



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

VIVIANE BORGES DIAS

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E PROPOSTA DE INDICADORES
DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DAS
OBRAS INFORMAIS NA CIDADE DO RECIFE

RECIFE-PE
2022

VIVIANE BORGES DIAS

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E PROPOSTA DE INDICADORES
DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DAS
OBRAS INFORMAIS NA CIDADE DO RECIFE

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Controle e remediação da poluição.

Orientador: Dr. Romildo Morant de Holanda
Coorientador: Dr^a. Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo

RECIFE-PE
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D541a Dias, Viviane Borges
 Avaliação dos impactos e proposta de indicadores dos resíduos de construção e demolição das obras informais na cidade do Recife / Viviane Borges Dias. - 2022.
 132 f. : il.
- Orientador: Dr. Romildo Morant de Holanda.
 Coorientadora: Dra. Fernanda Wanderley Correa de Araujo.
 Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2022.
1. Pegada de cimento. 2. Pegada de cerâmica vermelha. 3. Desperdício na construção civil. 4. Geradores informais. 5. Impactos ambientais. I. Holanda, Dr. Romildo Morant de, orient. II. Araujo, Dra. Fernanda Wanderley Correa de, coorient. III. Título

VIVIANE BORGES DIAS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E PROPOSTA DE INDICADORES
DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO DAS
OBRAS INFORMAIS NA CIDADE DO RECIFE**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na Área de Concentração: Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Controle e remediação da poluição.

Aprovada em 23 de agosto de 2022

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda
(Presidente da Banca e Orientador)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr^a. Cecília Maria Mota Silva Lins (Membro externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Alex Souza Moraes (Membro interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo seu amor incondicional, por me dar forças e coragem ao longo de toda minha vida acadêmica, me permitindo chegar até aqui.

A minha família, pelo apoio que sempre me foi concedido, por acreditarem em mim, e não medirem esforços para a concretização dos meus sonhos. Sem vocês, nada seria possível.

Ao meu orientador, Dr. Romildo Morant de Holanda, por ter depositado sua confiança em mim, pelo conhecimento compartilhado, pelo apoio e incentivos. A minha coorientadora, Dr^a. Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo, pelo apoio, sugestões e contribuições.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de pós-Graduação em Engenharia Ambiental pela oportunidade e todo o suporte fornecido.

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco, pela concessão da bolsa de mestrado.

E a todos os outros que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigada!

DIAS, Viviane Borges. **Avaliação dos impactos e proposta de indicadores dos resíduos de construção e demolição das obras informais na cidade do Recife**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

RESUMO

Os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) constituem um dos grandes problemas urbanos na atualidade, visto que são gerados em volumes significativos, e na maioria das vezes possuem uma destinação final inadequada, desencadeando uma série de impactos de ordem ambiental, social e econômica. Assim, é indispensável que o gerenciamento de RCD seja eficiente e capaz de minimizar os efeitos negativos das atividades do setor construtivo. Estimar a geração e a composição dos RCD desempenha um papel importante no desenvolvimento de abordagens adequadas e eficazes para a gestão destes. Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo estabelecer índice de geração de resíduos de cimento e tijolos cerâmicos para edificações informais e avaliar os impactos decorrentes da deposição irregular de RCD em áreas de vulnerabilidade socioambiental. Para isso, a metodologia compreendeu o levantamento de dados e informações, visitas in loco, aplicações de formulários, mapeamento e registro fotográfico. Os dados obtidos foram compilados em mapas e gráficos que posteriormente foram discutidos e analisados. O estudo foi feito com base em 5 áreas pertencente a Região Político Administrativa (RPA3) – onde se realizou o mapeamento dos pontos de deposição irregular de RCD através do levantamento de coordenadas geográficas e a avaliação os impactos associados à disposição irregular de RCD, utilizando a metodologia denominada Matriz de Leopold. Para a estimativa da geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico nas obras informais foi utilizado um modelo baseado no princípio do balanço de materiais, que quantifica a geração de resíduos por área construída. Foram desenvolvidos, ainda, três tipos de pegadas, evidenciando a quantidade de cimento e cerâmica vermelha incorporados nas obras. Constatou-se 85 pontos de deposição irregular de RCD, distribuídos nas 5 áreas estudadas. A avaliação dos impactos ambientais mostrou que o meio mais impactado pela deposição irregular de RCD é o meio antrópico, que corresponde a 47% do total dos impactos. A estimativa das taxas de geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico em obras informais permitiu alcançar um índice de geração por área construída de 6,3 kg/m². Por fim, a pegada de cimentos nas obras analisadas variou de -21,2% (Pegada amarela) a 28,5% (Pegada Vermelha), por outro lado, a pegada de tijolos variou de -23,8% (Pegada amarela) a 40% (Pegada vermelha). A análise realizada nesta pesquisa mostra a problemática dos RCD provenientes de construções informais, em áreas de morro na cidade de Recife-PE, servindo de base para a melhoria da gestão desses resíduos e subsidiar políticas públicas que viabilizem a inclusão de medidas de caráter preventivo e no planejamento urbano dessas áreas.

Palavras-chave: Pegada de cimento; pegada de cerâmica vermelha; desperdício na construção civil; geradores informais; impactos ambientais.

DIAS, Viviane Borges. **Assessment of impacts and proposal of indicators of construction and demolition waste from informal works in the city of Recife**. Master Thesis (Master's Program in Environmental Engineering) – Federal Rural University of Pernambuco, Recife, 2022.

ABSTRACT

Construction and Demolition Waste (RCD) is one of the major urban problems today, since they are generated in significant volumes, and most of the time have an inadequate final destination, triggering a series of environmental, social and economic impacts. Thus, it is essential that CDW management is efficient and capable of minimizing the negative effects of activities in the construction sector. Estimating the generation and composition of CDW plays an important role in developing appropriate and effective approaches to managing these. Thus, the present research aims to establish a rate of generation of cement waste and ceramic bricks for informal buildings and to assess the impacts resulting from the irregular deposition of CDW in areas of socio-environmental vulnerability. For this, the methodology comprised the collection of data and information, on-site visits, application of forms, mapping and photographic records. The data obtained were compiled into maps and graphs that were later discussed and analyzed. The study was based on 5 areas belonging to the Political Administrative Region (RPA3) - where the mapping of points of irregular deposition of CDW was carried out through the survey of geographic coordinates and the assessment of the impacts associated with the irregular disposition of CDW, using the methodology called Leopold's Matrix. To estimate the generation of cement and ceramic brick residues in informal works, a model based on the principle of material balance was used, which quantifies the generation of residues per constructed area. Three types of footprints were also developed, showing the amount of cement and red ceramics incorporated in the works. It was found 85 points of irregular deposition of CDW, distributed in the 5 studied areas. The assessment of environmental impacts showed that the environment most impacted by the irregular deposition of CDW is the anthropic environment, which corresponds to 47% of the total impacts. The estimation of cement and ceramic brick waste generation rates in informal works allowed reaching a generation rate per built area of 6.3 kg/m². Finally, the cement footprint in the analyzed works ranged from -21.2% (Yellow Footprint) to 28.5% (Red Footprint), on the other hand, the brick footprint ranged from -23.8% (Yellow Footprint) at 40% (Red Footprint). The analysis carried out in this research shows the problem of CDW coming from informal constructions, in hill areas in the city of Recife-PE, serving as a basis for improving the management of these wastes and subsidizing public policies that enable the inclusion of preventive and in the urban planning of these areas.

Keywords: Cement footprint; Red ceramic footprint; Waste in construction; Informal generators; Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - TRIPLE BOTTOM LINE	20
FIGURA 2.2 – FLUXOGRAMA DE PRIORIDADE NA GESTÃO E NO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS.....	26
FIGURA 2.3 - PLANO DE GERENCIAMENTO DE RCC ESTABELECIDO PELA RESOLUÇÃO N° 307 ..	26
FIGURA 3.1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO RECIFE-PE	37
FIGURA 3.2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	39
FIGURA 3.3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS OBRAS.....	41
FIGURA 3.4 - ABORDAGEM, MÉTODO E OBJETIVOS DA PESQUISA	42
FIGURA 3.5 - ESQUEMA METODOLOGIA	43
FIGURA 4.1 - ESQUEMA DA MATRIZ DE LEOPOLD	60
FIGURA 4.2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS BAIROS ESTUDADOS	61
FIGURA 4.3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD.....	65
FIGURA 4.4- PORTE DOS PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD	66
FIGURA 4.5- LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD.....	66
FIGURA 4.6- PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD.....	67
FIGURA 4.7- CLASSIFICAÇÃO DOS PONTOS DE RCD DE ACORDO A RESOLUÇÃO N°307 (CONAMA, 2002).....	68
FIGURA 4.8- MATRIZ DE IMPACTOS RESÍDUOS CONSTRUÇÃO CIVIL	69
FIGURA 4.9- SIGNIFICÂNCIA	71
FIGURA 6.1 - BLOCOS CERÂMICOS	98
FIGURA 6.2 - PEGADA VERMELHA, LARANJA E AMARELA	102
FIGURA 6.3 - DISTRIBUIÇÃO DO IP(%) DA PEGADA DE CIMENTO	109
FIGURA 6.4 - DISTRIBUIÇÃO DO IP(%) DA PEGADA DE TIJOLOS	110
FIGURA 6.5 - PONTOS DE DESCARTES RCD	111

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	24
QUADRO 2.2 - DESTINAÇÃO FINAL DOS RCD	24
QUADRO 2.3 – ETAPAS DO PGRCC	27
QUADRO 2.4 - PMGRCC	27
QUADRO 2.5 - ALTERAÇÕES RESOLUÇÃO N°307/2002	33
QUADRO 3.1- PERFIL DAS OBRAS ANALISADAS	40
QUADRO 4.1 - DESCRIÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	57
QUADRO 4.2 - DESTINAÇÃO FINAL DOS RCD	57
QUADRO 4.3 - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	59
QUADRO 4.4- CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DA MATRIZ DE LEOPOLD	63
QUADRO 4.5- CRITÉRIOS PARA SIGNIFICÂNCIA	63
QUADRO 5.1 - PERFIL DAS OBRAS ANALISADAS	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD NOS LOCAIS ESTUDADOS	64
TABELA 4.2 - CLASSIFICAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	70
TABELA 5.1 - TAXAS DE GERAÇÃO DE RCD OBTIDAS EM OUTROS ESTUDOS	82
TABELA 5.2 - TAXA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE ACORDO COM O TIPO DE MATERIAL	82
TABELA 5.3 - DADOS DAS OBRAS	87
TABELA 5.4 - TAXA DE GERAÇÃO DE RCD	87
TABELA 5.5 - COMPARATIVO DA TAXA DE GERAÇÃO DE CIMENTO E TIJOLOS COM OUTROS ESTUDOS	89
TABELA 6.1 - QUANTIDADE ORÇADO E EXECUTADO	105
TABELA 6.2 - QUANTIDADE DOS MATERIAIS POR SERVIÇOS	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
APP	áreas de preservação ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PGRCC	Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PIGRCC	Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PMGRCC	Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PMRS	Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNSB	Política Nacional de Saneamento Básico
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
RMR	Região Metropolitana do Recife
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	12
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	12
1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	14
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo geral.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	16
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO.....	18
2.1.1 Construções sustentáveis.....	19
2.1.2 Informalidade na construção civil.....	21
2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.2.1 Definição, classificação e destinação final	23
2.2.2 Gestão e Gerenciamento de RCD.....	25
2.2.3 Impactos provenientes dos RCD	28
2.3 POLÍTICAS PÚBLICAS	29
2.3.1 Âmbito Nacional	30
2.3.2 Âmbito Estadual	34
2.3.3 Âmbito Municipal.....	34
CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 ÁREA DE ESTUDO	37
3.2 DELIMITAÇÕES E CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS	40
3.3 MÉTODOS DE PESQUISA	41
3.3.1 Referencial Teórico.....	43
3.3.2 Pesquisa Documental.....	44
3.3.3 Trabalho de Campo.....	44
REFERÊNCIAS	45
CAPÍTULO 4 – MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM ÁREAS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	54
4.1 INTRODUÇÃO	55
4.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	56
4.2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)	56
4.2.2 IMPACTOS DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD).....	58
4.2.3 METODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	59

4.3 MATERIAL E MÉTODOS	61
4.3.1 ÁREA DE ESTUDO	61
4.3.2 MAPEAMENTO DOS PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD	61
4.3.3 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS	62
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.4.1 PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR	63
4.4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS	68
4.5 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	73
CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE RCD DE CINCO OBRAS INFORMAIS NA CIDADE DE RECIFE-PE	78
5.1 INTRODUÇÃO	79
5.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	80
5.2.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	80
5.2.2 ÍNDICE DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	81
5.3 MATERIAL E MÉTODOS	83
5.3.1 ESTUDO DE CASO	83
5.3.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CIMENTO E TIJOLO CERÂMICO	84
5.3.2.1 Lista dos principais tipos de material de construção	84
5.3.2.2 Investigação das quantidades compradas de materiais principais	85
5.3.2.3 Investigação da taxa de desperdício de material (MWR) real	85
5.3.2.4 Estimativa da porcentagem de resíduos remanescentes	85
5.3.2.5 Cálculo da geração de resíduos por área construída (<i>wga</i>) e o <i>wga</i> para cada tipo de material.	85
5.3.3 ESTIMATIVA TOTAL DA GERAÇÃO DE RCD EM OBRAS INFORMAIS	86
5.4 RESUTADOS E DISCUSSÃO	87
5.5 CONCLUSÃO.....	90
CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CIMENTO E CERÂMICA VERMELHA.....	95
6.1 INTRODUÇÃO	96
6.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	96
6.2.1 CIMENTO PORTLAND.....	96
6.2.2 CERÂMICA VERMELHA	98
6.2.3 PERDA E DESPERDICIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	99
6.2.4 ORÇAMENTO	100
6.3 MATERIAL E MÉTODOS	101

6.3.1 PEGADA DE CIMENTO E CERÂMICA VERMELHA.....	101
6.3.2 PROCEDIMENTOS PARA MENSURAR A PEGADA DE CIMENTO E CERÂMICA VERMELHA.....	103
6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
6.5 CONCLUSÃO.....	112
CAPÍTULO 7 - CONCLUSÃO (GERAL)	119
APÊNDICE A – Formulários	122
ANEXO A - Ficha de verificação de impactos ambientais decorrentes da deposição de RCD	124
ANEXO B - Matriz de Leopold.....	125
ANEXO C – Orçamentos	126

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a problemática dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD), abordando questões voltadas à gestão dos RCD, a informalidade nas construções, o aumento na geração e a deposição irregular de RCD, e os impactos decorrentes destes. Além disso, é apresentada a justificativa da pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos, bem como a estruturação da dissertação.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A indústria da construção civil é um setor de grande relevância para o crescimento e desenvolvimento socioeconômico, apresentando-se como um contribuinte importante no valor do Produto Interno Bruto (PIB) de um país (SOUZA *et al.*, 2015). Porém, apesar da importância setorial no desenvolvimento econômico, a construção civil pode ser considerada como grande geradora de impactos ambientais associados ao consumo de recursos naturais e energéticos, a geração de gases de efeito estufa e resíduos sólidos (BRASILEIRO e MATOS, 2015; DOBROVOLSKIENE *et al.*, 2017).

O crescimento populacional e a urbanização acelerada têm ocasionado o rápido adensamento das cidades e, por conseguinte, a expansão das atividades do setor construtivo, tanto de infraestrutura urbano como também de ordem habitacional (ZHENG *et al.*, 2017; QUAGLIO; ARANA, 2020). Em função deste cenário, verifica-se um crescente volume de Resíduos de Construção Civil (RCC), também denominados de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) ou entulho, resultado do desperdício nas obras de construções, reformas e demolições.

Os RCD são considerados inertes, pois se mantêm inalterados por um longo período de tempo, como apresentado na NBR 10.004 (ABNT, 2004a). Entretanto, existe uma preocupação ambiental referente a esses resíduos devido ao grande volume gerado, peso e alta produção anual (AKHTAR; SARMAH, 2018; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018). Estima-se que a quantidade total de RCD gerados anualmente em todo o mundo excede 10 bilhões de toneladas, dos quais os Estados Unidos (EUA) produzem cerca de 700 milhões de toneladas, a União Europeia (UE) mais de 800 milhões de toneladas (WU *et al.*, 2019) e a China (CN) cerca de 2,3 bilhões de toneladas (ZHENG *et al.*, 2017), sendo responsável por cerca de 40% do total de resíduos gerados. Desta forma, os RCD constituem um dos grandes problemas urbanos na atualidade (WANG *et al.*, 2018).

No Brasil, os RCD representam entre 40% a 60% da massa total dos resíduos sólidos gerados em centros urbanos (CBIC, 2017). Dados da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), revelam que o país gerou 44,5 milhões de toneladas de resíduos provenientes da construção civil somente no ano de 2019. Como nessa área, o responsável por recolher os resíduos é o gestor da obra, os números apresentados refletem apenas o que foi abandonado em vias e logradouros públicos, na maioria, segundo a própria agência. São toneladas de resíduos que na maioria das vezes têm destino inadequado, desencadeando uma série de impactos de ordem ambiental, social e econômica. Entre os impactos ambientais, podem-se citar as inundações causadas pelo estreitamento das margens de rios, poluição das águas e solos, indução à deposição de outros tipos de rejeitos que são atrativos para vetores de doenças, além da poluição visual (IKAU; JOSEPH; TAWIE, 2016). Esses impactos comprometem não só o equilíbrio do meio ambiente, mas também princípios sanitários, sociais e econômicos nas cidades.

Além das disposições clandestinas, outro fato preocupante é que, no Brasil, uma parcela importante dos RCD é gerado em obras informais (PINTO, 1999; PINTO *et al.*, 2005a), tanto de pequenas reformas como autoconstrução, para os quais dados estatísticos estão indisponíveis (ÂNGULO *et al.*, 2011; PAZ, 2019). Os pequenos geradores de RCD realizam, principalmente, obras informais, cujos resíduos representam em torno de 75% do total de RCD gerados em áreas urbanas (PINTO, 2005b; SINDUSCON, 2021). A falta de fiscalização e regulamentação na coleta, transporte e destinação final de RCD de geradores informais e a ausência de instrumentos compatíveis com a realidade local contribui para a crescente geração destes no país.

Nesse cenário, medidas vêm sendo implantadas com a finalidade de minimizar os impactos decorrentes dessas atividades e assessorar no gerenciamento dos resíduos gerados. Como exemplo, pode-se mencionar as Leis, Decretos, Portarias, Resoluções e Normas. Todas essas, serão tratadas e aprofundadas no tópico Políticas Públicas do capítulo 2 da presente dissertação.

Destaca-se aqui, a Lei 12.305 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), um dos marcos legal para a gestão de resíduos sólidos no Brasil e a Resolução nº 307 (CONAMA, 2002), primeiro instrumento legal que trata especificamente dos RCD, que fixou prazos para as administrações municipais elaborarem e implantarem o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC).

Assim, considerando este cenário, faz-se necessário planejar políticas municipais que atuem de forma preventiva no tocante à geração de resíduos da construção civil, a partir da qual

poderão ser definidas diretrizes e normas visando o gerenciamento destes, através da gestão integrada e sustentável dos resíduos gerados nos municípios. Lowen e Nagalli (2020) ressaltam que a ausência de gerenciamento desses resíduos tem ocasionado significativo aumento no custo da administração municipal com limpeza das áreas afetadas pela deposição irregular, custos de separação e triagem e aquisição de equipamentos necessários para o manejo dos resíduos.

Em Recife - PE, o Decreto Municipal nº 18.082 (RECIFE, 1998a) regulamenta a Lei nº 16.377 (RECIFE, 1998b), que trata dos aspectos de regulamentação da coleta, transporte e disposição de resíduos de construção civil e outros resíduos não abrangidos pela coleta regular na cidade. A Lei Municipal nº 17.072 (RECIFE, 2005), estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Com a instituição do Decreto nº 27.399 (RECIFE, 2013), que regulamenta as unidades de recebimento de resíduos sólidos de pequenos geradores, a gestão integrada do RCD passou a ser implantada no Recife. De acordo com esta Lei, são considerados pequenos geradores, aqueles responsáveis pela atividade de construção, demolição, reforma, escavação e similares que gerem volumes de resíduos de até 1,0m³/dia.

No entanto, apesar das Leis e Decretos existentes, a cidade do Recife, convive ainda com a problemática dos RCD. Paz, Lafayette e Sobral (2018) georreferenciaram 565 pontos de disposição irregular de RCD espalhados nas seis Regiões Político Administrativa (RPAs) da cidade de Recife. Sabendo, ainda, que parte desses resíduos são gerados em regiões periféricas e de baixa renda da cidade, não sendo controlado pelo Poder Público, os efeitos são ainda mais danosos em razão dos problemas e carências enfrentados por esta parcela da população.

1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Muito se tem debatido sobre os impactos que a destinação inadequada dos resíduos sólidos causa ao meio ambiente. Diante da grande quantidade de RCD gerados, vários estudos vêm sendo desenvolvidos visando minimizar o desperdício e a geração de resíduos durante a construção em ordem de reduzir os impactos associados aos RCD (PINTO, 1999; JOHN, 2000; SCHNEIDER, 2003; CÓRDOBA, 2010; GONÇALVES, 2013; PAZ, 2019).

Segundo o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos (PMRS, 2011), uma parcela significativa dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) gerados na cidade do Recife é proveniente das atividades de construção civil, tendo na maioria das vezes sua disposição de forma irregular em terrenos baldios e áreas de erosões. Estima-se que por mês são geradas 37.098 toneladas de

RCD na capital (PMRS, 2011). Deste total dos resíduos gerados em Recife, uma parcela é gerada em áreas de morros onde a probabilidade de deposição irregular aumenta devido o limitado ou falta de elementos básicos de infraestrutura, como saneamento e coleta regular de resíduos domiciliares e de RCD, sistema viário, entre outros. Além disso, essas áreas de declividade acentuada dificultam o acesso dos caminhões para operação de coleta dos RCD e recuperação das áreas, bem como aumentam o escoamento de chorume dos resíduos orgânicos que possam estar misturados aos RCD.

O crescimento das cidades por meio de ocupações desordenadas e irregulares nas periferias, que ocorre em desrespeito às leis de uso e ocupação do solo e às leis ambientais, colocam a população em situação de risco (GOMES *et al.*, 2021). Essas ocupações vêm crescendo constantemente nos últimos anos, principalmente devido ao processo de urbanização e desigualdade social. Em Recife, a ocupação desordenada em áreas de morros se deu de forma espontânea e irregular, e foram dadas, em sua maioria, por invasões ou ocupações consentidas de terra, ocorrendo de maneira desordenada e repercutindo em inúmeras problemáticas (ALHEIROS *et al.*, 2004).

Dentro da realidade desses bairros, as deposições irregulares de RCD são consideradas um grave problema e caracterizam-se, principalmente, por constituírem-se de RCD gerados em pequenas reformas, ampliação e autoconstruções informais (PINTO E GONZALEZ, 2005). Além disso, junto a essas deposições irregulares, é perceptível a presença de outros resíduos, tais como domiciliares, restos de poda, pneus e volumosos, contribuindo para obstruir córregos e canais de drenagem e conseqüentemente os alagamentos e inundações, aumentando o risco a ocorrência de desastres (FARIAS FILHO, *et al.*, 2020; COSTA, *et al.*, 2019). Os impactos são evidentes e somente frente a estes é que se pode convencer o poder público e a população da necessidade da adoção de medidas preventivas aos problemas decorrentes da falta de gerenciamento desses resíduos.

Com base nesta realidade, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de se desenvolver estudos voltados à problemática dos RCD, provenientes de construções informais, nas áreas de morro na cidade de Recife, de forma a contribuir para a melhoria da gestão desses resíduos, e na formulação de políticas públicas que viabilizem a inclusão de medidas de caráter preventivo e no planejamento urbano dessas áreas.

Os bairros Alto José Pinho, Alto Santa Isabel, Mangabeira, Nova Descoberta e Vasco da Gama foram selecionados como área de estudo, por se enquadrarem ao contexto do presente estudo, e por se localizarem em áreas contíguas, na mesma RPA. O apoio e colaboração de

líderes dessas comunidades também contribuíram para a realização do trabalho nesses bairros, constituindo um fator facilitar da acessibilidade para o desenvolvimento do trabalho de campo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Estabelecer índice de geração de resíduos de cimento e tijolos cerâmicos para obras informais e avaliar os impactos decorrentes da deposição irregular de RCD em áreas de vulnerabilidade socioambiental.

1.3.2 Objetivos específicos

- Mapear os pontos de deposição de RCD em áreas de vulnerabilidade socioambiental, com concentração de obras informais na área de estudo;
- Avaliar os impactos ambientais gerados pelo RCD, em áreas de vulnerabilidade socioambiental, devido à deposição irregular de RCD;
- Avaliar a capacidade de geração de cimento e tijolos cerâmicos das obras informais na área de estudo;
- Avaliar a pegada de cimento nas obras informais;
- Avaliar a pegada de cerâmica vermelha nas obras informais;

1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em 7 capítulos, conforme descrito a seguir.

No capítulo 1, é apresentada a introdução da pesquisa, onde é realizada uma contextualização do tema abordado, a justificativa do trabalho, os objetivos e a estruturação da dissertação.

No capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica dos principais temas voltados à gestão de RCD, tratando de definições, classificação e destinação final; assim como, as principais políticas públicas para a gestão dos RCD.

No capítulo 3, são apresentados os materiais e métodos aplicados na realização da pesquisa, onde são descritas a área de estudo, as 5 obras do estudo de caso, o método da pesquisa, a abordagem utilizada, o delineamento da pesquisa e a descrição das etapas envolvidas para construção deste projeto.

Os capítulos 4, 5 e 6 são apresentados no formato de artigo, conforme possibilita a normativa de trabalhos acadêmicos do programa de Pós-Graduação em engenharia ambiental (PPEAMB) da UFRPE.

No capítulo 4, é apresentado o mapeamento das áreas de deposição irregular de RCD, a análise do porte dos pontos de deposição irregulares e a classificação dos resíduos presentes nestes, com base na Resolução 307 (CONAMA, 2002). Além disso, são avaliados os impactos associados à deposição irregular de RCD, utilizando a metodologia Matriz de Leopold.

No capítulo 5, é apresentada a avaliação da capacidade de geração de RCD das obras informais na área de estudo, onde são abordados a coleta dos dados referente à geração de resíduos nos canteiros de obra e a aplicação do modelo proposto por Li *et al.* (2013) para a quantificação de RCD.

No capítulo 6, é apresentado o desenvolvimento das pegadas de cimento e cerâmica vermelha, onde são descritas as etapas da aplicação da pegada nas obras informais, sendo respectivamente, a definição de objetivos e escopo, o cálculo da pegada, análise da sustentabilidade da pegada e formulação da resposta aos resultados.

No capítulo 7, são apresentadas as principais conclusões da pesquisa, com base nos resultados obtidos, e sugestões para pesquisas futuras.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados alguns conceitos importantes para o entendimento da pesquisa e para a formação da base conceitual sobre o tema em estudo. Inicialmente, são comentados aspectos da construção civil e seus impactos ambientais, aspectos do desenvolvimento sustentável e das construções sustentáveis.

Posteriormente, são apresentados aspectos conceituais dos resíduos de construção e demolição, abordando sua classificação e destinação final, conceitos ligados a geração, gestão e gerenciamento de resíduos de construção e demolição, assim como, as principais legislações vigentes voltadas ao tema.

2.1 A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E O MEIO

A Indústria da Construção Civil é parte integrante do desenvolvimento econômico e social de uma região, devido a relação emprego, empregador e cadeia de suprimento (GBC, 2016). Por outro lado, o setor é responsável por diversos impactos ambientais, gerados durante todas as fases do ciclo de vida de uma edificação (BALAGUERA et al., 2018), seja pelos elevados consumo de recursos naturais e energéticos, pela emissão de gases poluentes na atmosfera ou pela grande geração de resíduos.

A referida indústria demanda uma grande quantidade de recursos materiais (areia, brita, água, cimento, madeira, aço, entre outros) durante a execução, operação e vida útil da obra. Segundo Brasileiro e Matos (2015) esse setor consome cerca de 20% a 50% dos recursos naturais do planeta. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria-prima, há aqueles associados à emissão de gases de efeito estufa (ZHOU et al., 2018) devido à queima de combustíveis fósseis, sendo o CO₂ o principal deles (MORAGA, 2017) e a geração de resíduos de construção e demolição (ZHENG et al, 2017), produto do desperdício nas obras de construções, reformas e demolições.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam aproximadamente, de 40 a 60% do fluxo de resíduos sólidos gerados em centros urbanos (CBIC, 2017). O grande volume de resíduos dispensados pela construção civil, em geral, de forma incontrolada e sem critérios técnicos, provoca impactos ambientais significativos, como a contaminação de recursos hídricos e do solo, poluição visual, proliferação de vetores, problemas advindos de inundação, enxurradas, alterações do relevo, erosão, entre outros (COSTA et al., 2019).

Tudo isso exige uma séria preocupação ambiental, uma vez que os recursos da Terra estão sendo consumidos acima da taxa viável de reposição, além da expressiva poluição atmosférica e a geração de resíduos sólidos. À vista disso, a procura por empreendimentos com mais critérios que visem à sustentabilidade cresce progressivamente, movimentando toda a cadeia da Construção Civil (GBC, 2015).

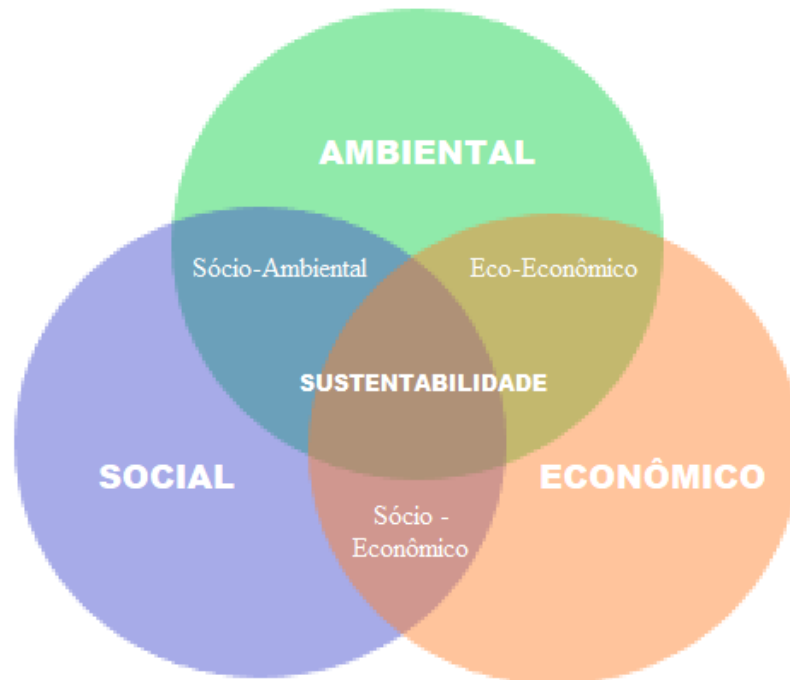
Diante do exposto, é percebido a necessidade da efetivação de práticas sustentáveis na construção, visto que a demanda socioeconômica por ambientes construídos é cada vez maior. Desta forma, faz-se necessário a gestão e gerenciamento de obras, tendo como objetivo a mudança no processo produtivo, incorporando novas tecnologias e materiais sustentáveis.

2.1.1 Construções sustentáveis

Na busca por minimizar os impactos ambientais provocados pela Construção Civil, surge o paradigma da Construção Sustentável. Essa ideia iniciou-se por volta da década de 70, após as primeiras crises do petróleo, e vem se modificando até os dias de hoje. No início, a discussão era sobre edifícios energeticamente mais eficientes. Depois, surgiram outras preocupações como o resíduo gerado, a água, as emissões de CO₂ e os gases responsáveis pelo efeito estufa e o aquecimento global. Constatando-se que a construção sustentável não é um modelo para resolver problemas pontuais, mas uma nova forma de pensar a própria construção e tudo que a envolve (ARAÚJO, 2008).

A década 90 foi imprescindível para a construção sustentável. Em 1997, ocorreu a primeira convenção internacional sobre construção sustentável em Helsinki, na Finlândia. No ano seguinte, no Reino Unido, lançou-se a primeira entidade de certificação de prédios sustentáveis, a BREEAM (LE MOS, 2016). Também em 1997, o sociólogo britânico John Elkington formulou o conceito que ficou conhecido como *Triple Bottom Line* (tripé da sustentabilidade), o qual propõe que as organizações visem, além do desempenho econômico, as dimensões ambientais e sociais, levando-as a um mesmo grau de importância no ambiente empresarial (MACKEY e SISODIA, 2018).

Figura 2.1 - Triple Bottom Line



Fonte: Autor (2020)

A aplicação desse modelo (*Triple Bottom Line*) é um dos principais desafios da Construção Civil (CAMARGO; CAPOBIANCO; OLIVEIRA, 2015). A redução dos impactos ambientais movidos pelo exercício da atividade do setor, a redução e reutilização dos resíduos gerados, a atenuação do consumo de matérias e energia, o desenvolvimento de materiais e processos sustentáveis, são exemplos dos desafios que o setor pode enfrentar.

O estudo promovido pelo International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB), gerou a "Agenda 21 para a Construção Sustentável". No âmbito dessa Agenda, a construção sustentável é definida como: "um processo holístico que aspira a restauração e manutenção da harmonia entre os ambientes natural e construído, e a criação de assentamentos que afirmem a dignidade humana e encorajem a equidade econômica" (CIB; UNEP-IETC, 2002).

Como adequação às agendas de sustentabilidade, foram desenvolvidos métodos avaliativos de impactos ambientais provenientes das construções. Em 1999, o USBCG (United States Green Building Council) criou o selo de certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), o qual consiste em um conjunto de normas para a avaliação da construção ambientalmente sustentável (FUERST; GRABIELI; MCALLISTER, 2017). Esse

programa é considerado, hoje, o sistema de maior representatividade no cenário mundial (GBC, 2016).

