 2013).

A Holanda possui um sistema organizado de gestão de resíduos e foi considerado o país mais avançado na recuperação de RCC na UE, atingindo 99% de taxa de reciclagem em 2016 (ETC/SCP, 2009; EUROSTAT, 2016). Os elevados índices de reciclagem se devem a proibição do descarte de RCC com alto potencial de recuperação em aterros, obrigação da triagem na origem, facilitação do mercado de produtos reciclados e multas elevadas pelo descarte inadequado. Essas políticas garantiram o processo mais rápido, eficaz e menos dispendioso (MÁLIA *et al.*, 2013).

A Coreia do Sul está continuamente desenvolvendo políticas relativas à reciclagem de resíduos de construção e ao uso da reciclagem como agregado na indústria da construção civil. O uso da reciclagem como agregado não só identificou a fonte alternativa do material no país, mas também adicionou 2,1 bilhões de dólares na economia (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF SOUTH KOREA, 2013).

A reciclagem de RCC pela República Checa começou em 1996 e, logo a seguir, toda a infra-estrutura foi estabelecida. Até 2005, a capacidade de reciclagem de RCC em todo o país ultrapassou quase 7,5 milhões de toneladas, sendo o dobro da capacidade operacional necessária na época (KOHOUTKOVÁ, 2007). Em 2016 o país já tinha alcançado 92% de taxa de recuperação de RCC (EUROSTAT, 2016). O reaproveitamento do desperdício e a eficiência de recuperação contribuem para a gestão na fonte desde o ponto de produção até a reciclagem e reutilização novamente (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT OF CZECH REPUBLIC, 2014).

As taxas de reciclagem no Japão até 2008 melhoraram notavelmente com uma média de mais de 90% em comparação com 57% no ano de 1996 (NAKAJIMA E FUTAKI, 2001), alcançando 95% em 2016 (YONITANI, 2015). Essa mudança notável ocorreu devido à aplicação da lei relacionada à reciclagem de material de construção em maio de 2002 para incentivar o uso de materiais reciclados na indústria da construção (MINISTRY OF THE

ENVIRONMENT OF JAPAN, 2014). Os materiais considerados obrigatórios para reciclagem neste regulamento no Japão incluem o concreto, ferro, madeira e o asfalto. A introdução desse regulamento contribuiu para a conscientização da importância da reciclagem no país, bem como reduziu a quantidade de resíduos direcionados para os aterros sanitários (AKHTAR, 2018).

Segundo a Danish Environmental Protection Agency (1999), em 1997, a taxa de reciclagem de RCC na Dinamarca atingiu 90%, sendo uma das mais elevadas da Europa. A construção de estradas é o principal destino dos resíduos da indústria da construção (DELOITTE, 2015d). O percentual alto de recuperação se deve a introdução de um imposto estadual instituído em 1990 sobre resíduos que não são reciclados e taxas específicas sobre a extração de agregados minerais (MONTECINOS, 2006). O elevado percentual ainda se manteve em 2016 sem indícios de variação (EUROSTAT, 2016)

Entre as nações europeias, a Áustria possui um amplo sistema de gestão de resíduos com 2358 unidades administrativas em todo o país (FEDERAL CHANCELLERY AUSTRIA, 2009). A gestão de resíduos é uma das principais prioridades e a taxa de coleta e reciclagem também é uma das mais altas da Europa. A eficiência não é apenas a marca no campo da gestão de resíduos, mas seguir uma política rígida de manuseio de resíduos tem um papel importante. A gestão de resíduos na Áustria contribuiu com 123,5 milhões de euros na economia do país e gerou 14.779 postos de trabalho, possuindo taxa de recuperação RCC de 87% (MAYR, 2014; EUROSTAT, 2016).

A Alemanha produziu quase 200 milhões de toneladas de RCC, no entanto a taxa de recuperação é de 87% (EUROSTAT, 2016). A eficiência no campo da gestão total de resíduos rende aproximadamente 40 bilhões de euros e quase 200 mil pessoas estão empregadas em toda a Alemanha no seguimento de gestão de resíduos (NELLES *et al.*, 2016).

A produção total de resíduos na França foi em 2016 de aproximadamente 324 milhões de toneladas (EUROSTAT, 2016) e a produção de RCC giraram em torno de 246 milhões de toneladas até 2012, sendo o mais elevado na UE. Apesar de produzir uma enorme quantidade de RCC, a França vem evoluindo e já alcança taxa de recuperação de RCC de 71% em 2016. O percentual é inferior a maior parte dos países da UE (EUROSTAT, 2016).

Na Espanha a taxa de reciclagem e reutilização dos RCC gira em torno de 79% do que é produzido (EUROSTAT, 2016). Segundo o governo espanhol, as causas que levaram a ineficiência da gestão de RCC são: o descarte clandestino e sem controle, bem como, o não cumprimento dos requisitos da legislação de aterro (DE ESPAÑA, 2009). Apesar do crescimento acentuado da taxa de recuperação, semelhante a França, ainda está abaixo da maioria dos países que compõe a união europeia.

Os Estados Unidos da América (EUA) produziram cerca de 480 milhões de toneladas de RCC em 2012, com uma taxa de recuperação de 76%. Do montante, 100 milhões de toneladas corresponde a fração misturada, com taxa de recuperação de 35%. Agregado em massa, principalmente concreto, corresponde a 310 milhões de toneladas com taxa de recuperação de 85% e, 70 milhões de toneladas corresponde a pavimentação e asfaltamento, com taxa de recuperação de 99%. A energia economizada nesse processo é equivalente a 85 milhões de barris de petróleo. Isso também é significativo do ponto de vista econômico, já que nos EUA a indústria de reciclagem de RCC detém 17 bilhões de dólares em valor nominal, com uma produção direta de 7,4 bilhões de dólares (TOWNSEND *et al.*, 2014).

Por outro lado, a China e a Índia são os maiores geradores de RCC no mundo e possuem taxas baixíssimas de recuperação de RCC. A China se destaca alcançando números exorbitantes de geração de RCC, por volta de 1,13 e 2,36 bilhão de toneladas em 2014, no qual 3% são oriundos do processo de construção e 97% do processo de demolição. O elevado índice de produção de RCC se deve a demolição da maioria dos edifícios devido a falta de qualidade e segurança, bem como ao rápido crescimento da infra-estrutura associado a densidade populacional do país (LU, 2014; LIU *et al.*, 2014).

Uma estimativa abrangente sobre a situação ds RCC na China é difícil devido a variáveis complexas e à indisponibilidade de coleta sistemática de dados, portanto a estimativa pode conter um certo nível de incerteza. No entanto alguns autores estimam que a taxa de recuperação de RCC esteja em 8% (ISLAM *et al.*, 2019).

A Índia segue os mesmos padrões chineses, sendo o segundo maior gerador de RCC no mundo, produzindo cerca de 530 milhões de toneladas. O fato surpreendente neste cenário é que os padrões indianos não permitem o uso

de reciclagem como agregado dos RCC no concreto de acordo com o norma IS 383 (*Second Revision*) (1970), onde o uso de materiais de origem natural é incentivado (CENTRE FOR SCIENCE AND ENVIRONMENT INDIA, 2014). Xu *et al.*, (2018) indica que a taxa de recuperação de RCC varia entre 10 e 15%. Por isso, é imprescindível que a Índia comece a considerar suas estratégias de gestão de resíduos, como a Europa e outros países desenvolvidos.

Entre as nações africanas, a África do Sul gerou cerca de 108 milhões de toneladas de resíduo sólido urbano em 2011 e a maior parte (> 90%) em geral é tratada pela técnica de aterro sanitário. O RCC corresponde a 20% do total, consistindo em pouco mais de 21 milhões de toneladas e os que predominam são a madeira e o concreto, com 27% e 23% respectivamente (VAN WYK, 2014). A taxa de recuperação é baixa, está por volta de 6%, e com processo de desenvolvimento a tendência é aumentar a produção de RCC e, conseqüentemente, o potencial de utilização dos aterros sanitários (DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL OF SOUTH AFRICA, 2018).

As legislações também estão sendo desenvolvidas e, atualmente, somente os resíduos não contaminados da construção civil podem ser descartados em aterros sanitários sem impermeabilização. No entanto, isso requer modificações adicionais, sendo necessário introduzir uma taxa especial para a redução de RCC em aterros sanitários. Isto pode levar a taxas de reciclagem mais elevadas que contribuirá para uma demolição eficiente das estruturas (GREENCAPE, 2015).

3.3.1. Panorama nacional (Brasil)

A indústria da construção civil é um dos setores que comandam a economia do Brasil e contribui ativamente para o desenvolvimento urbano. Entre os anos de 1980 e 1996, foi responsável por 65% da formação do investimento bruto nacional. Em 1999, já alcançava a marca de 70% do investimento da economia brasileira (MARQUES, 2005).

Até o final do Século XX, a construção civil elevou a produção de resíduos, todavia, não existia uma política de conscientização voltada para minimizar os impactos negativos relacionados a destinação destes. Alguns estudos dizem que percentual de RCC na massa total de RSU ainda é considerável no Brasil. Segundo Cabral *et al.* (2009), corresponde a 50% enquanto que para Silva

(2012) essa parcela pode alcançar 60% do RSU nos municípios brasileiros. Alguns países da Europa a preocupação com o RCC teve início na década de 1980, contudo o Brasil só começou a enfrentar este problema a partir do Século XXI.

Os estudos sobre a reciclagem de RCC datam de 1983 (LEITE, 2011), porém, somente no final de 1995 as primeiras usinas de reciclagem começaram efetivamente a operar em escala industrial (TAKAHASHI, 2006). Até 2002 o Brasil não tinha políticas públicas para os resíduos gerados pela indústria da construção civil. No mesmo ano entrou em vigor a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente estabelecendo um direcionamento para a gestão do RCC. A resolução dividiu os resíduos da construção civil em categorias diferentes e os classificou com as letras A, B, C e D, conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Classificação dos Resíduos da Construção Civil e suas alternativas

Classe	Resíduo	Alternativas
A	Argamassa, concreto, resto de tijolos e telhas, escavação do solo.	Reutilização como agregado, camadas de sub-base, reaproveitamento na obra.
B	Plástico, gesso, papelão, metais, madeira, vidros, latas de tintas vazias.	Reciclagem e reutilização específica, reaproveitamento na obra.
C	Massa corrida, massa de vidro e lixas.	Sem destinação específica.
D	Tintas, solventes, óleos, graxas, material radiológico, telhas de amianto.	Aterro de resíduos perigosos.

Fonte: CONAMA (2002) e suas alterações.

Os resíduos de classe A são os recicláveis ou reutilizáveis como agregados e representam cerca de 90% do total de RCC. Os de classe B são os resíduos recicláveis e reutilizáveis para outras finalidades. O RCC de classe C são os resíduos que ainda não possuem tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para reciclagem. Por fim, os de classe D são os resíduos perigosos (BRASIL, 2002).

Porém, foi a partir de 2010 que a aprovação da Lei 12.305 definiu a forma de como o país deve dispor os seus resíduos, além de incentivar a reciclagem e a sustentabilidade. A Lei é fundamentada no princípio da responsabilidade compartilhada, descrito no art. 3º inciso XVII, uma vez que a maioria dos problemas ambientais possui, no fim da cadeia de consequências, reflexo nas

questões ambientais, sociais e econômicas, culminando por impactar a sociedade como um todo. Assim, todos os agentes envolvidos na fabricação, distribuição, venda e consumo são responsáveis pelos seus resíduos.

A Lei determina também o encerramento dos conhecidos “lixões” (local para onde o resíduo é destinado sem tratamento ou separação) até o ano de 2014, assim, para os aterros sanitários apenas serão destinados os rejeitos. Se houver uma efetiva fiscalização da lei, o fechamento dos “lixões” e incentivos para o tratamento e a reciclagem de resíduos sólidos como papel, plásticos, metal e principalmente, dos resíduos da construção civil, será possível estimular a economia e, conseqüentemente, gerar emprego e renda.

Entre os serviços de construção, reforma e demolição, os de reforma e demolição contribuem com 60% do total de RCC produzido, enquanto que o processo construtivo participa com 40%. A escavação do solo é um dos setores com menor contribuição neste cenário (FAVARETTO *et al.*, 2017). Estima-se que a produção de RCC no Brasil é de mais de 84 milhões de toneladas por ano. Embora o governo tenha implementado recentemente um conjunto legislações relativas à reciclagem de resíduos, no entanto, a taxa de recuperação é mínima quando comparado com outros países, ficando em torno de 6% (CONTRERAS *et al.*, 2016; PAZ, 2016; BRASILEIRO, 2015; ABRECON, 2015).

O país possui 5.564 municípios, dos quais, 4.031 municípios (72,45%) possuem “serviço de manejo dos resíduos de construção e demolição”; em 392 municípios (7,05%) verifica-se a “existência e algum tipo de processamento dos resíduos”, em 124 (2,23%) existe a “triagem simples dos resíduos de construção e demolição reaproveitáveis (classes A e B)”, em 14 (0,25%) existe “triagem e trituração simples dos resíduos classe A”, em 20 (0,36%) existe “triagem e trituração dos resíduos classe A, com classificação granulométrica dos agregados reciclados” e somente em 79 municípios (1,42%) existe o programa de “reaproveitamento dos agregados produzidos na fabricação de componentes construtivos (IBGE, 2008). Somente uma parte do RCC desses municípios é destinada às usinas de reciclagem, deixando evidente que a maioria não é reciclada.

A maior parte dos resíduos produzidos que envolve a construção civil é composto por restos de argamassas, tijolo, alvenaria, concreto, cerâmica, gesso, madeira, metais, etc., que são descartados em aterros sanitários devido à

ausência de mercados para suas formas recicladas (DURAN, 2006). Esse material poderia servir de matéria-prima para agregados de ótima qualidade, podendo ser utilizados de forma direta ou indireta na construção civil como: confecção de tijolos, blocos pré-moldados, meio-fio, calçadas, argamassa de revestimento, camadas de base e sub-base, pavimentos, entre outros (BRASILEIRO, 2015).

Rezende *et al.* (2016) realizaram um estudo de campo para avaliar a estrutura de um pavimento asfáltico construído com agregado reciclado. Durante um período de 8 anos foram efetuados os ensaios de frasco de areia, *speedy test*, teste de densidade nuclear, *panda tests*, teste de carga em placa e *benkelman beam test*. Os autores concluíram que o agregado de reciclagem apresenta parâmetros semelhantes aos materiais granulares naturais tradicionalmente utilizados.