No cenário nacional, foi lançado em 2008, o selo de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), baseado no sistema francês NF Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE, com adequações à realidade do Brasil, levando-se em consideração as normas técnicas, regulamentações e o clima brasileiro (PORTAL VANZOLINI, 2016). Em 2010, a Caixa Econômica Federal criou o Guia de Sustentabilidade Ambiental do Selo Casa Azul. O guia possui caráter voluntário e busca incentivar o desenvolvimento de projetos sustentáveis, o uso racional de recursos no setor, bem como a redução dos custos de manutenção e despesas mensais dos usuários (CAIXA, 2010).

Além das certificações, a Construção Civil ganhou normas específicas no âmbito da sustentabilidade, através do sistema ISO. As normas ISO 21930 (ABNT, 2017) - Sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil – Regras básicas para declarações de produtos ambientais de produtos e serviços de construção e ISO 15392 (ABNT, 2019) – Sustentabilidade na construção civil – Princípios gerais. Vale citar a Norma de Desempenho NBR 15575-1 (ABNT, 2013), a qual seu escopo destina-se a redução do impacto da construção civil no meio ambiente.

2.1.2 Informalidade na construção civil

Historicamente, a definição de informalidade é associada com a pobreza e como exceção do desenvolvimento dos anos 1970, e até hoje vem se expandindo, sendo compreendida para além de mera oposição ao trabalho formal ou como resíduo do desenvolvimento capitalista (MARQUES *et al.*, 2018). Atualmente, a diversidade de situações que caracterizam essa informalidade é permeada por traços de formas flexíveis ou precárias, como contratação temporária, trabalho intermitente, autonomia, emprego doméstico, terceirização, economia submersa e até atividades ilegais (ALVES, 2018).

Na construção civil, a informalidade está relacionada a não conformidade com os instrumentos legais existentes na cidade ou órgão de fiscalização, com, por exemplo, a falta de licenças e documentações da construção, a incompatibilidade com os instrumentos de uso e ocupação do solo, com o planejamento da construção, com a saúde e a segurança pública (SATTERTHWAITE *et al.*, 2020). Em resposta à não conformidade, é notável e frequentemente percebido falhas estruturais, calçadas inadequadas, muros inseguros, fissuras, desmoronamentos, alta geração de resíduos, entre outros.

A construção informal no Brasil, assim como em outros países em desenvolvimento, vem se propagando em ritmo acelerado devido à alta demanda e necessidade de habitação (BONDINUBA *et al.*, 2016). A informalidade tem resultado em muitas construções sendo realizadas sem matéria-prima e mão de obra especializada, fora dos sistemas legais e por conseguinte, obras executada sem segurança para a população, fora do plano diretor, sem análise do solo, uso indevido da rede pluvial e de esgoto, além da poluição visual.

Esta situação é agravada devido os assentamentos informais serem, muitas vezes, localizados geograficamente em zonas de alta fragilidade ambiental, com infraestrutura urbana insuficiente, com edificações precárias e sem compatibilidade com regulamentos de planejamento e construção, além de se enquadrar como uma propriedade legal de seus residentes (UN-Habitat, 2015). Dados da Organização das Nações Unidas sugerem que existiam cerca de 880 milhões de “moradores de favelas” em 2016 (UN-Habitat, 2016). Além da insegurança da posse, moradores de comunidades carecem de oferta formal de infraestrutura e serviços básicos, espaços públicos e áreas verdes, e estão constantemente expostos a despejo, doença e violência (UN-Habitat, 2015).

Segundo o Sindicato da Construção (SINDUSCON, 2021), cerca de 75% dos resíduos gerados pela construção civil nos municípios são oriundos de eventos informais, ou seja, obras de construção, reformas e demolições geralmente realizadas pelos proprietários dos imóveis. Neste tipo de obra, a eliminação de RCD, em sua maioria, é realizada de forma irregular, sem nenhum tipo de processo que permita o reaproveitamento, reciclagem ou segregação do mesmo. A deposição inadequada, ou seja, em lugares não licenciados é agravada pelas condições precárias do sistema de saneamento básico e infraestrutura urbana, provocando impacto ambiental em grande escala (DE OLIVEIRA; BAMPI; DA SILVA, 2021).

A avaliação e quantificação de resíduos gerados em obras informais é uma atividade difícil para os profissionais da área, pois, geralmente, não há um rigoroso controle de saída destes materiais da construção (SUETA E MARQUES, 2016). Por esse motivo, o gerenciamento adequado desses resíduos é considerado um grande desafio para os geradores e os governos municipais. Além dos transtornos causados, os resíduos demandam um investimento financeiro para o correto tratamento e disposição.

2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.2.1 Definição, classificação e destinação final

Segundo a Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) define-se por Resíduos de Construção Civil (RCC):

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

Alguns outros autores, tais como Pinto (1999), Schneider (2003), Ângulo (2005), Brasileiro e Matos (2015) e Paz, Lafayette e Sobral (2018) utilizam a terminologia Resíduos de Construção e demolição (RCD), uma vez que o montante final da geração é proveniente de diversas fases da vida útil das construções, indo desde a fase inicial até as fases de demolição. Essa terminologia é amplamente utilizada e difundida na literatura nacional e internacional, e foi empregada neste trabalho.

Os RCD compõem-se, portanto, de restos e fragmentos de materiais originários de desperdícios em canteiros de obras, reformas e demolições. As fontes de geração envolvem desde pequenas reformas, muitas vezes informais, até construções e demolições de grande porte. Independente do volume produzido, o gerador é o responsável pelo correto gerenciamento dos RCD.

De forma recorrente, pode-se classificar os resíduos sólidos por sua composição e por seu nível de gravidade de contaminação ao meio ambiente. Os RCD, no geral, são classificados como inertes (Classe IIB), pois se mantêm inalterados por um longo período de tempo, como apresentado na NBR 10.004 (ABNT, 2004a). Entretanto, também são gerados em uma pequena quantidade resíduos classificados como Perigosos (Classe I), como as tintas e solventes.

A Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) ainda identifica os RCD em quatro classes tipológicas. As Resoluções nº 348 (CONAMA, 2004), nº 431 (CONAMA, 2011) e nº 469 (CONAMA, 2015) modificam a classificação, inserindo o amianto como material perigoso (classe D), mudando a classificação do gesso, de classe C para classe B e inserindo embalagens vazias de tintas imobiliárias como classe B, respectivamente (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 - Classificação dos resíduos de construção civil

Classe A – Resolução n° 307 (CONAMA, 2002)	
Descrição	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados: <ol style="list-style-type: none"> de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B - Resolução n° 431 (CONAMA, 2011)	
Descrição	São os resíduos recicláveis para outras destinações, como por exemplo: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso.
Classe C - Resolução n° 431 (CONAMA, 2011)	
Descrição	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação, como por exemplo: vidros, espelhos, telhas termo acústicas.
Classe D - Resolução n° 348 (CONAMA, 2004)	
Descrição	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, como por exemplo: tintas, solventes, óleos, amianto, entre outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde.

Fonte: Adaptado de Resolução n° 307 CONAMA, 2002.

Esta classificação indica que para cada classe de RCD deverá haver um manejo adequado (segregação, acondicionamento, coleta, transporte e disposição final adequada). Sendo imprescindível a segregação na fonte entre os diferentes tipos de materiais, pois facilitará o reuso, a reutilização e a reciclagem interna no canteiro de obras. Portanto, os RCD, após triagem, deverão ser destinados de acordo com o disposto no art. 10, alterado pela Resolução n° 448 (CONAMA, 2012), (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 - Destinação Final dos RCD

Classe A - Resolução n° 448 (CONAMA, 2012)	
Destinação Final	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.
Classe B - Resolução n° 307 (CONAMA, 2002)	
Destinação Final	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C - Resolução n° 307 (CONAMA, 2002)	
Destinação Final	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D - Resolução n° 448 (CONAMA, 2012)	
Destinação Final	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado de Resolução n° 307 CONAMA, 2002.

A correta destinação final do RCD, e seu possível beneficiamento, acarretarão melhorias para o meio ambiente e na qualidade de vida da população em geral. O gerenciamento deste material é indispensável para garantir a correta destinação destes, visando minimizar os danos ambientais advindos do setor. Segundo Gálvez-Martos *et al.* (2018), esse instrumento constitui-se numa prioridade para a maioria dos programas ambientais em todo o mundo. A adesão do gerenciamento no campo da construção civil representa uma economia de recursos, além de minimizar os efeitos prejudiciais do grande volume de resíduos gerado (MATOS; ALENCAR, 2019).

2.2.2 Gestão e Gerenciamento de RCD

A Lei 12.305 (BRASIL, 2010a), que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), apresenta que a gestão integrada é:

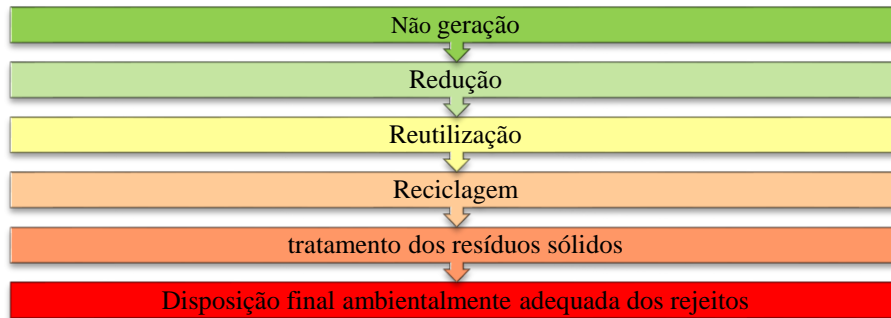
“um conjunto de ações voltadas para busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010a).

Por outro lado, o gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações exercidas, seja de maneira direta ou indireta, em todas as etapas de manejo dos resíduos sólidos (coleta, transporte, transbordo, tratamento e, destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos), atendendo ao disposto no plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou plano de gerenciamento de resíduos sólidos, sendo ambos exigidos na Lei 12.305 (BRASIL, 2010a, art. 3º, inciso X).

Verifica-se que gestão é algo maior, pois tende a unir diferentes poderes, sejam eles de âmbito municipal, estadual ou federal, para a gestão de toda a cadeia de resíduos sólidos, enquanto que gerenciamento é o planejamento de ações mais restritas, mas não menos importantes.

A PNRS e a Resolução nº 307 preveem que na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, deve-se observar a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010a, art. 9º; CONAMA, 2002), consoante à economia circular.

Figura 2.2 – Fluxograma de prioridade na gestão e no gerenciamento dos resíduos



Fonte: Autor (2021)

Em relação ao RCD, a PNRS define que cabe às microrregiões e aos geradores deste resíduo contemplarem as atividades de coleta seletiva, recuperação e reciclagem, tratamento e destinação final de tais materiais (BRASIL, 2010a, art. 16, parágrafo 3º).

Como instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil, a Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) estabelece em seu artigo 5º, a obrigatoriedade da implantação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal.

Figura 2.3 - Plano de Gerenciamento de RCC estabelecido pela Resolução nº 307



Fonte: Autor (2021)

Os PIGRCC deverão contemplar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), de responsabilidade do Poder Público, e os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), de responsabilidade do setor privado (grandes geradores). A Resolução não estabelece, entretanto, a diferença entre “pequenos” e grandes” geradores, ficando a cargo das administrações públicas.

Quanto às responsabilidades dos grandes geradores, essas vão desde a implementação e operacionalização integral do PGRCC, mas também da geração até a destinação final dos resíduos, independente das etapas a serem realizadas por empresas contratadas, que também devem estar legalizadas para os devidos fins conforme o Art. 27 da PNRS (BRASIL, 2010a).

Os PGRCC, que de acordo com o art. 9 da Resolução nº 448 (CONAMA,2012), devem contemplar as seguintes etapas (Quadro2.3):

Quadro 2.3 – Etapas do PGRCC

I - Caracterização: O gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
II - Triagem: Deverá ser realizada pelo gerador na origem ou nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos estabelecidas no art. 3º desta Resolução;
III - Acondicionamento: O gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando as condições de reutilização e de reciclagem;
IV - Transporte: Deverá ser realizado de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
V - Destinação: Deverá ser prevista de acordo com o estabelecido na Resolução.

Fonte: Adaptado de Resolução nº 307 CONAMA, 2002.

Quanto à responsabilidade do Poder Público, compete a estes, a elaboração e execução do seu PMGRCC, como forma de implementar a gestão integrada de RCD em um município, que de acordo com o art. 6 da Resolução CONAMA nº 448, deve conter (BRASIL, 2012):

Quadro 2.4 - PMGRCC

I - As diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores;
II - O cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;
III - o estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;
IV - A proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;
V - O incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
VI - A definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
VII - As ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
VIII - As ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Fonte: Adaptado de Resolução nº 307 CONAMA, 2002.

Isto posto, o diagnóstico e a reorganização da estrutura atual da gestão de RCD do município torna-se primordial para efetivar as ações necessárias na gestão e implantação do PMGRCC. Os municípios devem estudar a situação atual e sugerir alterações de forma a apresentar medidas eficazes de melhorias.

2.2.3 Impactos provenientes dos RCD

À priori, a construção civil detém de expressiva participação nos impactos causados ao meio ambiente e a sociedade, haja vista que este é um setor com consumo elevado dos recursos naturais e gerador de grandes volumes de resíduos. A Resolução nº 01 (CONAMA, 1986) define impacto ambiental como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; das atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

De modo que, os RCD contribuem para a degradação da qualidade ambiental, principalmente nos centros urbanos com a expansão das construções e demolições de edificações. Sabe-se que o RCD é um resíduo gerado em grande quantidade (AKHTAR; SARMAH, 2018; GÁLVEZ-MARTOS *et al.*, 2018), em vista disso, exige grandes áreas para disposição final, diminuindo a vida útil dos aterros sanitários (YU *et al.*, 2013; BRASILEIRO e MATOS, 2015). Porém, ainda mais preocupantes são as deposições irregulares nos centros urbanos (ESA *et al.*, 2017).

As deposições clandestinas em locais inadequados, tais como ruas, calçadas, encostas, terrenos baldios, leitos de córregos e rios e áreas de preservação ambiental (APP), constituem-se as principais causas dos impactos que estes causam ao meio ambiente. Esses locais, portanto, se tornam áreas de grande risco ambiental, agravando enchentes, obstrução de sistemas de drenagem, poluição visual e proliferação de vetores de doenças (FARIAS FILHO, *et al.*, 2020; COSTA, *et al.*, 2019).

Como já evidenciado, a deposição irregular dos RCD resulta em impactos diretos e indiretos nos diferentes aspectos que englobam (i) a economia, com alto custo com limpeza das áreas afetadas e aquisição de equipamentos para manejo dos resíduos (LOWEN; NAGALLI, 2020); (ii) a área urbana, com problemas em sistemas de drenagem; (iii) a saúde pública, em ambientes propícios a vetores de doenças; (iv) o meio ambiente, gerando assoreamento de cursos d'água; (v) problemas referentes ao paisagismo; (vi) e questões relativas a logística de transporte e de tráfego (CORREA *et al.*, 2019), atingindo diversos aspectos da sociedade.

Com relação ao impacto econômico, a gestão desses resíduos eleva de forma significativa os custos da administração pública na limpeza das áreas afetadas e na restauração paisagística. Carneiro *et al.* (2010) denota que esses resíduos, dispostos em locais inadequados,

são um problema de limpeza pública, uma vez que as prefeituras tem que arcar com custos de remoção e limpeza dos locais, sendo este cenário recorrente na maioria dos casos. Os autores ainda comentam sobre as possíveis causas para que este fato ocorra, são eles: o elevado índice de informalidade no setor da Construção Civil, as altas taxas a serem recolhidas ao INSS e a carência de fiscalização das construções informais.

Neste sentido, é imprescindível a aplicação de Políticas efetiva que venham a disciplinar as ações relacionadas à deposição irregular de RCD, à gestão e ao gerenciamento, bem como à percepção socioeconômica de todos os problemas que assolam o meio ambiente e à própria população. Atualmente, estes representam um dos maiores problemas para o saneamento ambiental nos centros urbanos, onde ocorre o descarte de grande quantidade de resíduos de forma inadequada (COSTA *et al.*, 2019).

2.3 POLÍTICAS PÚBLICAS

As discussões referentes as questões ambientais começaram a ganhar intensidade a partir da percepção de que a exploração dos recursos naturais passou a ser maior do que a capacidade de regeneração do meio e que a geração de resíduos está acima da resiliência dos ecossistemas (Fenckeret *et al.*, 2015). A partir desta constatação, vêm sendo desenvolvidos estudos, programas e normas que abordam a questão do consumo de matérias-primas não renováveis, do desperdício, da poluição, dentre outros. A construção civil está inserida nesse quadro de exploração, seja pela extração de recursos ou poluição advinda do descarte dos resíduos em áreas impróprias.

A Organização das Nações Unidas (ONU, 1972) promoveu a I Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente Humano, que ficou conhecida como Conferência de Estocolmo. Para Sena e Alcântara (2015, p. 2), “foi um marco para o surgimento de política de gerenciamento ambiental”. Em 1987, a publicação do Relatório Brundtland consolidou uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países desenvolvidos e popularizou o termo “Desenvolvimento Sustentável” (Mello, 2018).

Anos depois, este termo era pauta principal da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Eco-92), onde foi firmada a Agenda 21 Global (ONU, 1992), que propôs uma atitude ética entre o desenvolvimento e a conservação ambiental. O Capítulo 21 dessa Agenda aborda o Princípio dos 3R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar), que representa a base para a gestão ambiental dos resíduos. A partir daí, surgiu o desafio na área da construção civil de buscar métodos construtivos de baixo impacto, que reduzam o consumo de

recursos naturais, gerem menos desperdício e proporcionem um maior ciclo de vida do ambiente construído (Skrzegl e Possan, 2012).

No Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência Rio+5 (ONU, 1997) com o objetivo de avaliar os avanços na área ambiental nos cinco anos após a ECO 92. Os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), foram estabelecidos após a Cúpula do Milênio (ONU, 2000), os quais representaram uma nova perspectiva sobre o desenvolvimento e o papel das políticas públicas (Januzzi e De Carlo, 2018). Pouco após a aprovação das ODM, a Conferência Rio+10 (ONU, 2002) realizada em Joanesburgo, concentrou as atenções em debates sobre problemas sociais, como a erradicação da pobreza, saneamento básico, energia, agricultura e biodiversidade, além de cobrar atitudes com relação aos compromissos firmados durante a Eco-92. Enquanto, em 2012, mais uma vez no Rio de Janeiro, ocorreu a Rio+20 (ONU, 2012), a qual marcou os vinte anos de realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), tendo como principais temas, a economia verde e a estrutura de governança para o desenvolvimento sustentável no âmbito das Nações Unidas.

Por fim, em 2015, ocorreu em Nova York a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, onde a ONU (ONU, 2015) definiu 17 novos objetivos e 169 metas para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), baseados nos oito ODM, a serem atingidas até 2030. Destes, quatro objetivos estão diretamente relacionados com o setor da construção civil, pois se referem à Água e Saneamento para todos (ODS 6); Indústria, Inovação e Infraestrutura (ODS 9), Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS 11) e Consumo e Produção Responsáveis (ODS 12).

2.3.1 Âmbito Nacional

2.3.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

Um dos marcos legais para a gestão de resíduos sólidos no Brasil foi a publicação da Lei 12.305 (BRASIL, 2010a), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada pelo Decreto Federal 7.404 (BRASIL, 2010b). A PNRS, dentre diversos aspectos, prevê a redução na geração de resíduos e um conjunto de instrumentos para proporcionar o aumento da reciclagem, da reutilização e a destinação adequada dos rejeitos.

A PNRS estabelece que a responsabilidade administrativa, nos casos de ocorrências envolvendo resíduos, de qualquer origem ou natureza, que provoquem danos ambientais ou ponham em risco a saúde da população, recairá sobre:

“Os estabelecimentos geradores, no caso de resíduos provenientes da construção civil, indústria, comércio e de prestação de serviços, inclusive os de saúde, no tocante ao transporte, tratamento e destinação final para seus produtos e embalagens que comprometam o meio ambiente e coloquem em risco a saúde pública...” (BRASIL, 2010b).

A PNRS também estabelece parâmetros, orientações e ações a serem implementadas nos Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). O Art. 20 da Lei prevê a exigência dos Planos de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Construção Civil (PGIRCC), também assegurado pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 307 (CONAMA, 2002) e suas alterações.

De acordo com a Lei, as empresas de construção civil, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, estão sujeitas à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS).

2.3.1.2 Resolução nº 307 do CONAMA

Considerada um dos marcos legais para a gestão de resíduos de construção civil no Brasil, a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), publicada em 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e entrou em vigor a partir do dia 2 de janeiro de 2003.

A Resolução trouxe diretrizes norteadoras para os resíduos de construção civil no país e, representa hoje, o principal instrumento do Poder Público para direcionar a gestão adequada dos RCD. Em linhas gerais, o texto normativo fixa diretrizes e procedimentos para a efetiva gestão dos RCD e redução dos impactos oriundos da disposição inadequada destes. De maneira indireta, apresenta-se como instrumento para o desenvolvimento e aplicação de novas políticas urbanas voltadas ao tema.

A Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) define, em seu art. 2º, diversos termos e expressões, tais como, “resíduos de construção civil”, “responsabilidades dos geradores e dos transportadores”, “gerenciamento de resíduos”, “agregado reciclado”, “reutilização”, “reciclagem”, “beneficiamento”, “aterro de resíduos da construção civil”, “áreas de destinação de resíduos”. Na sequência, classifica os resíduos da construção civil segundo as características físico-químicas (Art. 5º).

Até a publicação dessa Resolução, os RCD eram destinados juntamente com os resíduos sólidos urbanos. O Art. 4º, § 1º da Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) estabelece que esses resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em áreas de "bota

fora", em encostas, corpos d'água, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei. Vale ressaltar que a Resolução tem como finalidade a não geração de resíduos, e como objetivos secundários, a redução, reutilização, reciclagem e disposição final adequada (Art. 4º).

Os Arts. 5º, 6º, 8º, 9º da Resolução são norteadores para elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC). De acordo com o que determina a Resolução, todos os municípios teriam um prazo máximo de doze meses para elaborarem seus PGRCC e, seis meses para efetuar sua implantação. Cujos prazos para atendimento se expiraram em 2004. Ademais, fixou o prazo de dezoito meses para que os municípios cessassem em definitivo a disposição de rejeitos da construção civil em aterros de resíduos domiciliares e em áreas de "bota fora".

Também, ficou definido que toda construção ou reforma que necessitar de Licenciamento Ambiental, tem que ter o seu PGRCC analisado pelo órgão ambiental responsável durante o processo de aprovação da licença.

Em síntese, a resolução supracitada representa um marco para a gestão e gerenciamento de RCD, pois esta demarca diversas ações no âmbito nacional, e fundamentou os primeiros Sistemas Integrados de Gerenciamento de Resíduos da construção civil nos municípios. No entanto, a Resolução nº 307 sofreu algumas alterações ao longo dos anos. Isso porque a referida resolução passou a apresentar limitações em seu texto, não abordando, por exemplo, procedimentos e tecnologias que surgiram após 2002.

2.3.1.3 A evolução da Resolução nº 307/2002 do CONAMA

Após sua publicação oficial, a Resolução nº 307 do CONAMA foi grande responsável na intensificação na prática da gestão de RCD, o que acarretou em pesquisas e estudos, integração de profissionais da construção e assim surgindo novas soluções e tecnologias nesse setor. Além disso, surgiram também políticas nacionais, estaduais e municipais de resíduos sólidos (estas previstas na resolução).

A própria Resolução 307 teve avanços após sua aprovação, sendo melhorada de acordo com novos conhecimentos e tecnologias que surgiram após 2002 e também para compatibilizar com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, publicada em 2010. Em suma, foram feitas alterações inserindo materiais em classificações de resíduos, alterando algumas classificações dos resíduos e estabeleceu novos prazos.

O texto da Resolução nº 307 sofreu quatro alterações, uma em 2004, 2012, 2013 e a última em 2015. A Resolução nº 348 (CONAMA, 2004) altera o inciso IV do Art. 3 da

Resolução nº 307, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. A Resolução nº 431 (CONAMA, 2011) altera o Art. 3 da Resolução nº 307, estabelecendo nova classificação para o gesso. A Resolução nº 448 (CONAMA, 2012) altera os Arts. 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 11 da Resolução nº 307, estabelece as áreas de transbordo e triagem de RCC e resíduos volumosos (ATT), bem como o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil, como instrumento necessário a gestão dos RCC nos municípios. A Resolução nº 469 (CONAMA, 2015) altera o inciso II, do art. 3º da Resolução nº 307, incluindo embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso na classe de resíduos recicláveis para outras destinações.

As alterações feitas na Resolução seguem no Quadro 2.5 abaixo:

Quadro 2.5 - Alterações Resolução nº307/2002

Resolução nº 348 (CONAMA, 2004)	
Altera o inciso IV, do art. 3 da Resolução nº307/2002	IV – Inclui telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto na classe de resíduos perigosos.
Resolução nº 431 (CONAMA, 2011)	
Altera os incisos II e III, do art. 3 da Resolução nº 307/2002	II - Classe B – inclui o gesso como resíduos recicláveis; III - Classe C – Retira o gesso dos resíduos não recicláveis.
Resolução nº 448 (CONAMA, 2012)	
Altera os arts. 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10 e 11 e revoga os arts. 7,12 e 13 da Resolução nº 307/2002.	Art. 2º – altera incisos IX e X, (Definições de termos técnicos); Art 4º – inclui o tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; Art. 5º – inclui a necessidade de consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos; Art. 6º – altera incisos I e III, (alterando “Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil” por “Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil”); Art. 8º – altera “geradores não enquadrados” por “grandes geradores”; Art. 9º – altera “Os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil” por “Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil”); Art. 10 – inclui o termo “após triagem” Art. 11 – altera o prazo máximo para implantação de 18 meses para 6 meses após sua publicação;
Resolução nº 469 (CONAMA, 2015)	
Altera o inciso II e inclui os § 1º e 2º, do art. 3 da Resolução nº 307/2002	II -Classe B – inclui embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso como resíduos recicláveis; § 1º – Considera embalagens vazias de tintas imobiliárias, aquelas cujo recipiente apresenta apenas filme seco de tinta em seu revestimento interno, sem acúmulo de resíduo de tinta líquida; § 2º – Determina a utilização de sistema de logística reversa para embalagens de tintas usadas na construção civil;

Fonte: Adaptado de Resolução nº 307 CONAMA, 2002.

Vale enfatizar que a Resolução nº 307/2002 continua válida e é referência para a gestão de RCD no Brasil. A mesma apresenta todos os textos originais e as respectivas alterações.

2.3.2 Âmbito Estadual

No estado do Pernambuco, antes mesmo de ser sancionada a política nacional, já havia uma Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), definida pela Lei nº 12.008 (PERNANBUCO, 2001), e regulamentada pelo Decreto 23.941 (PERNAMBUCO, 2002). Em 2010 a PERS passou por adequações para se enquadrar aos requisitos da PNRS, sendo revogada pela Lei nº 14.236 (PERNANBUCO, 2010) e Decreto nº 38.483 (PERNANBUCO, 2012).

A PERS define como sendo responsabilidade do estado a elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS), devendo englobar os RCD. A lei também estabelece, em seu Art. 17, a responsabilidade administrativa, nos casos de ocorrências envolvendo resíduos, de qualquer origem ou natureza, que provoquem danos ambientais ou ponham em risco a saúde da população, recairá sobre:

“III - os estabelecimentos geradores, no caso de resíduos provenientes da construção civil, indústria, comércio e de prestação de serviços, inclusive os de saúde, no tocante ao transporte, tratamento e destinação final para seus produtos e embalagens que comprometam o meio ambiente e coloquem em risco a saúde pública.”

Constitui uma iniciativa de incentivo a lei estadual nº 16.112 que institui o Selo Empresa Verde do Estado de Pernambuco. O Art. 6º da legislação considera boa prática de gestão ambiental a disposição e o tratamento adequados de resíduos da construção civil, e, portanto, empresas estabelecidas no Estado de Pernambuco que pratiquem essa ação estão aptas a receber o selo de reconhecimento (PERNAMBUCO, 2017).

O estado conta com o Plano Estadual de Resíduos Sólidos – PERS (PERNANBUCO, 2012), desenvolvido de acordo com as diretrizes estabelecidas na PNRS. O plano traz diretrizes norteadoras para a gestão dos resíduos de construção civil e estabelece estratégias referentes à forma ou aos meios pelos quais as ações serão implantadas.

2.3.3 Âmbito Municipal

Considerando que cabe ao Município a responsabilidade sobre a gestão de resíduos na construção civil, no âmbito da Região Metropolitana do Recife (RMR), há o Plano Metropolitano de Resíduos Sólidos, instituído pelo decreto municipal nº 27.045 (RECIFE, 2013), o documento rege o gerenciamento de resíduos considerando esse contexto regional composto por 14 municípios. Dentre as diretrizes estratégicas que compõem o documento está

o manejo de RCD, no qual é previsto o ordenamento de Marco Legal a fim de que seja estabelecida a desoneração do serviço público para recolhimento de resíduos dessa tipologia, de modo que ocorra a expansão da prestação deste serviço pela iniciativa privada, a exemplo do que acontece em Recife. Neste contexto, sugere-se a instalação de unidades de reaproveitamento, tratamento e reciclagem de RCD, com capacidade média de tratar 82,5 toneladas/hora em pelo menos três sub-regiões, preferencialmente localizadas nas proximidades dos aterros sanitários metropolitanos (RECIFE, 2013).

A Lei Orgânica do Município do Recife (2019) determina que compete ao município ações voltadas à coleta e destinação final dos resíduos sólidos. A lei considera como atividade poluidora a deposição inadequada de resíduos produzidos pela comunidade municipal (RECIFE, 2019). Portanto, prevê que o poder público municipal deve definir as responsabilidades e as medidas cabíveis com relação à essa atividade em leis específicas (RECIFE, 2019).

O Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife dispõe que a coleta diferenciada de resíduos deverá ocorrer de forma a segregar o entulho procedente de obras de construção civil das demais tipologias de resíduos urbanos, tais como resíduos orgânicos, doméstico, patogênicos e os sépticos (RECIFE, 1996a). A legislação foi alterada e atualizada pela lei municipal nº 18.211 (RECIFE, 2016) que estabelece infrações ambientais relativas ao uso inadequado ou poluição do solo urbano em seu Art. 4º, no qual está incluso o descarte irregular de resíduos sólidos ou rejeitos, incluindo RCD.

O Plano Diretor do Recife também dispõe sobre essa temática em seu Art. 167º, em que visa coibir a deposição irregular de resíduos sólidos por meio de educação ambiental, oferecer instalações para a sua disposição, e implementação de uma fiscalização efetiva e monitoramento consequente (RECIFE, 2020). A legislação também prevê que o poder público municipal deve estimular o reuso e reciclagem de resíduos, em especial o reaproveitamento de resíduos inertes da construção civil (RECIFE, 2020).

Além do Plano Diretor, a cidade do Recife conta com a lei nº 16.176 (RECIFE, 1996b) que estabelece o Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo e são instrumentos legais fundamentais da política urbana de saneamento ambiental municipal. No Art. 55º a lei estabelece que as atividades potencialmente geradoras de incômodos à vizinhança, tais como geradores de RCD, deverão ser previamente submetidas à aprovação do órgão responsável pelo controle ambiental.

A lei nº 16.292 (RECIFE, 1997) que regula as atividades de edificações e instalações no município do Recife, trata em sua subseção II da conservação e limpeza dos logradouros, na qual determina que durante a execução de obras, o profissional responsável ou proprietário

deverá manter os logradouros, no trecho fronteiro à obra, em condições satisfatórias de limpeza e conservação, livres de RCD. Além disso, que caso desses resíduos ficarem nos logradouros públicos, deverão ser imediatamente removidos (RECIFE, 1997).

Há também o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), promulgado através da Lei municipal 17.072 (RECIFE, 2005). Essa é a legislação que norteia o gerenciamento no caso de resíduos gerados em atividades da construção civil na cidade do Recife, de acordo com as Resoluções do CONAMA. A referida lei define grande gerador como aquele que gera um volume de resíduos de construção civil superior a 1,0 m³ por dia, ficando os demais enquadrados como pequenos geradores. São previstas penalidades e exigências, como o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil no caso de grandes geradores, e a criação e manutenção de instalações para recebimento de RCD para atender aos pequenos geradores (RECIFE, 2005). Essas instalações devem ser acessíveis e localizadas em vias boas condições de tráfego, abarcando todas as regiões político-administrativas (RECIFE, 2005).

No que diz respeito à deposição irregular de RCD, nas vias, passeios, canteiros, jardins, logradouros públicos e corpos d'água, a lei tipifica como infração passível de multa e penalidade, como a suspensão de veículos que transportam esses resíduos para esses locais e notificação de advertência para os técnicos responsáveis por grandes geradores.

Mais recentemente o Decreto nº 27.399 (RECIFE, 2013) regulamenta as unidades de recebimento de resíduos sólidos de pequenos geradores (Ponto de Entrega Voluntária - PEVs), enquanto o transporte e a destinação do RCD são regidos pela Lei nº 16.377 (RECIFE, 1998a), regulamentada pelo Decreto nº 18.082 (RECIFE, 1998b). Além da Instrução Normativa da Emlurb que dispõe sobre o aprimoramento do processo de gestão, controle e fiscalização sobre os agentes envolvidos na geração, transporte e tratamento dos resíduos sólidos não abrangidos pela coleta regular, a partir da implantação do monitoramento eletrônico (RECIFE, 2020).

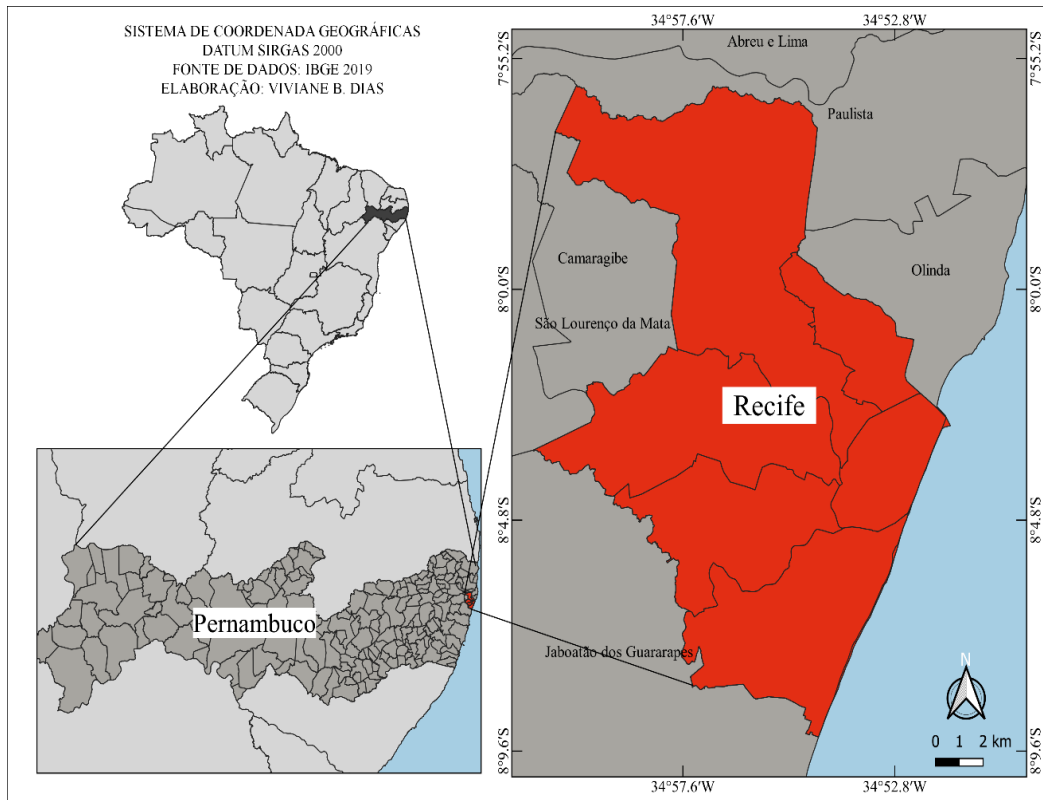
CAPÍTULO 3 – MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os pressupostos metodológicos, ou seja, o delineamento da pesquisa, o método da pesquisa, a abordagem utilizada, a área de estudo, a descrição das etapas envolvidas para construção deste trabalho e os procedimentos referentes à análise dos dados.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desta pesquisa está localizada na cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco (Figura 3,1). A cidade é limitada ao Norte com os municípios de Olinda e Paulista, ao Leste tem o oceano Atlântico, ao Sul é limitada pela cidade de Jaboatão dos Guararapes, e a Oeste com os municípios de São Lourenço da Mata e Camaragibe. De acordo com o censo demográfico de 2010, Recife possuía uma população de 1.537.704 habitantes (IBGE, 2010), com estimativa de 1.653.461 habitantes para o ano de 2020, uma área territorial de 218,843 km² e densidade demográfica de 7.039,64 hab/km², onde 67,43% de seu território é formado por morros, 23,26% de planícies e 9,31% de zonas aquáticas (IBGE, 2020; Prefeitura do Recife, 2021).

Figura 3.1 - Mapa de Localização do Recife-PE



Fonte: Autor (2021)

A urbanização da cidade do Recife se deu através de aterros em áreas marinhas e em áreas de latifúndios de engenhos de açúcar, onde essas terras foram mais valorizadas. Ao mesmo tempo em que cresceu, a cidade se deslocou em direção aos bairros periféricos, mediante uma parcela da população que não podia adquirir formalmente a posse de terras, ocupando áreas ambientalmente frágeis de forma irregular (ALENCAR, 2014). Ainda segundo o mesmo autor:

[...] desde sua formação, o cenário urbano do Recife se caracteriza pelo forte traço em sua paisagem de desigualdade socioespacial representada pela dualidade entre áreas valorizadas, com alto padrão de edificações e serviços de infraestrutura a pouca distância dos assentamentos precários formados pela grande parte da população excluída do acesso à terra com a adequada infraestrutura urbana (ALENCAR, 2014, p. 160).

Já Mendes, Melo e Andrade (2010) denotam que:

O Recife expressa na sua configuração físico-territorial as diferenças provocadas pelo quadro socioeconômico que se consolidou ao longo de sua história: habitantes próximos territorialmente, mas separados pelas enormes diferenças sociais, abrindo espaço para aumentar em número e intensidade os conflitos socioambientais que podem vir a surgir dentro desse contexto urbano.

Nesta ótica, pode-se inferir que a cidade do Recife durante seu processo de crescimento populacional e de urbanização afligiou-se pela falta de planejamento espacial e pela escassez de ações do poder público, de tal forma que a população foi ocupando de forma irregular as áreas ambientalmente inapropriadas.

De acordo com a Lei nº 16.293 (RECIFE, 1997), Recife-PE é dividido em seis Regiões Político Administrativas – RPAs, agrupados de acordo com sua localização: RPA 1 (Centro): 11 bairros; RPA 2 (Norte): 18 bairros; RPA 3 (Nordeste): 29 bairros; RPA 4 (Oeste): 12 bairros; RPA 5 (Sudoeste): 16 bairros; RPA 6 (sul): 8 bairros. Essa pesquisa concentrou seus estudos em cinco bairros pertencentes a RPA3, localizados em áreas de vulnerabilidade socioambiental, com o objetivo de obter um maior detalhamento do tema em estudo nessa região.

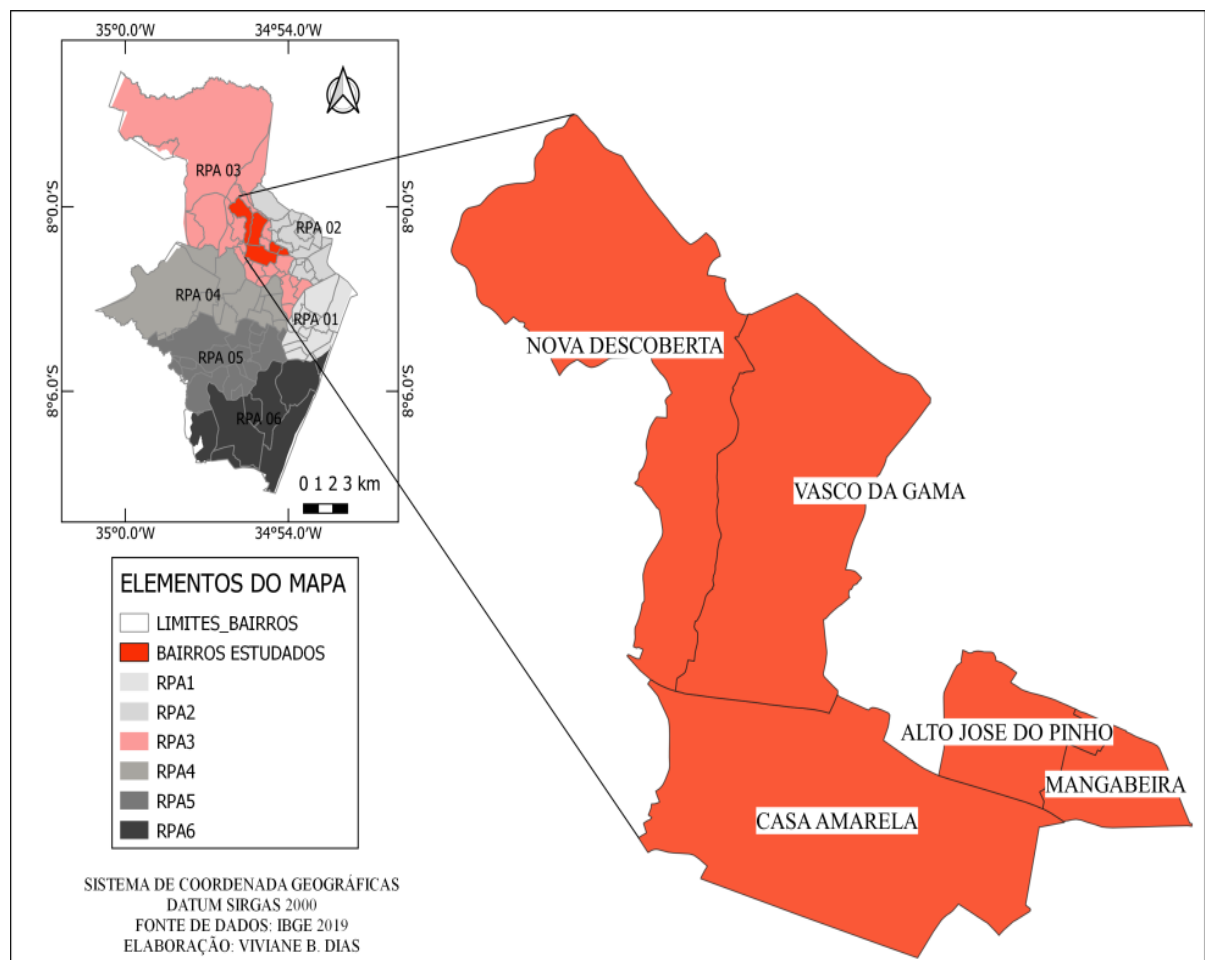
De acordo com o que estabelece esta Lei, a RPA 3 é composta de três microrregiões, são elas (RECIFE, 1997):

- Microrregião 3.1: inclui os bairros Aflitos, Alto do Mandu-Sítio Grande, Apipucos, Casa Amarela, Casa Forte, Derby, Dois Irmãos, Espinheiro, Graças, Jaqueira, Monteiro, Parnamirim, Poço, Santana, Tamarineira, Sítio dos Pintos-São Brás;

- Microrregião 3.2: inclui os bairros Alto José Bonifácio, Alto José do Pinho, Mangabeira, Morro da Conceição, Vasco da Gama;
- Microrregião 3.3, Brejo da Guabiraba, Brejo do Beberibe, Córrego do Jenipapo, Guabiraba, Macaxeira, Nova Descoberta, Passarinho, Pau Ferro.

Os bairros, Alto José Pinho, Alto Santa Isabel (pertencente ao bairro casa amarela), Mangabeira, Nova Descoberta e Vasco da Gama, pertencentes a RPA3, constituem o campo empírico desta pesquisa (Figura 3.2).

Figura 3.2 - Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Autor (2021)

A escolha dos bairros da RPA 3 para a presente pesquisa foi motivada pelo conjunto de características físicas, socioeconômicas e ambientais desses bairros, cujo espaço urbano tem como uma de suas principais características a ocupação popular sobre morros, onde as habitações em áreas de encostas, vulneráveis a escorregamentos e inundações, são uns dos

desafios encontrados na cidade do Recife. Além disso, a ajuda de líderes dessas comunidades constituiu um fator facilitador da acessibilidade para o desenvolvimento do trabalho de campo.

3.2 DELIMITAÇÕES E CARACTERIZAÇÃO DAS OBRAS

O segmento da construção civil é caracterizado por diferentes tipos de construções, diferentes técnicas construtivas e uma grande variedade de materiais em sua produção; esta pesquisa ateve-se, porém, a estudar obras informais, os principais serviços em sua execução e os materiais de cerâmica vermelha e cimento nelas empregados.

De maneira a atingir os objetivos traçados inicialmente, foi realizado um levantamento dos canteiros de obras localizados nos bairros em estudo, cujo cronograma de execução fosse compatível com o período da presente pesquisa. A partir de então, foram selecionados cinco canteiros de obras informais que se dispuseram a prestar informações e que tivessem disponibilidade para o acesso de coleta de dados.

A lista das obras que compuseram a amostra está descrita na Tabela 3.1, bem como sua localização, tipo de obra e área construída.

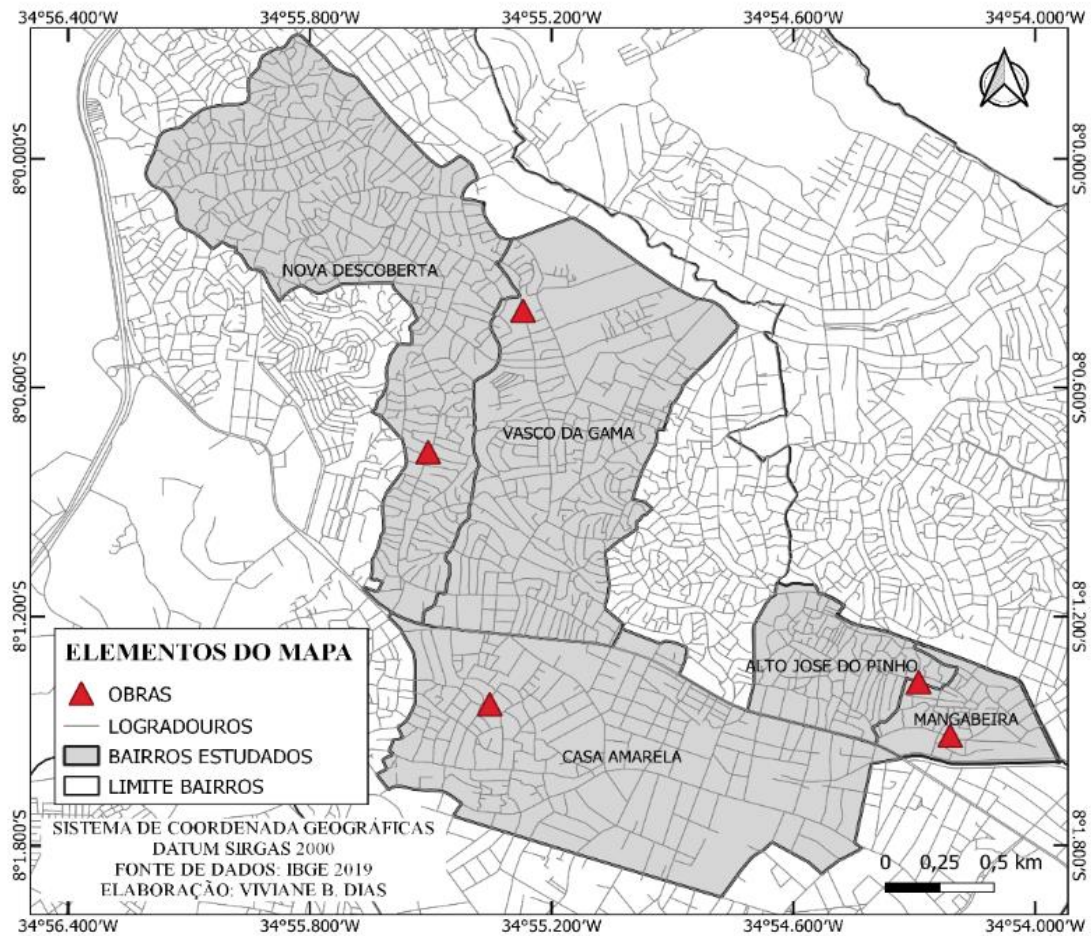
Quadro 3.1- Perfil das obras analisadas

OBRAS	Bairro	Tipo de obra	Área construída (m²)
Obra 1	Alto José Pinho	Reforma com ampliação	90m ²
Obra 2	Alto Santa Isabel	Ampliação	48 m ²
Obra 3	Mangabeira	Reforma com ampliação	135 m ²
Obra 4	Nova Descoberta	Ampliação	119 m ²
Obra 5	Vasco da gama	Ampliação	14m ²

Fonte: Autor (2021)

Portanto, a pesquisa foi realizada em cinco obras, as quais possuem áreas de construção diferentes, em alvenaria de até 2 pavimentos e 135 m², com estrutura convencional em concreto armado e fechamento dos vãos em blocos cerâmicos, localizadas em bairros distintos, conforme localização apresentada na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Mapa de Localização das Obras



Fonte: Autor (2021)

Durante o período de estudo ocorreram os seguintes serviços nos canteiros de obras: alvenaria estrutural; concreto estrutural; revestimentos (rebocos externos e internos); concreto magro; contra piso; cobertura; pintura e limpeza final. Com base nessas obras, foram coletados os dados referentes à geração de RCD.

Para a sistematização dos dados, foi gerado um banco de dados em planilha no Excel, contendo o levantamento das características construtivas de cada obra, como a fase, área construída, número de compartimentos e pavimentos, área de demolição, quantidade de materiais, geração de resíduos, dentre outros.

3.3 MÉTODOS DE PESQUISA

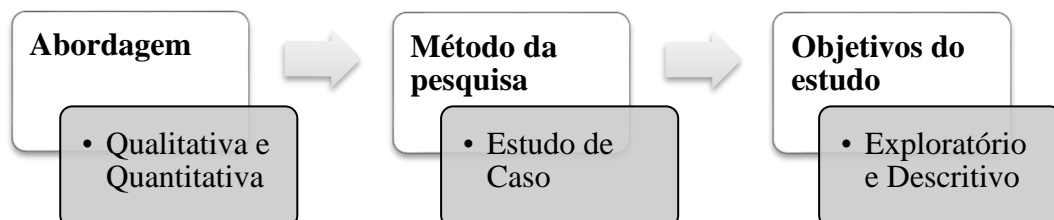
A abordagem metodológica trata de uma pesquisa quali-quantitativa de modo que as duas abordagens se interliguem e se complementem. A pesquisa qualitativa é uma abordagem na qual o ambiente é a fonte direta dos dados, de forma que o pesquisador mantém contato direto

com o objeto de estudo, possibilitando a compreensão do fluxo cotidiano dos fatos (PRODANOV, 2013). Preocupa-se, portanto, com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. Diferente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Esse tipo de abordagem permite traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las (PRODANOV, 2013).

Dentro da metodologia quali-quantitativa foi utilizado como método de investigação o estudo de caso. Esse método segundo Prodanov (2013), consiste em coleta e análise de informações sobre o cenário estudado, buscando conhecer aspectos variados de forma ampla e mais detalhados, permitindo um maior conhecimento ao seu respeito.

Quanto aos fins da pesquisa, o estudo se fundamentou em dois tipos: exploratório e descritivo. Exploratório, uma vez que se busca conhecer a geração de RCD provenientes de obras informais e seu destino nas áreas de vulnerabilidade social na cidade do Recife, para que a partir disso, sejam levantados os impactos ambientais decorrentes destes. Por outro lado, configura-se também como estudo descritivo, na medida em que se apresenta o estado da arte dos RCD provenientes dessas obras, como suporte à compreensão do ambiente estudado.

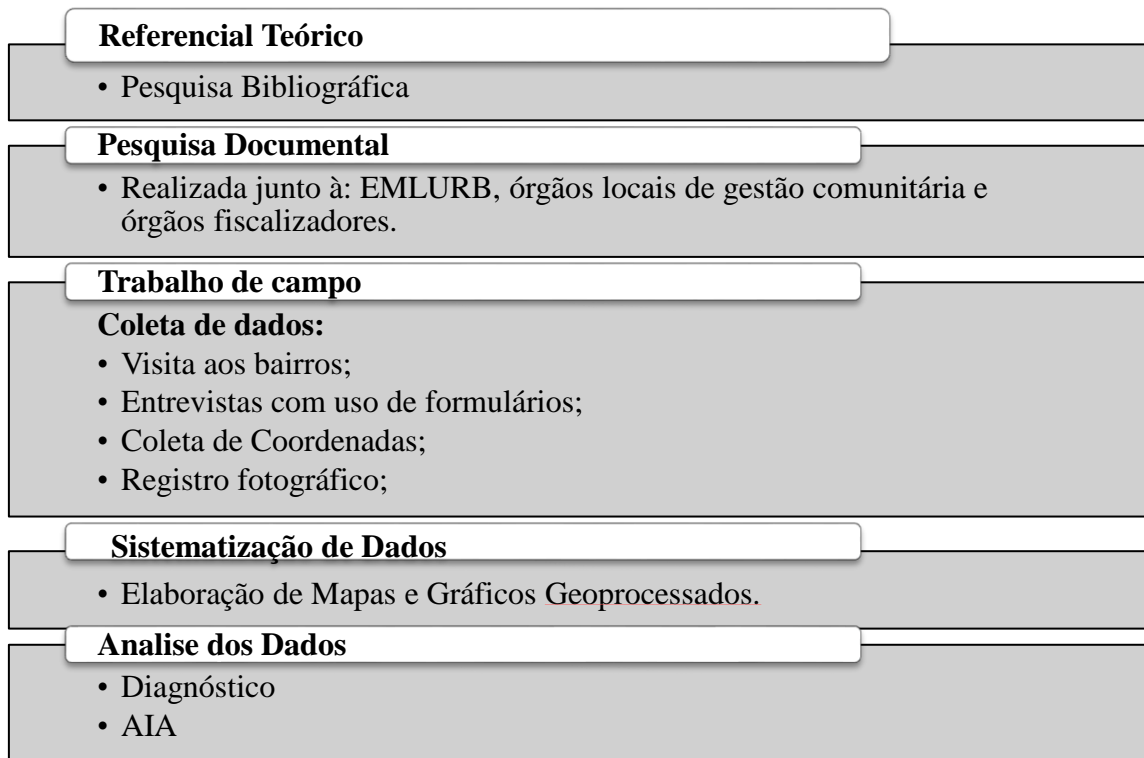
Figura 3.4 - Abordagem, método e objetivos da pesquisa



Fonte: Autor (2021)

Definidos a abordagem, o método e os objetivos de pesquisa, parte-se para o trabalho de campo que envolve a obtenção dos dados necessários para o estudo em questão. Assim, na presente dissertação foram empregadas diferentes técnicas, integradas e ajustadas conforme os objetivos da pesquisa, as quais estão sintetizadas na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Esquema Metodologia



Fonte: Autor (2021)

3.3.1 Referencial Teórico

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema de pesquisa. Os dados secundários foram coletados a partir de produções científicas em forma de livros, artigos, dissertações, teses e materiais publicados na internet em sites especializados. Segundo Prodanov (2013), as etapas para uma pesquisa bibliográfica, e que foram seguidas nessa dissertação, consistem em: 1) escolha do tema; 2) levantamento bibliográfico preliminar; 3) formulação do problema; 4) elaboração do plano provisório do assunto; 5) busca das fontes; 6) leitura do material; 7) fichamento; 8) organização lógica do assunto; 9) redação do texto.

A busca das produções científicas foram realizadas com delimitação de 10 anos (preferencialmente), compreendendo o período de 2011 a 2021, nas bases de dados ‘ScienceDirect’, ‘Periódicos capes’, ‘Google Scholar’ e ‘SciELO’, utilizando as palavras-chave: ‘resíduos construção civil’, ‘resíduos construção e demolição’, ‘desperdício construção civil’, ‘Sustentabilidade’, entre outros, buscando os termos nos títulos, palavras-chave e/ou resumos.

3.3.2 Pesquisa Documental

A pesquisa documental consistiu no levantamento de documentos formais, tais como: Leis, Decretos, Portarias, Resoluções e Normas de cunho nacional, estadual e municipal, relatórios e documentos administrativos, dentre outros. Foram levantadas informações por meio de consulta a Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife - EMLURB, órgãos locais de gestão comunitária e órgãos fiscalizadores. Para Prodanov (2013), a utilização da pesquisa do tipo documental destaca-se por permitir ao pesquisador organizar informações que se encontra dispersas, possibilitando uma nova fonte de consulta.

3.3.3 Trabalho de Campo

Foram realizadas entrevistas, observações, levantamento de dados e coordenadas, e outras atividades necessárias para a obtenção dos resultados. O trabalho de campo realiza um levantamento de fatos e fenômenos tal como ocorrem na realidade de fundamental importância exploratória, de confirmação ou refutação de hipóteses e construções de teorias. Portanto, esta etapa da pesquisa constitui, fundamentalmente, a realização das atividades a seguir.

3.3.3.1 Visita aos bairros

Para abordar o campo empírico da pesquisa, cujo foco são as obras informais e os pontos de deposição de RCD, foram realizadas duas etapas de trabalho. A primeira visando uma aproximação com o universo estudado; e a segunda, estabelecendo contato direto com gestores das obras. Estas etapas se fazem necessárias em virtude da carência de cadastros ou bancos de dados sistematizados em relação as obras informais existentes na região.

3.3.3.2 Entrevistas semiestruturadas

Foram realizadas entrevistas junto aos gestores das obras, representantes da EMLURB e órgãos fiscalizadores. Optou-se pela entrevista com roteiro semiestruturados, aproximando ao tipo de entrevista compreensiva (GERREIRA, 2014). Foram elaborados formulários estruturados com questões abertas e fechadas visando obter dados sobre o tema em estudo (Apêndice A). Além dos formulários, em alguns momentos das atividades de campo, se procedeu entrevistas curtas, conduzidas num ambiente natural e num tom informal.

3.3.3.3 Coleta das coordenadas

Foi realizada a coleta das coordenadas das áreas visando identificar obras informais e os pontos de deposição de RCD nos bairros pertencentes a RPA3. De posse das coordenadas e da caracterização preliminar foram gerados mapas temáticos utilizando o software Quantum GIS – *Qgis 3.16*. Posteriormente, os mapas produzidos foram alinhados com o plano diretor da cidade do Recife-PE, para verificar a real localização das áreas visitadas nas Regiões Político Administrativas da cidade. Com esses dados foi possível perceber a presença das construções informais e suas interferências com a gestão urbana.

3.3.3.4 Registro fotográfico

O registro fotográfico gerou um banco de imagens que possibilitou a visualização e comparação da dinâmica das deposições de RCD e para identificar impactos não observados durante a coleta dos dados.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004a.

ABNT. **NBR 15.112: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004b.

ABNT. **NBR 15.113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes. Aterros. Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004c.

ABNT. **NBR 15.114: Resíduos sólidos da construção civil. Áreas de reciclagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Rio de Janeiro, 2004d.

ABNT. **NBR 15.115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação. Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2004e.

ABNT. **NBR 15.116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – Utilização em pavimentação**. Rio de Janeiro, 2004f.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.

ALHEIROS, M. M.; SOUZA, M. A. de A.; BITOUN, J.; MEDEIROS, S. M. G. de M.; AMORIM JÚNIOR, W. M. **Manual de ocupação dos morros da região metropolitana do Recife**. Fundação de Desenvolvimento Municipal FIDEM – Recife: Ensol, 2004.

ALVES, G. A “nova informalidade” do mundo do trabalho: aspectos da reforma trabalhista brasileira. **Com ciência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, Dossiê Emprego e Profissões, 2018.

ANGULO, S.C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características nos comportamentos de concretos**. 2005. 167 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANGULO, S. C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L. D.; NOGUEIRA, T. P. Resíduos de Construção e Demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 299-306, 2011.

AKHTAR, A.; SARMAH, A. 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.

BONDINUBA, F.; KARLEY, D.; BIITIR, S.; ADJEI-TWUM, A. Assessing the role of housing microfinance in the low-income housing market in Ghana. **Bondinuba FK, Karley NK, Biitir SB, Adjei-Twum A**, p. 44-54, 2016.

BRASIL. **Lei nº 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 2 de agosto de 2010.

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J.M.E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, p. 178-189, 2015.

CARDOSO, A. C. F.; GALATTO, S. L.; GUADAGNIN, M. R. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, v. 31, p. 1-10, 2014.

CARNEIRO, F. P. **Diagnóstico e Ações da Atual Situação dos Resíduos de Construção e Demolição na Cidade do Recife** João Pessoa, 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Escola de Engenharia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; COSTA, D. B.; ALBERTE, E. P. V.; SAMPAIO, T. S. **Reciclagem de Entulho da Região Metropolitana de Salvador para Produção de Materiais de Construção de Baixo Custo**. In: IX SIMPÓSIO LUSOBRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Seguro. 2010.

CBIC– CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Construção Sustentável: a mudança em curso**. Confederação Nacional da Indústria, Câmara Brasileira da Indústria da Construção – Brasília: CNI, p. 98, 2017.

CHA, G. W.; KIM, Y. C.; MOON, H. J.; HONG, W. H. New approach for forecasting demolition waste generation using chi-squared automatic interaction detection (CHAID) method. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 375-385, 2017.

COCHRAN, K.; TOWNSEND, T.; REINHART, D.; HECK, H. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US. **Waste management**, v. 27, n. 7, p. 921-931, 2007.

COELHO, A.; DE BRITO, J. Generation of construction and demolition waste in Portugal. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 7, p. 739-750, 2011.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 05 de julho de 2002.

CONAMA. **Resolução nº 348**. Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 16 de agosto de 2004.

CONAMA. **Resolução nº 431**. Altera o art. 3º da Resolução nº 307, estabelecendo nova classificação para o gesso. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 24 de maio de 2011.

CONAMA. **Resolução nº 448**. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10, 11 da Resolução nº 307. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 18 de janeiro de 2012.

CONAMA. **Resolução nº 469**. Altera a Resolução CONAMA n 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 29 de julho de 2015.

CÓRDOBA, R.E. **Estudo do Sistema de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção e Demolição do Município de São Carlos-SP**. 2010. 372 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

CORREA, M. V. N.; FERNANDES, K. K. B.; SILVA, M. P.; BARROSO, K. O.; REZENDE, G. B. M.; CAMPOS, I. A. M. S.; RESENDE, J. A. L. C. A responsabilidade do engenheiro civil perante as legislações de resíduos da construção civil. **Revista Panorâmica online**, v. 2, p. 20-32, 2019.

COSTA, D. E. S., MOREIRA, R. C., FERREIRA, M. M. M. G., MAGALHÃES, D. V., & NETO, L. R. F. Gestão ambiental, planejamento e sustentabilidade: a gestão de resíduos sólidos urbanos da construção civil. **Revista Valore**, v. 4, p. 251-258, 2019.

DE OLIVEIRA, W.; BAMPI, A. C.; DA SILVA, R. M. Problemas socioambientais em pequena cidade e implicações à comunidade local: Estudo da cidade de Jauru/MT. **REVISTA EQUADOR**, v. 10, n. 2, p. 01-25, 2021.

DOBROVOLSKIENĖ, N.; TAMOŠIŪNIENĖ, R.; BANAITIS, A.; FERREIRA, F. A.; BANAITIENĖ, N.; TAUJANSKAITĖ, K.; MEIDUTĖ-KAVALIAUSKIENĖ, I. Developing a composite sustainability index for real estate projects using multiple criteria decision making. **Operational Research**, v. 19, n. 3, p. 617-635, 2019.

ESA, M.R.; HALOGA, A.; RIGAMONTI, L. Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 120, p. 219-229, 2017.

FARIAS FILHO, M. B.; OLIVEIRA, V. V. A.; PAZ, D. H. F.; FERREIRA, A. A. Sistema automatizado para gerenciamento de resíduos da construção civil; desenvolvimento de sistema em ambiente mobile. IN: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.) Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 451-459.

GÁLVEZ-MARTOS, J.L.; STYLES, D.; SCHOENBERGER, H.; ZESCHMAR-LAHLE, B. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 136, p. 166-178, 2018.

GOMES, M. D. F. M., VALERIO FILHO, M., MENDES, R. M., & MACIEL, L. M. Loteamentos irregulares em área de risco no município de São José dos Campos/SP, Brasil. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, v. 19, p. 1-19, 2021.

IBGE– INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010 – Recife-PE**. Brasil, 2010.

IBGE. **IBGE Cidades – Recife-PE**. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html>>, acesso em: 05 de fevereiro de 2021.

IKAU, R; JOSEPH, C, TAWIE, R. Factors influencing waste generation in the construction industry in Malaysia. **Procedia-social and behavioral sciences**, v. 234, p. 11-18, 2016.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000. 102 f. Tese (Livre docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LAGE, I. M.; ABELLA, F. M.; HERRERO, C. V.; ORDÓÑEZ, J. L. P. Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain). **Waste management**, v. 30, n. 4, p. 636-645, 2010.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact**. US Dept. of the Interior, 1971.

LI, J.; DING, Z.; MI, X.; WANG, J. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 20-26, 2013.

LU, W.; PENG, Y.; CHEN, X.; SKITMORE, M.; ZHANG, X. The S-curve for forecasting waste generation in construction projects. **Waste Management**, v. 56, p. 23-34, 2016.

MARQUES, L.; HENRIQUE, A.; TEIXEIRA, D.; ABÍLIO, L. Informalidade: Realidades e Possibilidades para o Mercado de Trabalho Brasileiro. **Fundação Perseu Abramo, São Paulo. SP**, 2018.

MATOS, J. P. C.; ALENCAR, T. C. DE SÁ B. D. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. **Id on Line Rev. Mult. Psic.** v.13, n. 43, p. 784-807, 2019.

NAGAPAN, S.; RAHMAN, I. A.; ASMI, A.; ADNAN, N. F. Study of site's construction waste in Batu Pahat, Johor. **Procedia Engineering**, v. 53, p. 99-103, 2013.

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. GIS - based planning system for managing the flow of construction and demolition waste in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 36, p. 541-549, 2018.

PERNAMBUCO. **Decreto Estadual nº 23.941**. Regulamenta a Lei nº 12.008, que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos, e dá outras providências. Recife, 2002.

PERNAMBUCO. **Lei Estadual nº 12.008**. Dispõe sobre Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Recife, 2001.

PERNAMBUCO. Decreto nº 38.483. **Diário Oficial do Estado**. Recife-PE, de 1 de agosto de 2012.

PERNAMBUCO. Lei nº 14.236. Política Estadual de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial do Estado**. Recife-PE, 13 de dezembro de 2010.

PERNAMBUCO. Lei nº. 16.112. **Diário Oficial do Estado**. 05 de julho de 2017.

PERNAMBUCO. Secretaria das Cidades. **Plano de Resíduos Sólidos: Região de Desenvolvimento Metropolitana de Pernambuco** - RDM/PE. 2ª Ed. Recife: Caruso Jr. 2018. 108 p.

PERNAMBUCO. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos**. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade - SEMAS, 2012. Disponível em:
<<https://observatoriopnrs.files.wordpress.com/2014/11/pernambuco-plano-estadual-de-resc3adduos-sc3b3lidos.pdf>> Acesso em: 28 abr. 2021.