O desenvolvimento de métodos que visem reutilizar o RCC é crucial e já vem sendo estudado há anos. A venda se configura num bom método para sua reutilização, porém, existem alguns entraves para que ela se concretize. De acordo com o último relatório da Abrecon de 2015 as principais causas são a inexistência de legislação que incentive o consumo (31%), elevada carga tributária (26%) e a falta de conhecimento do mercado (26%) (ABRECON, 2015).

A Abrecon (2015) complementa dizendo que é possível melhorar estes aspectos através de uma maior aquisição de agregados reciclados pela iniciativa pública, exigindo o uso prioritário deste no edital de licitação, maior fiscalização do destino do RCC em pequenas e grandes obras, redução de ICMS para agregados reciclados e isenção de IPTU. Existem decretos em vários municípios do país que especificam o uso prioritário de agregados reciclados. Porém, na maior parte das cidades, tal decreto não tem sido respeitado.

3.4. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A sucessiva preocupação com a preservação dos sistemas ambientais traz consigo a necessidade de uma decisão precisa que abranja as interações complexas entre os recursos naturais existentes e a sociedade como um todo. Essa angústia com o ambiente se refere a processos de erosão, ações antrópicas, poluição dos recursos hídricos, mudanças climáticas, contaminação do solo, entre outros. Para mapear e monitorar tais mudanças, bem como definir

as ações prioritárias é necessário o uso de programas que colem informações temporais sobre os recursos naturais existentes, por meio de tecnologias espaciais e Sistema de Informação Geográfica (SIG) (MIRANDA, 2005).

O termo Sistema de Informação Geográfica é usado de forma genérica para sistemas computacionais que tenham capacidade de manipular dados geográficos. A palavra informação, do termo SIG, pressupõe que os dados no SIG estejam preparados para produzir conhecimento útil, na forma de mapas e imagens, estatísticas, gráficos, etc. Já a palavra geográfica implica o conhecimento da localização dos itens de dados, ou que eles possam ser calculados por meio de coordenadas geográficas (BONHAM-CARTER, 2014)

Na esfera computacional, o SIG é definido como um grupo de funções ajustadas através de componentes físicos (*hardware*) e programas (*softwares*) exclusivamente projetados para capturar, armazenar, atualizar, manipular e apresentar variadas informações georreferenciadas. O SIG possibilita a manipulação e a geração de produtos cartográficos, bidimensionais ou tridimensionais, através da união de dados e a análise de informações, com o objetivo de viabilizar a tomada de decisão por parte do usuário (BERNHARDSEN, 1999, apud SALAMUNI, 2001).

Os programas utilizados em SIG, estão necessariamente fundamentados na compreensão sobre topologia, que, de acordo com Câmara *et al.* (1996) é definida como a estrutura de interação espacial (vizinhança, proximidade e pertinência) desenvolvida entre os pontos geograficamente referenciados. Assim, a topologia representa a conectividade entre os limites contíguos ou polígonos (áreas) em um mapa (DE PINA, 2000). Colocando de forma mais simples, as ferramentas de SIG gerenciam informações identificadas por sua localização. A escolha por esta tecnologia, tem por objetivo aperfeiçoar a eficiência operacional e permitir um melhor gerenciamento das informações estratégicas, tanto para reduzir os custos operacionais como para agilizar o processo decisório.

3.4.1. Geoprocessamento

Segundo Fitz (2018), o geoprocessamento é uma das ferramentas que compõem o SIG mais utilizadas pelos profissionais da geociência. Bonham-Carter (2014), o define como um sistema de coleta e tratamento de informações

espaciais e cartográficas, interpoladas com dados estatísticos, por meio de um programa computacional.

Os softwares de geoprocessamento podem ser pagos ou gratuitos e proceder com dados em tempo real ou quase real. Em geral, as geotecnologias fornecem informações importantes, executam os dados levantados, realizam análises e cruzam informações georreferenciadas. Dessa forma, o uso dessas tecnologias ambientais pode ser fundamental para o planejamento de ações e o monitoramento dos impactos ambientais (DE SOUSA *et al.*, 2018).

Planejar o crescimento urbano é a melhor forma de manter o controle sustentável sobre a expansão territorial em uma cidade. Diante disso, o geoprocessamento contribui fornecendo informações sobre o relevo do terreno, de forma física ou digital, com a representação em planta, permitindo o usuário identificar a altitude em qualquer parte da carta topográfica. O geoprocessamento também auxilia fornecendo as linhas imaginárias do terreno conhecidas como curvas de nível. Essas linhas possuem a mesma altitude ao longo do seu percurso e tem como parâmetro uma superfície de referência que em geral é o nível do mar.

Outro benefício do geoprocessamento é o Modelo Digital de Elevação (MDE), caracterizado por ser um produto do tipo *raster* (formado por *pixels*) que, de acordo com Fitz (2018), é um modelo matricial que contém a descrição de cada célula (pixel) que compõem a imagem. O MDE permite a visualização (célula a célula) da altimetria do terreno representando de forma bidimensional o espaço, permitindo visualizar o gradiente de distribuição da altimetria em relação ao nível do mar. Além das principais formas de representação do relevo, o MDE também pode ser usado para extrair informações de declividade, orientação de vertentes e curvatura do terreno (MARION, 2011). Essas informações são consideradas de grande importância para análise e monitoramento da superfície terrestre em cidades e municípios.

Estima-se que cerca de 80% das atividades realizadas no setor público são inerentes ao fator localização. Trata-se de uma tecnologia que cada vez mais amplia seu espaço de utilização, em especial nas prefeituras, onde o seu uso pode alcançar as áreas mais diversas como: ordenamento e gestão do território, otimização de arrecadação, localização de equipamentos e serviços públicos, identificação de público-alvo de políticas públicas, gestão ambiental,

gerenciamento do sistema de transportes, comunicação, gerenciamento de resíduos e entre outros (STASSUN, 2012).

3.5. FOTOGRAMETRIA

Etimologicamente, a palavra fotogrametria (*photon* [luz], *grafos* [escrita] e *metron* [medições]) significa medições executadas através de fotografias. Existem diversos procedimentos e tecnologias para estudar os impactos ambientais e uma delas é a Fotogrametria. Segundo Coelho (2007), “o consenso geral define tal termo, grosso modo, como a ciência e tecnologia de se obter informação confiável por meio de imagens adquiridas por sensores”. Essa técnica evoluiu de acordo com os equipamentos e instrumentos envolvidos no processo: fotogrametria analógica (1901-1950), fotogrametria analítica (1951-1990) e digital (1990 – até o presente), sendo a última dividida em fotogrametria aérea, de satélite e fotogrametria de curta distância.

Uma das suas finalidades é reduzir o trabalho de campo no levantamento de coordenadas de um ou vários objetos, bem como, o tempo de obtenção de tais informações. Entretanto, Coelho *et al.* (2007) afirma que “o objetivo principal pode ser enunciado como a reconstrução de um espaço tridimensional, chamado de espaço-objeto, a partir de um conjunto de imagens bidimensionais, chamado de espaço-imagem”. Compreende-se por espaço objeto qualquer elemento, ou conjunto de elementos tridimensionais a ser imageado e por espaço imagem, tudo aquilo que é registrado por um meio fotográfico.

Trata-se, então, da transformação do sistema fotográfico (bidimensional), definido por coordenadas de calibração em cada câmara, em um sistema tridimensional representado pelo próprio objeto, sem o contato físico.

A fotogrametria digital, fase atual da fotogrametria, possui como uma das suas características principais a simplificação dos processos. A utilização de computadores substituiu o alto grau de automação e reduziu os custos dos instrumentos fotogramétricos, uma vez que estes passaram a ser obsoletos (AMORIM, 2012).

Da Silva (2015) diz que, a fotogrametria digital é a evolução contemporânea da fotogrametria que otimizou os aspectos geométricos do uso de fotografias, com o intuito de atingir valores precisos de comprimento, altura e formato. A obtenção das imagens ocorre principalmente através de câmeras

digitais de alta resolução. A tecnologia baseia-se no emprego de imagens digitais, armazenadas em disco rígido, na forma de pixels. Ela é totalmente fundamentada no princípio da estereoscopia e na orientação analítico-digital das fotos, trabalhando com imagens no formato digital. Segundo Fitz (2018), estereoscopia é um fenômeno natural que ocorre ao observar duas imagens fotográficas ao mesmo tempo em uma cena, capturadas a partir de duas estações diferentes, com as devidas sobreposições.

Apesar dos computadores apresentarem alto desempenho no processamento de um amplo volume de dados, assim como, avanços nas plataformas físicas e lógicas, os métodos ainda exigem a supervisão e eventual intervenção humana.

A fotogrametria aérea ou aerofotogrametria é uma ramificação da fotogrametria em que os registros fotográficos de um espaço-imagem ou espaço-objeto são realizados por uma câmera de alta precisão instalada, preferencialmente, em um veículo aéreo não tripulado (TOMMASELLI, 2009).

A transformação de imagens bidimensionais em objetos tridimensionais se dá por meio da fototriangulação ou popularmente chamado de aerotriangulação. É o procedimento em que se determina as coordenadas do terreno ou do espaço-objeto por meio dos pontos fotogramétricos selecionados sobre as imagens fotográficas (espaço-imagem). O método aéreo permite a economia de tempo na produção de dados cartográficos digitais, bem como implica na redução dos custos de produção dos mapas topográficos, especialmente no que se refere às atividades de levantamento geodésico e topográfico (COELHO, 2007).

A determinação de coordenadas tridimensionais de pontos sobre a superfície terrestre baseia-se no princípio da visão ocular do ser humano que, por um sistema binocular, visualiza a profundidade dos objetos no espaço físico. As informações armazenadas na retina dos olhos são transmitidas ao cérebro que as funde, fazendo com que o ser humano visualize tridimensionalmente os objetos (GROETELAARS, 2013).

Do mesmo modo funciona o princípio da aerofotogrametria, ou seja, as fotografias são obtidas em série, ao longo de uma faixa de vôo, com sobreposições longitudinais e laterais em relação à sua fotografia sucessiva,

possibilitando a reconstrução tridimensional dos objetos ou a medição de suas posições planimétrica e altimétrica (RIBEIRO, 2011).

As câmeras fotogramétricas aéreas devem permitir a tomada de uma grande quantidade de fotos em uma sequência rápida, mantendo as mesmas orientações e regularidade enquanto a aeronave se move. A câmera deve ter um ciclo de funcionamento, com lentes rápidas e obturadores eficientes, além de serem resistentes a intempéries (TOMMASELLI, 2010).

Os modelos tridimensionais são formados mediante o processamento de uma série de imagens fotográficas com alta resolução (GROETELAARS, 2013). As fotos são processadas de modo manual, semiautomático e automático. Este último surgiu recentemente e fundamenta-se na construção de modelos a partir da geração de nuvens de pontos por processamento digital de imagens e princípios da fotogrametria. Vários são os termos utilizados para designar essa tecnologia e que têm como finalidade a obtenção da geometria de objetos e cenas a partir de imagens em duas dimensões (DONEUS *et al.*, 2011).

A aerofotogrametria possui outras vantagens como ser um método de registro indireto, sem a necessidade de tocar no objeto alvo de registro, bem como, correr o risco de danificar os materiais sensíveis. É também durável, pois o seu armazenamento é digital, podendo ser simplesmente copiado. Além do mais, é reutilizável, já que as fotos que compõem a base do registro fotogramétrico oferecem a possibilidade de refazer o modelo fotogramétrico com melhor resolução e em velocidades mais rápidas no futuro. Por último, a versatilidade e manipulação das saídas dos modelos tridimensionais fazem, também, da fotogrametria uma ferramenta útil para promover a distribuição de dados e realizar apresentações públicas (MAGALHÃES, 2018).

No entanto existem algumas limitações. Uma delas é a falta de controle direto sobre os dados gravados. As fotografias precisam estar em um conjunto completo ou, pelo menos, quase completo, antes de poderem ser processadas no *software*, uma vez que os dados incorretos não podem ser reconhecidos antes de o processamento ter terminado. Assim, o usuário precisa estar ciente desse aspecto do processo, pois, dependendo das condições os dados podem ser irrecuperáveis. Assim sendo, é necessário desenvolver, de antemão, um entendimento fundamental de como a tecnologia reconstrói um ambiente espacial através de uma série de fotografias e ter familiaridade com estratégias

de registro fotográfico, para que se realize um bom levantamento fotogramétrico e, conseqüentemente, um bom modelo tridimensional. Um ponto negativo desta metodologia é o grande volume de dados gerados (MAGALHÃES, 2018).

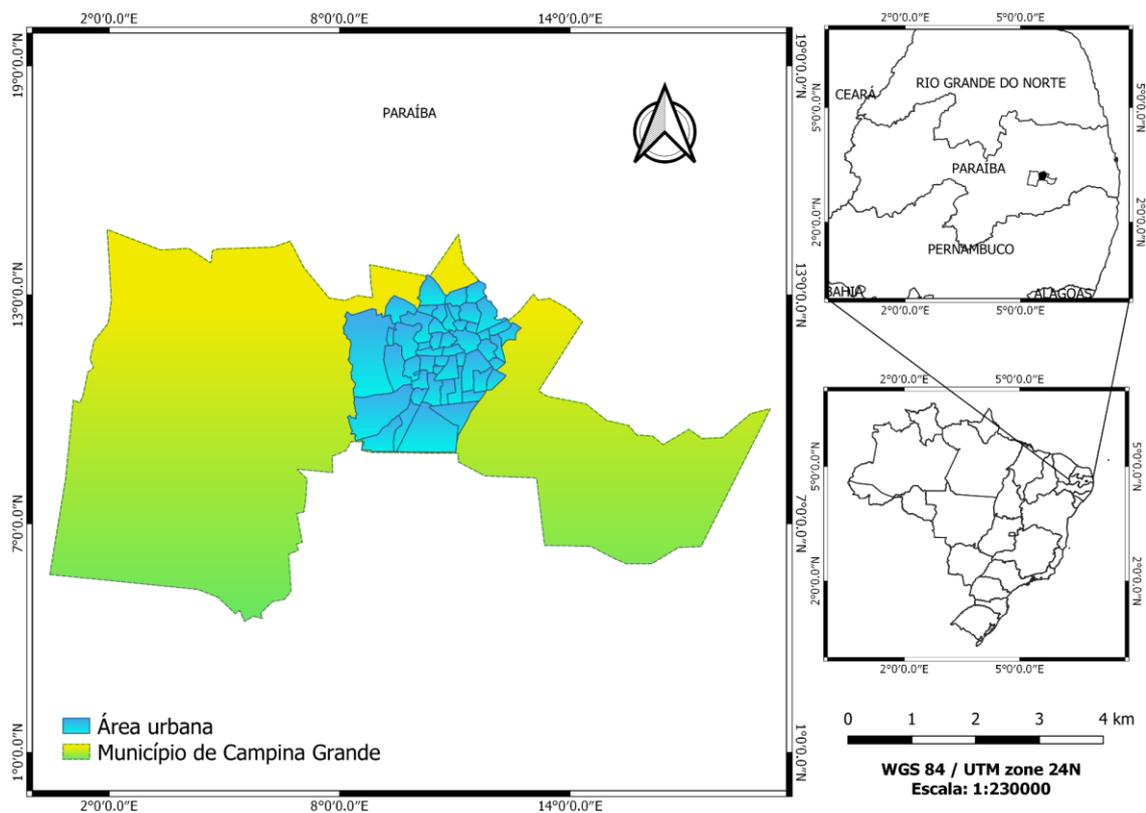
4. METODOLOGIA

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos a metodologia aplicada consiste nas seguintes etapas: caracterização da área de estudo, identificação e mapeamento dos locais de descarte inadequado de RCC e o monitoramento via aerofotogrametria digital. Com os resultados alcançados serão determinadas as diretrizes para o PMGRCC.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local de estudo para esta pesquisa experimental é a área urbana do município de Campina Grande, PB (Figura 1). A cidade possui uma população, estimada para 2018, de 407 mil habitantes com densidade demográfica de 648,31 hab/km². O município possui um clima semiárido quente com precipitação média anual variando entre 700 e 800 mm, com picos de chuvas intensas. A cidade está subdividida em 52 bairros e localiza-se no planalto da Borborema. A economia se divide em atividades industriais, construção civil, comércio varejista e atacadista, extração mineral, pecuária e agricultura (IBGE, 2010).

Figura 1 - Localização da área urbana do município de Campina Grande



Fonte: Autor (2019)

4.2. IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE RCC

Entre março de 2018 até o março de 2019 foi realizada a identificação dos principais locais de descarte inadequado de resíduos oriundos da construção civil através do *software* livre *Google Earth Pro*.

Para isso, foi utilizado o arquivo *Shape* da cidade de Campina Grande disponibilizado pela Secretaria Municipal de Planejamento (SEPLAN). O arquivo *Shape* é um formato de arquivo que contém dados geoespaciais que podem ser utilizados pelo SIG. Uma das responsabilidades da SEPLAN é a atualização e o geoprocessamento das informações geográficas como a delimitação territorial dos bairros, contendo número da população, extensão, dentre outros. A partir do mapa da cidade de Campina Grande, foi realizado o reconhecimento por bairro, assinalando os possíveis pontos de descarte de RCC.

Por meio da visualização da série histórica de imagens dos anos anteriores disponibilizado no *Google Earth Pro*, foram identificados os locais plausíveis de descarte clandestino de RCC. Em seguida, foi realizada a visita *in loco* e registros fotográficos para comprovar a presença de RCC no local. Essa comprovação é importante para legitimar ou desconsiderar o que foi visto no programa computacional, tendo em vista que, apesar de fornecer imagens atualizadas, elas não são em tempo real e necessitam de validação.

Outro ponto importante, é que os locais de descarte de resíduos possuem características fixas ou sazonais, ou seja, alguns depósitos existem há bastante tempo e outros variam de acordo com a época do ano, por este motivo a confirmação no local é importante. Posteriormente à confirmação *in loco* do local de descarte de RCC, foi traçado um polígono no *Google Earth Pro* delimitando a área atual do local onde está sendo depositado o RCC e, conseqüentemente, seu georreferenciamento.

4.3. SOFTWARES PARA O ESTUDO DE IMAGENS

4.3.1. Google Earth Pro

O *Google Earth Pro* (GEP) é a simulação de um globo terrestre virtual, que utiliza dados de elevação e imagens de satélite de fontes variadas. O sistema utiliza linguagem *Keyhole Markup Language* (KML) e, apesar do ceticismo de muitos especialistas quanto à sua utilização para fins científicos,

vem sendo comprovado que sua base de dados possui confiabilidade para muitos fins, dentre eles o mapeamento do uso e cobertura da terra em escalas detalhadas (SZTUTMAN, 2014).

Outras características vantajosas são: possibilidade de integração com outro SIG; atualização contínua do seu banco de dados; possibilidade de realizar visualizações e análises em modelos tridimensionais; criar, gerir, e sobrepor camadas; e possibilidade de exportar imagens e mapas editáveis de alta resolução. Essas funcionalidades destacam o *Google Earth Pro* como um forte aliado na avaliação do uso e cobertura da terra (PEREIRA *et al.*, 2018).

4.3.2. Quantum Gis (Qgis)

O *software* Quantum GIS é um SIG de livre acesso que suporta diversos formatos de dados vetoriais, matriciais e banco de dados. Além disso, o QGIS fornece recursos que permitem gerar, visualizar, gerenciar, editar e analisar dados, além de permitir composição de mapas imprimíveis e exportáveis em diversos formatos. O QGIS também é capaz de integrar outros programas de SIG e *softwares* em suas análises, bem como, diversas bases de dados à medida que novos complementos têm sido desenvolvidos (GUIMARÃES *et al.*, 2012; NANNI *et al.*, 2017).

O *software* conta ainda com um manual do usuário frequentemente atualizado e disponível em diversas línguas, o que junto com sua maleabilidade de funções via arquitetura de *plug-ins*, faz com que o QGIS seja adaptável às necessidades de qualquer usuário (GUIMARÃES *et al.*, 2012). Além de ser um *software* livre, o QGIS possui mais recursos para a estética de mapas que outros programas disponíveis no mercado.

4.3.3. Photoscan Pro

O *software* *Photoscan Pro* pertence a empresa AGISOFT. O programa permite um fluxo de trabalho completamente automatizado em que qualquer pessoa, mesmo não sendo um especialista, possa processar milhares de imagens aéreas e produzir dados fotogramétricos precisos e de altíssima resolução (AGISOFT, 2014).

A lista de funcionalidades inclui fototriangulação aérea e terrestre com exportação dos dados para outros *softwares* fotogramétricos, geração de nuvens

de pontos e modelos poligonais triangulares 3D, Modelo Digital de Elevação (MDE), Modelo Digital de Terreno (MDT) e Modelo Digital de Superfície (MDS), ortofoto verdadeira em alta resolução, processamento de imagens multiespectral, entre outras funções (AGISOFT, 2014).

4.4. MAPEAMENTO

Para a visualização geral e espacialização dos dados, os locais identificados, reconhecidos, delimitados e georreferenciados no *Google Earth Pro*, foram exportados em *Keyhole Markup Language* (KML) para o QGIS 2.18.15. O arquivo KML é um formato de arquivo usado para exibir dados geográficos em um navegador da Terra, como *Google Earth* e *Google Maps*. O KML utiliza uma estrutura com elementos e atributos alinhados e se baseia no padrão *Extensible Markup Language* (XML) do Excel.

Com os atributos exportados, foi criado um mapa chamado “mapa de intensidade” que permite a visualização das áreas com maior e menor incidência de descartes de RCC. O mapa de calor é uma das melhores ferramentas para visualização de dados de densidade de pontos, sendo utilizado para identificar facilmente a concentração de uma determinada atividade. Dessa forma, é possível estimar a vulnerabilidade natural e a influência dos locais de descarte de RCC na área urbana da cidade de Campina Grande.

4.5. MONITORAMENTO VIA AEROFOTOGRAMETRIA

Para a realização do monitoramento foi utilizado o VANT, conhecido como *Drone*, *Phantom 4 Pro* da fabricante chinesa *DJI*, que possui sistema de posicionamento por satélite via Sistema de Posicionamento Global (GPS), câmera RGB de 20 MP, bateria com autonomia de voo de 30 minutos e *link* de rádio com alcance máximo de 8 km (segundo a empresa *DJI* fabricante do equipamento), conforme Figura 2.

Figura 2 - Phantom 4 Advanced Pro



Fonte: Site da empresa DJI (2019).

A partir dos locais reconhecidos via *Google Earth Pro* e visita *in loco*, foi realizado o monitoramento fotogramétrico com o *Drone* em um local de descarte inadequado de constante movimentação. O depósito escolhido possui características fixas, ou seja, é um local de constante descarte de RCC. O *Drone* obedeceu um plano de voo traçado previamente de modo a abranger todo o local escolhido.

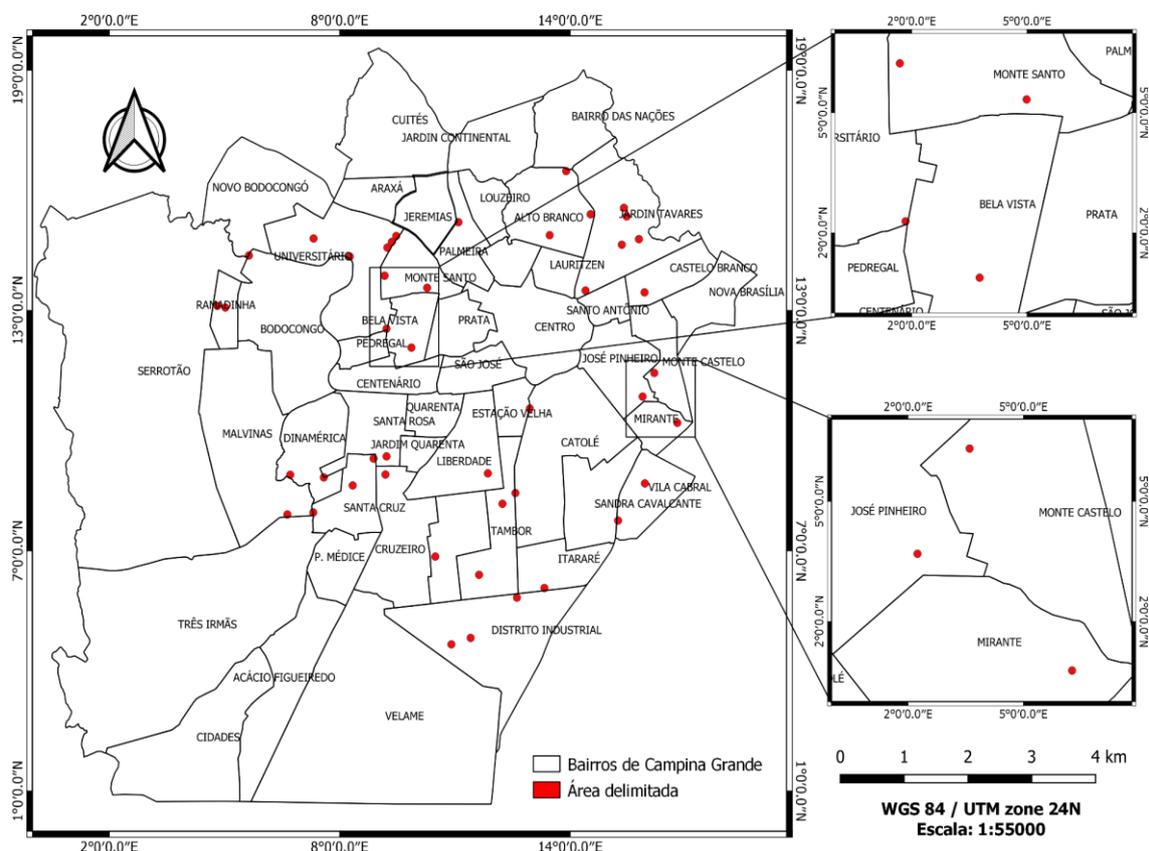
O processamento das imagens registradas por meio do *Drone* foi através do *software PhotoScan Pro* da AGISOFT LLC na versão *trial*. O programa processa milhares de imagens aéreas e permite a geração de ortofotos geograficamente referenciadas em alta resolução, modelos digitais de elevação texturizados excepcionalmente detalhados, bem como, o volume de formas geométricas no plano. Para a determinação do volume, foi verificado a eficiência do *software* mediante o posicionamento de pequenos volumes conhecidos no local de descarte para confirmar que o volume calculado pelo *PhotoScan Pro*, condiz com a realidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. IDENTIFICAÇÃO E MAPEAMENTO DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE RCC

Através dos resultados obtidos na pesquisa foi possível observar zonas periféricas e bairros que apresentam expansão territorial, ou seja, são áreas mais susceptíveis a acumulação de RCC. O descarte inadequado desse resíduo foi encontrado em quase todos os bairros da cidade de Campina Grande, principalmente em lotes vazios, áreas de recreação, logradouros e terrenos baldios. Nesse sentido, foram identificados por meio do SIG quarenta e cinco (45) áreas de descarte inadequado de RCC conforme a Figura 3.

Figura 3 - Mapa dos locais de descarte inadequado de RCC



Fonte: Própria (2019)

Além da presença do RCC, essas áreas atraem o frequente descarte de resíduo sólido urbano e, em alguns casos, resíduos industriais, resultando em prejuízo a saúde pública e ao saneamento ambiental da cidade, devido ao aparecimento de vetores de doenças.

A partir da caracterização da área de estudo foi possível obter algumas imagens de locais de descartes de RCC. A imagem representa um local na zona leste da cidade, especificamente no bairro do Monte Castelo. Aparentemente é possível visualizar um local de área considerável, com movimentação de terra e rodeado por vegetação e residências de baixo padrão, conforme a Figura 4.