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

PINTO, T. D. P.; GONZÁLES, J. L. Manejo e gestão de resíduos da construção civil: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. **Manual de orientação**, v. 1. 196 p. Brasília: Caixa, 2005.

PINTO, T. P. Panorama dos resíduos da construção civil – Estado de São Paulo – 7º Seminário Regional sobre Resíduos Sólidos. Ministério das Cidades. Recife, 2005.

PINTO, G. J. F.; DE MELO, E. S. R. L.; DE ALCANTARA NOTARO, K.; DE GARANHUNS, A. D. E. S. Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil–Métodos de Cálculo. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande/PB**. 2016.

POLESE, A. Informality crusades: Why informal practices are stigmatized, fought and allowed in different contexts according to an apparently ununderstandable logic. **CAUCASUS SOCIAL SCIENCE REVIEW (CSSR)**, v. 2, p. 1-26, 2015.

PRODANOV, C. C. **Metodologia do trabalho científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. – 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUAGLIO, R. S.; ARANA, A. R. A. Diagnóstico da gestão de resíduos da construção civil a partir da leitura da paisagem urbana. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 457-471, 2020.

RECIFE. Lei Municipal nº 16.377. Introdz modificações na Lei 14.903 de 03 de outubro de 1986, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município**. Recife, 1998a.

RECIFE. Decreto Municipal nº 18.082. **Diário Oficial do Município**. Recife, 1998b.

RECIFE. Decreto Municipal nº 27.399. **Diário Oficial do Município**. Recife, 2013.

RECIFE. Decreto nº 27.045. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 19 abr. 2013.

RECIFE. Instrução Normativa da Autarquia de Manutenção e Limpeza Urbana - EMLURB nº 01. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 15 fev. 1997.

RECIFE. Lei Municipal nº 17.072. Estabelece as diretrizes e critérios para o Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial do Município**. Recife, 2005.

RECIFE. Lei nº 16.243. Código do Meio Ambiente e do Equilíbrio Ecológico da Cidade do Recife . **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 13 set. 1996a.

RECIFE. Lei nº 16.176. Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 09 mai. 1996b.

RECIFE. Lei nº 17.072. Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 03 jan. 2005.

RECIFE. Lei nº 18.770. Plano Diretor do Recife. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 29 dez. 2020.

RECIFE. Lei Orgânica do Município do Recife. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 04 abr. 2019.

SATTERTHWAITE, D.; ARCHER, D.; COLENBRANDER, S.; DODMAN, D.; HARDOY, J.; MITLIN, D.; PATEL, S. Building resilience to climate change in informal settlements. **One Earth**, v. 2, n. 2, p. 143-156, 2020.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo**. São Paulo; 2003. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP.

SEIFFERT, M.E.B. ISO 14001 - SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL –Implantação objetiva e econômica - 3ª edição, Editora Atlas, 2008.

SINDUSCON – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/>. Acesso em: 10, de agosto de 2021.

TRAN, H. A., & YIP, N. M. A Regime of Informality? “Informal housing” and the state-society relationship in transitional Vietnam. **TRIALOG 123: A Journal for Planning and Building in a Global Context**, v. 2015, n. 4, p. 20-30, 2017.

UN-HABITAT. Habitat III Issue Paper 22—Informal Settlements. **New York: UN Habitat**, 2015.

UN-HABITAT, ONU Habitat. Urbanization and development: Emerging futures. **World cities report**, 2016.

WANG, J.Y.; WU, H.Y.; DUAN, H.B.; ZILLANTE, G.; ZUO, J.; YUAN, H.P. Combining life cycle assessment and Building Information Modelling to account for carbon emission of building demolition waste: A case study. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 3154-3166, 2018.

WU, Z.; ANN, T. W.; SHEN, L.; LIU, G. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste Management**, v. 34, n. 9, p. 1683-1692, 2014.

WU, H.; DUAN, H.; ZHENG, L.; WANG, J.; NIU, Y.; ZHANG, G. Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: Prospective scenarios and implications. **Construction and Building Materials**, v. 113, p. 1007-1016, 2016.

WU, H. Y.; ZUO, J.; ZILLANTE, G.; WANG, J. Y.; YUAN, H. P. Status quo and future directions of construction and demolition waste research: A critical review. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, p. 118163, 2019.

XAVIER, L. L.; ROCHA, J. C. Diagnóstico do resíduo da construção civil–Início do caminho para o uso potencial do entulho. **IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil-materiais reciclados e suas aplicações**. CT206-IBRACON. São Paulo-SP, 2001.

YOST, P. A.; HALSTEAD, J. M. A methodology for quantifying the volume of construction waste. **Waste management & research**, v. 14, n. 5, p. 453-461, 1996.

YU, A.T.W.; POON, C.S.; WONG, A.; YIP, R.; JAILLON, L. 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.

ZHENG, L.N.; WU, H.Y.; ZHANG, H.; DUAN, H.B.; WANG, J.Y.; JIANG, W.P.; DONG, B.Q.; LIU, G.; ZUO, J.; SONG, Q.B. Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, v. 136, p. 405-413, 2017.

CAPÍTULO 4 – MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS EM ÁREAS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

MAPPING AND ASSESSMENT OF IMPACTS IN AREAS OF IRREGULAR DEPOSITION OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE

RESUMO

A crescente geração de resíduos originados pelas atividades do setor construtivo tem desencadeado uma série de impactos de ordem ambiental, social e econômica devido a sua destinação, já que na grande maioria dos casos, esses resíduos não têm destinação final ambientalmente adequada e são depositados incorretamente. Desta forma, o presente trabalho objetivou identificar e mapear os principais pontos de deposição irregular de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em cinco bairros da Zona Norte da cidade do Recife-PE e avaliar os impactos ambientais decorrentes destes. O mapeamento foi feito através do levantamento de coordenadas geográficas com uso do software *GPS Essentials*, onde posteriormente foram compiladas junto com a base georreferenciada municipal. Também foram feitos registros fotográficos para composição do mapa elaborado por meio de Sistema de Informações Geográficas – SIG através do software de licença gratuita *Qgis 3.16*. No que diz respeito a identificação e avaliação dos impactos nos meios, físico, biótico e antrópico, foi utilizada a matriz de Leopold. Os resultados apresentam o mapeamento de 85 pontos de deposição irregular de grande, médio e pequeno porte de RCD, situados em áreas públicas, vias de trânsito, calçadas, próximo a canais de drenagem e rede de esgoto. Além disso, os resultados obtidos através da Matriz de Leopold validam que o meio mais impactado pela deposição irregular de RCD é o meio antrópico, que corresponde a 47% do total dos impactos. Em seguida o meio físico com 42% dos impactos, e o meio menos afetado foi o biótico, com 11% de representatividade. A análise realizada neste trabalho permite uma visão sistemática das ocorrências e impactos da deposição irregular de RCD e subsidia ações e tomadas de decisão para um manejo e gerenciamento adequado desses resíduos.

Palavras-chave: Gerenciamento de Resíduos; Limpeza Urbana; Matriz de Leopold; Sistema de Informações Geográficas – SIG.

ABSTRACT

The growing generation of waste generated by the activities of the construction sector has triggered a series of environmental, social and economic impacts due to its destination, since in the vast majority of cases, these wastes do not have an environmentally adequate final destination and are disposed of incorrectly. In this way, the present work aimed to identify and map the main points of irregular deposition of CDW in five neighbourhoods of the North Zone of the city of Recife-PE and to evaluate the environmental impacts resulting from these. The mapping was done through the survey of geographic coordinates using the *GPS Essentials* software, which were later compiled together with the municipal georeferenced base. Photographic records were also made for the composition of the map prepared through the Geographic Information System - GIS through the free license software *Qgis 3.16*. With regard to the identification and assessment of impacts on the physical, biotic and anthropic

environments, the Leopold matrix was used. The results present the mapping of 85 irregular deposition points of large, medium and small RCD, located in public areas, transit roads, sidewalks, close to drainage channels and sewage network. In addition, the results obtained through the Leopold Matrix validate that the environment most impacted by the irregular deposition of RCD is the anthropic environment, which corresponds to 47% of the total impacts. Then the physical environment with 42% of impacts, and the least affected environment was the biotic, with 11% of representation. The analysis carried out in this work it allows a systematic view of the occurrences and impacts of the irregular deposition of CDW and subsidizes actions and decision making for an adequate handling and management of these residues.

Keywords: Waste management; Urban Cleaning; Leopold's matrix; Geographic Information System – GIS.

4.1 INTRODUÇÃO

Em meio a crescente geração de resíduos sólidos, especialmente em países em desenvolvimento (CHANAKYA *et al.*, 2017), as questões relacionadas com os impactos e a geração de resíduos de construção e demolição (RCD) têm recebido atenção crescente nos últimos anos (ZHENG *et al.*, 2017). Isso porque o descarte desses resíduos em áreas urbanas, de forma irregular, ocasionando impactos para o meio ambiente e para qualidade de vida da população, como por exemplo, causar o assoreamento de córregos e corpos d'água, a obstrução de sistemas de drenagem urbana e alterar a paisagem local, além de ser um convite para a deposição de resíduos atrativos para vetores de doenças (FARIAS FILHO, *et al.*, 2020; COSTA, *et al.*, 2019). Além disso, ainda existem os impactos econômicos, tais como, os altos investimentos financeiros por parte das administrações municipais para limpeza das áreas afetadas, aquisição de equipamentos para manejo desses resíduos e a construção de aterros (LOWEN; NAGALLI, 2020; TANG *et al.*, 2020).

Nesse cenário, foi estabelecida a Resolução n° 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002) com a finalidade de minimizar os impactos decorrentes dessas atividades e assessorar na gestão dos resíduos gerados. A partir desta, foram definidos critérios para elaboração dos Planos de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil (PGIRCC). Dentre estes, se encontra a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas (Art. 6º, Inciso IV), bem como o cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, com conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento (Art. 6º, Inciso II).

No entanto, mesmo com os instrumentos legais reguladores da gestão dos RCD, a destinação e a disposição final ambientalmente adequada a ser dada a esse material ainda é um dilema para muitos geradores. Esses atores são normalmente representados por pequenos geradores informais, muitas vezes, irregulares (Paz *et al.*, 2019) que não possuem conhecimentos suficientes sobre a legislação ou simplesmente porque negligenciam a tomada de decisão em relação ao destino adequado dos RCD. Por outro lado, conforme aponta Zainun e Othman (2015), muitas construtoras (grandes geradores) realizam a destinação inadequada dos RCD ao dispor em áreas ilegais ao invés das áreas adequadas, devido ao custo e a distância do canteiro de obras ao local do aterro.

A implementação de uma gestão eficiente dos RCD apresenta-se como a solução mais adequada e eficaz para prevenir e minimizar as consequências da geração e deposição irregular de RCD nas áreas urbanas (YACOUT E HASSOUNA, 2016), mas para isso é necessário conhecer a realidade do local. Portanto, a realização de um diagnóstico conjunto, considerando as infraestruturas disponíveis, bem como a localização das deposições irregulares de RCD, a identificação das classes de resíduos presentes e a avaliação dos impactos gerados por estes, constitui uma ferramenta fundamental para o planejamento urbano e intervenções a fim de mitigar os impactos acarretados.

Nesse contexto, o presente artigo objetiva identificar e mapear os principais pontos de deposição irregular de RCD e identificar os impactos ambientais decorrentes destas deposições de RCD em cinco bairros da Zona Norte da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco.

4.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.2.1 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

A terminologia Resíduos da Construção e Demolição (RCD) ou ainda, Resíduos de Construção Civil (RCC) é definida pela Resolução nº 307 (CONAMA, 2002) como resíduos ou restos de construções, reformas, reparos e demolição de construção civil: tijolos, blocos cerâmicos, solos, rochas, metais, gesso, plástico, tubulações, fiação elétrica, pavimento asfáltico, argamassa, madeiras, tintas, compensado e diversos outros tipos.

A Resolução nº 307, alterada pelas Resoluções nº 348 (CONAMA, 2004), nº 431 (CONAMA, 2011) e nº 469 (CONAMA, 2015) classifica os resíduos quanto ao tipo, origem, composição química e periculosidade, conforme ilustra o (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 - Descrição da Classificação dos resíduos de construção civil

Classe A – Resolução n° 307 (CONAMA, 2002)
São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados: <ul style="list-style-type: none"> a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B - Resolução n° 469 (CONAMA, 2015)
São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação, como por exemplo: vidros, espelhos, telhas termo acústicas.
Classe C - Resolução n° 431 (CONAMA, 2011)
São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem ou recuperação, como por exemplo: vidros, espelhos, telhas termo acústicas.
Classe D - Resolução n° 348 (CONAMA, 2004)
São resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, amianto, entre outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde.

Fonte: Adaptado de Resolução n° 307 CONAMA, 2002.

No Quadro 4.2 está compilada a Resolução n° 307, alterada pela Resolução n° 448 (CONAMA, 2012), a qual estabelece em seu Art. 10, a destinação final adequada dos resíduos de acordo com as classes.

Quadro 4.2 - Destinação Final dos RCD

Classe A - Resolução n° 448 (CONAMA, 2012)
Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.
Classe B - Resolução n° 307 (CONAMA, 2002)
Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
Classe C - Resolução n° 307 (CONAMA, 2002)
Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
Classe D - Resolução n° 448 (CONAMA, 2012)
Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

Fonte: Adaptado de Resolução n° 307 CONAMA, 2002.

No geral, os RCD são considerados inertes pois se mantem inalterados por um longo período de tempo, como apresentado na NBR 10.004 (ABNT, 2004a). Entretanto, existe uma preocupação ambiental referente a esses resíduos devido ao grande volume gerado, peso e alta produção anual em todo o mundo (Akhtar e Sarmah, 2018; Gálvez-Martos *et al.*, 2018).

Em média, esses resíduos representam entre 40% a 60% da massa total gerada em centros urbanos (CBIC, 2017). Segundo a Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), estima-se que o país gerou 44,5 milhões de toneladas de resíduos provenientes da construção civil somente no ano de 2019. Como nessa área o responsável por recolher os resíduos é o gestor da obra, os números apresentados refletem apenas o que foi abandonado em vias e logradouros públicos, na maioria, segundo a própria agência.

4.2.2 IMPACTOS DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)

Apesar do crescimento e do papel importante da indústria da construção civil para o desenvolvimento socioeconômico de uma região (SOUZA *et al.*, 2015), não se pode negar que a construção civil gera impactos ambientais significativos. A literatura acadêmica tem demonstrado que os impactos negativos decorrentes do setor são significativos e são associados, principalmente, ao consumo de recursos naturais e a geração de resíduos sólidos (BRASILEIRO e MATOS, 2015; WU *et al.*, 2016; DOBROVOLSKIENE *et al.*, 2017; GALÁN-ARBOLEDAS *et al.*, 2017; PAZ, LAFAYETTE E SOBRAL, 2018).

Por conseguinte, a construção civil se depara hoje com uma grande problemática: o que fazer com os resíduos gerados nos canteiros de obras? Dado que esses resíduos acarretam vários problemas ambientais, como a sobrecarga de aterros sanitários e áreas licenciadas para a disposição final ou, ainda mais preocupante, a deposição irregular em áreas clandestinas, provocando impactos de ordem ambiental, social e econômica (FARIAS FILHO, *et al.*, 2020; TANG *et al.*, 2020). Evidentemente que este não é um problema enfrentado exclusivamente pelos construtores, mas, também pelos gestores públicos e pela sociedade no geral e como tal, deve ser solucionado de forma cooperativa.

A deposição irregular dos RCD resulta em impactos diretos e indiretos nos diferentes aspectos que englobam (i) a economia, com alto custo com limpeza das áreas afetadas e aquisição de equipamentos para manejo dos resíduos (LOWEN E NAGALLI, 2020); (ii) a área urbana, com problemas em sistemas de drenagem; (iii) a saúde pública, em ambientes propícios a vetores de doenças; (iv) o meio ambiente, gerando assoreamento de cursos d'água; (v) problemas referentes ao paisagismo; (vi) e questões relativas a logística de transporte e de tráfego (CORREA *et al.*, 2019), atingindo diversos aspectos da sociedade. Esses impactos comprometem não só o equilíbrio do meio ambiente, mas também princípios sanitários, sociais e econômicos nas cidades.

4.2.3 METODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

O termo “Avaliação de Impacto Ambiental” (AIA) foi desenvolvido pela primeira vez pelos Estados Unidos baseando em estudos publicados na *National Environmental Policy Act* – NEPA (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente) dos anos 70 (SÁNCHEZ, 2013). E tem como princípio básico identificar, analisar e simplificar os impactos ambientais de projetos, planos e programas e justificar uma decisão sobre eles.

Atualmente existem diversos métodos de AIA que servem para auxiliar profissionais na identificação dos impactos ambientais e suas causas, para padronizar e facilitar o manuseio do ambiente físico (DE JESUS *et al.*, 2021), porém, não há nenhum método completo, que se aplique a todos os casos. Cada projeto possui singularidades que fazem necessária a adaptação ou união de uma ou mais metodologias, que deverão ser escolhidas conforme as características da atividade. Os principais métodos de AIA, encontram-se, resumidamente, apresentados no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 - Métodos de avaliação de impactos ambientais

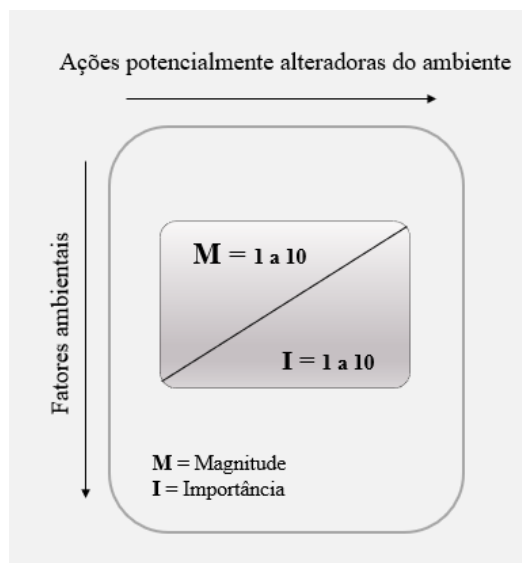
Método	Descrição do Método
Metodologia espontânea (Ad Hoc)	Fundamenta-se na criação de equipes de trabalho com profissionais capacitados em diferentes áreas, apontando suas evidências baseando-se nas suas experiências para produção de um relatório do projeto a ser implantado com seus possíveis impactos.
Listagem de controle (Check list)	São listas padronizadas dos aspectos e critérios ambientais para identificar os impactos possíveis. Baseia-se em um diagnóstico ambiental, que deverá abranger os meios biológicos, físicos e socioeconômico.
Matriz interativa	Listagem de controle bidimensional que relaciona os fatores com as ações, sendo eficiente na identificação de impactos diretos, uma vez que tem por objetivo relacionar as interações entre os fatores ambientais e os componentes do projeto.
Redes de interações (Networks)	Baseia-se em esquemas que representam o desenvolvimento de operações entre os componentes de um projeto, buscando criar relações de causa-condição-efeito, unindo os critérios de importância, magnitude e probabilidade.
Mapas de superposição (Overlays)	Métodos cartográficos para planejamento territorial. O método envolve a composição de uma série de mapas temáticos, cada um representando características culturais, sociais e naturais que reproduza influência.

Fonte: Adaptado de Cremonez *et al.*, 2014; De Jesus *et al.*, 2021.

Uma das primeiras ferramentas no formato de matrizes propostas para avaliação de impacto ambiental é o modelo de Leopold, utilizado nesse estudo. A matriz de Leopold é um instrumento de identificação dos impactos ambientais, largamente utilizada e conhecida por seus resultados eficazes. Essa matriz, que se tornou referência internacional para a avaliação de impactos ambientais, foi proposta por Luna B. Leopold, no documento “*A procedure for evaluating environmental impact*”, para o Departamento de Interior do Governo Federal dos Estados Unidos, em 1971 (LEOPOLD *et al.*, 1971). A matriz de interação refere-se a uma listagem de controle bidimensional que relaciona os fatores ambientais com as ações.

O método se baseia na disposição pré-estabelecida de 100 ações potencialmente alteradoras do ambiente (referentes a projetos diversos) ao longo do eixo horizontal da matriz e 88 fatores ambientais (incluindo as características dos meios físico, biótico e socioeconômico e suas interações) ao longo do eixo vertical da matriz, resultando em 8.800 quadriculas (interações). Essas quadriculas são subdivididas por uma linha diagonal em que são dispostas as avaliações relacionadas com a magnitude e a importância dos impactos das ações sobre os fatores ambientais. Os valores de julgamento variam entre 1 e 10, correspondendo, respectivamente, à magnitude e à importância do impacto. O sinal (+) ou (-) na frente dos números indica se o impacto é, respectivamente, benéfico ou adverso (LEOPOLD *et al.*, 1971), como em outros métodos, existe o risco da subjetividade. A figura 4.1, exemplifica a matriz de Leopold.

Figura 4.1 - Esquema da matriz de Leopold



Fonte: Autor (2021)

Conforme Leopold (1971), a magnitude de um impacto diz respeito à sua extensão, grau ou escala (grandeza em escala espaço temporal da interação das ações) e importância está relacionada ao grau de importância da causa sobre o efeito (intensidade do efeito na área de influência do empreendimento ou fora dele, correspondente ao fator ambiental).

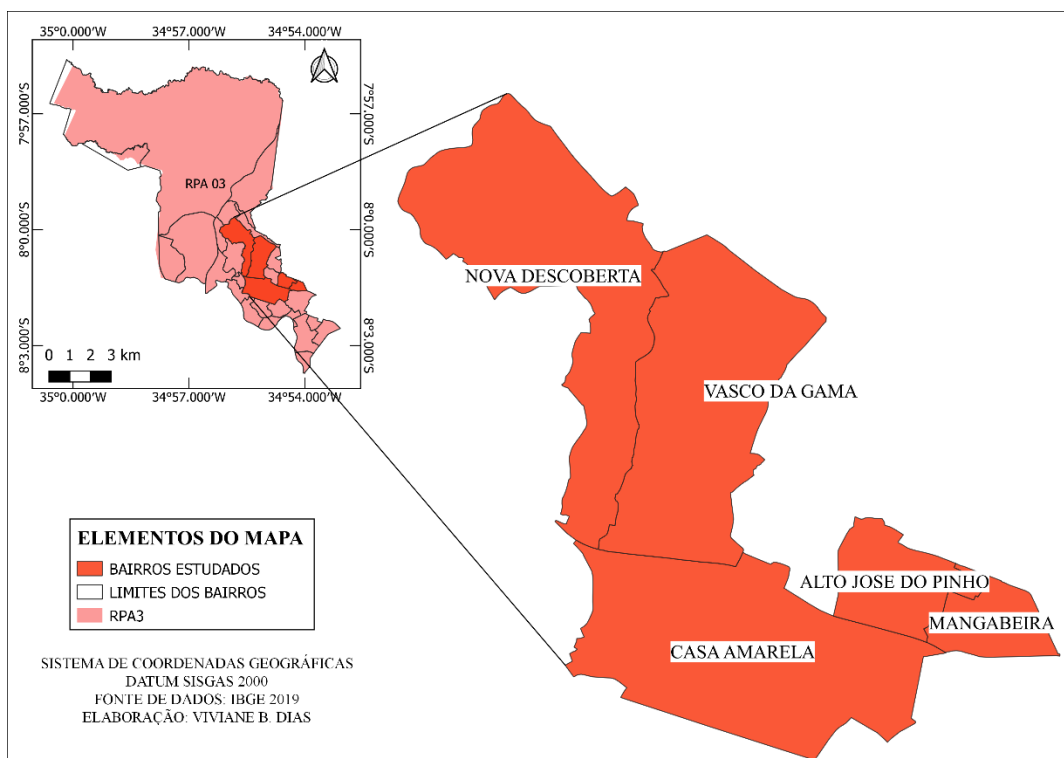
Estudos como o de Do Santos (2013), Santos (2015), Palmeira *et al.* (2016), Pereira (2017), Martildes *et al.* (2020) e De Lima *et al.* (2021) utilizaram a Matriz de Leopold para avaliar impactos decorrentes dos resíduos da construção civil.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreendeu cinco bairros da RPA3 da cidade do Recife, capital do estado do Pernambuco (Figura 4.2). Nessa área, foi realizado o diagnóstico de subáreas afetadas pela deposição irregular de RCD, com a finalidade de investigar e mapear a destinação de RCD nestas comunidades.

Figura 4.2 - Mapa de Localização dos bairros estudados



Fonte: Autor (2021)

Dentre os bairros da cidade, foram escolhidos para a pesquisa as regiões do Alto José do Pinho, Alto Santa Isabel (localizado no bairro de Casa Amarela), Nova Descoberta, Mangabeira e Vasco da Gama. Esta escolha justifica-se pelo fato desses locais estarem localizados em áreas de morro na Região Político Administrativas – RPA 3.

4.3.2 MAPEAMENTO DOS PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR DE RCD

A metodologia consistiu em realizar visitas de campo na área de estudo e assim, identificar pontos de deposição irregular de RCD, em várias áreas dos bairros, com o objetivo

de registrar *in loco* a deposição dos RCD. No momento das visitas, foram feitos registros fotográficos e coletadas as coordenadas geográficas através do software *GPS Essentials* no período entre o mês de janeiro e agosto de 2021. Além disso, foi realizado um levantamento do percentual dos locais em que ocorriam as deposições irregulares de RCD, como por exemplo em calçadas, vias públicas e terrenos baldios.

A partir do reconhecimento dos pontos de descarte de RCD, esses resíduos foram classificados, com base na Resolução 469 (CONAMA, 2015), que define como resíduo: reutilizável ou reciclável como agregados (Classe A), reciclável para outras destinações (Classe B), não-reciclável (Classe C) e perigoso (Classe D). Além disso, os pontos foram categorizados de acordo com seu tamanho em pequeno porte, ou seja, com até 1m³ de resíduos (RECIFE, 2005), em médio porte com até 6 m³, equivalente a uma caçamba estacionária, e em grande porte aqueles com mais de 6 m³ (PAZ, 2019). Para a categorização, foi realizado a medição dos pontos com auxílio de uma trena.

Para elaboração do mapa contendo os pontos de deposição, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) através do software de licença gratuita *Qgis 3.16*. A partir de arquivos georreferenciados da cidade de Recife e respectivas Regiões Político Administrativas (RPA's), foram extraídos os limites dos cinco bairros pertencentes a Zona Norte da cidade. Por fim, foram adicionados nesses arquivos a localização geográfica dos pontos deposição irregular de RCD para composição do mapa.

4.3.3 IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS

Na fase de identificação e avaliação dos impactos, utilizou-se como base adaptada a ferramenta para AIA denomina Matriz de Leopold.

De acordo com Leopold *et al.* (1971), é recomendado a adaptação da matriz original de acordo com cada projeto. Para o desenvolvimento desse estudo, a matriz foi desenvolvida para identificar os impactos ambientais associados à deposição irregular de RCD, mantendo-se a estrutura principal da ferramenta, utilizando apenas pequenas adequações, dada a especificidade dos impactos ambientais estudados. As variáveis foram desenvolvidas a partir das visitas aos bairros. Utilizou-se uma ficha de campo adaptada de Santos (2015), disponível no anexo A, onde foram registrados os impactos identificados. Além disso, realizou-se registro fotográfico, a fim de auxiliar em sua caracterização e verificação.

Para a definição da magnitude e importância dos impactos identificados foi estabelecida uma escala de valores de 1, 3 e 5, onde estes valores correspondem a pesos atribuídos para cada

impacto com base na metodologia utilizada por Santos (2015), conforme se apresenta no Quadro 4.4.

Quadro 4.4- Critérios para aplicação da Matriz de Leopold

Valorização do Impacto			
Categoria	Verde = Positivo	Amarelo = Neutro	Vermelho = Negativo
Magnitude	1 = O impacto não é gerado ou se gerado, pode atingir o perímetro da planta.	3 = O impacto se gerado pode atingir o perímetro de até 3 km da planta.	5 = O impacto se gerado pode atingir área além dos 3 km.
Importância	1 = O impacto não gera danos ambientais, sociais e/ou econômicos.	3 = O impacto pode gerar danos ambientais, sociais e/ou econômicos., porém reversíveis.	5 = O impacto pode gerar danos ambientais, sociais e/ou econômicos graves ou irreversíveis.

Fonte: Adaptado de Santos (2015) apud Seifert (2008)

O resultado de cada quadrícula é a soma da magnitude e importância, atribuídas a cada interação. Ao final, é calculada a média de todas as quadrículas, obtendo-se assim um índice final. Com esse índice foi possível identificar os impactos significativos a partir de uma escala de significância, conforme apresentado no Quadro 4.5.

Quadro 4.5- Critérios para significância

Valorização do Impacto			
Significância	< 5 = Pouco significativo (PS)	5 a 7 = Significativo (S)	≥ 8 = Muito significativo (MS)

Fonte: Autor (2021)

Através da utilização desta ferramenta, espera-se poder contemplar na pesquisa os efeitos gerados nos meios físico, biótico e antrópicos, incluindo fatores sociais e econômicos, existentes na área de estudo.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 PONTOS DE DEPOSIÇÃO IRREGULAR

A partir do levantamento de dados em campo, realizado entre o mês de janeiro e agosto de 2021, foram identificados e mapeados um total de 85 pontos de deposição irregular de RCD, espalhados pelos 5 bairros em estudo. Destes, 2 pontos se encontram no Alto José do Pinho, 21 no Alto Santa Isabel, 30 em Nova Descoberta, 7 em Mangabeira e 25 no Vasco da Gama (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Pontos de deposição irregular de RCD nos locais estudados

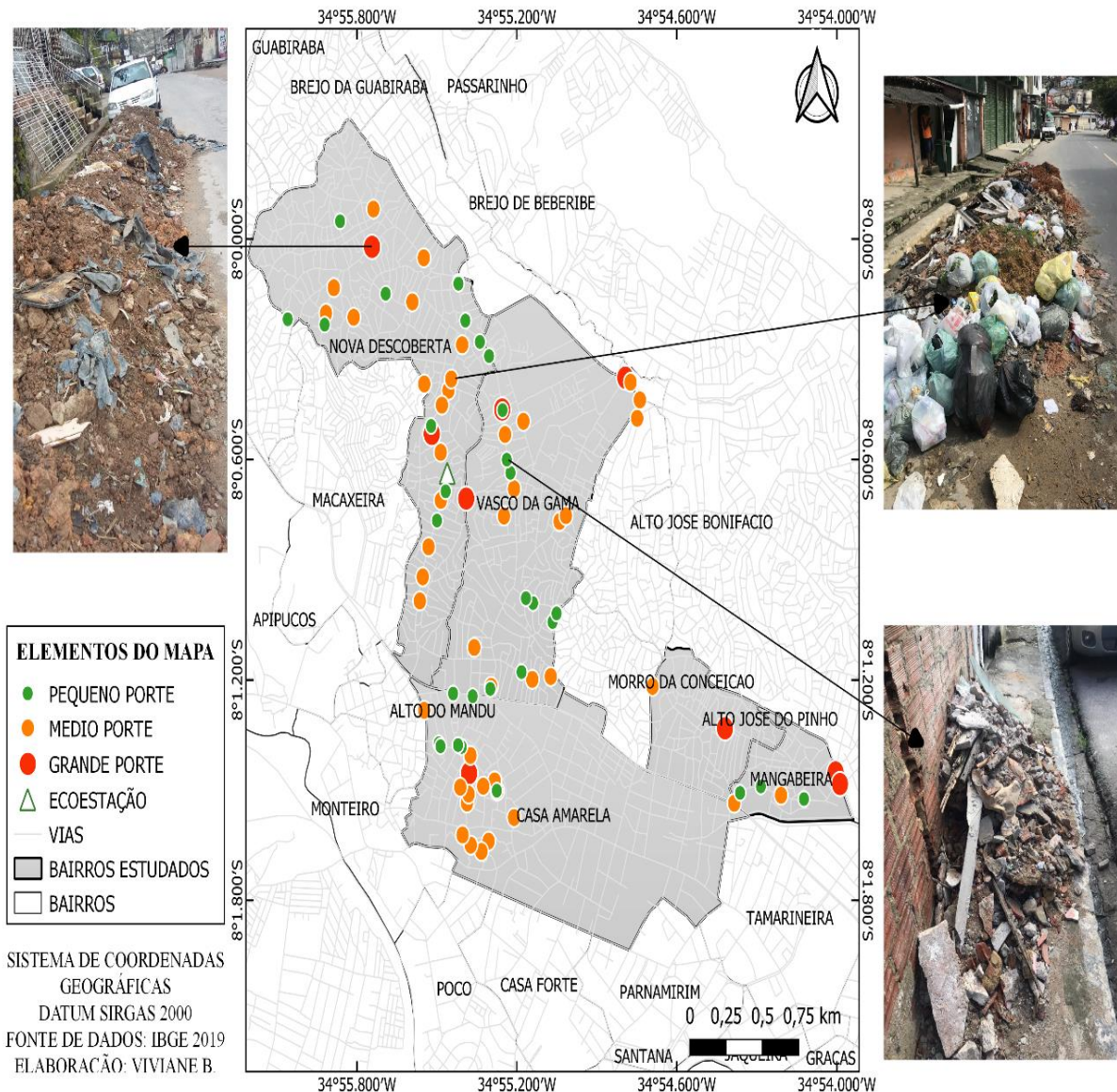
Bairros	População (hab)	Área Territorial (hectares)²	Pontos de Deposição Irregular
Alto José do pinho	12.334	41	2
Alto Santa Isabel	-	-	21
Nova Descoberta	34.212	180	30
Mangabeira	6.950	29	7
Vasco da Gama	31.025	160	25
Total			85

Fonte: Autor (2021)

O local com a maior concentração de pontos irregulares é Nova Descoberta, com 30 pontos, e o mais populoso entre os estudados. Seguido do bairro Vasco da Gama e da região do Alto Santa Isabel. O bairro Alto José Pinho é o bairro com menor concentração, com apenas 2 pontos, a baixa quantidade de pontos encontrados pode estar relacionada ao trabalho de conscientização ambiental desenvolvido pelo Projeto Alto Sustentável existente no bairro.