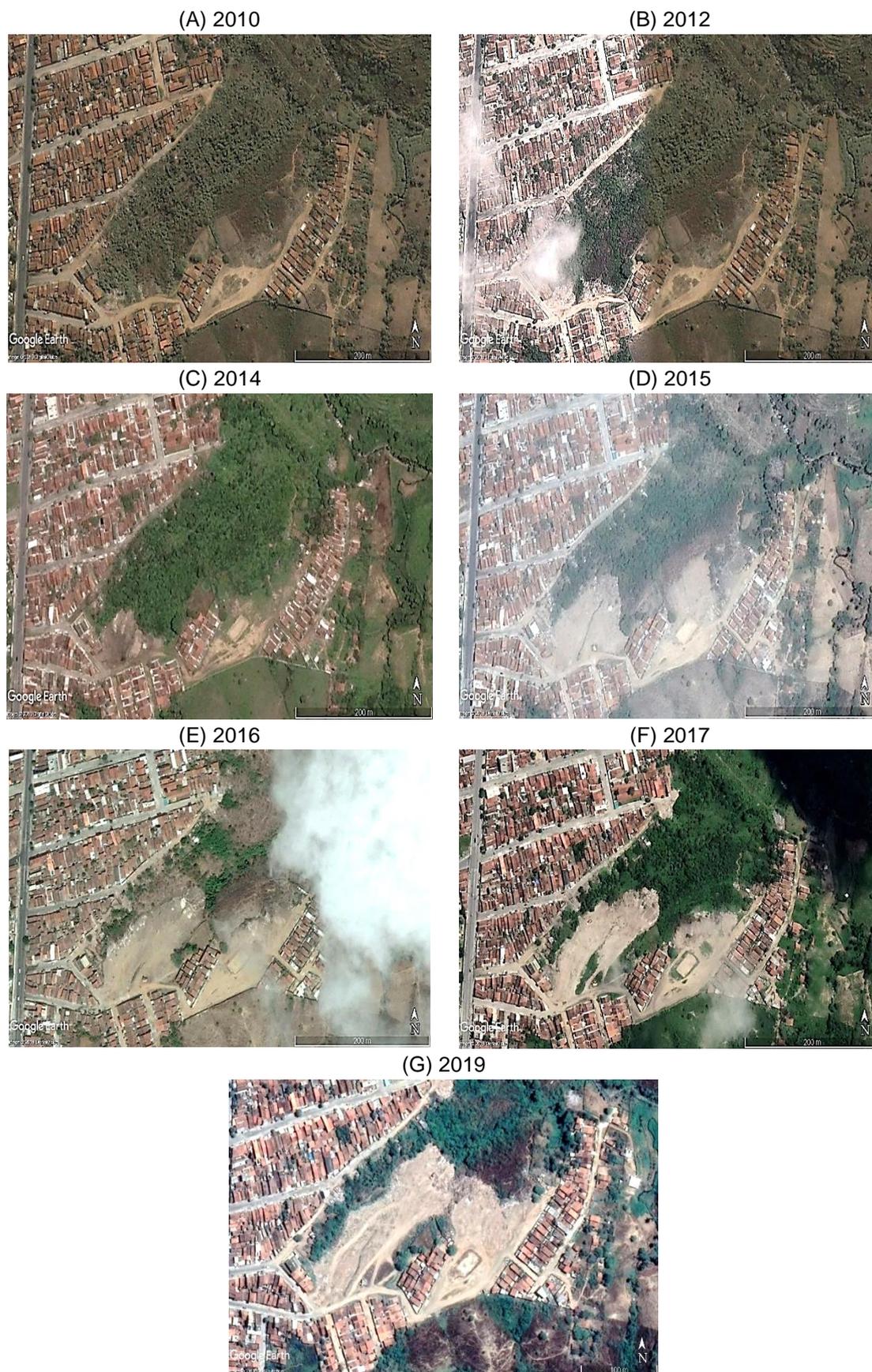
Figura 4 - Possível local de descarte inadequado de RCC (2019)



Fonte: *Google Earth Pro* (2019)

Diante disso, o programa *Google Earth Pro* disponibiliza uma ferramenta que permite avaliar a área como um possível depósito tendo como base a série histórica de imagens. Nesse local da Figura 4 foi observado que no decorrer dos últimos anos houveram diversas alterações no terreno. A Figura 5 (A – G), apresenta essa análise temporal no decorrer dos anos de 2010 a 2019, porém, algumas imagens que apresentavam erro do programa ou incidência de nuvens sobre o local foram desconsideradas.

Figura 5 - Série histórica de imagens do local identificado (Bairro - Monte Castelo)



Fonte: Google Earth Pro, 2019

Diante do que foi ilustrado na Figura 5, com análise temporal das imagens fornecidas pelo *Google Earth Pro*, é possível visualizar nitidamente a evolução do descarte inadequado de RCC no local identificado. Através das imagens, nota-se que o local indicado possui grande volume de vegetação, além de ser rodeado por residência unifamiliar.

A Figura 5 (A), referente ao ano de 2010, revela que na época o local não apresentava modificações consideráveis no terreno. A partir do ano de 2012, como consta na Figura 5 (B), é possível perceber o início do aterramento de RCC no local. Nos anos de 2014 e 2015, conforme a Figura 5 (C) e (D) respectivamente, o terreno já apresentava uma área maior de espalhamento de RCC. Inclusive, no ano de 2015, nota-se um local adjacente ao dos anos anteriores que provavelmente se encontrará com o fluxo de crescimento do depósito inicial.

Os anos de 2016 e 2017, que se encontram na Figura 5 (E) e (F) respectivamente, verifica-se um crescimento acentuado no aterramento de RCC, com destaque para um leve contraste na vegetação nativa que, provavelmente, refere-se à estação do ano em que a imagem foi registrada.

No ano de 2019, na Figura 5 (G), é visualizado o encontro entre o depósito primário e o adjacente, conforme discutido anteriormente, e evidencia o aterramento do local ao longo dos últimos anos. Com a análise da série histórica de imagens foi possível comprovar que se trata de um local suspeito, aparentemente aterro, de descarte inadequado de RCC. Dessa forma, foi realizada a visita *in loco* e registros fotográficos para confirmar a suspeita, conforme a Figura 6 (A – F) a seguir.

Figura 6 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Monte Castelo)

(A) Acesso ao local



(B) Volume do RCC adjacente



(C) Drenagem natural obstruída por RCC



(D) Vista da parte de cima da pilha de RCC



(E) Retroscavadeira aterrando o RCC



(F) Caminhões pipa apagando o fogo



Fonte: Própria, 2019

A visita no local confirmou o que foi visualizado via *Google Earth Pro*, ou seja, trata-se de um local para o descarte e aterramento com RCC. Em um primeiro momento, é impossível mensurar os passivos ambientais gerados nas comunidades circunvizinhas, uma vez que, o local aparenta ser uma propriedade privada de grande área que foi aterrado propositalmente para ser destinada, provavelmente, a construção civil.

A Figura 6 (A) também mostra a presença de um suíno no local. O aparecimento de animais desse porte em locais onde existe apenas descarte de RCC não é comum, em virtude do material descartado ser inerte. Logo, é possível deduzir que, além do descarte de RCC, está sendo depositado RSU no local, e, conseqüentemente, resíduo orgânico.

A Figura 6 ilustra o depósito adjacente discutido na Figura 5, e, provavelmente, são resíduos Classe A, predominantemente os de escavação. A Figura 6 (C) e (D) foram obtidas de cima do depósito adjacente e, por meio delas, é possível visualizar a rede de drenagem obstruída, uma caçamba estacionária, uma carroça e a presença de resíduo classe A, como tijolos quebrados, restos de telhas, concreto e escavação de solo. As caçambas estacionárias e as carroças são constantemente utilizadas para a coleta do RCC na fonte geradora por empresas terceirizadas ou trabalhadores informais. Vale salientar que, embora a determinação seja colocar apenas RCC nas caçambas, é comum ser encontrado RSU no fundo delas. Também é possível observar uma mínima contribuição de resíduos classe B, como vergalhão de ferro, gesso, madeira e plástico.

Na Figura 6 (E) e (F) percebe-se a dimensão do volume de RCC descartado no local sobre a vegetação, sem preparação do terreno ou alguma segregação. Olhando a imagem não dá para visualizar, porém, no local de descarte, foi possível ver a presença de pneus, resto de móveis, RSU, latas de tinta, entre outros.

O aparecimento do caminhão pipa no local é para controlar o foco de incêndio na base do talude do aterro de RCC. A causa do sinistro se deve presença de combustível sólido inflamável, mas não se descarta a hipótese da existência do gás metano proveniente da decomposição da matéria orgânica disposta no local ou coberta pelo aterro. Outro ponto importante, é a presença

de retroescavadeira, confirmando o aterramento de RCC quando este é depositado no local, como pode ser visto na Figura 6 (E) e (F).

Posteriormente à confirmação do depósito clandestino de RCC, foi traçado um polígono no *Google Earth Pro* delimitando a área aterrada atual do local onde estão sendo depositados os RCC e o seu georreferenciamento, conforme a Figura 12.

Figura 7 - Georreferenciamento (Bairro - Monte Castelo)



Fonte: Google Earth Pro, 2019

Pode-se observar que o polígono delimitando o local obedece, aproximadamente, a área onde consta a presença de resíduos. Posteriormente a identificação e confirmação dos locais de descarte de RCC, foram extraídas do próprio *software Google Earth Pro* a latitude e a longitude de cada local e a área do polígono, conforme a Tabela 1, a seguir.

Tabela 3 - Áreas e coordenadas dos locais de descarte de RCC

Nº	Zona da Cidade	Id.	Bairro	Latitude	Longitude	Área (m ²)
1		1	Alto Branco	7°11'54.38"S	35°52'43.59"O	1.154
2		2	Alto Branco	7°12'16.05"S	35°52'30.81"O	354
3		3	Alto Branco	7°12'26.50"S	35°52'52.18"O	678
4		17	Jardim Tavares	7°12'17.06"S	35°52'11.96"O	1.148
5	Zona Norte	18	Jardim Tavares	7°12'31.27"S	35°52'14.49"O	3.309
6		19	Jardim Tavares	7°12'12.80"S	35°52'13.38"O	10.592
7		20	Jardim Tavares	7°12'28.49"S	35°52'5.55"O	7.877
8		21	Jardim Tavares	7°12'54.24"S	35°52'33.46"O	318
9		29	Palmeira	7°12'20.00"S	35°53'39.84"O	4.943
ΣÁrea						30.103
10		6	Castelo Branco	7°12'55.16"S	35°52'2.61"O	3.739
11	Zona Leste	22	José Pinheiro	7°13'47.39"S	35°52'3.64"O	2.900
12		25	Mirante	7°14'0.54"S	35°51'45.48"O	1.596
13		26	Monte Castelo	7°13'35.54"S	35°51'57.51"O	23.547
ΣÁrea						31.782
14		7	Catolé	7°13'53.38"S	35°53'2.57"O	2.943
15		8	Catolé	7°14'35.71"S	35°53'10.11"O	1.292
16		9	Cruzeiro	7°14'26.42"S	35°54'18.00"O	23.501
17		12	Distrito Industrial	7°15'51.52"S	35°53'43.54"O	1.796
18		13	Distrito Industrial	7°15'48.30"S	35°53'33.47"O	3.744
19		14	Distrito Industrial	7°15'28.10"S	35°53'9.30"O	2.331
20	Zona Sul	15	Itararé	7°15'23.28"S	35°52'54.94"O	2.241
21		16	Jardim Paulistano	7°15'7.53"S	35°53'51.96"O	2.175
22		23	Liberdade	7°14'25.85"S	35°53'24.49"O	613
23*		36	Tambor	7°14'41.08"S	35°53'16.86"O	16.997
24		37	Tambor	7°15'16.67"S	35°53'29.07"O	5.464
25		44	Vila Cabral	7°14'49.49"S	35°52'16.46"O	4.035
26		45	Vila Cabral	7°14'30.86"S	35°52'2.44"O	6.021
ΣÁrea						73.153
27		4	Bela Vista	7°13'22.83"S	35°54'4.43"O	41.467
28		40	Bela Vista	7°13'14.05"S	35°54'16.65"O	1.970
29		5	Bodocongó	7°12'36.66"S	35°55'29.29"O	936
30		10	Dinâmica	7°14'27.88"S	35°54'50.19"O	340
31		11	Dinâmica	7°14'26.56"S	35°55'7.74"O	422
32		24	Malvinas	7°14'46.45"S	35°55'9.23"O	593
33		27	Monte Santo	7°12'52.86"S	35°53'56.19"O	718
34		28	Monte Santo	7°12'46.79"S	35°54'18.42"O	4.948
35		30	Ramadinha	7°13'2.72"S	35°55'41.61"O	571
36	Zona Oeste	31	Ramadinha	7°13'1.89"S	35°55'45.78"O	1.299
37		32	Santa Cruz	7°14'31.91"S	35°54'35.10"O	682
38		33	Santa Cruz	7°14'18.42"S	35°54'24.20"O	4.131
39		34	Santa Cruz	7°14'45.45"S	35°54'55.67"O	627
40		35	Santa Rosa	7°14'17.34"S	35°54'17.42"O	1.020
41		38	Universitário	7°12'28.16"S	35°54'55.56"O	1.005
42		39	Universitário	7°12'32.70"S	35°54'17.01"O	3.192
43		41	Universitário	7°12'29.89"S	35°54'14.66"O	1.875
44		42	Universitário	7°12'26.91"S	35°54'12.38"O	724
45		43	Universitário	7°12'37.21"S	35°54'36.65"O	2.363
ΣÁrea						68.883

*Local de descarte inadequado monitorado por VANT

Fonte: Autor (2019)

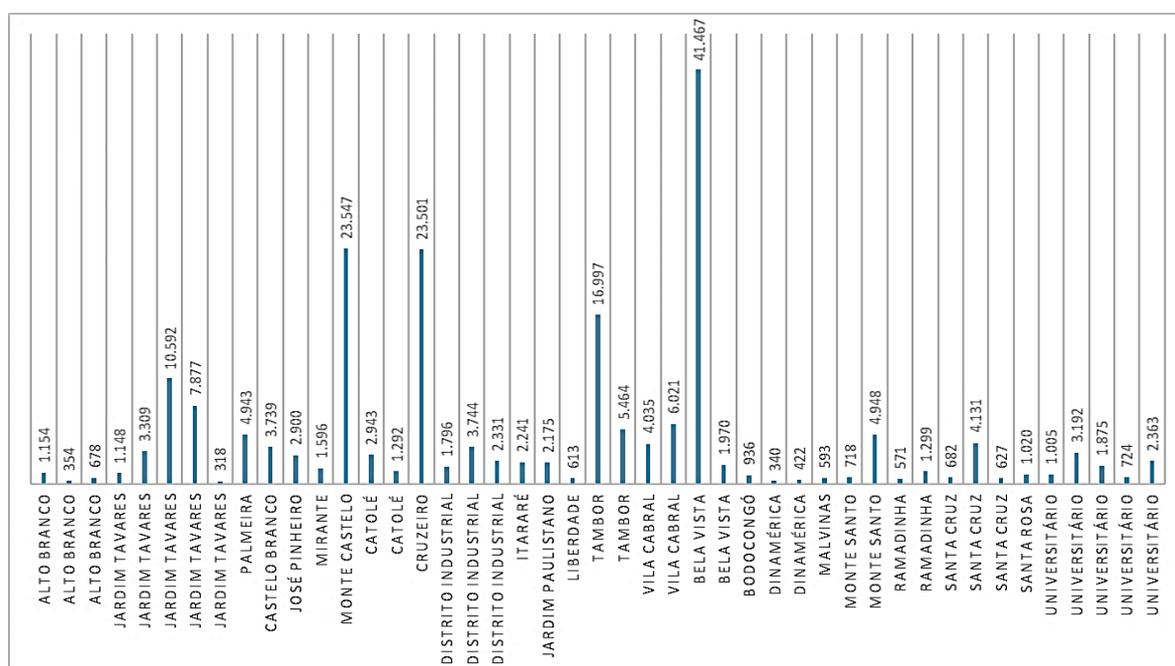
O georreferenciamento em conjunto com o arquivo *Shape* da Secretaria de Planejamento de Campina Grande nos mostra que a zona leste possui 4

locais de descarte de RCC; zona norte possui 9; zona oeste possui 19; zona sul possui 13. O fato curioso deste levantamento, foi perceber que na zona central da cidade não foi identificado nenhum local de descarte inadequado de RCC devido à ausência de terrenos baldios e por ser uma região movimentada.

O número 23 em destaque na Tabela 2, refere-se ao local escolhido para a realização do monitoramento através do VANT. O mesmo possui uma área de aproximadamente 17.000 metros quadrados e apresenta contínua variação de resíduos. A escolha desse local de descarte inadequado obedeceu alguns critérios específicos como área do local, localização, periculosidade e se possui descarte contínuo de RCC.

Com a delimitação de todos os depósitos identificados, foi possível mensurar no *Google Earth Pro* a área correspondente dos locais de descarte inadequado de RCC, essa situação pode ser melhor visualizada na Figura 8.

Figura 8 - Comparativo entre as áreas dos locais de descarte de RCC



Fonte: Autor (2019)

Nesse sentido, os locais de maior área e que possuem maior atividade estão localizados no bairro da Bela Vista com 41.467 metros quadrados, Cruzeiro com 23.501 metros quadrados, Monte Castelo com 23.547 metros quadrados e Tambor com 16.997 metros quadrados, conforme pode ser observado na Figura 9 a 12.

Figura 9 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Bela Vista)

(A) setembro de 2017



(B) maio de 2019



Fonte: Google Earth Pro (2019)

Figura 10 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Cruzeiro)

(A) dezembro de 2017



(B) maio de 2019



Fonte: Google Earth Pro (2019)

Figura 11 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Monte Castelo)

(A) dezembro de 2017



(B) maio de 2019



Fonte: Google Earth Pro (2019)

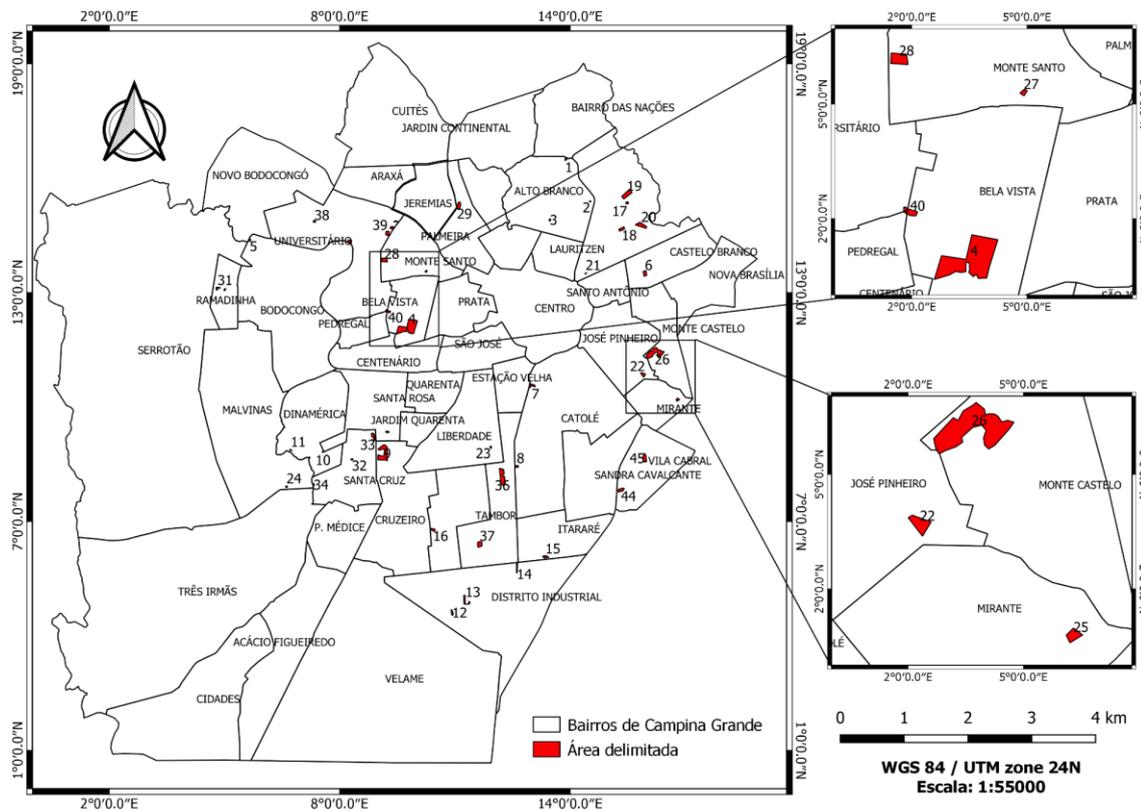
Figura 12 - Local de descarte inadequado de RCC (Bairro - Tambor)



Fonte: Google Earth Pro (2019)

Após o georreferenciamento no *Google Earth Pro*, os polígonos referentes a área do local foram exportados para o QGIS no formato KML e enumerados. A partir de então foi gerado um mapa através do arquivo *Shape* da cidade de Campina Grande espacializando todos os locais, fixos ou sazonais, de descarte clandestino de RCC, conforme a Figura 13.

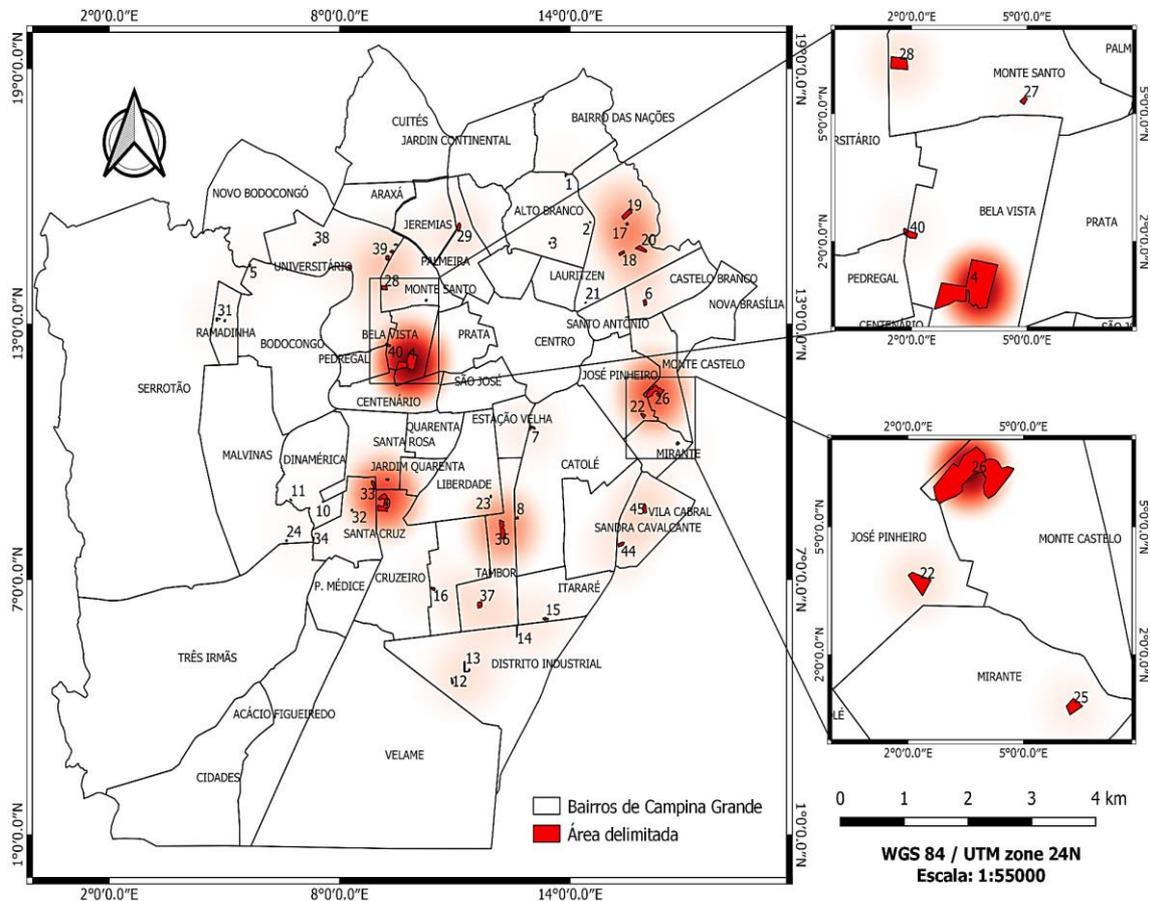
Figura 13 - Polígonos delimitando as áreas de descarte de RCC



Fonte: Autor (2019)

A partir das áreas dos depósitos, foi elaborado um mapa de calor para melhor visualização das maiores áreas de descarte inadequado de RCC, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Mapa de intensidade dos locais de descarte clandestino de RCC



Fonte: Própria, 2019

Através do mapa de intensidade é possível visualizar o arranjo dos locais de descarte inadequado de RCC na cidade. Diante disso, as maiores áreas estão posicionadas em cada zona da cidade nos bairros Bela Vista Id. 4 (zona oeste), Cruzeiro Id. 9 e Tambor Id. 36 (zona sul), Monte Castelo Id. 26 (zona leste) e Jardim Tavares Id. 19 (zona norte).

Essa distribuição das áreas, provavelmente, é uma forma de reduzir as distâncias entre a coleta de RCC e o local de descarte inadequado, tendo em vista a redução dos custos com o transporte para longas distâncias.

5.2. MONITORAMENTO POR VANT

O monitoramento por VANT foi realizado no bairro do Tambor (Id. 36). O local está em paralelo com Rua Assis Chateaubriand, localizado ao lado esquerdo no sentido centro da cidade. O local escolhido, conforme a série histórica de imagens na Figura 15 (A - F), possui características de ser de fácil acesso, movimentado, com descarte constante de RCC e de baixa periculosidade.

Figura 15 - Série histórica do descarte inadequado de RCC (Bairro – Tambor)



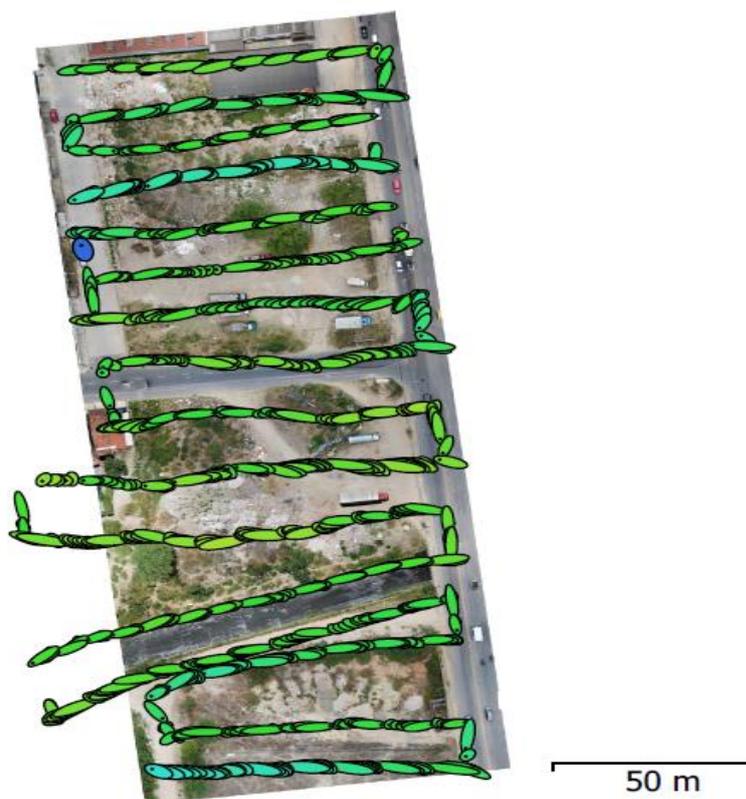
Fonte: Google Earth Pro

Devido aos custos relacionados a contratação da empresa terceirizada que possui o VANT, o monitoramento foi realizado uma vez por mês durante quatro meses, nas datas de 5 de outubro, 5 de novembro, 5 de dezembro de 2018 e 5 de janeiro de 2019. Em seguida, após o processamento no *software Photoscan Pro* na sua versão *Trial*, foram obtidos o volume do RCC presente, MDE, ortofoto e as imagens em três dimensões do local.

A quantidade de monitoramento realizado por VANT não tem influência no resultado da pesquisa, tendo em vista que o objetivo do monitoramento é comprovar que o terreno sofre modificações constantes com o descarte de RCC e verificar o grau de precisão na identificação de volumes. Essas alterações podem ser usadas como parâmetro para explicar o comportamento dos demais locais de descarte espalhados pela área urbana do município de Campina Grande.

Diante disso, monitoramento com VANT teve duração média de 30 minutos e, consoante com o relatório de geoprocessamento, obedeceu ao seguinte plano de voo, onde cada elipse representa uma foto tirada do local conforme a Figura 16.