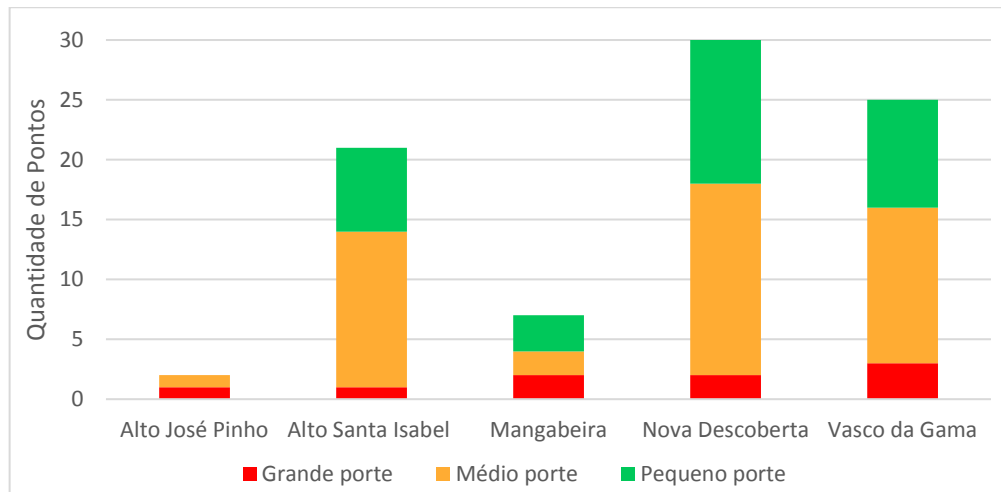
A Figura 4.3 delimita os 85 pontos de deposição irregular de grande, médio e pequeno porte de RCD. A deposição irregular de RCD foi verificada em varios trechos dos bairros investigados, como pode ser observado na figura, onde os volumes de resíduos são expressivos e as descargas são realizadas de forma indiscriminada. Concluindo, que esta prática é bastante dinâmica bastando apenas acontecer uma deposição irregular que rapidamente outras se estabelecem.

Figura 4.3 - Mapa de localização dos pontos de deposição irregular de RCD



Durante a coleta de dados em campo, foi feita a análise do porte dos pontos de deposição irregulares de RCD. Verificou-se que 53% dos pontos encontrados (45 pontos) é de médio porte, 36% (31 pontos) é de pequeno porte, e 11% (9 pontos) são considerados de grande porte, estes, em sua maioria, foram identificados como pontos de deposição determinados pela comunidade, ou seja, locais estabelecidos pela população para servir como ponto de descarte desse tipo de resíduo, mesmo que clandestinos. Além disso, evidenciou-se que os pontos de médio porte prevalecem na maioria das regiões estudadas (figura 4.4).

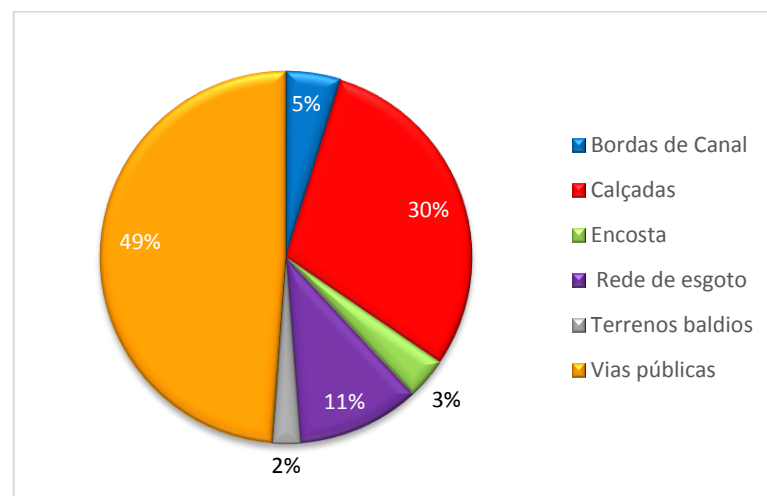
Figura 4.4- Porte dos pontos de deposição irregular de RCD



Fonte: Autor (2021)

Além disso, foi feita a análise do percentual dos locais em que ocorrem as deposições irregulares de RCD (Figura 4.5). Através desta, foi possível verificar uma maior incidência de deposições irregulares em vias públicas e invasão de calçadas, representando uma ameaça à segurança do tráfego de pedestres e veículos, bem como, degradação da paisagem urbana (VIEIRA *et al.*, 2019). Em menor quantidade, foram constatados depósitos irregulares em proximidades de redes de esgotos, seguido de bordas de canais, terrenos baldios e encostas. Este tipo de deposição pode promover o arraste de sedimentos, que por sua vez contribui na obstrução do escoamento dos sistemas de drenagem e esgoto, o assoreamento de canais e corpos d'água e alterar a paisagem local (FARIAS FILHO, *et al.*, 2020; COSTA, *et al.*, 2019).

Figura 4.5- Localização dos Pontos de deposição irregular de RCD



Fonte: Autor (2021)

Os estudos realizados por Albuquerque (2015) e Vieira *et al.* (2019), na cidade de Recife, também verificaram uma maior concentração de pontos de deposição de RCD em calçadas e vias públicas. Por outro lado, o estudo de Paz, Lafayette e Sobral (2017) realizado no município de Olinda, pertencente à Região Metropolitana do Recife (RMR), verificaram que o descarte irregular de RCD ocorre majoritariamente em terrenos baldios e margens de cursos d'água em regiões de vulnerabilidade social.

Na Figura 4.6, é possível observar depósitos de RCD, conforme constatado e registrado nas visitas de campo, próximos de redes de esgotos, bordas de canais e encostas.

Figura 4.6- Pontos de deposição irregular de RCD

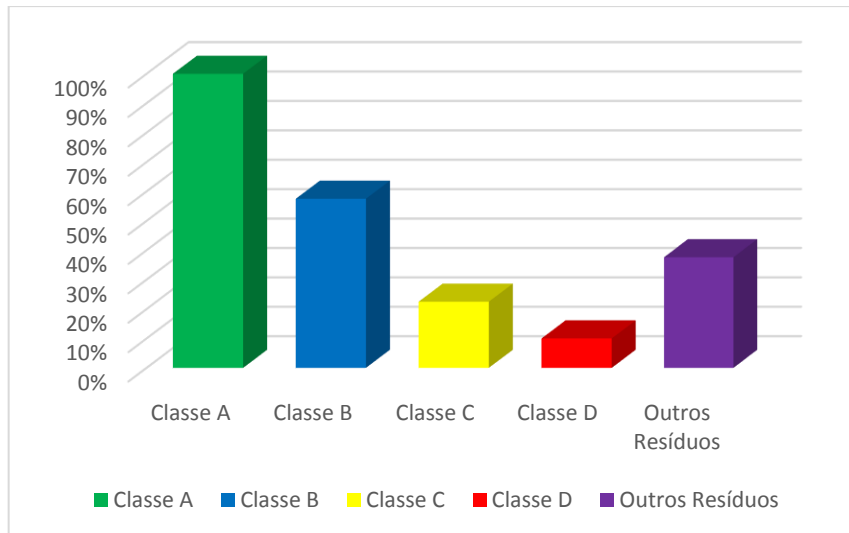


Fonte: Autor (2021)

A classificação dos pontos de RCD segundo a Resolução N° 307 (CONAMA, 2002) (Figura 4.7) demonstra que 100% dos pontos cadastrados continham resíduos da classe A, ou seja, fração mineral composta de argamassas, concretos e componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros) com elevado potencial de reutilização e reciclagem. Os resíduos das classes B e C estão presentes, respectivamente, em 57,5% e 22,5%,

e os resíduos classe D em apenas 10% dos pontos identificados. Além dos RCD, também foram verificados outros tipos de resíduos em 37,6% dos pontos, como resíduos domésticos e podas de árvores, corroborando com a afirmativa de Quaglio e Arana (2020), de que esse tipo de deposição é atrativo para o descarte de outros tipos de resíduos.

Figura 4.7- Classificação dos pontos de RCD de acordo a Resolução N°307 (CONAMA, 2002)



Fonte: Autor (2021)

Os estudos realizados por Paz, Lafayette e Sobral (2018), Quaglio e Arana (2020), identificaram valores semelhantes aos encontrados nesta pesquisa. Paz, Lafayette e Sobral (2018), que também teve como área de estudo a cidade do Recife-PE, identificou 565 pontos, dos quais 92% dos pontos de deposição irregular possuem resíduos Classe A, 70% dos pontos possuem resíduos classes B, 47% possuem resíduos classes C e em apenas 8% dos pontos foram encontrados resíduos classe D. Quaglio e Arana (2020), em um estudo no município de Presidente Bernardes-SP, demarcaram 40 pontos de descarte irregular, dos quais 100% continham resíduos da Classe A, 82,5% resíduos Classe B, 47,5% resíduos Classe C e D, também foi verificado que 20% dos pontos apresentavam resíduos domiciliares.

Concluiu-se, portanto, que a maior parte dos RCD descartados de forma irregular são potencialmente recicláveis. O que dificulta, ou até mesmo inviabiliza, o seu reaproveitamento e reciclagem é a contaminação sofrida, em razão da condição irregular de descarte.

4.4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS E ECONÔMICOS

Os impactos ambientais, sociais e econômicos causados pela deposição irregular de RCD, na área de abrangência deste trabalho, foram identificados e avaliados através do

preenchimento da matriz de Leopold. Os resultados obtidos na matriz, retratam os impactos aos meios biótico, físico e antrópico, conforme pode-se observar na figura 4.8.

Figura 4.8- Matriz de Impactos Resíduos Construção Civil

			Matriz de Leopold – Resíduos Construção Civil																	
			Ação: Deposição Irregular de RCD																	
			ASPECTOS																	
			Lançamento não monitorado	Descarte de resíduos recicláveis	Descarte de resíduos perigosos	Acumulo de Resíduos	Uso de via pública	Emprego de mão de obra	presença de animais	proliferação de Vetores	Emissão de gases e de material particulado	Alteração da paisagem	Ruídos ou vibração	rompimento/quebra de redes públicas	Impermeabilização do solo	Modificação habitat	Risco de Incêndio	Risco de desmoramento		
IMPACTOS	MEIO FÍSICO	Solo	Contaminação do solo	X	X	X	X								X					
			Intensificação processos erosivos				X										X		X	
			Alteração das propriedades físicas e/ ou químicas			X										X				
		Água	Alteração na qualidade das águas superficiais	X	X	X	X						X							
			Assoreamento de cursos de água / canais de drenagem	X			X													
			Contaminação água subterrâneas			X										X				
		Ar	Deterioração da qualidade do ar			X							X							
			poluição sonora												X					
		Meio Biótico	Flora															X	X	
	Fauna																X	X		
	MEIO ANTRÓPICO	Social	Poluição visual	X	X	X	X	X					X		X					
			Alteração nas condições de saúde/sanitária			X					X	X			X					
			Incomodo para comunidade	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X					
			Interferencia drenagem urbana	X			X	X									X			
			Risco de acidentes	X				X		X									X	
			Alteração de tráfego nas vias locais	X			X	X												
		Economico	Pressão sobre serviços urbanos				X					X				X				
			Aumento volume de resíduos em aterro	X	X	X	X													
			Aumento nas despesas públicas	X	X	X	X		X		X					X				

Fonte: Autor (2021)

Conforme é possível verificar na Figura 4.8, ao todo, foram evidenciadas 16 aspectos e 19 possíveis impactos, resultando em um total de 304 quadrículas, das quais 75 interações foram consideradas relevantes para o estudo.

Os resultados obtidos após o preenchimento da Matriz de Leopold validam que o meio mais impactado pela deposição irregular de RCD é o meio antrópico, que corresponde a 47% do total dos impactos. Em seguida o meio físico com 42% dos impactos, e o meio menos afetado foi o biótico, com 11% de representatividade.

Todos os impactos foram classificados de acordo com sua magnitude e importância (Anexo B). Dentre os 19 impactos ambientais negativos, 6 foram classificados como “pouco significativos”, 8 como “significativos” e 5 como “muito significativo”. Na Tabela 4.2, são apresentados os resultados referentes à determinação dos impactos ambientais negativos quanto a sua significância.

Tabela 4.2 - Classificação dos impactos ambientais

IMPACTOS	MÉDIA		MAG X IMP	PS/S/MS
Contaminação do solo	1,4	3,4	4,76	PS
Intensificação processos erosivos	2,3	4,3	9,89	S
Alteração das propriedades físicas e/ ou químicas	3	4	12	S
Alteração na qualidade das águas superficiais	3	3,4	10,2	S
Assoreamento de cursos d'água / canais de drenagem	3	5	15	MS
Contaminação água subterrâneas	2	4	8	S
Deterioração da qualidade do ar	2	3	6	PS
poluição sonora	1	3	3	PS
Interferência na flora local	2	3	6	PS
Interferência na fauna	1	2	2	PS
Poluição visual	1,85	3,57	6,6	S
Alteração nas condições de saúde/sanitária	2,5	4	10	S
Incomodo para comunidade	2,6	4,6	11,95	MS
Interferência drenagem urbana	1,5	4	6	S
Risco de acidentes	1	3,4	3,4	PS
Alteração de tráfego nas vias locais	3	3	9	S
Pressão sobre serviços urbanos	3	4,3	12,9	MS
Aumento volume de resíduos em aterro	3	5	15	MS
Aumento nas despesas públicas	3	5	15	MS

PS: Pouco Significativo / S: Significativo / MS: Muito Significativo.

Fonte: Autor (2021)

Diante da tabela 4.2, pode-se observar que os maiores valores foram 15, atribuídos aos impactos ambientais provenientes do meio antrópico que causam aumento de volume de resíduos em aterro e conseqüentemente aumentam as despesas públicas. Já os menores valores foram 2 e 3, atribuídos aos impactos relacionados a interferência na fauna e a poluição sonora, respectivamente.

No meio antrópico, o aumento nas despesas públicas está relacionado ao processo contínuo de limpeza corretiva por parte da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana do Recife (Emlurb) (gastos com transporte de resíduos e destinação adequada) e ao aumento do

volume de RCD em aterros sanitários. Além disso, a deposição irregular de RCD interfere diretamente na qualidade de vida da população local (incomodo para comunidade), gerando impactos visuais (poluição visual), provocando possíveis inundações, em épocas de grande precipitação, devido a entupimento dos canais através da deposição irregular dos RCD (interferência drenagem urbana).

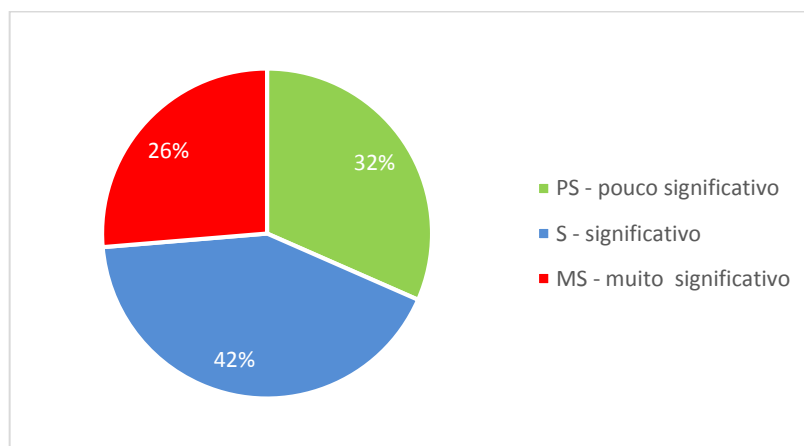
No meio físico, foram avaliados componentes ligados ao solo, identificando modificações nas propriedades físicas e/ ou químicas do mesmo, uma vez que, foi percebido a possibilidade da geração de efeitos tais como: contaminação gerada por produtos tóxicos, instabilidade ao solo, como má retenção de água e perdas de cobertura vegetal. Além disso, foi identificado a possibilidade de processos erosivos devido ao acúmulo de resíduos em áreas de declividade acentuada e a Impermeabilização do solo.

Em relação aos recursos hídricos foram identificados o risco de alterações na qualidade das águas superficiais existentes próximo aos pontos de deposição, o que poderia afetar os lençóis freáticos (água subterrâneas), assim como, o assoreamento de cursos de água e canais de drenagem devido ao acúmulo de entulho, resíduos orgânicos e/ou outros materiais. Isto interfere na topografia de seus leitos impedindo-os de portar todo o seu volume hídrico, provocando transbordamento em períodos de grande quantidade de chuvas. Enquanto o ar pode ter sua qualidade alterada devido a emissão de gases e de material particulado, além da poluição sonora devido ao aumento de ruídos.

Com respeito ao meio biótico, tanto na fauna quanto na flora os impactos foram considerados poucos significativos, mas devem ser levados em consideração visto que foram identificados pontos de deposições próximos a áreas de vegetação.

A Figura 4.9 apresenta a distribuição dos impactos ambientais negativos de acordo com sua significância.

Figura 4.9- Significância



Fonte: Autor (2021)

Em relação a significância, a análise mostrou que 42% dos impactos são significativos, ou seja, de relevância ambiental, social e econômica; 32% são pouco significativos e 26% são muito significativos. Em um estudo semelhante, Santos (2015) obteve que 7% dos pontos de deposição irregular são de grande relevância, 49% de média e 44% de pequena relevância. Já o estudo realizado por Martildes *et al.* (2020) identificou 22 impactos ambientais negativos na fase de operação do aterro sanitário de Campina Grande-PB, dos quais, 50 % foram classificados como muito significativos, 45,5% como significativos e 4,5% como não significativo. Paz *et al.* (2018) avaliou os impactos ambientais da deposição de RCD em bacias hidrográficas na Região Metropolitana do Recife (RMR), obtendo que 64 pontos (5%) são considerados como de impacto ambiental baixo, 966 pontos (77%) são de impacto médio e 220 pontos são de impacto alto (18%).

4.5 CONCLUSÃO

Foram identificados 85 pontos de deposição irregular de RCD, de pequeno (53%), médio (36%) e grande porte (11%), situados em vias públicas, terrenos baldios, calçadas, encostas, próximo a canais de drenagem e rede de esgoto, o que provoca impactos de ordem ambiental, social e econômico. Com relação a classificação dos RCD, verificou-se que 100% dos pontos cadastrados continham resíduos da classe A, 57% resíduos de classe B, 22,5% resíduos de classe C e 10% resíduos de classe D. Além disso, também foram verificados outros tipos de resíduos em 37,6% dos pontos. O cadastramento espacial desses pontos em um sistema de informação geográfica é uma informação importante pois permite uma visão sistemática das ocorrências de depósitos irregulares e subsidia ações e tomadas de decisão para um manejo e gerenciamento adequado desses resíduos. Dessa forma, o SIG é uma ferramenta que pode ser utilizada pelo poder público na gestão e no gerenciamento de RCD.

A Matriz de Leopold adaptada propiciou a identificação e a avaliação dos aspectos e impactos ambientais da deposição irregular de RCD nos bairros estudados, apontando o meio antrópico como o mais impactado pela deposição irregular de RCD, corresponde a 47% do total dos impactos. Além disso, evidenciou como os impactos mais significativos o incomodo para comunidade, o assoreamento de cursos de água e canais de drenagem, a pressão sobre serviços urbanos, o aumento de volume de resíduos em aterro e o aumento nas despesas públicas, o que poderia ser minimizado na existência de uma gestão eficaz e através de medidas mitigadoras e/ou corretivas.

Dentre as medidas para minimizar a problemática relacionada aos pontos de deposição irregular de RCD, são apresentadas como sugestões: A disponibilização de ecopontos distribuídos em pontos estratégicos nos bairros aliado a uma política de fiscalização regular; a fiscalização e monitoramento das ações praticadas pelos pequenos e grandes geradores de RCD; o desenvolvimento e a implementação de programas de educação ambiental de maneira a incentivar à disposição correta de entulhos e a reciclagem destes matérias, e propiciar uma alteração na cultura local, no que tange à intensidade da geração e da possibilidade da utilização destes resíduos reciclados, transformando fontes de despesas em fontes de faturamento.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020, 52p.

ALBUQUERQUE, D. M. S. **Impacto socioambiental da deposição irregular dos Resíduos da Construção e Demolição na cidade do Recife-PE**. 2015. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

AKHTAR, A. E SARMAH, A.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.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 ago. 2010.

CBIC - CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Construção Sustentável: a mudança em curso**. Confederação Nacional da Indústria, Câmara Brasileira da Indústria da Construção – Brasília: CNI, 98p, 2017.

CHANAKYA, H.N.; SHWETMALA; RAMACHANDRA, T.V. Nature and extent of unauthorized wastedump sites in and around Bangalore city. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, p.342-250, 2017.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Brasília, 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 348, de 16 de agosto de

2004. Brasília, 2004.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 431**, de 24 de maio de 2011. Brasília, 2011.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 448**, de 19 de janeiro de 2012. Brasília, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 469**, de 29 de julho de 2015. Brasília, 2015.

CORREA, M. V. N., FERNANDES, K. K. B., SILVA, M. P., BARROSO, K. O., REZENDE, G. B. M., CAMPOS, I. A. M. S., RESENDE, J. A. L. C. A responsabilidade do engenheiro civil perante as legislações de resíduos da construção civil. **Revista Panorâmica online**, v. 2, 2019.

COSTA, D. E. S., MOREIRA, R. C., FERREIRA, M. M. M. G., MAGALHÃES, D. V., & NETO, L. R. F. Gestão ambiental, planejamento e sustentabilidade: a gestão de resíduos sólidos urbanos da construção civil. **Revista Valore**, v. 4, p. 251-258, 2019.

CREMONEZ, F.E.; CREMONEZ, P.A.; FEROLDI, M.; DE CAMARGO, M.P.; KLAJN, F.F.; FEIDEN, A. Avaliação de impacto ambiental: metodologias aplicadas no Brasil. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 5, p. 3821-3830, 2014.

DE JESUS, M. S.; DA SILVA, M. G.; TAVARES, M. S.; SILVA, L. G. O.; DOS SANTOS, R. E. M.; Brandão, T. M.; AMORIM, E. O. C. Métodos de avaliação de impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 38039-38070, 2021.

DE LIMA, J. F. P.; MARINHO, R. P.; DO NASCIMENTO, E. C.; DE OLIVEIRA BARROS, V. H. Análise dos impactos ambientais decorrentes da disposição irregular dos resíduos de construção e demolição no bairro Alto Bom Jesus em Serra Talhada-PE. **Holos Environment**, v. 21, n. 3, p. 338-349, 2021.

FARIAS FILHO, M. B.; OLIVEIRA, V. V. A.; PAZ, D. H. F.; FERREIRA, A. A. Sistema automatizado para gerenciamento de resíduos da construção civil; desenvolvimento de sistema em ambiente mobile. IN: SILVA, T. S.; MARQUES, M. M. N.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.) Desmaterialização dos resíduos sólidos: estratégias para a sustentabilidade. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 451-459.

GALÁN-ARBOLEDAS, R. J.; DE DIEGO, J. Á.; DONDI, M.; BUENO, S. Energy, environmental and technical assessment for the incorporation of EAF stainless steel slag in ceramic building materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p.1778-1788, 2017.

GÁLVEZ-MARTOS, J.L.; STYLES, D.; SCHOENBERGER, H.; ZESCHMAR-LAHLE, B. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 166-178, 2018.

HASSAN, A.; ARIF, M; SHARIQ, M. Use of geopolymer concrete for a cleaner and sustainable environment – a review of mechanical properties and microstructure. **Journal of cleaner production**, v. 223, pp. 704-728, 2019.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B.; BALSLEY, J. R. **A procedure for evaluating environmental impact**. US Dept. of the interior, 1971.

LOWEN, E. M.; NAGALLI, A. Pequenos geradores de resíduos da construção civil: prefeituras municipais e a disponibilização de informações. **Revista Brasileira de Gestao Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 43-50, abr. 2020.

MARTILDES, J. A. L.; FLORÊNCIO, P. R. DA C.; SILVA, A. F.; LIMA, R. A.; SILVA, R. A. F.; SILVA, E. M.; PAIVA, W.; SANTOS, L. L. Identificação e avaliação de impactos ambientais na fase de operação do Aterro Sanitário de Campina Grande-PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 13395-13415, 2020.

MENG, Y; LING, T. C; MO, K. H; Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: an overview. **Resources, Conservation and Recycling**, V 138, p. 298-312, 2018.

PALMEIRA, J. V. de S.; ANDRADE, M.; BALARIM, N. G. Identificação de áreas de descarte irregular de resíduos na zona leste do município de Presidente Prudente–SP e elaboração de matriz de impactos. **Colloquium Exactarum**, vol. 8, n. Especial, Jul–Dez, p. 58-66, 2016.

PAZ, D. H. F.; FIGUEREDO, C. M.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas para o monitoramento da deposição Irregular dos resíduos da construção civil em Olinda/PE. *In*: BEZERRA, R. P. L; AGUIAR, W.J.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: gestão em indústrias e novas tecnologias**, 2. ed., Recife: EDUFRPE, 2017. p. 369-380. ISBN:978-85-7946-285-6

PAZ, D. H. F.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. GIS - based planning system for managing the flow of construction and demolition waste in Brazil. **Waste**

Management & Research, v. 36, p. 541-549, May 2018.

PAZ, D.H.F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos da construção e demolição**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 288, 2019.

PAZ, D. H. F.; HOLANDA, M. J. O.; LAFAYETTE, K. P. V.; SOBRAL, M. C. M. Desenvolvimento de um SIG para monitoramento da deposição irregular de resíduos da construção civil em Recife-PE. In: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1 ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 433 - 446. ISBN:978-85-7946-337-2

PEREIRA, K. K. M. **Gerenciamento de resíduos da construção civil no município de Monteiro/PB**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, p. 94, 2017.

QUAGLIO, R. S.; ARANA, A. R. A. Diagnóstico da gestão de resíduos da construção civil a partir da leitura da paisagem urbana. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 457-471, 2020.

RECIFE. Lei nº 17.072. Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Diário Oficial de Prefeitura do Recife**. 03 jan. 2005.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SEIFFERT, M.E.B. ISO 14001 - SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL –Implantação objetiva e econômica - 3ª edição, Editora Atlas, 2008.

TANGA, Z.; LI, W.; TAM, V.; XUE, C. Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. **Resources, Conservation & Recycling: Michigan**, v.6, May 2020, Article 100036. doi: 10.1016/j.rcrx.2020.100036

VIEIRA, C. R.; LAFAYETTE, K. P. V.; ROCHA, J. H. A.; OLIVEIRA, M. S. Avaliação da Deposição Irregular de Resíduos da Construção na Região Político Administrativa 2, Recife – PE. IN: AGUIAR, A. C.; SILVA, K. A.; EL-DEIR, S. G. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1 ed. Recife: EDUFRPE, p. 419 – 432, 2019.

WU, H.; WANG J.; DUAN H.; OUYANG L.; HUANG W.; ZUO, J. An innovative approach

to managing demolition waste via GIS (geographic information system): a case study in Shenzhen city, China, **Journal of Cleaner Production**.V. 112, p. 494-503, 2016.

YACOUT, D. M.; HASSOUNA, M. S. Identifying potential environmental impacts of waste handling strategies in textile industry. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, n. 8, p. 1-13, 2016.

ZAINUN, N. Y.; OTHMAN, W. Quantification and mapping of construction waste generation in Parit Raja. **Applied Mechanics and Materials**. Trans Tech Publications Ltd, p. 1032-1036, 2015.

ZHENG, L.; WU, H.; ZHANG, H.; DUAN, H.; WANG, J.; JIANG, W.; DONG, G.L; SONG, Q. Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, n. 136, p. 405-413, 2017.

CAPÍTULO 5 - AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE GERAÇÃO DE RCD DE CINCO OBRAS INFORMAIS NA CIDADE DE RECIFE-PE

ASSESSMENT OF THE RCD GENERATION CAPACITY OF FIVE INFORMAL WORKS IN THE CITY OF RECIFE-PE

RESUMO

O índice de geração de resíduos de construção é uma importante ferramenta para o gerenciamento de resíduos em canteiro de obras e pode ser usado como uma referência para melhorar o desempenho sustentável da indústria da construção. Desta forma, este estudo tem por objetivo estimar a geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico em cinco obras informais na cidade do Recife. Para isso, foi aplicado o modelo baseado no princípio do balanço de materiais, que quantifica a geração de resíduos por área construída. Sua aplicação inclui cinco fases: (1) Listar os principais tipos de materiais de construção; (2) Investigar a quantidade comprada desses materiais principais; (3) Investigar a taxa de desperdício de material real (*MWR*) de cada tipo de material listado na fase 1; (4) Estimar a porcentagem de resíduos remanescentes; (5) Calcular a geração de resíduos por área construída total (*WGA*) e o *WGA* para cada tipo de material. Os resultados do estudo revelam que a taxa de geração de cimento e tijolo por área construída das cinco obras é $6,3 \text{ kg/m}^2$. Desse montante, o cimento representou 52% e o tijolo 38%, ambos possuem elevado potencial de reaproveitamento, possibilitando a redução do consumo de materiais e conseqüentemente os impactos gerados; os 10% restantes são resíduos remanescentes. Por fim, os índices gerados podem ser úteis fonte de informações para gestores e órgãos público, para fins de supervisão, ações fiscalizatórias e adoção de medidas, em geral, de caráter emergencial e corretivo para resíduos proveniente de obras informais.

Palavras-chave: Taxas de geração RCD; Desperdício; Gestão de resíduos; Alvenaria estrutural.

ABSTRACT

The construction waste generation index is an important tool for managing construction site waste and can be used as a benchmark to improve the sustainable performance of the construction industry. Thus, this study aims to estimate the generation of cement and ceramic brick waste in five informal works in the city of Recife. For this, the model based on the principle of material balance was applied, which quantifies the generation of waste per built area. Its application includes five phases: (1) List the main types of building materials; (2) Investigate the purchased quantity of these main materials; (3) Investigate the actual material wastage rate (*MWR*) of each material type listed in phase 1; (4) Estimate the percentage of remaining waste; (5) Calculate the waste generation per total built area (*WGA*) and the *WGA* for each type of material. The results of the study reveal that the rate of cement and brick generation per constructed area of the five works is 6.3 kg/m^2 . Of this amount, cement accounted for 52% and brick for 38%, both of which have a high potential for reuse, enabling a reduction in the consumption of materials and, consequently, the impacts generated; the remaining 10% is residual waste. Finally, the generated indices can be a useful source of information for managers and public bodies, for the purposes of supervision, inspection actions and adoption of measures, in general, of an emergency and corrective nature for waste from informal works.

Keywords: CDW generation rates; Waste; Waste Management; Structural masonry.

5.1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil detém de expressiva participação nas ações antrópicas que impactam negativamente o meio ambiente, haja vista que este é um setor caracterizado pelo consumo excessivo de recursos naturais e energéticos não renováveis, geração de um grande volume de resíduos e emissões de CO₂ (CHAVES *et al.*, 2020).

A geração exponencial de resíduos na construção civil reflete um dos principais problemas da atualidade, em função dos impactos ambientais negativos gerados por tal atividade. Um dos impactos mais visíveis dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) é o seu volume, segundo o Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020, elaborado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), cerca de 56,3% de todos os resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil foram originados das atividades de construção e de demolição, equivalendo, a 44,5 milhões de toneladas de RCD gerados por ano em um total de 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos.

Os RCD, especialmente em obras de pequeno porte, não têm destinação final ambientalmente adequada e são depositados em corpos hídricos, terrenos baldios, calçadas, vias de tráfego, entre outros, atraindo o descarte de outros tipos de resíduos para esse ambiente (SILVA; FUCALE; FERREIRA, 2019). Além disso, os que são destinados de acordo com a legislação vigente, para os aterros sanitários, comprometem significativamente a vida útil dos destes, devido ao seu volume e ao seu caráter inerte.

Diante do elevado índice de geração de RCD e do grande volume que estes ocupam, torna-se imprescindível gerenciá-los de forma a atender a legislação e minimizar os impactos provocados. O gerenciamento ambientalmente adequado dos RCD, além de minimizar os impactos prejudiciais do grande volume de resíduos gerados, também deve ser tratada como opção estratégica a fim de reduzir custos com matéria prima e com a destinação de resíduos (MATOS; ALENCAR, 2019).

De acordo com Kern *et al.* (2015), a quantificação da geração de RCD é etapa essencial do gerenciamento de resíduos no canteiro de obras. Esses índices podem contribuir para o controle dos resíduos e fornecer um referencial para programas de redução do desperdício de materiais. Portanto, a estimativa da geração de resíduos no canteiro de obras, bem como a classificação dos resíduos originados é essencial para o desenvolvimento de abordagens adequadas e eficazes para o tratamento, reaproveitamento e destinação final adequada desse tipo de resíduo.

Nessa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo estimar a geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico em cinco obras informais na cidade do Recife, a partir da aplicação do modelo proposto por Li *et al.* (2013) para a quantificação de RCD.

5.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.2.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Conforme a Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2002), os RCD são gerados nas atividades de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de obras de infraestrutura e são constituídos por um conjunto de materiais, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, madeiras e compensados, argamassa, gesso, entre outros (CONAMA, 2002).

O RCD possui forma sólida, com características físicas variáveis desde grãos até dimensões irregulares, que dependem do processo gerador (LARUCCIA, 2014). Dentre os fatores que contribuem para a geração de RCD, pode-se elencar problemas relacionados ao projeto, mão-de-obra desqualificada, baixa qualidade de materiais, manuseio e armazenamento de materiais, mau funcionamento de equipamentos, sobras de cortes, mudanças inesperadas na construção de projeto (YEHEYIS *et al.*, 2013; IKAU *et al.*, 2016) e falta de gerenciamento e reutilização no canteiro.

Quanto à origem, o RCD pode ser gerado basicamente de três formas: construções, reformas e demolições (SANTOS, 2015). John e Agopyan (2000) explicam que em novas construções, a perda ocorre no próprio processo construtivo, e que uma parte desta perda é direcionada a construção e outra se torna resíduo. Já em reformas e manutenção a perda está relacionada com o descarte de materiais que não apresentam mais utilidade e atingiram o limite de sua vida útil.

Para Santos (2015), o resíduo gerado durante a fase de construção é todo o material que não se incorpora à obra, representando um desperdício de material. Para John (2000), existe ainda a perda de material incorporada ao empreendimento, onde foram utilizadas medidas superiores ao planejado e, conseqüentemente, material perdido desnecessariamente.

Conforme os critérios do gerenciamento de RCD (CONAMA, 2015), a não geração deve ser priorizada, seguida da redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada. No entanto, uma vez que produzidos, a reciclagem tem se mostrado

como uma opção viável, sendo possível então de ser empregada com o objetivo de reduzir os impactos negativos no meio ambiente.

5.2.2 ÍNDICE DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Estimar a geração e a composição de RCD desempenha um papel importante no desenvolvimento de abordagens adequadas e eficazes para a gestão dos resíduos de construção (NAGAPAN et al., 2013; LU et al., 2016). Neste sentido, inúmeros estudos e metodologias vêm sendo desenvolvidos e aplicados na investigação sobre a geração de RCD; esses estudos recebem normalmente a nomenclatura de “quantificação da geração de resíduos” ou ainda “taxa de geração de RCD”.

Os métodos para prever a geração de RCD compreendem seis categorias, incluindo método de visita ao local, método de peso de resíduos por área de piso, método de análise de fluxo de materiais, método de acumulação de sistema de classificação, método de modelagem de variáveis e método de modelagem BIM (WU et al., 2014), porém, nenhum deles é uma solução única para todas os problemas envolvendo a geração de RCD, devendo cada um ser aplicado de acordo com as particularidades observadas. Além disso, a disponibilidade de dados também é um critério importante na definição do método, pois dependendo da base de dados e das variáveis, é possível utilizar modelos mais simples ou mais complexos (PAZ, 2019).

A estimativa com base no peso residual por área de piso é um dos métodos mais populares, sendo amplamente utilizado em regiões; como China (WU et al., 2016), EUA (COCHRANZ et al., 2007), Coreia (CHA et al., 2017), Portugal (COELHO e DE, 2011), Espanha (LAGE et al., 2010), entre outras. Este método é utilizado principalmente para prever a geração de resíduos de construção e demolição em nível regional (WU et al., 2016; ZHENG et al., 2017) e foi proposto inicialmente por Yost e Halstead (1996), descrito na eq. (5.1).

$$TG = WGR \times GFA \quad (5.1)$$

Onde:

TG = peso total dos RCD (kg ou m³)

WGR = geração média de resíduos por área de piso (kg / m² ou m² / m²)

GFA= área construída (m²).

Portanto, para prever a geração de RCD utilizando este método, é necessário medir com precisão a geração média de resíduos por área construída e obter a área bruta de construção de edifícios.

No Brasil, o método indireto, proposto por Pinto (1999), utiliza como padrão uma taxa de geração de 150 kg de resíduo por cada metro quadrado construído. Outro método, de autoria de Xavier e Rocha (2001), faz menção a geração per capita de RCD entre 0,66 a 2,43 kg/hab. por dia. Cita-se também o método de movimento de cargas por coletores, conhecido por método direto por CARDOSO et al. (2014), este consiste em considerar o volume de RCD coletados por caçambas de prestadores de serviço. A partir da quantidade de coletas realizadas, é possível obter um volume total de coleta em um período de tempo determinado.

A Tabela 5.1 apresenta os resultados de pesquisas relacionadas a estimativas de geração de RCD, onde foi verificado que a taxa variou de 106,63 kg/m² a 207,37 kg/m².

Tabela 5.1 - Taxas de geração de RCD obtidas em outros estudos

Município	Taxa de geração de RCD (kg/m ²)	Fonte (adaptado)
Olinda/PE	141,93	Falcão (2011)
João Pessoa/PB	106,63	Costa <i>et al.</i> (2014)
Recife/PE	125,00	Paz (2014)
Jaboatão dos Guararapes/PE	207,37	Santos (2015)

Fonte: Compilado pelo autor (2021)

A Tabela 5.2 apresenta os resultados de pesquisas relacionadas a estimativa de geração de resíduos de acordo com o tipo de material, onde as maiores taxas de geração obtidas foram referentes ao concreto e a alvenaria.

Tabela 5.2 - Taxa de geração de resíduos de acordo com o tipo de material

Concreto	Taxa de geração de resíduos (kg/m ²)					Fonte
	Tijolos	Ferro	Madeira	Argamassa	Telha	
17,70	3,40	4,00	7,60	3,40	0,50	Li <i>et al.</i> (2013)
17,8 - 40,1	15,6 - 58,6	0,90 - 7,20	1,70 - 6,40	-	0,4 - 3,2	Mália <i>et al.</i> (2013)
1,37	-	0,04	1,79	-	-	Bakshan <i>et al.</i> (2015)

Fonte: Compilado pelo autor (2021)

Quantitativamente, a geração de RCD varia devido a diversos fatores, como: localidade, número de habitantes, processos construtivos, poder aquisitivo, leis e regulamentações, entre outros fatores peculiares que interferem no tipo e no volume do resíduo (PINTO *et al.*, 2016). Portanto, a escolha do método a ser utilizado deve ser analisado com cuidado, pois podem

ocorrer variações numéricas relativas à diversidade dos fatores que interferem na taxa de geração de RCC.

5.3 MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 ESTUDO DE CASO

A fim de se calcular o índice de geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico das obras informais, foram selecionadas obras residenciais informais que estivessem sendo desenvolvidas na área de estudo. Para a seleção das obras, foi realizado o levantamento de construções cujo cronograma de execução fosse compatível com o período da presente pesquisa e que tivessem disponibilidade para o acesso da coleta dos dados.

Inicialmente, fez-se contato com os responsáveis das obras, apresentou-se o formulário e explicou-se os objetivos da pesquisa. Após o primeiro contato, foram realizadas visitas aos canteiros de obras. A lista das obras que compuseram a amostra está descrita no Quadro 5.1, bem como sua localização, tipo de obra e área construída.

Quadro 5.1 - Perfil das obras analisadas

OBRAS	Bairro	Tipo de obra	Área construída (m²)
Obra 1	Alto José Pinho	Reforma com ampliação	90m ²
Obra 2	Alto Santa Isabel	Ampliação	48 m ²
Obra 3	Mangabeira	Reforma com ampliação	135 m ²
Obra 4	Nova Descoberta	Ampliação	119 m ²
Obra 5	Vasco da gama	Ampliação	14m ²

Fonte: Autor (2021)

Portanto, foram acompanhadas 5 obras informais, cujas características (construção residenciais) eram similares, situadas na mesma Região Político Administrativas – RPA3, com o mesmo padrão de construção, estruturas em concreto armado convencional e alvenaria em blocos cerâmicos.

Para a coleta das características de cada obra e do acompanhamento da quantidade de resíduos gerado foram aplicados formulários (Apêndice A) para obter informações mais detalhadas, tais como a quantidade de materiais adquiridos, a proporção de RCD gerados, a área de construção, entre outros aspectos importantes para o cálculo da taxa de geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico.

5.3.2 ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS DE CIMENTO E TIJOLO CERÂMICO

Para a estimativa de geração de resíduos de cimentos e tijolo cerâmico nas obras informais foi utilizado o modelo proposto por Li *et al.* (2013) para a quantificação de RCD baseado no princípio do balanço de materiais. A aplicação do modelo inclui cinco fases:

- (1) Listar os principais tipos de materiais de construção;
- (2) Investigar a quantidade comprada desses materiais principais;
- (3) Investigar a taxa de desperdício de material real (*material waste rate - MWR*) de cada tipo de material listado na fase 1;
- (4) Estimativa da porcentagem de resíduos remanescentes;
- (5) Calcular geração de resíduos por área construída total (*waste generation per gross floor area - WGA*) e o *WGA* para cada tipo de material.

Esta modelo demanda menos tempo e mão de obra para coletar dados do que muitos métodos existentes, o que o torna adequado para ser usado em grandes canteiros de obras. No entanto, dada as limitações encontradas em obras informais, foram feitas pequenas adaptações ao método para o desenvolvimento desse estudo, mantendo-se a estrutura principal do modelo.

5.3.2.1 Lista dos principais tipos de material de construção

Dentre as atividades da construção civil, conforme apresenta Morand (2016), os resíduos sólidos, ou restos de materiais mais descartados, são os materiais cerâmicos, argamassa, bem como seus componentes, compreendendo assim 90% dos resíduos de obras. Outrossim, Pedro *et al.* (2018), menciona que a maior parte do RCD é composta de concreto, alvenaria e argamassa. Para este estudo, foram considerados apenas cimento e tijolo cerâmico como materiais principais.

- Tijolo 8 furos (9x19x19 cm): Peso aproximado: 2,2 kg
- cimento: sacos de 50 kg

5.3.2.2 Investigação das quantidades compradas de materiais principais

Neste estudo, a quantidade de material adquirido foi investigada a partir dos formulários (Apêndice A) aplicados aos responsáveis das obras, considerando que as obras (informais) estudadas não possuíam documentos de orçamentos do projeto.

Para calcular a massa de WG, a quantidade de cimento (sacos) e tijolo (unidade) foi uniformemente transformada em quilogramas.

5.3.2.3 Investigação da taxa de desperdício de material (MWR) real

A taxa de desperdício (MWR) é avaliada como a proporção de material residual em relação ao material adquirido, expresso como porcentagem. Portanto, a MWR é medida dividindo a quantidade de resíduos pela quantidade de material adquirido.

5.3.2.4 Estimativa da porcentagem de resíduos remanescentes

Além dos resíduos gerados a partir dos materiais principais, existem uma pequena quantidade de resíduos, como embalagens de papelão, plásticos, ferro, entre outros. Li *et al.* (2013) em um estudo anterior obteve que os resíduos gerados de materiais principais são responsáveis por quase 90% do total de resíduos gerados em uma construção. Logo, os resíduos remanescentes ocupam aproximadamente 10% do total de resíduos. Portanto, neste trabalho será adotado a porcentagem de 10% para os resíduos remanescentes.

5.3.2.5 Cálculo da geração de resíduos por área construída (*wga*) e o *wga* para cada tipo de material.

Na primeira etapa, o total de RCD gerado é calculado usando a Eq. (5.2):

$$WG = \sum_{i=1}^n M_i \times r_i + W_o \quad (5.2)$$

Onde:

WG: total de RCD gerados (kg);

M_i: quantidade comprada de material principal (kg);

r_i: MWR de material principal

W_o: resíduo remanescente;

n : número de principais tipos de materiais.

Na segunda etapa, a geração de RCD por área construída (WGA) é calculado usando a Eq. (5.3):

$$WGA = \frac{WG}{GFA} \quad (5.3)$$

Onde:

WG : Total de RCD gerados (kg);

GFA : área da obra (m^2).

Na terceira etapa, o WGA para o material principal i é calculado usando a eq. (5.4):

$$WGAi = \frac{(Mi \times ri)}{GFA} \quad (5.4)$$

5.3.3 ESTIMATIVA TOTAL DA GERAÇÃO DE RCD EM OBRAS INFORMAIS

Com a determinação da geração de resíduos de cimento e tijolo cerâmico das 5 obras informais pode-se estimar um valor referência de geração desses resíduos em obras informais. A taxa de geração total foi obtida relacionando os índices nessas obras e suas áreas construídas (m^2).

A média ponderada das taxas de geração foi calculada através do somatório da multiplicação das taxas pelas respectivas áreas construídas e posteriormente dividindo-o pelo somatório das áreas construídas (Equação 5.5).

$$Txp = \frac{\sum Tx_i Ac_i}{\sum Ac_i} \quad (5.5)$$

Onde:

Txp : média ponderada das taxas de geração de RCD (kg/m^2);

Tx : taxa de geração de RCD (kg/m^2); e

Ac : área construída (m^2).

Utilizou-se a média ponderada para se corrigir distorções devido à diferença de porte das obras.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 5.3 é a compilação geral dos dados levantados nas 5 obras informais, mostrando a quantidade de materiais adquiridos e suas taxas de desperdícios (MWR).

Tabela 5.3 - dados das obras

	Material	Quantidade comprada	Quantidade comprada (kg)	MWR (%)
Obra 1	Cimento	90 sacos	4.500	2,2
	Tijolos	3.000 uni	6.600	2,3
Obra 2	Cimento	130 sacos	6.500	1,5
	Tijolos	2.000 uni	4.400	0
Obra 3	Cimento	500 sacos	25.00	4
	Tijolos	12.000 uni	26.400	2
Obra 4	Cimento	150 sacos	7.500	1
	Tijolos	6.000 uni	13.200	1,7
Obra 5	Cimento	50 sacos	2.500	2
	Tijolos	1.500 uni	3.300	2

MWR - taxa de desperdício de material

Fonte: Autor (2021)

A partir da análise das 5 obras informais, obteve-se a taxa de geração de resíduos de acordo com os tipos de matérias de construção. A Tabela 5.4 apresenta os valores da área construída, massa de RCD gerada (calculada utilizando a Equação 5.2), taxa de geração de RCD (calculada através da Equação 5.3) e a taxa de geração para cada tipo de material nas obras estudadas (calculada através da Equação 5.4).

Tabela 5.4 - Taxa de geração de RCD

Obras	Área construída (m ²)	Massa gerada - WG (kg)	Taxa de geração - WGA (kg/m ²)	WGA - cimento(kg/m ²)	WGA - tijolo(kg/m ²)
Obra 1	90m ²	282,2	3,1	1,1	1,7
Obra 2	48 m ²	111,1	2,3	2,1	0
Obra 3	135 m ²	1.697,8	12,6	7,4	3,9
Obra 4	119 m ²	332,7	2,8	0,6	1,9
Obra 5	14m ²	128,9	9,2	3,6	4,7

Fonte: Autor (2021)

Conforme a Tabela 5.4, a geração de RCD na obra 3 foi superior aos encontrados nas demais obras analisadas, cuja variação foi de 2,3 a 12,6 kg/m², levando em consideração que se tratam de obras com o mesmo sistema de produção e desenvolvidas na mesma região, pode-se considerar que as perdas de cimento (7,4) e tijolos (3,9) nessa obra foram altas. Essas perdas,

no geral, estão relacionadas ao retrabalho no canteiro de obras, muitas vezes oriundo da falta de planejamento e erros de especificações.

Comparando ainda os resultados obtidos, constata-se que a obra 4 apresenta o menor índice de perdas de cimento (0,6) e a obra 2 não apresentou perdas de tijolos. Além disso, a obra 2 apresenta o melhor resultado de perdas, considerando o valor médio de todas as taxas de geração apresentadas.

Uma prática observada na obra 2 foi o acondicionamento de restos de tijolos quebrados para posterior utilização, promovendo um aproveitamento maior desses materiais dentro do canteiro de obra. Por outro lado, nas demais obras foram observados uma constante quebra de tijolos para o preenchimento de pequenos espaços, realizada manualmente. Além disso, o controle tanto de qualidade quanto de quantidade de tijolos, durante seu recebimento, nem sempre era realizados pelos responsáveis das obras. Contribuindo para os índices de perdas encontrados.

Juntas, as 5 obras somaram uma área construída de 406 m². Conhecendo-se a taxa de geração, em cada uma das obras analisadas, encontrou-se a média ponderada das mesmas, obtendo-se o índice médio de geração de 6,3 kg/m². Porém, este valor representa a taxa de geração apenas para os resíduos de cimento, tijolos e resíduos remanescentes.

Portanto, o indicador aqui elaborado, considera que a composição média dos resíduos gerados no local é principalmente cimento Portland e tijolos cerâmicos. Isso está de acordo com outros estudos que afirmam que esses resíduos representam cerca de 90% de todo o RCD gerados em canteiros de obras (MORAND, 2016; PEDRO *et al.*, 2018; PAZ, 2019). Do resto, os mais prevalentes são os resíduos Classe B (madeira, papelão e materiais à base de gesso), porém não foram investigados neste estudo.

Além da taxa de geração total de RCD, foram obtidos os índices de geração de RCD de acordo com o tipo de material, considerando as 5 obras analisadas, que ficou com o valor 3,3 kg/m² e 2,4 kg/m² para cimento e tijolo, respectivamente. Em geral, as taxas registradas neste estudo estão abaixo dos intervalos relatados na literatura que variam de 3 kg/m² a 40,1 kg/m² para o cimento e de 3,4 kg/m² a 58,6 kg/m² para tijolos. Estes valores encontrados podem ser atribuídos ao fato de que, na maioria das obras estudadas, a mão de obra é realizada pelo próprio proprietário, ocorrendo um maior controle dos materiais e conseqüentemente evitando maiores perdas.

A Tabela 5.5 apresenta a comparação das taxas de geração de resíduos de cimento e tijolos cerâmicos obtidas neste estudo, com pesquisas realizadas em Curitiba-PR (TOZZI, 2006), em Campo Largo-PR (MARIANO, 2008), em Goiânia (GONÇALVES, 2013), na União

Europeia (MÁLIA et al., 2013), na China (LI et al., 2013) e no Líbano (BAKSHAN et al., 2015).

Tabela 5.5 - Comparativo da taxa de geração de cimento e tijolos com outros estudos

Fonte	Área (m ²)	Concreto kg/m ²	tijolo kg/m ²
Presente estudo	406	3,3 (cimento)	2,4
Tozzi (2006)	-	3	17,6
Mariano (2008)	4.465,45	9,08	-
Gonçalves (2013)	6.264	5,2	10,7
Mália et al. (2013)	-	17,8 – 40,1	15,6 – 58,6
Li et al. (2013)	76117,7	17,7	3,4
Bakshan et al. (2015)	375.050	8,7	17,44

Fonte: Compilado pelo autor (2021)

Os índices obtidos neste estudo, se comparados com os reportados pelos demais autores, retratam uma grande diferença de geração de resíduo de cimento e tijolo cerâmico. Esta diferença pode ser atribuída devido à adoção de diferentes técnicas construtivas, a indisponibilidade de dados referentes aos materiais gerados e a diferença entre as áreas das amostras estudadas. Além disso, comparar as taxas de geração de resíduos de diferentes economias é um desafio devido à tendência de variar amplamente com base na localização em que a taxa estimada é válida (ou seja, projeto, cidade, região ou país) (BAKSHAN *et al.*, 2015).

Ao analisar os índices apresentados na tabela 5.5, percebe-se uma similaridade entre a taxa de geração de cimento obtidas nos estudos realizados por Tozzi (2006) e Gonçalves (2013) com a obtida por esta pesquisa. Em contrapartida, as taxas de geração de tijolos estão bem acima da obtida no presente estudo. Pode-se observar ainda que, o tijolo, é o material mais predominante dentre os resíduos gerados na maioria dos estudos analisados, diferindo dos resultados obtidos neste estudo.

Considerados como classe A, tanto os resíduos de cimento quanto de tijolos, têm elevado potencial de reaproveitamento. A reciclagem e reuso desses materiais dentro do próprio canteiro de obra é considerado um fator positivo na economia, visto que o seu retorno ao processo produtivo poderá favorecer a redução no consumo de materiais de construção. Conseqüentemente com essa minimização dentro do próprio canteiro de obras haverá uma redução nas gerações dentro da região estudada e a partir de então se obterá soluções mais adequadas e atuantes para reduzir o desperdício de materiais de construção, e por conseguinte os impactos gerados.

5.5 CONCLUSÃO

Mesmo com toda dificuldade para estimar a geração de RCD em obras informais, devido à falta de monitoramento nessas obras, foi possível criar um banco de dados com informações para compreender melhor a dinâmica da geração dos resíduos nessas construções. A análise dos dados permitiu alcançar um índice de geração de resíduos de cimento e tijolos cerâmicos por área construída de 6,3 kg/m². Desse montante, o cimento representou 52% e o tijolo 38%, os 10% restantes são resíduos remanescentes.

Os índices gerados por este estudo não simbolizam previsões exatas da geração de RCD em obras informais, visto que não foram computados todos os materiais de construção e seus respectivos percentuais de perdas. No entanto, estes índices encontrados podem ser úteis para o gerador dos resíduos (proprietário da obra) e autoridades, porque fornecem faixas de valores que dão alguma orientação em um contexto onde não há dados referentes a obras informais.

A estimativa das taxas de geração de resíduos em obras informais pode ser usada para prever a quantidade de resíduos de construção gerados nos canteiros de obras, o que ajudará as partes interessadas no planejamento e supervisão da obra e nas práticas adequadas para gerenciar o RCD. Essas taxas de geração de resíduos, por sua vez, podem ser úteis fonte de informações para gestores e órgãos público, para fins de supervisão, ações fiscalizatórias e adoção de medidas, em geral, de caráter emergencial e corretivo para RCD proveniente dos pequenos geradores, de forma a promover a redução da geração e melhoria no gerenciamento nas etapas de coleta, transporte, reutilização, reciclagem e disposição final.

REFERÊNCIAS

ABRECON – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO. O que é entulho. 2018. Disponível em: <<http://abrecon.org.br/entulho/o-que-e-entulho/>>. Acesso em: Abril, 2021.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil – 2020**. São Paulo: ABRELPE, 52p, 2020.

ALMEIDA, M. S. T.; MELO, M. C. de; BOARETO, M. D.; REZENDE, R. M.. Análise da correlação do volume de resíduos sólidos provenientes da construção civil com o produto interno bruto para os municípios no estado de Minas Gerais. **Revista Augustu**. v.24, n. 49, p. 320-331. Rio de Janeiro, 2020.

BAKSHAN, A.; SROUR, I.; CHEHAB, G.; EL-FADEL, M. A field based methodology for estimating waste generation rates at various stages of construction projects. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 100, p. 70-80, 2015.

CARDOSO, A. C. F.; GALATTO, S. L.; GUADAGNIN, M. R. Estimativa de Geração de Resíduos da Construção Civil e Estudo de Viabilidade de Usina de Triagem e Reciclagem. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, v. 31, p. 1-10, 2014.

CHA, G. W.; KIM, Y. C.; MOON, H. J.; HONG, W. H. New approach for forecasting demolition waste generation using chi-squared automatic interaction detection (CHAID) method. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 375-385, 2017.

CHAVES, V. B.; SERVULO, A. G.; SANTOS, G. H. M.; LAGARINHOS, C. A. F. Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. **Revista Expressão Da Estácio**, v. 3, p. 28-43, 2020.

COCHRAN, K.; TOWNSEND, T.; REINHART, D.; HECK, H. Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US. **Waste management**, v. 27, n. 7, p. 921-931, 2007.

COELHO, A.; DE BRITO, J. Generation of construction and demolition waste in Portugal. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 7, p. 739-750, 2011.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 05 de julho de 2002.

CONAMA. **Resolução nº 469**. Altera a Resolução CONAMA n 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 29 de julho de 2015.

COSTA, R.V.G.; JÚNIOR, G.B.A.; OLIVEIRA, M.M. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente construído**, v. 14, n. 1, p. 127-137, jan./mar. 2014.

FALCÃO, N.C.B. **Diagnóstico da situação atual dos resíduos da construção civil no município de Olinda**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, p. 127, 2011.

GONÇALVES, P.H. **Planejamento e gerenciamento do resíduo sólido de construção e demolição: Estudo de casos Goianos**. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, p. 127, 2013.

IKAU, R.; JOSEPH, C.; TAWIE, R. Factors influencing waste generation in the construction industry in Malaysia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUALITY OF LIFE, 2016, Medan. **Anais [...]**. Medan: CQM, 2016.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 113, 2000.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de Resíduos da Construção. In: SEMINÁRIO DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES, 2000, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: CETESB, 2000.

LAGE, I. M.; ABELLA, F. M.; HERRERO, C. V.; ORDÓÑEZ, J. L. P. Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain). **Waste management**, v. 30, n. 4, p. 636-645, 2010.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **Revista ENIAC pesquisa**, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014.

LI, J.; DING, Z.; MI, X.; WANG, J. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 20-26, 2013.

LU, W.; PENG, Y.; CHEN, X.; SKITMORE, M.; ZHANG, X. The S-curve for forecasting waste generation in construction projects. **Waste Management**, v. 56, p. 23-34, 2016.

MÁLIA, M.; PINHEIRO, M.D.; DE BRITO, J.; BRAVO, M. Construction and demolition waste indicators. **Waste management & research**, v. 31, n. 3, p. 241–55, 2013.

MATOS, J. P. C.; ALENCAR, T. C. DE SÁ B. D. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e a Aplicação da Logística Reversa no Segmento da Construção Civil. **Id on Line Rev. Mult. Psic.** v.13, n. 43, p. 784-807, 2019.

MORAND, Fernanda Guerra. **Estudo das principais aplicações dos resíduos de obra como materiais de construção**. 2016. 104 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil,

Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

NAGAPAN, S.; RAHMAN, I. A.; ASMI, A.; ADNAN, N. F. Study of site's construction waste in Batu Pahat, Johor. **Procedia Engineering**, v. 53, p. 99-103, 2013.

PAZ, D.H.F. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos da construção civil em canteiros de obras de edificações urbanas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, p. 161, 2014.

PAZ, D.H.F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos da construção e demolição**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, p. 288, 2019.

PEDRO, D.; BRITO, J. DE; EVANGELISTA, L.; BRAVO, M. Technical Specification Proposal for Use of High-Performance Recycled Concrete Aggregates in High Performance Concrete Production. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 30, p. 1-1, 2018.

PINTO, T de P. (1999) **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da Construção Urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, p. 189, 199.

PINTO, G. J. F.; DE MELO, E. S. R. L.; DE ALCANTARA NOTARO, K.; DE GARANHUNS, A. D. E. S. Geração de Resíduos Sólidos da Construção Civil–Métodos de Cálculo. In: **VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Campina Grande/PB**. 2016.

DOS SANTOS, A U. **Avaliação dos impactos ambientais causados por resíduos sólidos, produtos perigosos e efluentes líquidos em canteiros de obras na fase de implantação de fábrica automotiva**. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) –Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. p. 67, 2013.

SANTOS, D.S. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, p. 166, 2015.

SILVA, A. C.; FUCALE, S.; FERREIRA, S. R. de M. Efeito da adição de resíduos da construção e demolição (RCD) nas propriedades hidromecânicas de um solo areno-argiloso. **Matéria (rio de Janeiro)**, v. 24, 2019.

TOZZI, Rafael F. **Estudo da Influência do Gerenciamento na Geração dos Resíduos da Construção Civil (RCC)–Estudo de Caso de Duas Obras em Curitiba/PR**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR, p. 117,2006.

WU, Z.; ANN, T. W.; SHEN, L.; LIU, G. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste Management**, v. 34, n. 9, p. 1683-1692, 2014.

WU, H.; DUAN, H.; ZHENG, L.; WANG, J.; NIU, Y.; ZHANG, G. Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: Prospective scenarios and implications. **Construction and Building Materials**, v. 113, p. 1007-1016, 2016.

XAVIER, L. L.; ROCHA, J. C. Diagnóstico do resíduo da construção civil–Início do caminho para o uso potencial do entulho. **IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na construção civil-materiais reciclados e suas aplicações**. CT206-IBRACON. São Paulo-SP, 2001.

YEHEYIS, M.; HEWAGE, K.; ALAM, M. S.; ESKICIOGLU, C.; SADIQ, R. 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.

YOST, P. A.; HALSTEAD, J. M. A methodology for quantifying the volume of construction waste. **Waste management & research**, v. 14, n. 5, p. 453-461, 1996.

KERN, A. P. et al. Waste Generated in High-Rise Buildings Construction: a quantification model based on statistical multiple regression. **Waste Management**, v. 39, p. 35-44, 2015.

CAPÍTULO 6 - AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CIMENTO E CERÂMICA VERMELHA

EVALUATION OF THE RED CERAMICS AND CERAMICS FOOTPRINT

RESUMO

A construção civil é uma das atividades humanas que mais consome materiais e que desperdiça consideravelmente seus recursos ao longo de toda a sua cadeia produtiva. Nesse sentido, diante da crise ambiental vivenciada, e da escassez de recursos naturais, conhecer o consumo de materiais de construção e o desempenho do setor quanto ao eventual desperdício em canteiros de obras é de fundamental importância. Logo, essa pesquisa teve como objetivo mensurar o consumo de cimento e cerâmica vermelha em 5 obras informais na cidade do Recife-PE, com vista a obter um panorama do consumo destes. Para tanto, desenvolveu-se três tipos de pegadas, evidenciando a quantidade de cimento e cerâmica vermelha utilizadas nos canteiros de obras. Além disso, a metodologia adotada contemplou o levantamento do consumo real e o consumo teórico (orçado) dos materiais, o cálculo do índice percentual de material perdido e a avaliação da sustentabilidade da pegada. Dentre os resultados obtidos, puderam-se constatar perdas médias de cimento de até 133,1% e de tijolos de até 33,6%. As pegadas desenvolvidas neste estudo podem ser utilizadas como indicador de desperdício, tanto em relação ao seu volume apropriado (consumido), como em relação aos impactos ambientais relacionados à geração de resíduos onde ocorre a pegada.

Palavras-chave: Construção civil; Desperdício; Material de Construção; Orçamento.

ABSTRACT

Civil construction is one of the human activities that consumes the most materials and considerably wastes its resources throughout its production chain. In this sense, in view of the environmental crisis experienced, and the scarcity of natural resources, knowing the consumption of construction materials and the sector's performance regarding possible waste at construction sites is of fundamental importance. Therefore, this research aimed to measure the consumption of cement and red ceramics in 5 informal works in the city of Recife-PE, in order to obtain an overview of their consumption. For that, three types of footprints were developed, showing the amount of cement and red ceramic used in the construction sites. In addition, the adopted methodology contemplated the survey of the actual consumption and the theoretical consumption (budgeted) of the materials, the calculation of the percentage index of lost material and the evaluation of the sustainability of the footprint. Among the results obtained, it was possible to observe average losses of cement of up to 133.1% and of bricks of up to 33.6%. The footprints developed in this study can be used as an indicator of waste, both in relation to their appropriate volume (consumed) and in relation to the environmental impacts related to the generation of waste where the footprint occurs.

Keywords: Construction; Waste; Construction material; Budget.

6.1 INTRODUÇÃO

O rápido desenvolvimento industrial e o crescimento econômico resultaram em um aumento exponencial do consumo de recursos naturais (HUSSAIN et al., 2020). Sabe-se que a indústria da construção civil consome enorme quantidade de materiais e, em toda a sociedade, é um dos setores que mais utilizam esses recursos (WU et al., 2014). A nível mundial, a construção civil é responsável por consumir 35% dos recursos naturais, 40% da energia, 12% da água potável e produzir quase 40% das emissões de dióxido de carbono (BERTINO et al., 2021). Além disso, as diversas atividades da construção civil geram quantidades significativas de resíduos, sendo responsáveis por cerca de 45 a 65% dos resíduos destinados a aterros (LI et al., 2022).

Neste segmento, um dos problemas mais recorrentes e que comprometem a produtividade e eficiência das obras é o desperdício de materiais. O acúmulo de perdas ao longo da cadeia da construção civil deve-se, basicamente, ao fato dos processos construtivos não serem planejados e gerenciados de forma adequada (YÜCENUR E ŞENOL, 2021). Logo, a otimização dos recursos físicos e financeiros com vistas a minimizar o desperdício de materiais de construção e aumentar a produtividade da mão de obra é considerado um dos principais desafios enfrentados pela construção civil brasileira (SANTOS et al., 2018).

Nesta perspectiva, o real conhecimento do consumo de materiais de construção e do desempenho do setor quanto ao eventual desperdício em canteiros de obras tornam-se indispensáveis no contexto atual de superexploração e esgotamento dos recursos naturais e da crescentes exigência para se alcançar a sustentabilidade na construção civil.

Neste contexto, o presente estudo, visa obter indicadores de perdas de cimento e cerâmica vermelha, advindos de cinco obras informais, com o intuito de mensurar o consumo destes e determinar se houve perdas, para que seja possível propor alternativas para uma melhor racionalização desses insumos. Desenvolveu-se uma metodologia para a medição das perdas de materiais, a qual foi aplicada nas cinco obras analisadas.

6.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.2.1 CIMENTO PORTLAND

O cimento Portland é um dos materiais mais utilizados na construção civil devido suas inúmeras aplicações (ALEX, et. al., 2016; CASTRO et al., 2017). Este material é utilizado em diversos serviços ao longo da cadeia produtiva nos canteiros de obras como argamassas de

assentamento de alvenaria, chapisco, emboço, reboco e de contrapiso, como também concreto magro e concreto estrutural (fundações, vigas, pilares e lajes), entre outros elementos fabricados a partir da produção de argamassas e concretos.

A NBR 16.697: Cimento Portland - Requisitos (ABNT, 2018) define cimento Portland como um ligante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, no qual se adiciona, durante a fabricação, quantidades de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais nos teores estabelecidos na Norma.

Com a crescente demanda da construção civil, a produção de cimento está crescendo a uma taxa anual de 9% em todo o mundo (LI *et al.*, 2022), e está projetada para atingir 3700-4400 milhões de toneladas em 2050 (RUBENSTEIN, 2012) e por consequência, a taxa de produção de dióxido de carbono (CO₂) liberado na atmosfera também está aumentando. Estima-se que cada tonelada de cimento Portland libera uma tonelada de CO₂ na atmosfera (SANDEEP *et al.*, 2016). Além disso, cada tonelada de cimento consome aproximadamente 80 unidades de eletricidade e aproximadamente 1500 kg de matéria-prima (MAMATHA *et al.*, 2017). Depois do aço e do alumínio, o cimento é o terceiro material que mais consome energia na Terra (TEJA *et al.*, 2017).

Na produção de cimento Portland são emitidos cerca de 1,35 bilhão de toneladas de gases de efeito estufa anualmente, o que representa cerca de 7% da emissão total de gases de efeito estufa (SANDEEP *et al.*, 2016). De acordo com Özbay *et al.*, (2016), três fontes significativas de emissões de CO₂ estão envolvidas na fabricação de cimento, são elas: queima do combustível (produz aproximadamente 325 kg / ton CO₂); calcinação do calcário (produz aproximadamente 525 kg / ton CO₂); e consumo de energia elétrica (produz aproximadamente 50 kg / ton CO₂).