Figura 16 - Plano de voo do VANT



Fonte: Photoscan Pro, 2018

Para melhor avaliação dos resultados, durante o monitoramento foi realizado uma validação para comprovar que o volume identificado nas pilhas de RCC, por meio do processamento das imagens, condiz de forma precisa e aproximada com a realidade identificada no local. Dessa forma, foi utilizada uma padiola (27 cm x 45 cm x 35 cm) para criar pequenos volumes conhecidos de RCC, conforme a Figura 17 (A - D).

Figura 17 - Dimensões da padiola

(A) vista frontal



(B) profundidade (27 cm)



(C) comprimento (45 cm)



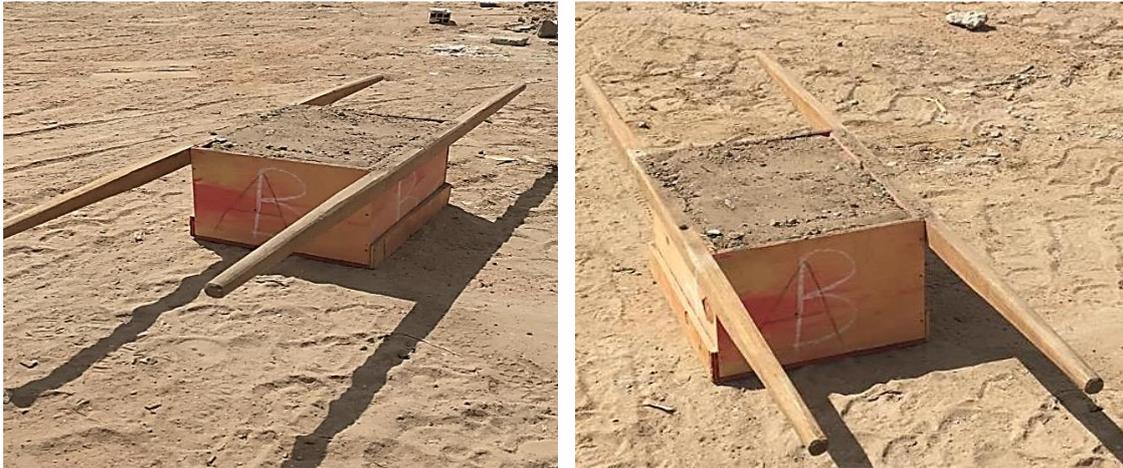
(D) largura (35 cm)



Fonte: Autor, 2018

Assim, foram criadas quatro pequenas pilhas de RCC a parte com volume conhecido da padiola (0,042 m³). A padiola foi preenchida com o RCC (Figura 18) e disposta no local do monitoramento (Figura 19).

Figura 18 - Padiola cheia de RCC



Fonte: Autor, 2018

Cada pequena pilha de RCC possuía volumes diferentes, ou seja, a primeira pilha possuía o volume de uma padiola ($1 \times 0,042 \text{ m}^3$), a segunda pilha possuía o volume de duas padiolas ($2 \times 0,042 \text{ m}^3$), a terceira pilha possuía o volume de três padiolas ($3 \times 0,042 \text{ m}^3$) e a quarta pilha possuía o volume de quatro padiolas ($4 \times 0,042 \text{ m}^3$), conforme a Figura 19.

Figura 19 - Pilhas de RCC criadas com o volume da padiola



Fonte: Autor, 2018

A avaliação qualitativa mostra que o local do monitoramento é um terreno predominantemente plano, mas com leves inclinações. Portanto, o

processamento é realizado utilizando a menor cota do perímetro traçado ao redor da amostra, conforme a Figura 20.

Figura 20 - Traço do perímetro para identificação do volume



Fonte: Autor, 2019

Após o processamento das imagens, foi identificado o volume de RCC das amostras dispostas no local e a precisão do processamento em comparação com o volume da padiola, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Relação entre o volume do RCC processado e a precisão

Pilha	Volume da Padiola (m ³)	Volume processado (m ³)	Precisão (%)	Erro (%)
1	0,042	0,0407	96,9	3,1
2	0,084	0,0816	97,1	2,9
3	0,126	0,1250	99,2	0,8
4	0,168	0,1663	98,8	1,2
Total	0,42	0,413	98,0	2

Fonte: Autor, 2019

A pequena diferença entre o volume processado e o volume da padiola é referente a variação de precisão durante a coleta das amostras. Porém, o

Photoscan Pro forneceu os volumes com elevado grau de precisão, em seu nível de processamento máximo, garantindo que o volume de resíduos identificado no local seja bem próximo ao da realidade.

Após o processamento das imagens foi extraído a ortofoto e o MDE referente aos meses de outubro, novembro, dezembro de 2018 e janeiro de 2019. O local monitorado foi dividido em três (3) setores. A ortofoto revela que o local é de constante movimentação e funciona como estacionamento de caminhões. No entanto, não é possível visualizar com nitidez a presença de RCC, revelando apenas leves alterações no terreno e o atterramento da vegetação, conforme a Figura 21 (A - D).

Figura 21 - Ortofoto do local de descarte inadequado de RCC

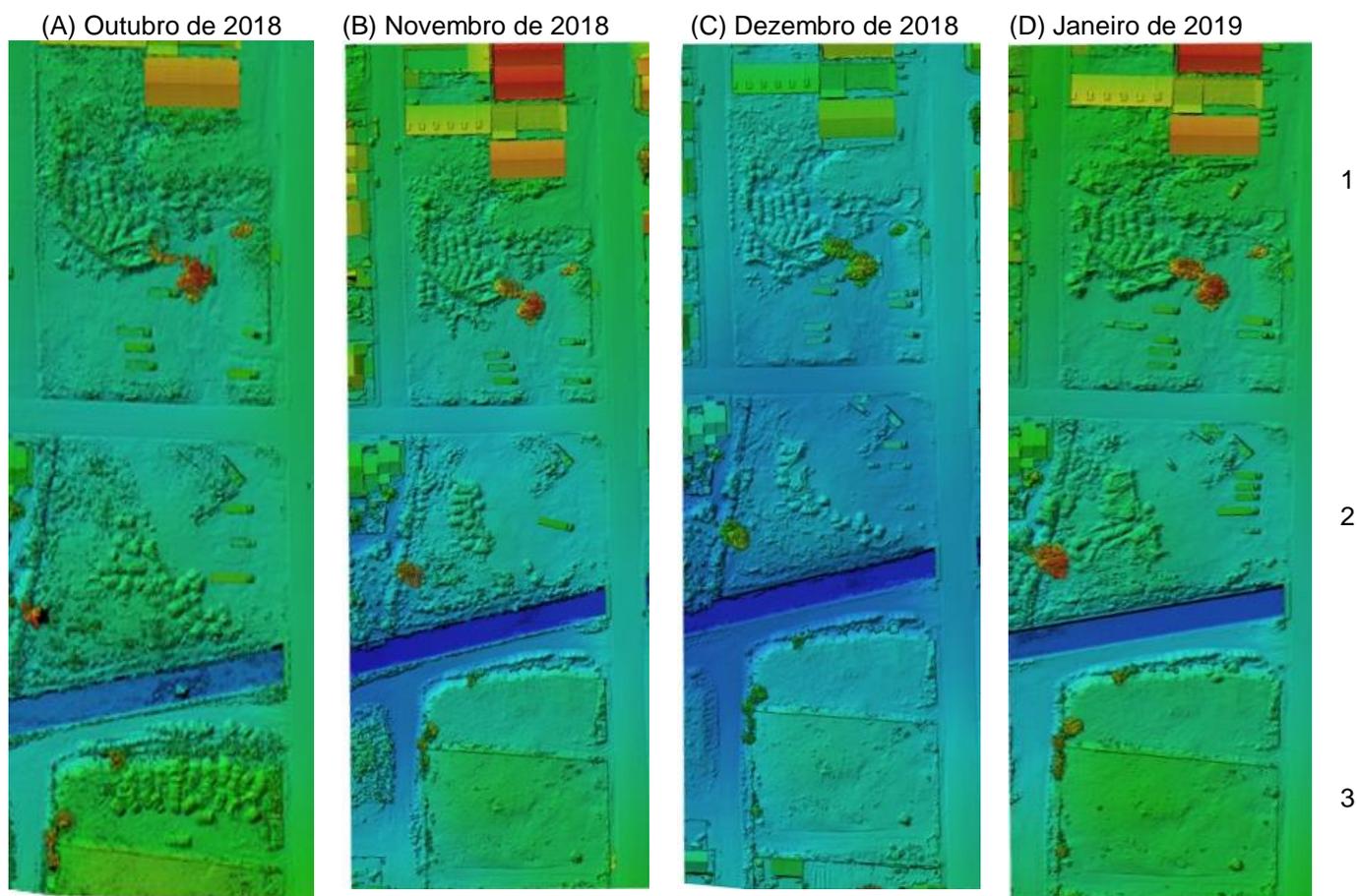


Fonte: PhotoScan Pro, 2019

Por outro lado, através do MDE é possível identificar nitidamente as alterações do relevo do terreno ocasionadas pelo descarte de RCC. Assim, é

confirmado que as pilhas de RCC estão dispostas nos três setores do local monitorado, conforme a Figura 22 (A – D).

Figura 22 - Modelo Digital de Elevação (MDE) do local de descarte de RCC



Fonte: PhotoScan Pro, 2019

A série histórica da Figura 22 (A – D) indica o aumento e a redução das pilhas de RCC, comprovando que o local possui constante descarte de RCC. Diante disso, o local monitorado possui características de depósito fixo e sazonal. Esse fenômeno também foi observado em outros locais de descarte inadequado de RCC.

Essa análise é mais evidente ao observar a série histórica das imagens em três dimensões do RCC, onde é possível identificar diversas alterações ao longo do tempo, além de manter a maior parte do resíduo antigo, ou seja, coberto por vegetação, sem movimentação. Nas imagens notam-se inúmeras pilhas de RCC de classe A e B contendo resíduo misturado, gesso, concreto, pedregulho, pré-moldado, garrafas pet, vidro, telhas, tijolos, feno e, principalmente, resíduo de escavação, conforme a Figura 23, 24 e 25 (A – H).

Figura 23 - Imagens em três dimensões do descarte inadequado de RCC (Setor 1)

(A) Setor 1 – outubro de 2018



(B) Setor 1 – outubro de 2018



(C) Setor 1 – novembro de 2018



(D) Setor 1 – novembro de 2018



(E) Setor 1 – dezembro de 2018



(F) Setor 1 – dezembro de 2018



(G) Setor 1 – janeiro de 2019



(H) Setor 1 – janeiro de 2019



Fonte: PhotoScan Pro, 2019

Figura 24 - Imagens em três dimensões do descarte inadequado de RCC (Setor 2)

(A) Setor 2 – outubro de 2018



(B) Setor 2 – outubro de 2018



(C) Setor 2 – novembro de 2018



(D) Setor 2 – novembro de 2018



(E) Setor 2 – dezembro de 2018



(F) Setor 2 – dezembro de 2018



(G) Setor 2 – janeiro de 2019



(H) Setor 2 – janeiro de 2019



Fonte: PhotoScan Pro, 2019

Figura 25 - Imagens em três dimensões do descarte inadequado de RCC (Setor 3)

(A) Setor 3 – outubro de 2018



(B) Setor 3 – outubro de 2018



(C) Setor 3 – novembro de 2018



(D) Setor 3 – novembro de 2018



(E) Setor 3 – dezembro de 2018



(F) Setor 3 – dezembro de 2018



(G) Setor 3 – janeiro de 2019



(H) Setor 3 – janeiro de 2019



Fonte: PhotoScan Pro, 2019

Ao observar as imagens em três dimensões, é possível comprovar que o descarte inadequado de RCC pode ser extremamente prejudicial as condições sanitárias dos locais onde estão inseridas. Ambientes como esses, possuem as condições ideais para abrigar vetores de doenças e, conseqüentemente, aumentar o risco para a população que reside próximo a essas disposições.

Outro aspecto observado, é a poluição visual causada pelo descarte inadequado de RCC, tendo em vista que o arranjo de pilhas, a sua variabilidade e a heterogeneidade dos resíduos se assemelham a pequenos lixões a céu aberto. Em situações adversas, o intemperismo pode causar o espalhamento do resíduo, lixiviação e sulfurização do solo, levantar a poeira assentada, arrastar materiais contaminados e diversos outros fatores.

A presença de materiais como o gesso, conforme a Figura 23 (A – B), 24 (E – F), que possuem em suas características a elevada solubilidade, contaminam o solo e podem alcançar o lençol freático. No local monitorado, há o agravo das pilhas de resíduos estarem próximas de um canal responsável por encaminhar o esgoto sanitário para estação de tratamento de esgoto da cidade, conforme a Figura 25 (C – D).

O aglomerado de pilhas de RCC sofre constante variação, indicando que o resíduo é descartado e retirado do local frequentemente de acordo com a Figura 23 (A – H), 24 (A – H) e 25 (A – H). Não se sabe ao certo por qual motivo o resíduo é retirado do local, porém, algumas hipóteses podem ser levantadas, como o uso desse resíduo para aterro em pequenas obras ou a coleta pela prefeitura para o descarte em aterro sanitário.

Nesse sentido, a determinação do volume de RCC presente no local foi realizada apenas para os resíduos considerados novos, ou seja, para as disposições recém-chegada e que não possui a presença da vegetação em sua cobertura. Dessa forma, foi possível mensurar a diferença entre os volumes em cada data do monitoramento e comprovar que a área em estudo possui constante descarte de RCC, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Volumetria do RCC

Volume (m³)*				
Setor	Outubro	Novembro	Dezembro	Janeiro
1	38,2	52,0	97,9	87,9
2	69,3	46,3	65,4	60,0
3	123,0	0	0	5,3
Total	230,5	98,3	163,3	153,2

Fonte: Autor, 2019

Observando a Tabela 5, é possível constatar que o volume de RCC recém-chegado no setor 1 (um) cresceu nas datas do monitoramento nos meses de outubro, novembro e dezembro em comparação com outros setores. Por outro lado, o volume de RCC no setor 2 (dois) variou pouco, mantendo-se praticamente estável.

O setor 3 (três) foi a área onde foi detectado o maior volume de RCC recém-chegado na data de monitoramento no mês de outubro, porém o que chama a atenção é que, na data do monitoramento do mês de novembro e dezembro, não consta a presença de RCC. A princípio, imagina-se que o resíduo presente no local foi retirado e encaminhado para uma destinação final específica. No entanto, as imagens em três dimensões revelam que o resíduo que, encontrava-se descartado naquele espaço, estava, na data do monitoramento do mês de novembro, espalhado e aterrado no local. Em seguida, na data do monitoramento do mês de janeiro, a empresa, gerador informal ou poder público responsável por descartar inadequadamente o RCC estava utilizando aquela área novamente para depositar novos resíduos.

Dessa forma, através da série histórica de imagens do *Google Earth Pro* ortofoto, MDE e as imagens em três dimensões, revela que o local não é apenas destinado para o descarte de RCC, sendo também utilizado para aterro do resíduo no próprio local. Essa validação nos mostra que, provavelmente, os outros locais de descarte inadequado de RCC possuem as mesmas características que o local identificado no Bairro do Tambor.

Assim sendo, o poder público necessita voltar suas atenções para o descarte inadequado de RCC, de modo que, as condições ambientais da cidade de Campina Grande propiciem um melhor bem-estar para a população.

5.3. DIRETRIZES PARA O PMGRCC

Visando uma melhor ocupação do espaço urbano para a cidade de Campina Grande – PB, esta pesquisa propôs diretrizes e estratégias para a elaboração do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil. O direcionamento terá como base as recomendações da Política Nacional de Resíduos Sólidos, resolução Conama 307, referencial teórico da pesquisa e diagnóstico atual do descarte inadequado de RCC na cidade.

Todas as sugestões que serão descritas aqui poderão servir de referência para estimular a organização deste setor e melhorar as condições ambientais da cidade. A seguir, apresentaremos as diretrizes e estratégias para a gestão dos RCC, conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Diretrizes e estratégias para gestão do RCC

Diretriz
<ul style="list-style-type: none">• Promover o encerramento de todos os locais de descarte inadequado de resíduos da construção civil na área urbana do município de Campina Grande.
Estratégia
<ul style="list-style-type: none">• Definir o órgão responsável pela fiscalização e acompanhamento das áreas de descarte inadequado de RCC. Em Campina Grande, a Secretaria de Meio Ambiente é o órgão responsável por avaliar as condições ambientais da cidade.• Articular com a Secretaria de Saúde para que, através do agente comunitário de saúde e o agente de combate a endemias, atuem para identificar tais áreas.• Firmar parcerias entre a secretaria de saúde, meio ambiente, obras e planejamento do município para buscar soluções conjuntas para o descarte inadequado de RCC.• Incentivar a colocação de placas de advertência ou cercar as propriedades privadas que possuem o constante descarte de RCC.• Definir os locais temporários para o recebimento do RCC, caso a prefeitura considere realizar a destinação final (aterro sanitário de Campina Grande).

<ul style="list-style-type: none"> • Solicitar relatórios da secretaria responsável pela fiscalização periódica com registros fotográficos temporais referentes ao processo de encerramento dos locais de descarte inadequado de RCC.
Diretriz
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar as áreas adequadas (ecopontos ou áreas de transbordo) e licenciadas para o descarte do RCC.
Estratégia
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar áreas favoráveis para o recebimento do RCC. Recomenda-se que seja utilizado uma área licenciada em cada zona da cidade, exceto a zona central, de modo a atender a logística das empresas terceirizadas responsáveis por coletar o RCC.
<ul style="list-style-type: none"> • Informar e sinalizar que o local é destinado apenas para o recebimento do RCC Classe A para evitar que outros tipos de resíduos sejam depositados no local.
<ul style="list-style-type: none"> • Definir o órgão responsável por informar os geradores e transportadores sobre os locais autorizados e licenciados para o descarte de RCC.
<ul style="list-style-type: none"> • Orientar para que o RCC não seja descartado próximo a corpos d'água, fundos de vale e ao redor de áreas de preservação ambiental.
Diretriz
<ul style="list-style-type: none"> • Definir as políticas para a gestão do RCC mediante reuniões entre a sociedade, o gerador, as empresas de coleta e o órgão público responsável pela fiscalização.
Estratégia
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil para o município de Campina Grande.
<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar uma norma ou um projeto de lei municipal para regulamentar o descarte de RCC em locais específicos mediante autorização da prefeitura e emissão do licenciamento ambiental.
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar campanhas de conscientização por meio de veículos de comunicação, cartilhas e informativos em jornais sobre a proibição do descarte inadequado de RCC em áreas públicas e privadas sem autorização da prefeitura.

<ul style="list-style-type: none"> • Condicionar a aprovação de projetos de construção, reforma e demolição e a liberação de alvará após a comprovação da destinação final adequada do RCC.
<ul style="list-style-type: none"> • Cadastrar as empresas responsáveis por realizar a coleta do RCC.
<ul style="list-style-type: none"> • Exigir a elaboração e a aplicação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para empresas privadas geradoras RCC como condicionante a obtenção da licença ambiental.
<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir impostos municipais e estaduais para empresas que descartam ou recuperam (reciclam ou reutilizam) o RCC adequadamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Inserir taxas ou impostos ao utilizar a matéria prima bruta em processos construtivos.
<ul style="list-style-type: none"> • Inserir impostos sobre o descarte do RCC em aterro sanitário.
Diretriz
<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar as atividades de recuperação (reciclagem e reutilização) do RCC no município em conjunto com as empresas geradoras.
Estratégia
<ul style="list-style-type: none"> • Abrir um processo de licitação para a instalação de uma usina de beneficiamento do RCC na cidade de Campina Grande.
<ul style="list-style-type: none"> • Priorizar empresas que utilizem material reciclados em contratos públicos.
<ul style="list-style-type: none"> • Fomentar parcerias entre as empresas privadas e a comunidade acadêmica para desenvolver pesquisas voltadas para a recuperação (reciclagem e reutilização) dos resíduos da construção civil.
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar triagem do RCC na origem de acordo com a classe do resíduo conforme estipula a resolução CONAMA 307, tendo em vista facilitar a sua destinação final.
<ul style="list-style-type: none"> • Facilitar e incentivar o mercado entre as formas recicladas do RCC.
<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar os geradores a usar o reciclado como agregado em processos construtivos.

Fonte: Autor, 2019

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disseminação de disposições de RCC pela área urbana do município de Campina Grande modificam as condições de saneamento ambiental da cidade bem como, as condições sociais. Este problema é resultado de uma gestão ineficiente, ausência de mercado para as suas formas recicladas, falta de fiscalização e de conscientização da população e das empresas geradoras.

Esta pesquisa identificou 45 locais de descarte inadequado de RCC. Os locais possuem diversas áreas geométricas e variam de tamanho com o tempo. Pequenas áreas podem possuir características de sazonalidade, ou seja, em determinados períodos ou com o passar dos anos, podem deixar de existir. Entretanto, às grandes áreas permanecem ativas e dependendo do local continuam crescendo em volume e ampliando em área.

Por se tratar de resíduos com alto potencial de recuperação cabe as empresas promover técnicas para o reuso do RCC, principalmente os de Classe A, na origem. Uma das formas de alcançar esse objetivo é através de parcerias com Universidades e Institutos de Pesquisas visando propor soluções para a reutilização *in natura* ou como agregado em processos construtivos.

O constante descarte de RCC nesses locais tem prejudicado principalmente as linhas de drenagem natural e o escoamento das águas pluviais. Por se tratar de um resíduo descartado na zona urbana, os moradores das regiões circunvizinhas às disposições de RCC acabam descartando também RSU, potencializando a presença de vetores e pequenos lixões na cidade, além da poluição visual ocasionada. Em alguns locais, devido à presença de RSU ou algum combustível inflamável, foi identificada presença de fogo. Esse problema serve de base para alertar o poder público sobre a periculosidade desses locais, visando políticas públicas voltadas para uma melhor ocupação do espaço urbano, minimizando os riscos para a vizinhança.

O monitoramento por VANT comprovou as alterações provocadas pelo descarte de RCC. Essa tecnologia ambiental possui alto potencial de utilização em pesquisas acadêmicas por fornecer dados confiáveis em lugares de difícil acesso e em grandes áreas. Através da ortofoto, MDE e a volumetria do resíduo ficou evidente que os locais de descarte inadequado de RCC funcionam como

depósito temporário e, em alguns lugares, como aterro, contrariando a PNRS e a resolução CONAMA 307.

Outro fato observado, foi a vegetação se desenvolvendo nas áreas onde existem a presença de resíduo, cobrindo os RCC e camuflando a presença deles nos locais de descarte inadequado. Essa situação pode ser utilizada como objeto de estudos acadêmicos sobre a característica da flora nesses locais, bem como, se o vigor vegetativo durante o crescimento da vegetação é influenciado pela presença de resíduos Classe A e B.

Nesse sentido, foram propostas diretrizes e estratégias para a elaboração do PMGRCC do município de Campina Grande, PB. Essas sugestões têm como o objetivo reduzir os impactos ambientais negativos causados pelo descarte inadequado RCC e melhorar as condições de saneamento ambiental da cidade, tendo em vista o avanço na gestão. Portanto, é importante difundir pesquisas voltadas para que a construção civil agregue valor aos resíduos, visando reutiliza-los na cadeia produtiva ou obtenham vantagens financeiras com os seus subprodutos. Faz-se necessário também desenvolver uma metodologia para caracterizar os resíduos da construção civil que são descartados em terrenos baldios. Por outro lado, o poder público deve seguir o exemplo de países que alcançaram elevado percentual de recuperação de RCC.

Por fim, propõe-se a realização de estudos comparativos entre municípios ou regiões geográficas do país para entender com maior acurácia a relação entre as ações do poder público e o descarte inadequado de RCC. Recomenda-se também uma maior utilização do VANT em pesquisas acadêmicas, por se tratar de uma tecnologia recente e promissora para estudos ambientais em aterro sanitário, mineração, áreas susceptíveis a desabamento, monitoramento de áreas degradadas e encostas.

Assim, busca-se atender o princípio da responsabilidade compartilhada disposto na Lei 12.305/2010 e o Artigo 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988) que diz “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. ”

REFERÊNCIAS

- ABRELPE (2017). **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2017.pdf>. Acesso em: 22 de janeiro de 2018.
- AGISOFT, L. L. C.; ST PETERSBURG, Russia. Agisoft photoscan. **Professional Edition**, v. 7, 2014.
- AKHTAR, Ali; SARMAH, Ajit K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 262-281, 2018.
- AMORIM, A. L. Fotogrametria: uma introdução. **PRATINI, EF; SILVA, EA Criação, Representação e Visualização Digitais. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília**, 2012.
- ANN, T. W. et al. Impact of construction waste disposal charging scheme on work practices at construction sites in Hong Kong. **Waste management**, v. 33, n. 1, p. 138-146, 2013.
- Australian Government, 2012. **Construction and Demolition Waste Guide – Recycling and Re-use across the Supply Chain**. Disponível em: <http://www.environment.gov.au/system/files/resources/b0ac5ce4-4253-4d2b-b001-0becf84b52b8/files/case-studies.pdf>. Acesso em 15/02/2019
- BONHAM-CARTER, Graeme F. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Elsevier, 2014.
- BRASIL, Lei. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Publicado no DOU em**, v. 2, 1981.
- BRASIL. 2002. Ministério do meio ambiente. Resolução CONAMA Nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília. 17 de julho de 2002.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. *Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação* Brasília, 2012. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao09042012101719.pdf >. Acesso em: 15/09/2019.
- BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil (Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry). **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015
- CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra et al. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica. Vol. 55, n. 336 (out./dez. 2009), p. 448-460**, 2009.
- CÂMARA, Gilberto; CASANOVA, Marco A.; MAGALHÃES, Geovane C. Anatomia de sistemas de informação geográfica. 1996.
- Centre for Science and Environment India, 2014. **Construction and Demolition Waste**. Disponível em: <http://www.cseindia.org/userfiles/Constructionand-demolition-waste.pdf>. Acesso em 17/02/2019.
- COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes. **Fotogrametria digital**. EdUERJ, 2007.
- CONAMA, Resolução. 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**, v. 357, 2005.

CONTRERAS, M. et al. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 594-600, 2016.

DA SILVA, Daniel Carneiro. Evolução da Fotogrametria no Brasil. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 3, n. 2, p. 81-96, 2015.

Danish Environmental Protection Agency, 1999. **Waste in Denmark**. Disponível em: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Denmark_Waste.pdf. Acesso em: 17/01/2019

DE ESPAÑA, Gobierno. Plan Nacional Integrado de Residuos para el Período 2008-2015. **España: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino**, 2009.

DE PINA, Maria de Fátima; SANTOS, Simone M. Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde. 2000.

DE SOUSA, Carla Diana Olímpio; DE LEMOS, Silvio Santos; JUNIOR, Antonio Pereira. USO DO GEOPROCESSAMENTO COMO AUXÍLIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS POR LAVA A JATO. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 91-109, 2018.

DEGANI, Clarice Menezes. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Deloitte, 2015d. **Construction and Demolition Waste Management in Denmark**. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/deliverables/CDW_Denmark_Factsheet_Final.pdf. Acesso em 15/01/2019

DELONGUI, Lucas et al. Panorama dos resíduos da construção civil na região central do Rio Grande do Sul Construction and demolition waste situation in central region of Rio Grande do Sul. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n. 18, p. 71-80, 2011.

Department of Environmental Affairs. 2018. **South Africa State of Waste. A report on the state of the environment**. First draft report. Department of Environmental Affairs, Pretoria, 2018. Disponível em: <http://sawic.environment.gov.za/documents/8641.pdf> Acesso em: 03/09/2019

DONEUS, Michael et al. From deposit to point cloud—a study of low-cost computer vision approaches for the straightforward documentation of archaeological excavations. **Geoinformatics FCE CTU**, v. 6, p. 81-88, 2011.

DURAN, Xavier; LENIHAN, Helena; O'REGAN, Bernadette. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling—the case of Ireland. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 46, n. 3, p. 302-320, 2006.

ETC/SCP (2009). Europe as a Recycling Society- Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU. **Prepared by Christian Fischer and Mads Werge, ETC/SCP working paper 2/2009**. European Topic Centre on Resource and Waste Management. Disponível em: http://scp.eionet.Europa.eu/publications/wp2009_2. Acesso em 20/02/2019.

Eurostat, 2016. **Generation of Waste**. Disponível em: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en. Acesso em 17/02/2019.

Eurostat, 2019. **Recovery rate of construction and demolition waste**. Disponível em: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en. Acesso em 17/09/2019.

FAVARETTO, Patrícia et al. Characterization and use of construction and demolition waste from south of Brazil in the production of foamed concrete blocks. **Applied Sciences**, v. 7, n. 10, p. 1090, 2017.