De acordo com a Resolução n° 307 (CONAMA, 2002), o cimento é classificado como resíduo classe A, e pode ser reciclado como agregados para serem reutilizados na construção civil. Quando não são reutilizados, precisam ser descartados, o que provoca o aumento do volume de resíduos em aterros e o risco de ter destino inadequado.

De acordo com De Souza *et al.* (1998) materiais básicos são aqueles que para serem utilizados na execução de um serviço são previamente misturados a outros materiais, gerando um material composto. Como é o caso do cimento, que misturado ao cal e a areia forma a argamassa, material composto utilizado para o serviço de revestir uma parede. Convém, portanto, ao se discutir perdas de cimento, entender qual a abrangência em que as mesmas serão abordadas. São discutidos aqui as perdas que ocorrem em todos os serviços que utilizam o cimento, como material básico, no canteiro de obras.

6.2.2 CERÂMICA VERMELHA

Historicamente o setor cerâmico ficou conhecido por denotar a atividade de produção de artefatos a partir de argilas e contemplar produtos comumente utilizados na construção civil como telhas, tijolos e blocos cerâmicos (IDROGO *et al.*, 2019).

A NBR 15270-1: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos (ABNT, 2005) define o bloco cerâmico como um elemento da alvenaria de vedação que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contém, conforme Figura 6.1.

Figura 6.1 - Blocos cerâmicos

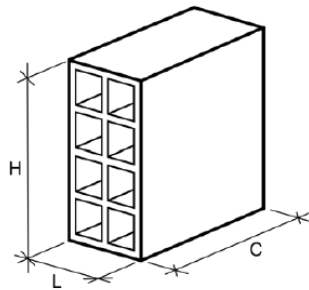


Figura 1 — Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal

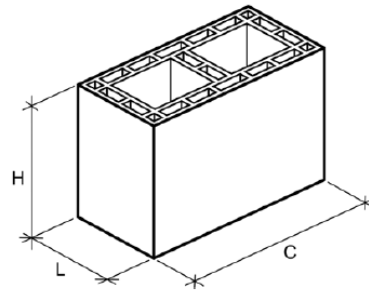


Figura 2 — Bloco cerâmico de vedação com furos na vertical

Fonte: ABNT (2005)

Segundo ANICER (2017), existem 6,9 mil olarias no Brasil, sendo que 63% da produção é atribuída aos blocos cerâmicos, consumindo juntamente com as telhas e tubos cerâmicos 10,3 milhões de toneladas por mês de argila, principal matéria prima do setor. Apesar de seu papel na economia brasileira, o setor cerâmico é bastante fragmentado, constituído principalmente por microempresas, empresas de pequeno e médio porte, com intensiva presença da economia informal (LINARD *et al.*, 2015).

A produção de telhas e tijolos é por natureza geradora de impactos ambientais, que vão desde o desmatamento para a extração da argila até o descarte de resíduos sólidos, inerente à produção (Berni *et al.*, 2010; Pacheco *et al.*, 2015). Os métodos de extração de argila e processamento estão diretamente associados à degradação da paisagem e a emissão de poluentes (Berni *et al.*, 2010). Além disso, este segmento consome alta quantidades de energia, relacionado à queima de lenha, gás natural, eletricidade e combustíveis, como óleo diesel, GLP e resíduos de biomassa (Berni *et al.*, 2010; Lv *et al.*, 2019).

Já na cadeia da construção civil, os blocos cerâmicos são elementos essenciais, formando a alvenaria propriamente dita. São também, junto ao cimento e a argamassa, os materiais mais descartados, compreendendo 90% dos resíduos nos canteiros de obras (MORAND, 2016; PEDRO *et al.*, 2018; PAZ, 2019). Portanto, pesquisadores têm focado atenção na prevenção e redução do desperdício de blocos cerâmicos e de cimento, visando poupar os recursos naturais e conter o desperdício.

6.2.3 PERDA E DESPERDÍCIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A construção civil é um dos segmentos campeões de desperdício, de acordo com PINTO (1995), os acréscimos nos custos da construção, advindos do desperdício, chegam a 6% e os acréscimos na massa de materiais atingem os 20%, além do que fora orçado inicialmente. O acúmulo de desperdício existente ao longo da cadeia da construção e a logística pouco desenvolvida na aquisição e utilização de materiais e serviços é a principal causa apontada para a baixa eficiência em canteiros de obras (DA VEIGA, 2018).

O termo “perdas” dentro do contexto da construção civil está relacionado com uma parcela inevitável e outra economicamente viável de ser revertida, sendo que, a perda inevitável é sinônimo de perda natural e a perda evitável refere-se ao desperdício (SOILBELMAN, 1993). As perdas evitáveis são consequência de um processo de baixa qualidade em que os recursos são aplicados de forma inadequada, por exemplo, perdas devido à produção de material acima da necessidade, devido ao manuseio excessivo ou inadequado de materiais, a quebra manual de blocos por falta de meios-blocos, perdas associadas à existência de estoque em excesso, entre outros.

O desperdício de materiais engloba os resíduos e os materiais incorporados à obra. Santos (2015) define resíduos de construção como sendo todo o material que não se incorpora à obra, representando um desperdício de material. Por outro lado, o desperdício de materiais incorporados à obra refere-se ao excesso de materiais utilizados, superior ao planejado e, conseqüentemente, material perdido desnecessariamente (JOHN, 2000). Neste estudo, são considerados os dois tipos de perdas.

Os desperdícios podem ser ocasionados por diferentes fatores e são inerentes ao processo produtivo. De modo geral, pode ocorrer devido ao gerenciamento inadequado, ao manuseio e armazenamento de materiais inadequado, a falta de planejamento, a projetos, a mão-de-obra desqualificada, ao mau funcionamento de equipamentos, a sobras de cortes e mudanças inesperadas na construção de projeto (YEHEYIS *et al.*, 2013; HUSSAIN, 2015).

De acordo com Soilbelman (1993), a falta de conhecimento sobre os índices reais de perdas em canteiros de obras gera incertezas quanto ao consumo real dos materiais, o que dificulta a estimativa de custos. Ainda segundo o autor, a grande incidência de perdas de materiais é apontada como uma das causas para os elevados preços das construções.

Neste sentido, o desenvolvimento e implementação de sistemas de controle de materiais pode contribuir para o controle e gerenciamento dos resíduos e criar condições para que o resultado econômico da obra seja compatível com o planejado, além de fornecer um referencial para redução do desperdício de materiais em obras futuras (SOILBELMAN, 1993).

6.2.4 ORÇAMENTO

O planejamento de uma construção eficiente inicia-se pela correta estruturação do orçamento, que é uma das principais ferramentas do planejamento e da gestão de uma construção. De acordo com Santos *et al.* (2021), para o orçamento de uma construção se faz necessário a realização de pesquisas dos insumos de cada etapa da obra, estabelecendo-se critérios rigorosos na composição de custos, contendo informações de receitas previstas e estimativas de despesas para evitar o máximo de imprevistos futuros.

Hansen e Mowen (2001) afirmam que a elaboração do orçamento dá suporte à criação de um cronograma físico financeiro para programação de recursos humanos e de controle de materiais para abastecer a obra, evitando atrasos e desperdícios. Neste mesmo raciocínio, Mattos (2010) considera que as deficiências no planejamento e no controle estão entre as principais causas da baixa produtividade do setor de construção civil, da baixa qualidade dos seus produtos e do alto nível de desperdício e perdas.

A qualidade de um orçamento está condicionada ao banco de dados no qual se baseia, que por sua vez, depende da metodologia empregada na construção. Um dos modelos de orçamento detalhado é o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), que fornece, mensalmente, dados de custos médios de materiais, equipamentos e das composições dos serviços (SINAPI, 2021). Essa é uma ferramenta disponibilizada mensalmente pela Caixa Econômica Federal e tem a finalidade de informar os custos e índices da construção civil, juntamente com o apoio do IBGE (SINAPI, 2021).

Os dados disponibilizados pelo SINAPI são fonte oficial de referência de preços de insumos e de custos de composições de serviços, por se enquadrar no Decreto nº 7983 (BRASIL, 2013), que estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia.

Além das referências de preços de insumos e de custos de composições de serviços, são disponibilizados os Cadernos Técnicos de Composições (CT) onde cada composição é detalhada. Por exemplo, existem várias classificações de serviços para execução da alvenaria estrutural que podem ser de blocos cerâmicos ou de concreto. O Caderno Técnico do Grupo Alvenaria Estrutural Blocos Cerâmicos (CAIXA, 2017) apresenta 32 composições de alvenaria estrutural que utilizam duas modulações de bloco cerâmico: família de 40 (14 cm, 19 cm e 39 cm) e família de 30 (14 cm, 19 cm e 29 cm). Para a definição das composições, considera-se também tamanho da área, presença de vãos, pela existência ou não de aberturas e pelas condições de preparo da argamassa de assentamento (CAIXA, 2017). Ou seja, nestes materiais são abordados os aspectos fundamentais para o entendimento amplo de como os serviços e composições estão tratados no SINAPI. Logo, a utilização destes é indispensável para favorecer a utilização adequada das composições do SINAPI em orçamentos.

6.3 MATERIAL E MÉTODOS

6.3.1 PEGADA DE CIMENTO E CERÂMICA VERMELHA

O termo “pegada ecológica” foi criado pelos cientistas canadenses Mathis Wackernagel e William Rees em 1990 e é reconhecido como uma das formas de mensurar o consumo de bens, produtos e serviços que utilizam os recursos naturais do planeta (WACKERNAGEL E REES, 1996). A ideia básica apresentada pelos autores é que, tanto indivíduo quanto região, ao desenvolver determinada atividade, impactam o meio ambiente, através do uso dos recursos naturais e dos desperdícios gerados.

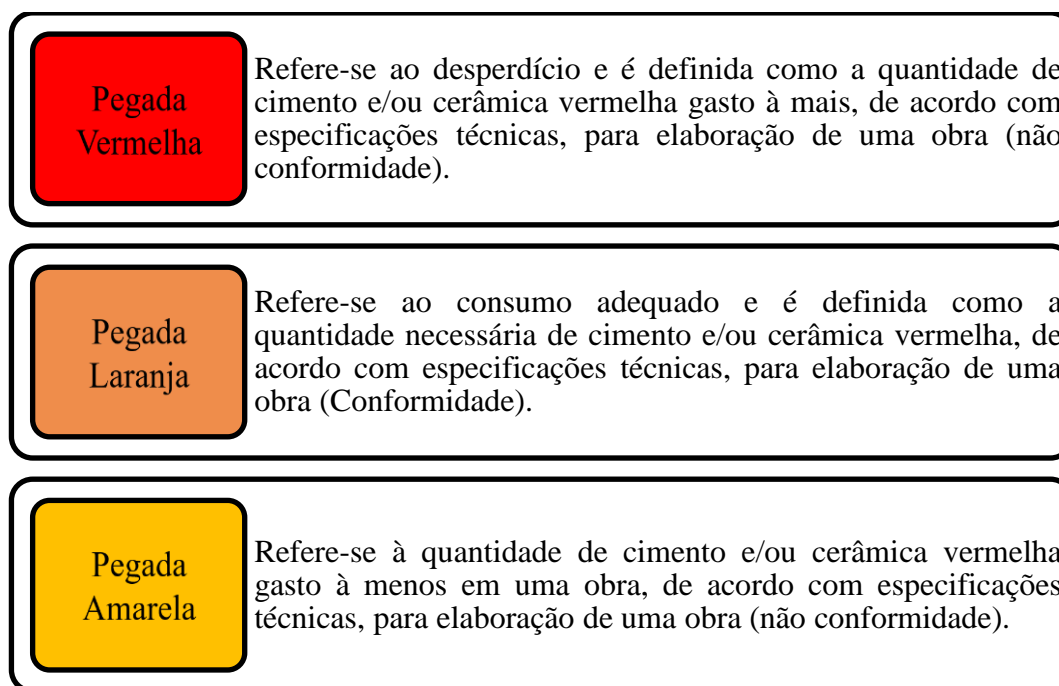
Para o desenvolvimento e cálculo da pegada de cimento e cerâmica vermelha nas obras informais do Recife-PE, foram tomados como base conceitos e alguns aspectos metodológicos presentes nas pegadas já existentes, como a pegada ecológica, a pegada do carbono e a pegada hídrica.

A pegada de um produto intermediário ou final (bens ou serviços) é a agregação da pegada de vários passos relevantes do processo de elaboração do produto (HOEKSTRA *et al.*, 2011). Ou seja, o cálculo da pegada será realizado através da soma das pegadas de todos os processos na execução da obra.

Para a presente pesquisa, a proposta é mensurar o consumo de cimento e cerâmica vermelha nas obras informais, com vista a obter um maior planejamento e controle do consumo

destes. Desta forma, desenvolveu-se três tipos de pegadas (Figura 6.2), evidenciando a quantidade desses materiais incorporados na obra.

Figura 6.2 - Pegada vermelha, laranja e amarela



Fonte: Autor (2021)

A pegada de cimento de uma obra é a quantidade de cimento utilizado para produzi-la, medida ao longo de toda cadeia produtiva no canteiro de obra. É um indicador, que mostra a quantidade de consumo do cimento e o impacto decorrente deste. Este mesmo conceito adequa-se para a pegada de cerâmica vermelha.

Dessa forma, para o cálculo da pegada neste trabalho foi necessário mensurar a quantidade de material utilizado em todos os serviços observados na execução das obras. O cimento, por exemplo, é utilizado em diversos serviços como levantamento de alvenaria, chapisco, emboço, reboco, concreto magro, contra piso, sapata isolada/sapata corrida, laje, pilar e viga. A pegada de cimento será a soma da quantidade de cimento utilizado em todos esses serviços.

Logo, a pegada de cimento (PC) das obras estudadas foi calculada da seguinte forma:

$$Pc = Alvenaria + chapisco + emboço + reboco + concreto magro + \text{contra piso} + sapata + laje + pilar + viga$$

O tijolo, por outro lado, foi utilizado apenas na alvenaria. Desta forma, a pegada de tijolos (PT) de uma obra é calculada:

$$Pt = \text{alvenaria}$$

Após o cálculo, o consumo real destes materiais são comparados com aquele calculado a partir dos modelos de orçamento detalhado do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Portanto, não se está fazendo análise das especificações, mas identificando os consumos que excedem ou que são gastos à menos dos especificados. Cabe ainda ressaltar que ao se levantar as perdas físicas destes materiais, os números mostrados representam uma soma das perdas que saem como resíduo de construção e demolição (RCD) com as que ficam incorporadas a obra.

As pegadas de cimento e tijolos, portanto, demonstram se a quantidade de material utilizado é apropriada para cada tipo de obra. A contabilização das pegadas nas obras fornece informações importantes para o planejamento e o gerenciamento destes materiais, podendo alimentar a discussão sobre o uso e o desperdício de material no canteiro de obras, além de estruturar uma boa base para a avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos.

6.3.2 PROCEDIMENTOS PARA MENSURAR A PEGADA DE CIMENTO E CERÂMICA VERMELHA

Para mensurar a pegada dos materiais estudados em cada obra durante a execução dos serviços, foram cumpridas as seguintes etapas:

I – Levantamento do consumo real dos materiais

Com aplicação de questionários e levantamento *in loco* da quantidade de material utilizado para realização dos serviços, obteve-se de forma estimada o gasto de material para cada serviço nas obras informais. Além do questionário adotado, foram feitas entrevistas informais com os responsáveis das obras e operários, complementando as informações obtidas, buscando conhecer os procedimentos de cada obra.

II – Levantamento do consumo teórico - Orçamento

O orçamento foi realizado a partir da elaboração de uma planilha, conforme modelo utilizado pela Caixa Econômica Federal no ano de 2021. Para a realização desta metodologia, as informações foram obtidas através de visitas aos canteiros de obras, onde foram realizados medições e levantamento dos serviços e acabamentos para execução das obras. A partir desta coleta, foram obtidos os dados para a composição da planilha orçamentária.

III - índice percentual de material perdido

Estabelecidos o consumo real e o teórico (orçado), convém, portanto, calcular o percentual de material perdido durante as etapas de execução dos serviços da obra. Para isso, foi usada como referência a metodologia apresentada por Agopyan *et al.* (1998), a qual está expressa na Equação 5.1.

$$IP (\%) = \frac{CREAL - CREF}{CREF} \times 100 \quad (5.1)$$

Onde:

IP (%) = é a perda do material expressa percentualmente;

CREAL = quantidade realmente utilizada de material para execução da obra;

CREF = quantidade de material teoricamente necessária para execução da obra.

Observa-se que ao se calcular o percentual de material perdido, levam-se em consideração a quantidade de material real utilizado e o teoricamente necessário (orçado), neste último já é incluso o percentual de perda considerado inevitável.

Por fim, as Pegadas são avaliadas conforme o percentual de material utilizado na obra. A escala é dividida em três partes:

- Resultado negativo – Pegada Amarela;
- Resultado zero – Pegada Laranja;
- Resultado positivo – Pegada Vermelha.

IV - Avaliação da sustentabilidade ambiental, social e econômica

Nesta fase, são identificados os impactos ambientais, sociais e econômicos e os possíveis riscos associados a pegada. Neste estudo foi realizado uma avaliação da pegada do

produto (obra), sob o ponto de vista da contribuição da pegada individual desse produto em relação a um panorama micro – contribuição da pegada cimento/tijolos na geração de RCD no local de estudo.

Com o orçamento prévio e a quantidade de materiais gastos, foram realizadas análises para encontrar as causas das possíveis diferenças entre orçado e gastos. Foram também analisadas as causas e justificativas para os desperdícios.

6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados das pegadas de cimento e cerâmica vermelha foi baseada ao longo de toda cadeia produtiva no canteiro de obra. Nestas obras, o sistema construtivo é o tradicional, a alvenaria é de tijolos cerâmicos e o concreto utilizado é produzido *in loco*.

6.4.1 Calculo da pegada

Com a quantidade de materiais orçados nas cinco obras, disponível na planilha apresentada no Anexo C, e a quantidade real de materiais utilizados (executado), que foi obtido pelas aplicações de questionários e levantamento *in loco*, estabeleceu-se as pegadas dos materiais, apresentados na tabela 6.1.

Tabela 6.1 - Quantidade orçado e executado

	Material	Unidade	Orçado	Executado	Pegada	IP (%)
Obra 1	Cimento	Kg	5.051	4.500	-551	-10,9
	Tijolos	unid.	3.937	3.000	-937	-23,8
Obra 2	Cimento	Kg	5.483	6.500	1.017	18,5
	Tijolos	unid.	2.304	2.000	-304	-13,2
Obra 3	Cimento	Kg	19.451	25.000	5.549	28,5
	Tijolos	unid.	9.124	12.000	2.876	31,5
Obra 4	Cimento	Kg	9.515	7.500	-2.015	-21,2
	Tijolos	unid.	4.285	6.000	1.715	40
Obra 5	Cimento	Kg	2.368	2.500	132	5,6
	Tijolos	unid.	1.161	1.500	339	29,2

IP - Perda dos materiais

Fonte: Autor (2021)

Na obra 1, foi atribuída a pegada amarela, ou seja, abaixo dos padrões e requisitos estabelecidos. Tanto o consumo de cimento quanto o de tijolos foi abaixo do previsto no orçamento. Sabe-se que a qualidade de uma obra depende de diversos fatores, inclusive da quantidade de material utilizado em sua produção. Neste caso, a baixa quantidade de material pode causar alterações nas características do produto (obra), não atingindo desempenho adequado.

Na obra 2, foi observado perdas de cimento acima do consumo previsto no orçamento (pegada vermelha), em contrapartida, o índice de perda de tijolos está abaixo do consumo previsto no orçamento (pegada amarela). Nesta obra, foi observado muito desperdício de cimento em razão das várias pausas que houve na construção e, por conseguinte, gerando desperdício de material pela deterioração do tempo, pelo excesso de manuseio e transporte desses materiais e pela produção de argamassa mais do que o necessário para o dia de trabalho. Por outro lado, havia a prática de reutilização de tijolos e suas sobras, reduzindo assim o desperdício da cerâmica vermelha, viabilizando o processo de construção e por conseguinte minimizando a perda do recurso natural, argila.

Na obra 3, foi observado que tanto as perdas de cimento quanto as de tijolos estão acima do consumo previsto no orçamento, caracterizando pegada vermelha. Essa elevação é justificada por erros de especificação, pela má execução e pelos materiais com baixa qualidade interferindo na conformidade da obra. Dentre os desperdícios observados na obra 3, destaca-se o desperdício de cimento incorporado em decorrência da utilização de argamassa em excesso para corrigir erros de execução, como por exemplo, contrapiso desnivelado, parede fora de prumo. Esses erros eram corrigidos na massa, aumentando a espessura, provocando não só perda de tempo em refazer o trabalho, mas também perda de materiais.

Neste caso, esse quantitativo de perda é considerado evitável, ou seja, se o serviço tivesse sido executado adequadamente e os materiais fossem de boa qualidade estas ocorrências poderiam ter sido evitadas. O que mostra a importância da preocupação com gerência da obra e com a qualidade dos insumos utilizados na construção.

Na obra 4 houve um consumo de cimento muito abaixo do especificado no orçamento (pegada amarela). Uma explicação para essa situação é que nesta obra havia a prática de se aplicar camadas muito finas de argamassa para revestimento, assentamento e contrapiso, com a finalidade de racionalização de material empregado e por conseguinte a redução de custos na execução da construção. Neste caso, vale por em evidência o risco para o aumento de manifestações patológicas na obra e, conseqüentemente, de despesas pós-ocupação. Ao mesmo tempo, observa-se um consumo de tijolos cerâmicos muito acima do especificado no orçamento

(pegada vermelha), uma diferença de 40% evidenciando a má gestão de insumos e gerenciamento da obra. As principais causas das perdas de tijolos foram motivadas pela falta de racionalização na execução da alvenaria a ser erguida, sendo observado muita perda e/ou quebra de tijolos no processo produtivo e no manuseio do estoque para o canteiro de obras.

Na obra 5, foi observado que tanto as perdas de cimento quanto as de tijolos estão acima do especificado no orçamento (pegada vermelha). Assim como nas demais obras, foi verificado inconformidades em vários serviços realizados no canteiro de obras, porém essas perdas foram distribuídas em quase todos os serviços, não havendo nenhum serviço específico com maior destaque de perdas. Todas essas perdas são consideradas evitáveis, resultado de um processo de baixa qualidade em que os materiais não eram aplicados de forma adequada.

Conforme resultados, nenhuma das obras analisadas se enquadram na pegada laranja, ou seja, a quantidade de cimento e cerâmica vermelha utilizados não atenderam aos padrões e requisitos estabelecidos no orçamento (consumo adequado). No âmbito da garantia de qualidade de uma obra, a conformidade entre o orçado e o executado são essenciais ao longo das várias etapas do processo construtivo, reduzindo a percentagem de problemas e gastos associados às reparações das patologias causadas.

Em suma, há uma dispersão dos indicadores das pegadas de cimento e tijolos nas obras analisadas (por exemplo, a pegada de cimento variou de -21,2% (Pegada amarela) a 28,5% (Pegada Vermelha), por outro lado, a pegada de tijolos variou de -23,8% (Pegada amarela) a 40% (Pegada vermelha)); tal fato pode ser explicado tanto por uma efetiva variabilidade do desempenho de cada obra estudada, quanto pelas imprecisões dos dados fornecidos pelos responsáveis das obras informais.

No intuito de apontar as etapas de execução das obras com maior diferença entre o total orçado e o executado, estudou-se separadamente cada serviço realizado. Na Tabela 6.2 são descritos todos os serviços realizados no canteiro de obra. Nesta tabela constam, também, a quantidade de materiais previstos de cada serviço (orçado), bem como o consumo real com a execução de cada um deles.

Tabela 6.2 - Quantidade dos materiais por serviços

Obra	Serviços	Cimento (kg)		Tijolos (uni)	
		Orçado	Executado	Orçado	Executado
Obra 1	Alvenaria	140,98	150	3.937,57	3.000
	Chapisco	250,25	150		
	Emboço + reboco	1.038,22	1.000		
	concreto magro + contra piso	3.496,69	3.200		
	Total	5.051,153	4.500	3.937,57	3.000
Obra 2	Alvenaria	155,66	300	2.304,36	2.000
	Chapisco	292,90	Aplicação de gesso		
	Emboço + reboco	1.215,19	Aplicação de gesso		
	concreto magro + contra piso	1.864,90	2.500		
	sapata isolada + corrida	696,30	1.500		
	Pilar	589,32	1.100		
	Viga	669,1	1.100		
	Total	5.483,38	6.500	2.304,36	2.000
Obra 3	Alvenaria	616,36	1.500	9.124,45	12.000
	Chapisco	1.159,78	1.000		
	Emboço + reboco	4.811,71	6.000		
	concreto magro + contra piso	5.245,04	6.000		
	sapata isolada + corrida	1.253,35	2.500		
	Pilar	1.060,77	1.500		
	Viga	1.387,16	1.500		
	Laje (capeamento)	3.916,71	5.000		
	Total	19.450,89	25.000		12.000
Obra 4	Alvenaria	289,45	1.250	4.284,96	6.000
	Chapisco	544,65	500		
	Emboço + reboco	2.259,64	1.250		
	concreto magro + contra piso	4.623,41	1.500		
	sapata isolada + corrida	974,82	2.000		
	Pilar	284,32	250		
	Viga	538,32	750		
	Total	9.514,63	7.500		
Obra 5	Alvenaria	78,41	150	1.160,77	1.500
	Chapisco	147,54	150		
	Emboço + reboco	612,12	750		
	concreto magro + contra piso	543,93	500		
	sapata isolada + corrida	274,17	250		
	Pilar	142,16	150		
	Viga	163,16	150		
	Laje (capeamento)	406,18	400		
	Total	2.367,71	2.500		

Fonte: Autor (2021)

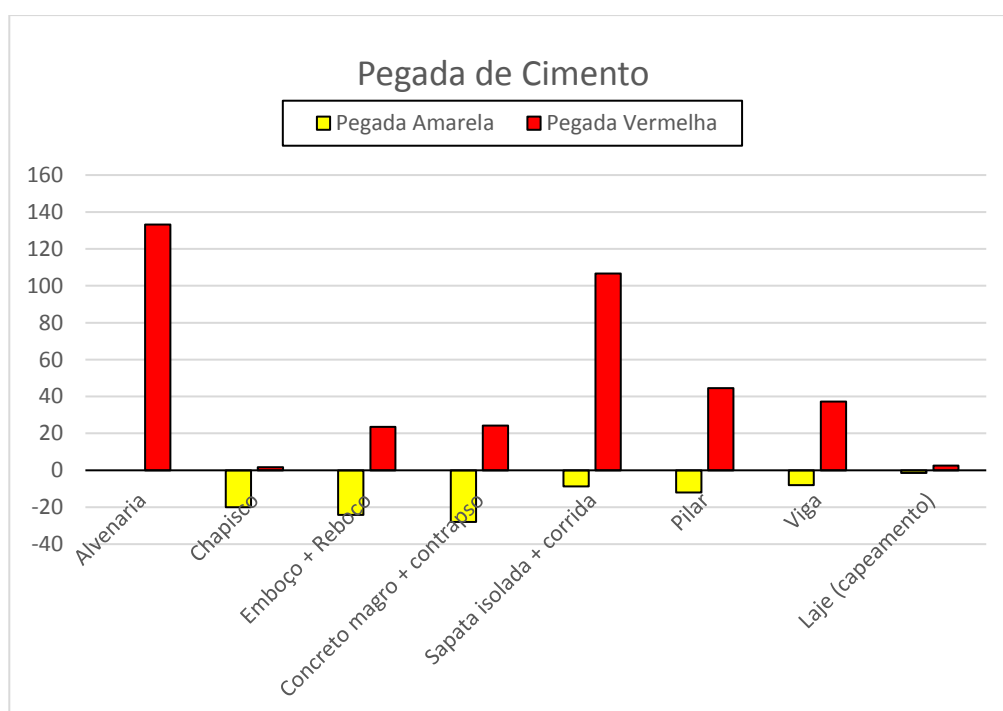
Foram identificados 7 serviços que envolvem componente do Cimento Portland e 1 serviço que envolve blocos de cerâmica vermelha em seus respectivos processos de execução. Vale destacar aqui, o serviço de alvenaria que excedeu o consumo de cimento orçado em todas as obras estudadas, inclusive, em obras onde foram atribuídas a pegada amarela para cimento.

Outro ponto a ser discutido é a quantidade de cimento utilizado na obra 2, que mesmo não tendo executado dois serviços que foram previstos no orçamento, excedeu a quantidade estabelecida no mesmo. Todos os outros serviços executados apresentaram perdas que variam de 34% a 115%, podendo-se considerar que as perdas de cimento nessa obra foram altas.

Fazendo um comparativo entre as obras analisadas, a obra 5 foi a que mais se aproximou do valor orçado para cada serviço, mesmo apresentando desperdício de cimento e tijolos.

Avaliando a média de perdas de cimento das cinco obras em relação ao orçado, nota-se a diferença da variabilidade entre o mínimo e o máximo das perdas. Estes consumos são de -28% mínimo (pegada amarela) e 133,1% (pegada vermelha), respectivamente. (Tabela 6.2 e Figura 6.3).

Figura 6.3 - Distribuição do IP(%) da pegada de cimento



Fonte: Autor (2021)

Observa-se, ainda no gráfico da Figura 6.3, que os serviços que apresentaram maior índice foram alvenaria (133,1%), sapata isolada e corrida (106,7%), pilar (44,5%) e Viga (37,2%), seguidos de concreto magro e contrapiso (24,2%); emboço e reboco (23,6%); laje

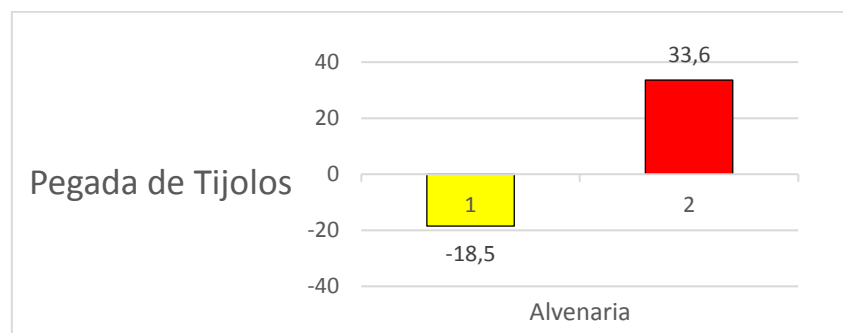
(2,6%) e chapisco (1,7%) respectivamente. Em contrapartida, os serviços que utilizaram a menos da quantidade orçada foram concreto magro e contrapiso (-28%), emboço e reboco (-24,2%), chapisco (-20%), pilar (-12,1%), sapata isolada e corrida (-8,8%), viga (-8,1) e laje (-1,5%) respectivamente.

Em uma pesquisa realizada por Lordsleem *et al.* (2014), em um empreendimento legalizado com 21 pavimentos localizado na região metropolitana do Recife, foram obtidos indicadores de perdas de argamassa que variaram entre 3,11 e 16,26%, resultado bem abaixo do encontrado neste estudo em obras informais. O estudo de Silva *et al.* (2017) que teve como área de referência duas obras residenciais de pequeno porte, localizadas na cidade de Monteiro-PB, obteve indicadores de perda de argamassa de 19,02% (obra A) e 24,70% (obra B) no serviço de alvenaria de vedação, bem abaixo do índice obtido no presente estudo que foi de 133% para o serviço de alvenaria.

Já o estudo realizado Agopyan *et al.* (1998), encontrou perdas de argamassa que variam entre 5 e 209%, observa-se que os valores encontrados no presente estudo se encontram dentro do intervalo estabelecido pelo referido autor.

Em relação ao tijolo, a média de perdas no serviço de alvenaria variou de -18,5% (pegada amarela) a 33,6% (pegada vermelha) (Tabela 6.2 e Figura 6.4).

Figura 6.4 - Distribuição do IP(%) da pegada de tijolos



Fonte: Autor (2021)

Conforme a gráfico da Figura 6.4, os valores de perdas obtidos no presente estudo foram superiores aos encontrados por Agopyan *et al.* (1998), Holanda e Silva (2012) e Silva *et al.* (2017). Agopyan *et al.* (1998), em um estudo realizado em 4 obras, obteve uma média de 18% para perdas de blocos cerâmicos; Silva *et al.* (2017), em um estudo com duas obras de pequeno porte, obteve perdas de blocos cerâmicos de 6,38% (obra A) e 1,25% (obra B) no serviço de alvenaria; Holanda e Silva (2012), em duas edificações localizadas na cidade do Recife, obteve perdas médias de 20,45% no serviço de alvenaria.

6.4.2 Avaliação da sustentabilidade da pegada

A construção civil gera uma série de impactos ambientais ao longo de toda sua cadeia produtiva, no processo de extração da matéria prima; na produção dos materiais de construção; no processo construtivo propriamente dito e por último na fase de disposição final dos resíduos gerados pelo processo construtivo. (JINGKUANG *et al.*, 2012; RAZZAQ *et al.*, 2021). Para a realização da avaliação da sustentabilidade da pegada de cimento e tijolos, optou-se por avaliar a sustentabilidade das obras analisadas com foco no processo construtivo e na destinação dos RCD.

Com relação ao processo produtivo, os principais impactos identificados se dão a partir do consumo de recursos naturais, da alteração da paisagem e das perdas de materiais, neste último caso, convém considerar a existência de perdas que saem da obra como entulho e aquelas que ficam incorporadas à mesma. Entre os impactos do uso excessivo de materiais, pode-se citar as mudanças climáticas, o esgotamento de recursos naturais, a poluição da água e a redução da biodiversidade (IRFAN *et al.*, 2021).

No que se refere a destinação dos resíduos gerados, em todas as obras analisadas, o seu gerenciamento era negligenciado e não havia qualquer separação do RCD gerado para possível aproveitamento ou reciclagem. Além disso, o descarte era realizado em locais inapropriados, o que gera impactos visíveis que comprometem o meio socioeconômico e ambiental (Figura 6.5).