Federal Chancellery Austria, 2009. **Administration in Austria**. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0002764205285182>. Acesso em: 15/02/2019

FEIJÃO NETO, Francisco Gonçalves. Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de Parnaíba-PI. 2010.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. Oficina de textos, 2018.

GreenCape, 2015. Waste Economy: Market Intelligence Report 2016. Disponível em: <https://greencape.co.za/assets/GreenCape-Waste-MIR-2016.pdf>. Acesso em 14/02/2019.

GROETELAARS, Natalie Johanna. Um estudo da Fotogrametria Digital na documentação de formas arquitetônicas e urbanas. 2013.

GUIMARÃES, Daniel Pereira; PIMENTA, Fernando Martins; LANDAU, Elena Charlotte. Integração Google Earth-SIG-Servidor de Mapas e o Monitoramento Ambiental. **Circular Técnica. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas**, n. 183, p. 1-20, 2012.

HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues; DE SOUZA, Paula Cristina; CASARIN, André Nascimento. Caracterização dos resíduos de construção e demolição na unidade de recebimento de resíduos sólidos no município de Campo Mourão-PR. **Revista Tecnológica**, p. 203-209, 2010.

HAO, Jane L.; HILLS, Martin J.; TAM, Vivian WY. The effectiveness of Hong Kong's construction waste disposal charging scheme. **Waste Management & Research**, v. 26, n. 6, p. 553-558, 2008.

HYDER CONSULTING, ECSRS. Construction and demolition waste status report. **Management of construction and demolition waste in Australia, Hyder Consulting Pty Ltd**, 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Banco de dados Agregados, Censo 2008, disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45351.pdf>, acesso 14/02/2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **MUNIC**. 2014. CENSO 2010. Disponível em: <http://sinir.gov.br/web/guest/2.5-planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acesso em 13/04/2018.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. *Relatório de Pesquisa*. Brasília, 2012.

IS 383(Second rev), 1970. **Specification for Coarse and Fine Aggregate from Natural Sources for Concrete**. Bur. Indian Stand, New Delhi, India.

ISLAM, Rashidul et al. An empirical study of construction and demolition waste generation and implication of recycling. **Waste Management**, v. 95, p. 10-21, 2019.

KARPINSK, Luisete Andreis. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. EDIPUCRS, 2009.

KLEIN, Flávio Bordino; DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, 2017.

KOHOUTKOVÁ, ALENA; ŠTEMBERK, PETR. **An Overview of Present Recycling Techniques for Concrete and Masonry Waste in the Czech Republic**. SB07 New Zealand, n. 070, p. 1-8, 2007.

- LI, Mei et al. Improvement of the statutory framework for construction and demolition waste management exemplified in Germany and Australia. In: **Urban Environment**. Springer, Dordrecht, 2013. p. 15-25.
- LILLESAND, Thomas; KIEFER, Ralph W.; CHIPMAN, Jonathan. **Remote sensing and image interpretation**. John Wiley & Sons, 2014.
- LIU, Guiwen et al. Factors influencing the service lifespan of buildings: An improved hedonic model. **Habitat International**, v. 43, p. 274-282, 2014.
- LU, Weisheng. Estimating the amount of building-related construction and demolition waste in China. In: **Proceedings of the 18th International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. p. 539-548.
- LU, Weisheng; TAM, Vivian WY. Construction waste management policies and their effectiveness in Hong Kong: A longitudinal review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 23, p. 214-223, 2013.
- MAGALHÃES, Artur Jorge Fernandes et al. De volta ao passado: a aplicação da fotogrametria para registo arqueológico 3D. **Revista de Arqueologia**, v. 31, n. 1, p. 185-207, 2018.
- MÁLIA, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição. **Lisboa. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Instituto Superior Técnico, Lisboa/Portugal**, 2010.
- MARION, Fabiano André. Águas subterrâneas, atividades potencialmente contaminantes e o aporte do geoprocessamento na definição de conflitos. **Geoambiente On-line**, n. 17, p. 01-17 pág., 2011.
- MARQUES, NETO. José da Costa. **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil. São Carlos: RiMa**, 2005.
- MARQUES NETO, J.C. Diagnóstico para estudo de gestão de resíduos de construção e de construção do município de São Carlos-SP. 2003. 155 p. Dissertação (mestrado em Hidráulica e saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.
- Mayr, J., 2014. **Waste management in rural areas in Austria**. In: Taking Waste Management into the Future. Brussels. Disponível em: <https://www.municipalwasteeurope.eu/sites/default/files/Organising%20integrated%20waste%20management%20-%20Austria.pdf>. Acesso em 15/02/2019.
- Ministério do Meio Ambiente - MMA, “Projeto internacional de cooperação técnica para a melhoria da gestão ambiental urbana no Brasil” - BRA/OEA/08/001 (2010) 320p.
- Ministry of Environment, 2013. **Recycling Policy**. Disponível em: <http://eng.me.go.kr/eng/web/index.do?menuId=143>. Acesso em 15/02/2019.
- Ministry of Environment, 2014. **Waste Management Plan of the Czech Republic for the Period 2015-2024**. Disponível em: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_aj/\\$FILE/OODP-WMP_CZ_translation-20151008.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_aj/$FILE/OODP-WMP_CZ_translation-20151008.pdf). Acesso em 19/02/2019.
- Ministry of the Environment, 2014. **History and current state of waste management in Japan**. Minist. Environ. Disponível em: <https://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/hcswm.pdf>. Acesso em 14/02/2019.
- MIRANDA, José Iguelmar. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MONTECINOS, Waldo; HOLDA, Agnieszka. Construction and demolition waste management in Denmark. **Example of brick, wood, treated wood and PVC management**, 2006.

MORAIS, Greiceana Marques Dias de et al. Diagnóstico da deposição clandestina de Resíduos de Construção e Demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável. 2006.

MOURÃO, Sheila Abreu; ARAGÃO, Victor Rodrigues; DAMASCENO, Daise Anne Pereira Meira. Diagnóstico da disposição dos resíduos sólidos da construção civil na cidade de Montes Claros, MG. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 251-261, 2015.

NAKAJIMA, Shiro; FUTAKI, Mikio. National R&D Project to Promote Recycle and Reuse of Timber Constructions in Japan. **Deconstruction and Materials Reuse: Technology, Economic, and Policy**, p. 42, 2001.

NANNI, A.; BARROS, S. D.; DESCOVI FILHO, L.; SOUZA, M. S.; PEREIRA FILHO, N. S.; GOVEIA, S. S. 2017. QGIS User Guide, Versão 2.18. 473p. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.18/pdf/pt_BR/QGIS-2.18-UserGuide-pt_BR.pdf. Acesso em: 15/03/2019.

NELLES, Michael; GRÜNES, J.; MORSCHECK, G. Waste management in Germany—development to a sustainable circular economy?. **Procedia Environmental Sciences**, v. 35, p. 6-14, 2016.

PAZ, Diogo HF; LAFAYETTE, Kalinny PV. Forecasting of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 8, p. 708-716, 2016.

PEREIRA, Luís Flávio; GUIMARÃES, Ricardo Morato Fiúza; OLIVEIRA, Raphael Rivadávia Mendes. Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, n. 3, p. 250-264, 2018.

PINTO, Tarcísio de Paulo et al. Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP. **São Paulo: Sinduscon**, 2005.

Portal Brasil, disponível em http://www.portalbrasil.net/historiageral_revolucaoindustrial.htm, acesso em 02/02/2019.

PRODANOFF, Jorge Henrique Alves. Avaliação da poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano. **Rio de Janeiro**, 2005.

Resplandes, H. M. S.; Costa, L. C. S. (2016) **Field Investigation of Mechanic Properties of Recycled CDW for Asphalt Pavement Layers**. J. Mater. Civ. Eng.

Rezende, L. R.; Marques, M. O.; Oliveira, J. C.; Carvalho, J. C.; Guimarães, R. C.;

RIBEIRO JÚNIOR, S. **Determinação de volumes em atividades de mineração utilizando ferramentas do sensoriamento remoto**. 2011. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa. Pós-Graduação em Engenharia Civil. Viçosa.

RIBEIRO, Flávia Alice Borges Soares; DIAS, João Fernando. Deposição irregular dos resíduos de construção civil em Uberlândia/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 5, 2013.

SALAMUNI, Eduardo. Banco de dados geológicos geo-referenciados da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) como base de sistema de informação geográfica (SIG). **Boletim Paranaense de Geociências**, v. 49, 2001.

SCHNEIDER, Dan Moche. Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo. **São Paulo**, v. 131, 2003.

Silva, A. A. *Avaliação dos pontos de apoio (ecopontos) na gestão dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso de São José do Rio Preto – SP*. São Carlos, Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, 2012.

SILVA, K. **Análise das Dificuldades da Prática de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil em Obras de Pequeno Porte**. Instituto de Pós-Graduação – IPOG, Salvador, BA, 2015

SILVA, Roberto Bernardo da; RODRIGUES, Evaldo Cesar Cavalcante; ZAU, Flavia Garcia; TRINDADE, Gabriela Pereira da. **Panorama do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC) – estudo de caso na construção do centro administrativo do distrito federal (CADF)**. In: IV SINVEP Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais do IV SINGEP – São Paulo – SP – Brasil – 08, 09 e 10 de novembro de 2015.

SILVA, Vinícius Arcanjo da; FERNANDES, André Luís Teixeira. Scenario of waste management of construction and demolition (CDW) in Uberaba, Minas Gerais (Brazil). **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 333-344, 2012.

Singapore National Environment Agency, 2017. NEA. Disponível em: <https://www.nea.gov.sg/our-services/waste-management/waste-statistics-and-overall-recycling>. Acesso em: 03/09/2019.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. De. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46, out./dez. 2004.

STASSUN, Cristian Caê Seemann; PRADO FILHO, Kleber. Geoprocessamento como prática biopolítica no governo municipal. **Revista de Administração Pública**, v. 46, n. 6, p. 1649-1669, 2012.

SZTUTMAN, Paulo. **Análise da qualidade posicional das bases do Google Maps, Bing Maps e da Esri para referência espacial em projetos em SIG: aplicação para o município de São Paulo**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TAKAHASHI, Elisa Akiko Nakano. **Utilização da escória de alumínio na fabricação de argila expandida**. 2006. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TOMMASELLI, A. M. G. Fotogrametria básica–Introdução. **São Paulo: Unesp**, 2009.

TOMMASELLI, ANTONIO MG et al. Sensoriamento remoto aerotransportado: uma abordagem usando câmaras digitais. **SANTIL, FL de P.; SILVEIRA, H.; SOUZA, ML de**, p. 81-116, 2010.

TOWNSEND, Timothy; WILSON, Christina; BECK, Blaine. The benefits of construction and demolition materials recycling in the United States. **University of Florida: Gainesville, FL, USA**, 2014.

USEPA. Advancing sustainable materials management: Facts and figures 2013. **United States Environ Prot Agency**, p. 1-16, 2015.

VAN WYK, Llewellyn V. Towards net-zero construction and demolition waste. **Alive2green**, p. 1-7, 2014.

VERGARA, Sintana E.; TCHOBANOGLIOUS, George. Municipal solid waste and the environment: a global perspective. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 37, p. 277-309, 2012.

WAHLSTRÖM, Margareta et al. **Improving quality of construction & demolition waste: Requirements for pre-demolition audit**. Nordic Council of Ministers, 2019.

WU, Zezhou; ANN, T. W.; POON, Chi Sun. An off-site snapshot methodology for estimating building construction waste composition-a case study of Hong Kong. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 77, p. 128-135, 2019.

XU, Jiuping; SHI, Yi; ZHAO, Siwei. Reverse Logistics Network-Based Multiperiod Optimization for Construction and Demolition Waste Disposal. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 145, n. 2, p. 04018124, 2018.

Yang, W.-S., Park, J.-K., Park, S.-W., Seo, Y.-C. **Past, present and future of waste management in Korea**. J. Mater. Cycles Waste Manag. n. 17, p. 207-217, 2015.

YEHEYIS, Muluken et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 15, n. 1, p. 81-91, 2013.

Yonitani, H., 2015. Construction and Demolition Waste Management in Japan. Disponível em: [http://www.uncrd.or.jp/content/documents/2661ParallelRoundtable\(2\)-Presentation\(4\)-HidekoYonetani.pdf](http://www.uncrd.or.jp/content/documents/2661ParallelRoundtable(2)-Presentation(4)-HidekoYonetani.pdf). Acesso em: 16/02/2019.

APÊNDICE

APÊNDICE A – FOTOS DOS LOCAIS DE DESCARTE INADEQUADO DE RCC

Figura 26 - Fotos dos locais de descarte inadequado de RCC

(A) Vila Cabral
(7°14'30.86"S - 35°52'2.44"O)



(B) Vila Cabral
(7°14'30.86"S - 35°52'2.44"O)



(C) Bairro Cruzeiro
(7°14'26.42"S - 35°54'18.00"O)



(D) Bairro Santa Rosa
(7°14'17.34"S - 35°54'17.42"O)



(E) Bairro Bela Vista
(7°13'22.83"S - 35°54'4.43"O)



(F) Bairro Distrito Industrial
(7°15'28.10"S - 35°53'9.30"O)



Fonte: Própria, 2018/2019

(G) Bairro Itararé
(7°15'23.28"S - 35°52'54.94"O)



(H) Bairro Jardim Tavares
(7°12'12.80"S - 35°52'13.38"O)



(I) Bairro Jardim Tavares
(7°12'28.49"S - 35°52'5.55"O)



(J) Bairro Jardim Tavares
(7°12'31.27"S - 35°52'14.49"O)



(K) Bairro Tambor
(7°14'38.58"S - 35°53'17.14"O)



(L) Bairro Tambor
(7°14'41.08"S - 35°53'16.86"O)



Fonte: Própria, 2018/2019

(M) Bairro Universitário
(7°12'37.21"S - 35°54'36.65"O)



(N) Bairro Universitário
(7°12'37.21"S - 35°54'36.65"O)



(O) Bairro Santa Cruz
(7°14'18.42"S - 35°54'24.20"O)



(P) Bairro Santa Cruz
(7°14'18.42"S - 35°54'24.20"O)



(Q) Bairro Bela Vista
(7°13'14.05"S - 35°54'16.65"O)



(R) Bairro Bela Vista
(7°13'14.05"S - 35°54'16.65"O)



Fonte: Própria, 2018/2019