Figura 6. 5 - pontos de descartes RCD



Fonte: Autor (2021)

Os principais impactos identificados associados a este tipo de descarte foram: obstrução de ruas, prejudicando o fluxo de pedestres e veículos; obstrução da drenagem superficial, ocasionando enchentes; indução à deposição de outros tipos de rejeitos e atrativo para vetores de doenças; poluição do solo, das águas superficiais e poluição visual.

Os principais fatores identificados na geração de resíduos dentro das obras analisadas foram: compra em excesso de materiais, materiais de baixa qualidade, corte errados (tijolos), mistura de materiais e quantidade de aplicação incorretas (na produção de argamassa), quebras no transporte, armazenamento incorreto e alguns erros da mão de obra devido à falta de conhecimento de construção.

Do ponto de vista econômico, os gastos de recursos estão associados ao gerenciamento pouco eficaz nas obras analisadas. Isso porque foi observado compra de materiais em quantidades superiores ao necessário, o que gerou a superprodução e aumentou o custo das obras. Além disso, em algumas dessas obras foi relatado que o material foi adquirido aos poucos para posteriormente realizar a construção, o que causou perdas de materiais pela deterioração do tempo, necessitando nova compra de materiais.

Vale citar também os gastos por parte da administração pública, através da aquisição de equipamentos para manejo dos resíduos, o investimento na coleta de RCD, o alto custo com limpeza das áreas afetadas pela deposição irregular e o custo de aterros sanitários (YE *et al.*, 2012; LOWEN E NAGALLI, 2020).

Diante da problemática e da extensão dos impactos sociais, econômicos e ambientais resultantes da atividade de construção civil, é necessário a adoção de práticas sustentáveis dentro do canteiro de obras, visando o equilíbrio entre a viabilidade financeira e o crescimento sustentável. É fato que toda atividade no canteiro inevitavelmente produz alguma perda; todavia, uma melhor gestão nesse quesito, além de representar um ganho para o meio ambiente, também gera economia para a obra. Isto posto, a minimização de perdas de materiais de construção mostra-se como a primeira e também a mais acertada alternativa para minimizar os impactos associados a geração de RCD, visto que proporciona uma utilização racional dos recursos, reduz os custos da obra e do gerenciamento dos resíduos que são gerados.

6.5 CONCLUSÃO

No presente estudo, a obtenção da estimativa de consumo de cimento e tijolos na atividade de construção civil informal (produto) pode ser utilizada, posteriormente, como um elemento chave para a gestão dos recursos naturais não renováveis e no planejamento da gestão

de RCD em áreas de vulnerabilidade social, o que poderá fornecer as prefeituras e aos órgãos fiscalizadores uma forma de controlar a geração de RCD por atividades informais, possibilitando a redução dos impactos ambientais. Portanto, as pegadas desenvolvidas neste estudo podem ser utilizadas como indicador de desperdício, tanto em relação ao seu volume apropriado (consumido), como em relação aos impactos ambientais relacionados a geração de resíduos onde ocorre a pegada.

Conforme os dados obtidos, observar-se que em todos os serviços ocorreram diferenças em relação a quantidade previamente orçada e a executada, o que representou tanto perdas como não conformidades da quantidade de material utilizados. De modo geral, foi observado que estas ocorrências poderiam ter sido evitadas, caso tivessem sido tomados ações de gerenciamento, ao receber, estocar, manusear e utilizar os materiais ao longo da produção.

Sugere-se para estudos futuros, que seja realizado não só o orçamento da quantidade de cimento e tijolos, mas também dos custos dos quantitativos de materiais, a fim de verificar mais profundamente a sustentabilidade econômica da obra. Com isso, poderão ser verificadas as diferenças de custos do orçado com o executado.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ALEX, J.; DHANALAKSHMI, J.; AMBEDKAR, B. Experimental investigation on rice husk ash as cement replacement on concrete production. **Construction and Building Materials**, v. 127, p. 353-362, 2016.

AGOPYAN, V.; SOUZA, U. D.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. D. Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra. **Coletânea Habitare**, v. 2, p. 226-249, 1998.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Setor. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em < <http://portal.anicer.com.br/setor/> >. Acesso em 14/12/2021.

BERNI, M. D.; BAJAY, S. V.; GORLA, F. D. Oportunidades de eficiência energética na indústria: relatório setorial do setor cerâmico. Brasília. **CNI (National Confederation of Industry)**. 75 p. 2010.

BERTINO, G.; KISSER, J.; ZEILINGER, J.; LANGERGRABER, G.; FISCHER, T.; ÖSTERREICHER, D. Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials. **Applied Sciences**, v. 11, n. 3, p. 939, 2021.

BRASIL. Decreto nº 7.983, de 8 de abril de 2013. Estabelece regras e critérios para elaboração do orçamento de referência de obras e serviços de engenharia, contratados e executados com recursos dos orçamentos da União, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 8 de abril de 2013.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Caderno Técnico do Serviço - Alvenaria Estrutural - Blocos Cerâmicos. Lote 1 – Habitação, Fundações e Estruturas. Versão: v-002, 2017.

CASTRO, A. L. D.; SANTOS, R. F. C. D.; GONÇALVES, K. M.; QUARCIONI, V. A. Caracterização de cimentos compostos com resíduo da indústria de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 63, p. 65-76, 2017.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 05 de julho de 2002.

DA VEIGA, S. A. Análise Da Importância Da Logística Lean Para a Construção Civil. **Interação-Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 20, n. 2, p. 18-33, 2018.

FORMOSO, C. T.; INO, A. Inovação, gestão da qualidade & produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional. 2003.

HANSEN, DON R.; MOWEN, MARYANNE M. **Gestão de custos: contabilidade e controle**. São Paulo: Pioneira, 2001.

HOEKSTRA, A.Y., CHAPAGAIN, A. K., ALDAYA, M. M., MEKONNEN, M. M. **The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard**. London: Earthscan, UK, 2011.

HOLANDA, R. M.; DA SILVA, B. B. Cerâmica Vermelha–Desperdício na Construção Versus Recurso Natural Não Renovável: Estudo de Caso nos Municípios de Paudalho/PE e Recife/PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 4, p. 872-890, 2012.

HUSSAIN, A. Waste Management of building materials for sustainable development **American Journal of Engineering Research (AJER)**, v. 4, n. 12, p. 143-148, 2015.

HUSSAIN, J.; KHAN, A.; ZHOU, K. The impact of natural resource depletion on energy use and CO₂ emission in Belt & Road Initiative countries: a cross-country analysis. **Energy**, v. 199, p. 117409, 2020.

IDROGO, A. A. A.; DA CUNHA, B. M. C.; ACUÑA, G. S. Estudo sobre os desperdícios presentes no processo de fabricação de telhas em uma indústria de cerâmica vermelha. **Brazilian Journal of Business**, v. 1, n. 3, p. 1087-1103, 2019.

IRFAN, M.; ELAVARASAN, R. M.; HAO, Y., FENG, M.; SAILAN, D. An assessment of consumers' willingness to utilize solar energy in China: End-users' perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 292, p. 126008, 2021.

PACHECO, D. A., GODINHO, H., TEN CATEN, C., & JUNG, C. F. Redução do impacto ambiental na produção de cerâmicas: implicações e análise de investimentos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19(3), p. 112-123, 2015.

JINGKUANG, L.; YOUSONG, W.; YIYONG, L. A model for quantification of construction waste in new residential buildings in Pearl River Delta of china. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 6, p. 398-403, 2012.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. 113 f. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LI, X.; QIN, D.; HU, Y.; AHMAD, W.; AHMAD, A.; ASLAM, F.; JOYKLAD, P. A systematic review of waste materials in cement-based composites for construction applications. **Journal of Building Engineering**, v. 45, p. 103447, 2022.

LINARD, Z. Ú. S. DE A.; KHAN, A. S.; LIMA, P. V. P. Percepções dos impactos ambientais da indústria de cerâmica no município de Crato estado do Ceará, Brasil. **Economía, sociedad y territorio**, v. 15, n. 48, p. 397-423, 2015.

LORDSLEEM JR., A. C.; PÓVOAS, Y. E CARVALHO, J. Revestimento em argamassa projetada: Estudo de caso na Cidade do Recife-PE. In: **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Anais. Maceió: ENTAC, 2750-2759 (2014).

LOWEN, E. M.; NAGALLI, A. Pequenos geradores de resíduos da construção civil: prefeituras municipais e a disponibilização de informações. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 15, p. 43-50, 2020.

LV, J.; GU, F.; ZHANG, W.; GUO, J. Life cycle assessment and life cycle costing of sanitary ware manufacturing: A case study in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 238, p. 117938, 2019.

MAMATHA, P.; NARAYANA, D. S. M. V.; KUMAR, T. Naresh. To evaluate the mechanical & durability properties of nano sugarcane bagasse ash in cement concrete. **Int. J. Sci. Res. Sci. Technol**, v. 3, n. 8, p. 425-430, 2017.

MATTOS, A. D. **PLANEJAMENTO E CONTROLE DE OBRAS**. São Paulo: PINI, 1^a Ed., p. 420, 2010.

MORAND, F. G. **Estudo das principais aplicações dos resíduos de obra como materiais de construção**. 2016. 104 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

ÖZBAY, E.; ERDEMİR, M.; DURMUŞ, H. İ. Utilization and efficiency of ground granulated blast furnace slag on concrete properties—A review. **Construction and Building Materials**, v. 105, p. 423-434, 2016.

PINTO, T. De volta à questão do desperdício. **Construção**. São Paulo, n.271, p.34- 35, dez. 1995.

PAZ, D.H.F. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos da construção e demolição**. 2019. 288 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

PEDRO, D.; BRITO, J. DE; EVANGELISTA, L.; BRAVO, M. Technical Specification Proposal for Use of High-Performance Recycled Concrete Aggregates in High Performance Concrete Production. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 30, p. 1-1, 2018.

RAZZAQ, A.; AJAZ, T.; LI, J. C.; IRFAN, M.; SUKSATAN, W. Investigating the asymmetric linkages between infrastructure development, green innovation, and consumption-based material footprint: Novel empirical estimations from highly resource-consuming economies. **Resources Policy**, v. 74, p. 102302, 2021.

RUBENSTEIN, Madeleine. Emissions from the cement industry. **State of the Planet**, 2012.

SANDEEP L. H.; MOHIT K. A.; RUPESH V. G.; DNYANESHWAR R. G.; VIKAS V. W. Effect of molarity on geopolymer concrete. **International Journal of Advance Research in Science and Engineering**. v. 5, n. 1, p. 237-241, 2016.

SANTOS, D.S. **Diagnóstico da gestão dos resíduos de construção e demolição e seus impactos ambientais no município de Jaboatão dos Guararapes/PE**. 2015. 166 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

SANTOS, D. R.; MORAIS, G. A. T.; LORDSLEEM JR, A. C. Parâmetros de referência para perdas e consumo da tecnologia de revestimento com aplicação projetada de argamassa: Estudos de casos. **Revista de Engenharia Civil**, n. 54, p. 46-53, 2018.

SANTOS, K. S. S.; DE MORAES, M. S.; BEZERRA, S. G.; CAVALCANTE, L.B. Apropriação de índices de serviços de escavação com retroescavadeira e análise comparativa com dados da tabela SINAPI. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 6, n. 3, p. 147-147, 2021.

SINAPI – SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTO E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Catálogo de Composições Analíticas, 2021. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 15 jan. 2022.

SOILBEMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edifícios: sua incidência e controle**. 1993. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

TEJA, K. V.; SAI, P. P.; MEENA, T. Investigation on the behaviour of ternary blended concrete with scba and sf. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2017. p. 032012.

WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint: reducing human impact on the Earth**. 6. ed. p.160. Canada: New Society Publisher, 1996.

WU, Z.; YU, A.T.W.; SHEN, L.; LIU, G. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste management**, v. 34, p. 1683-1692, 2014.

YE, G.; YUAN, H.; SHEN, L.; WANG, H. Simulating effects of management measures on the improvement of the environmental performance of construction waste management. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 62, p. 56–63, 2012.

YEHEYIS, M.; HEWAGE, K.; ALAM, M. S.; ESKICIOGLU, C.; SADIQ, R. 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.

YÜCENUR, G. N.; ŞENOL, K. Sequential SWARA and fuzzy VIKOR methods in elimination of waste and creation of lean construction processes. **Journal of Building Engineering**, v. 44, p. 103196, 2021.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSÃO (GERAL)

Neste capítulo, são expostos os esforços de conclusão deste trabalho buscando avaliar se os objetivos propostos foram alcançados, e por fim evidenciar as limitações desta pesquisa e as recomendações para futuras pesquisas acerca do tema investigado.

Diante da busca por uma melhor gestão dos RCD, em virtude do crescente geração de resíduos e o desperdício de materiais de construção, o presente estudo abordou a problemática dos RCD provenientes de construções informais, em áreas de morro na cidade de Recife-PE, com intuito de levantar informações consistentes sobre o assunto, contribuir para a melhoria da gestão desses resíduos e subsidiar políticas públicas que viabilizem a inclusão de medidas de caráter preventivo e no planejamento urbano dessas áreas.

Dentro dos objetivos propostos da pesquisa, o objetivo geral de estabelecer índice de geração de resíduos de cimento e tijolos cerâmicos para edificações informais e avaliar os impactos decorrentes da deposição irregular de RCD em áreas de vulnerabilidade socioambiental, apesar da limitação apresentada em termos de dados, permitiu avaliar de forma mais aprofundada os desafios da gestão integrada em obras informais, em especial em áreas de vulnerabilidade socioambiental.

Existem visíveis impasses em quantificar as quantidades de RCD produzidas em obras informais, por falta de dados disponíveis e metodologias de fácil aplicação dentro da realidade desses canteiros de obras. A falta de dados impossibilitou a criação de um índice geral confiável, porém os índices encontrados fornecem faixas de valores que dão alguma orientação em um contexto onde não há dados referentes a obras informais. Também permitiu compreender a relevância deste tipo de estudo em obras informais e da necessidade de métodos que possam gerar parâmetros avaliativos para os diversos setores da construção, incluindo obras informais. Ou seja, mais estudos são necessários e bem-vindos.

Como conclusões a respeito dos objetivos específicos da pesquisa;

- O mapeamento dos pontos de deposição irregular de RCD proporcionou a caracterização dos cenários de descarte e interpretação das feições urbanas verificados em cada ponto de disposição irregular, onde foram observadas as tipologias do local de descarte, os volumes que estavam depositados e os impactos decorrentes destes. Foram identificados 85 pontos de deposição irregular de RCD nas cinco regiões estudadas, situados em áreas públicas, vias de trânsito, calçadas, próximo a canais de drenagem e

rede de esgoto, o que provoca impactos de ordem ambiental, social e econômico. Esta realidade pode estar relacionada a diversos fatores, como a falta de conscientização dos geradores, a falta de efetividade de ações por parte dos órgãos responsáveis pela fiscalização e gerenciamento, a falta de infraestrutura urbana e baixa quantidade e distribuição de Ecoestações.

- Como forma de minimizar a problemática relacionada aos pontos de deposição irregular de RCD nas regiões estudadas, tem-se como sugestão a disponibilização, por parte do poder público, de um maior número de pontos de entregas voluntárias (PEV) distribuídos em pontos estratégicos nos bairros para a correta destinação destes materiais. Outro ponto que pode ser desenvolvido são os programas de educação ambiental que devem ser mais efetivos nos bairros, para que os moradores criem o hábito de destinar corretamente os RCD ou reaproveitar os resíduos no próprio canteiro de obras.
- Em relação aos impactos ambientais, foi possível verificar que a falta de gerenciamento adequado dos RCD pode impactar o meio ambiente de forma negativa. A matriz de Leopold apontou que as deposições irregulares não afetam apenas as condições do meio biótico e físico, mas principalmente o meio social e econômico, gerando poluição visual, aumento de volume de resíduos em aterro e o aumento nas despesas públicas. Vale ressaltar, que a população local é a mais prejudicada, principalmente porque por se tratar de um resíduo inerte o RCD permanece no local por muito tempo, sendo atração para outros tipos de resíduos, proliferação de vetores de doenças, o que afeta diretamente a saúde pública.
- A proposta de desenvolvimento das pegadas, de um modo geral, foi atingida através da mensuração do consumo de cimento e cerâmica vermelha, a partir do comparativo entre os materiais orçado e o consumo real de todos os serviços realizados até a finalização do produto (obra). Os indicadores propostos parecem proporcionar uma maneira simples e consistente de medir e controlar as quantidades de materiais desperdiçados em uma obra, porém ainda existe a necessidade de se aprimorar e aperfeiçoar o indicador, decorrente de limitações percebidas no decorrer da pesquisa.

Por fim, para os estudos futuros, propõe-se:

- Desenvolver pesquisas adicionais sobre a geração de resíduos em obras informais, em especial estudos de métodos específicos para quantificação de resíduos em obras informais, com vistas a conhecer melhor este aspecto pouco explorado nos estudos sobre os RCD.
- Quantificar os RCD em cada ponto mapeado, de forma que se obtenha a geração de RCD por ponto de deposição irregular. Com essa informação será possível comparar os pontos monitorados com os resíduos gerados nas obras analisadas.
- Sugere-se ainda o aprimoramento das pegadas que foram desenvolvidas nesse presente trabalho para a mensuração dos RCD em obras.

APÊNDICE A – Formulários



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

FORMULÁRIO OBRAS INFORMAIS

Data: ____ / ____ / ____ Questionário N° ____

IDENTIFICAÇÃO

Nome: _____

Endereço: _____

O entrevistado é responsável pelo domicílio (obra)? _____

Nº de pessoas residentes na casa: _____

SOBRE A OBRA

1 - Tipo da obra

() Residencial

() Comercial

() Industrial

2 – Classificação da obra

() Obra Nova

() Ampliação

() Reforma

() Reforma e/ou Ampliação com reforço estrutura

3 - Existe algum projeto da construção/reforma? () Sim () Não

4 - Existe alguma licença para a obra? () Sim () Não

5 - Prazo total de execução da obra (em meses): _____

6 - área total construída da obra (m²) _____

7 - Qual principal tipo de mão de obra usado na construção/reforma?

() Pedreiros contratados

() Construtora

() Ajuda de amigos e parentes

() Outra(s) forma(s) de mão de obra. Qual?

8 - Haverá serviços de demolições?

() Não

() Sim: () Manual () Mecânica

9 - Qual os principais tipos de material utilizado na construção/reforma?

- Quantidade de **tijolos** comprados _____

Percentual de tijolos perdidos _____

Previsto no projeto e o que realmente foi executado _____

- Quantidade de **telhas** comprados _____

Percentual de telhas perdidas _____

Previsto no projeto e o que realmente foi executado _____

- Quantidade de **Cimento** comprados _____

Percentual de cimento perdido _____

Previsto no projeto e o que realmente foi executado _____

SOBRE O RESÍDUO DA CONSTRUÇÃO / REFORMA

10 - É gerado resíduo na obra? Se sim, quanto de resíduo é gerado?

() Não () Sim, quanto? _____

11- Qual a destinação do entulho da obra?

ANEXO A - Ficha de verificação de impactos ambientais decorrentes da deposição de RCD

Ficha de verificação de impactos ambientais decorrentes da deposição de RCD

Impactos ambientais

- Meio Físico

Componente	Característica	Impactos					
		Magnitude			Importância		
		1	3	5	1	3	5
Solo	Contaminação do solo						
	Intensificação processos erosivos						
	Alteração das propriedades físicas e/ ou químicas						
Água	Alteração na qualidade das águas superficiais						
	Assoreamento de cursos de água / canais de drenagem						
	Contaminação água subterrâneas						
Ar	Deterioração da qualidade do ar						
	poluição sonora						

- Meio biótico

Componente	Característica	Impactos					
		Magnitude			Importância		
		1	3	5	1	3	5
Flora	Interferência na flora local						
Fauna	Interferência na fauna						

- Meio antrópico

Componente	Característica	Impactos					
		Magnitude			Importância		
		1	3	5	1	3	5
Social	Poluição visual						
	Alteração nas condições de saúde/sanitária						
	Incomodo para comunidade						
	Interferência drenagem urbana						
	Risco de acidentes						
	Alteração de tráfego nas vias locais						
Econômico	Pressão sobre serviços urbanos						
	Aumento volume de resíduos em aterro						
	Aumento nas despesas públicas						

ANEXO B - Matriz de Leopold

Ação: Deposição Irregular de RCD																										
ASPECTOS																										
IMPACTOS	PESO		PESO		PESO		PESO		PESO		PESO		PESO		PESO		PESO		PESO		MEDIA		Índice	Significância		
	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância	magnitude	importância		Mag x Imp	PS/S/MS			
Contaminação do solo	1	3	1	3	1	5	1	3														1,4	3,4	4,76	PS	
Intensificação processos erosivos							1	3															2,3	4,3	9,89	S
Alteração das propriedades físicas e/ ou químicas					3	5																	3	4	12	S
Alteração na qualidade das águas superficiais	3	3	3	3	3	5	3	3			3	3											3	3,4	10,2	S
Assoreamento de cursos de água / canais de drenagem	3	5					3	5															3	5	15	MS
Contaminação água subterrâneas					1	5																	2	4	8	S
Deterioração da qualidade do ar					1	3					3	3											2	3	6	PS
poluição sonora																							1	3	3	PS
Interferência na flora local																							2	3	6	PS
Interferência na fauna																							1	2	2	PS
Poluição visual	1	3	1	3	1	3	1	3	3	5													1,85	3,57	6,6	S
Alteração nas condições de saúde/sanitária					1	3					3	5	3	3									2,5	4	10	S
Incomodo para comunidade	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5													2,6	4,6	11,95	MS
Interferencia drenagem urbana	1	3					1	3	3	5													1,5	4	6	S
Risco de acidentes	1	3					1	3	1	5													1	3,4	3,4	PS
Alteração de tráfego nas vias locais	3	3					3	3	3	3													3	3	9	S
Pressão sobre serviços urbanos	3	3																					3	4,3	12,9	MS
Aumento volume de resíduos em aterro	3	5	3	5	3	5	3	5															3	5	15	MS
Aumento nas despesas públicas	3	5	3	5	3	5	3	5															3	5	15	MS

ANEXO C – Orçamentos

EDIFICAÇÃO 01 - alto José pinho										
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA		TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3		UND	KG
ALVENARIA						1,89	0,01		27,93	1,68
PAREDES	2,00	18,00	2,70	8,49	88,71	167,37	0,99		2.477,67	148,77
	4,00	2,30	2,70	0,80	24,04	45,36	0,27		671,44	40,32
	2,00	4,00	2,70	1,47	20,13	37,98	0,22		562,23	33,76
	1,00	3,00	2,70		8,10	15,28	0,09		226,23	13,58
SUB-TOTAL =					140,98	265,99	1,58	-	3.937,57	236,43
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA			CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3			KG
CHAPISCO						1,7750	0,0039			
ÁREA DE ALVENARIA					140,98	250,25	0,56			
EMBOÇO+REBOCO	SNP-87369					7,36	0,04			6,55
ÁREA DE ALVENARIA					140,98	1.038,22	6,15			922,88
SUB-TOTAL =					281,96	1.288,47	6,71	-	-	922,88
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA PISO (M2)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		KG	M3	M3		
CONCRETO MAGRO 5CM	SNP-94968					10,672655	0,041625	0,029105		
ÁREA					90,00	960,54	3,75	2,62		
CONTRAPISO 5CM	SNP-87372					28,1795	0,0625			
ÁREA					90,00	2.536,16	5,63			
SUB-TOTAL =						3.496,69	9,37	2,62	-	-
						CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1	TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
						KG	M3	M3	UND	KG
TOTAL DOS MATERIAIS						5.051,15	17,65	2,62	3.937,57	1.159,31
					SACOS	101,02				23,19

EDIFICAÇÃO 2 - (1º PAVIMENTO - MERCADINHO)										
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			VOLUME CONCRETO (M3)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		KG	M3	M3		
ESTRUTURA						362,66	0,72	0,59		
SAPATA	10,00	0,80	0,80	0,30	1,92	696,30	1,39	1,14		-
PILAR	10,00	0,25	0,25	2,60	1,63	589,32	1,17	0,96		-
VIGAS	2,00	8,00	0,15	0,30	0,72	261,11	0,52	0,43		-
	2,00	6,30	0,15	0,30	0,57	205,63	0,41	0,34		-
	1,00	2,90	0,15	0,30	0,13	47,33	0,09	0,08		-
	1,00	1,60	0,15	0,30	0,07	26,11	0,05	0,04		-
	1,00	1,00	0,15	0,30	0,05	16,32	0,03	0,03		-
	1,00	1,50	0,15	0,30	0,07	24,48	0,05	0,04		-
	1,00	2,90	0,15	0,30	0,13	47,33	0,09	0,08		-
	1,00	2,50	0,15	0,30	0,11	40,80	0,08	0,07		-
SUB-TOTAL =					3,47	1.954,73	2,51	2,06		
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA		TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3		UND	KG
ALVENARIA						1,89	0,01		27,93	1,68
PAREDES	2,00	8,00	2,30	-	36,80	69,43	0,41		1.027,82	61,72
	1,00	6,05	2,30	7,87	6,05	11,41	0,07		168,98	10,15
	1,00	6,05	2,30	1,68	12,24	23,08	0,14		341,72	20,52
	1,00	2,90	2,30	-	6,67	12,58	0,07		186,29	11,19
	1,00	1,60	2,30	-	3,68	6,94	0,04		102,78	6,17
	1,00	1,00	2,30	-	2,30	4,34	0,03		64,24	3,86
	1,00	1,50	2,30	-	3,45	6,51	0,04		96,36	5,79
	1,00	2,90	2,30	-	6,67	12,58	0,07		186,29	11,19
	1,00	2,50	2,30	1,10	4,65	8,77	0,05		129,87	7,80
SUB-TOTAL =					82,51	155,66	0,92		2.304,36	138,37
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA			CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3			KG
CHAPISCO						1,7750	0,0039			
ÁREA DE ALVENARIA					165,01	292,90	0,65			
EMBOÇO+REBOCO	SNP-87369					7,36	0,04			6,55
ÁREA DE ALVENARIA					165,01	1.215,19	7,20			1.080,18
SUB-TOTAL =					330,02	1.508,09	7,85			1.080,18
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA PISO (M2)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		KG	M3	M3		
CONCRETO MAGRO 5CM	SNP-94968					10,672655	0,041625	0,029105		
ÁREA					48,00	512,29	2,00	1,40		
CONTRAPISO 5CM	SNP-87372					28,1795	0,0625			
ÁREA					48,00	1.352,62	3,00			
SUB-TOTAL =						1.864,90	5,00	1,40		
						CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1	TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
						KG	M3	M3	UND	KG
TOTAL DOS MATERIAIS						5.483,38	16,28	3,46	2.304,36	1.218,55
					SACOS	109,67				24,37

EDIFICAÇÃO 3 - MANGABEIRA										
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			VOLUME CONCRETO (M3)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		M3	KG	M3	M3	
ESTRUTURA						362,66	0,72	0,59		
SAPATA	18,00	0,80	0,80	0,30	3,46	1.253,35	2,50	2,05		-
PILAR	18,00	0,25	0,25	2,60	2,93	1.060,77	2,11	1,74		-
VIGAS	2,00	22,00	0,15	0,30	1,98	718,06	1,43	1,17		-
	6,00	6,50	0,15	0,30	1,76	636,46	1,27	1,04		-
	1,00	2,00	0,15	0,30	0,09	32,64	0,07	0,05		-
LAJE (CAPEAMENTO)	1,00	22,50	6,00	0,08	10,80	3.916,71	7,81	6,41		-
SUB-TOTAL =					6,75	7.617,99	4,88	4,01		
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA		TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3		UND	KG
ALVENARIA						1,89	0,01		27,93	1,68
PAREDES	3,00	22,00	2,60	10,41	161,19	304,12	1,80		4.502,04	270,33
	10,00	6,50	2,60	8,70	160,30	302,44	1,79		4.477,18	268,83
	1,00	2,00	2,60		5,20	9,81	0,06		145,24	8,72
SUB-TOTAL =					326,69	616,36	3,65	-	9.124,45	547,88
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA			CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3			KG
CHAPISCO						1,7750	0,0039			
ÁREA DE ALVENARIA					653,38	1.159,78	2,58			
EMBOÇO+REBOCO	SNP-87369					7,36	0,04			6,55
ÁREA DE					653,38	4.811,71	28,50			4.277,13
SUB-TOTAL =					1.306,76	5.971,49	31,08	-	-	4.277,13
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA PISO (M2)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		KG	M3	M3		
CONCRETO MAGRO 5CM	SNP-94968					10,672655	0,041625	0,029105		
ÁREA					135,00	1.440,81	5,62	3,93		
CONTRAPISO 5CM	SNP-87372					28,1795	0,0625			
ÁREA					135,00	3.804,23	8,44			
SUB-TOTAL =						5.245,04	14,06	3,93	-	-
						CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1	TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
						KG	M3	M3	UND	KG
TOTAL DOS MATERIAIS						19.450,89	53,66	7,93	9.124,45	4.825,01
					SACOS	389,02				96,50

EDIFICAÇÃO 4 - 1º PAVIMENTO										
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			VOLUME CONCRETO (M3)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		M3	KG	M3	M3	
ESTRUTURA						362,66	0,72	0,59		
SAPATA	14,00	0,80	0,80	0,30	2,69	974,82	1,94	1,60		-
PILAR	14,00	0,20	0,10	2,80	0,78	284,32	0,57	0,47		-
VIGAS	2,00	13,36	0,10	0,20	0,53	193,80	0,39	0,32		-
	1,00	10,36	0,10	0,20	0,21	75,14	0,15	0,12		-
	6,00	6,19	0,10	0,20	0,74	269,38	0,54	0,44		-
SUB-TOTAL =					4,96	1.797,48	3,58	2,94		
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA		TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
		M	M	M2		M2	KG	M3		UND
ALVENARIA						1,89	0,01		27,93	1,68
PAREDES	3,00	10,36	2,60	- 5,46	86,27	162,76	0,96		2.409,47	144,68
	5,00	3,50	2,60	- 4,62	50,12	94,56	0,56		1.399,85	84,05
	3,00	1,85	2,60	-	14,43	27,23	0,16		403,03	24,20
	1,00	1,00	2,60	-	2,60	4,91	0,03		72,62	4,36
SUB-TOTAL =					153,42	289,45	1,71	-	4.284,96	257,29
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA			CAL HIDRATADA
		M	M	M2		M2	KG	M3		
CHAPISCO						1,7750	0,0039			
ÁREA DE ALVENARIA					306,84	544,65	1,21			
EMBOÇO+REBOCO	SNP-87369					7,36	0,04			6,55
ÁREA DE ALVENARIA					306,84	2.259,64	13,38			2.008,60
SUB-TOTAL =					613,67	2.804,29	14,59	-	-	2.008,60
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA PISO (M2)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		M2	KG	M3	M3	
CONCRETO MAGRO 5CM	SNP-94968					10,672655	0,041625	0,029105		
ÁREA					119,00	1.270,05	4,95	3,46		
CONTRAPISO 5CM	SNP-87372					28,1795	0,0625			
ÁREA					119,00	3.353,36	7,44			
SUB-TOTAL =						4.623,41	12,39	3,46	-	-
						CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA		TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
						KG	M3		UND	KG
TOTAL DOS MATERIAIS						9.514,63	32,28	6,40	4.284,96	2.265,89
					SACOS	190,29				45,32

EDIFICAÇÃO 5 - SUB-SOLO (AV. VASCO DA GAMA)										
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			VOLUME CONCRETO (M3)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		M3	KG	M3	M3	
ESTRUTURA						362,66	0,72	0,59		
SAPATA	7,00	0,60	0,60	0,30	0,76	274,17	0,55	0,45		-
PILAR	7,00	0,20	0,10	2,80	0,39	142,16	0,28	0,23		
VIGAS	3,00	4,00	0,10	0,20	0,24	87,04	0,17	0,14		-
	3,00	3,50	0,10	0,20	0,21	76,16	0,15	0,12		-
LAJE (CAPEAMENTO)	1,00	4,00	3,50	0,08	1,12	406,18	0,81	0,66		-
SUB-TOTAL =					2,72	985,70	1,96	1,61		
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 87504)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA		TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3		UND	KG
ALVENARIA						1,89	0,01		27,93	1,68
PAREDES	2,00	4,00	2,60	3,36	24,16	45,58	0,27		674,79	40,52
	2,00	3,50	2,60	0,80	17,40	32,83	0,19		485,98	29,18
SUB-TOTAL =					41,56	78,41	0,46		1.160,77	69,70
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA ALVENARIA	MATERIAIS (CÓD. SINAPI)				
		COMP.	ALTURA	DESCONTO VÃOS		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA			CAL HIDRATADA
		M	M	M2		KG	M3			KG
CHAPISCO						1,7750	0,0039			
ÁREA DE ALVENARIA					83,12	147,54	0,33			
EMBOÇO+REBOCO	SNP-87369					7,36	0,04			6,55
ÁREA DE ALVENARIA					83,12	612,12	3,63			544,12
SUB-TOTAL =					166,24	759,67	3,95			544,12
TIPO ESTRUTURA	QUANT.	DIMENSÕES			ÁREA PISO (M2)	MATERIAIS (CÓD. SINAPI - 94965)				
		COMP.	LARGURA	ALTURA		CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1		
		M	M	M		KG	M3	M3		
CONCRETO MAGRO 5CM	SNP-94968					10,672655	0,041625	0,029105		
ÁREA					14,00	149,42	0,58	0,41		
CONTRAPISO 5CM	SNP-87372					28,1795	0,0625			
ÁREA					14,00	394,51	0,88			
SUB-TOTAL =						543,93	1,46	0,41		
						CIMENTO PORTLAND	AREIA MÉDIA	BRITA 1	TIJOLO 9X19X19CM	CAL HIDRATADA
						KG	M3	M3	UND	KG
TOTAL DOS MATERIAIS						2.367,71	7,84	2,02	1.160,77	613,82
					SACOS	47,35				12,28