

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA, ESTRUTURAS  
E CONSTRUÇÃO CIVIL

**PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DO  
RESÍDUO SÓLIDO DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO – ESTUDO DE CASOS GOIANOS**

**PEDRO HENRIQUE GONÇALVES**

D0086C13  
GOIÂNIA  
2013

PEDRO HENRIQUE GONÇALVES

**PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DO  
RESÍDUO SÓLIDO DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO – ESTUDO DE CASOS GOIANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>. Maria Carolina G. de O. Brandstetter

D0086C13

GOIÂNIA

2013

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)  
GPT/BC/UFG**

G635p Gonçalves, Pedro Henrique.  
Planejamento e gerenciamento do resíduo sólido de construção e demolição – estudo de casos goianos [manuscrito] / Pedro Henrique Gonçalves. - 2013.  
126 f. : il.

Orientador (a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, 2013.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, abreviaturas, siglas e tabelas.

Apêndices.

1. Construção civil – Gestão de resíduos 2. Construção civil – Perdas de materiais 3. Sustentabilidade 4. Edificações  
I. Título.

CDU: 624.012.3:628.4

PEDRO HENRIQUE GONÇALVES

**PLANEJAMENTO E GERENCIAMENTO DO RESÍDUO SÓLIDO DE CONSTRUÇÃO E  
DEMOLIÇÃO – ESTUDO DE CASOS GOIANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

---

Profª Drª Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter  
Universidade Federal de Goiás

---

Profª Drª Helena Carasek Cascudo  
Universidade Federal de Goiás

---

Profª Drª Michele Tereza Marques Carvalho  
Universidade de Brasília

Dedico este trabalho aos meus pais, Luiz Vitalino e Elza Helena, que me ensinaram a perseguir meus ideais com dedicação e coragem. Minhas referências de vida.

## AGRADECIMENTOS

“...nossas lembranças permanecem coletivas, e elas nos são lembradas pelos outros, mesmo que se trate de acontecimentos nos quais só nós estivemos envolvidos, e com objetivos que só nós vimos. É porque, em realidade, nunca estamos sós” (HALBWACHS, 1990, p.26). Reservo este espaço para reconhecer e agradecer a todos aqueles que contribuíram para a redação final deste texto.

À querida orientadora e amiga Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter, pelo entusiasmo, pelo incentivo e pelas muitas horas de leitura que dedicou ao texto desta dissertação.

Aos meus amados pais, pelo total apoio e amor.

À amada Larissa Mitie, pela paciência e carinho.

À CAPES, pela bolsa de estudos proporcionada de fundamental importância a todos os mestrandos.

Aos professores da Construção Civil do Programa de Pós-Graduação GECON – UFG, Professoras Helena Carasek, Tatiana Gondim e Professor Oswaldo Cascudo, pelos ensinamentos de suas disciplinas.

Às empresas em que realizei minha pesquisa, por terem me acolhido e permitido que acompanhasse suas rotinas de trabalho.

À banca examinadora, pelas contribuições fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

E aos amigos do GECON-UFG, em especial a Patrícia Carvalho, pela ajuda, pelas opiniões e pela companhia de sempre.

*“Bastará desemaranhares circunstâncias, que são naturalmente emaranhadas, para organizar verdadeiramente o real. As qualidades do real científico são assim, antes de tudo, funções de nossos métodos racionais.”*

Gaston Bachelard

## RESUMO

A geração de resíduos é inevitável dentro de qualquer processo de produção de bens de consumo. A indústria da construção civil é geradora de grande quantidade de resíduos sólidos, denominados para este setor de Resíduo de Construção e Demolição (RCD). O surgimento de legislação específica sobre a geração de RCD, juntamente com a proibição do encaminhamento dos resíduos a aterros sanitários, contribuem para a valorização dos resíduos, adicionando maior valor econômico ao material de descarte. Decisões adequadas devem ser feitas sobre como os resíduos de construção serão geridos dentro e fora do local de construção, como devem ser usados, reciclados ou depositados, tornando essencial a criação de banco de dados concretos sobre a quantidade, tipo, tempo e lugar de sua geração. Neste contexto, esta pesquisa busca desenvolver e aplicar um plano de gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição, baseado em duas ferramentas internacionais *Waste & Resources Action Programme – WRAP* e *SMARTWASTE*, ambas voltadas para a previsão, controle e quantificação dos resíduos gerados em obras. A pesquisa foi estruturada por meio da condução de dois estudos de caso - uma obra vertical de caráter residencial multipavimentos no Município de Goiânia e uma obra horizontal de habitações de interesse social no Município de Trindade. Entre os resultados obtidos, para a obra horizontal que não possui políticas de gerenciamento de resíduos, houve a interferência na organização do canteiro por parte da pesquisa, e, com a aplicação da metodologia de gerenciamento, houve melhorias quanto à limpeza, organização, porém foram detectadas dificuldades na implantação de outras ações em sua gestão. Na obra vertical, cuja empresa possui a certificação de seus sistemas de gestão integrados, com políticas internas implantadas aos RCD, a metodologia foi aplicada para planejar ações de previsão de redução, controle e quantificação das perdas, alcançando melhores resultados. Por meio da análise dos dados obtidos, os valores obtidos para os indicadores globais de resíduos nos dois casos estudados, 21,79 kg/m<sup>2</sup> e 30,86 kg/m<sup>2</sup>, se aproximaram dos índices apresentados em outros estudos nacionais. Porém, a falta de informações simples como a tipologia das obras e dos sistemas construtivos nos trabalhos encontrados na literatura nacional e internacional impossibilitou a criação de indicadores por classe de resíduos. Isto demonstra a relevância do tema e a necessidade de estudos similares futuros. Com o método proposto, foi possível demonstrar os itens mais significativos na geração de perdas em todas as etapas relacionadas à obra e auxiliar os gestores na criação de ações que reduzam as principais fontes de perdas, tendo não apenas benefícios financeiros, mas também preservação do meio ambiente, melhor imagem frente aos concorrentes e qualidade na obra.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Edificações. Gestão de resíduos. Perdas.

## ABSTRACT

The waste generation is inevitable in any process of consumer goods production. The construction industry generates large quantities of solid waste, called for this sector of Construction and Demolition Waste (CDW). The emergence of specific legislation on the generation of CDW, along with the prohibition of referring waste to landfills, contributing to the recovery of waste, adding greater economic value to the waste material. Appropriate decisions must be made about how the construction waste will be managed in and outside the construction site, they should be used, recycled or deposited, making essential the creation of concrete data on the amount, type, time and place of his generation. In this context, this research seeks to develop and implement a plan for the solid construction and demolition waste management, based on two tools International Waste & Resources Action Programme - WRAP and SMARTWASTE, both aimed at the prediction, control and quantification of waste generated in the works. The research was structured development by conducting two case studies - a work multi floor residential character in the municipality of Goiânia and a horizontal piece of social housing in the city of Trindade. Among the preliminary results for the horizontal piece that has no waste management policies, there was interference in the organization of the construction site by the research, and the application of management methodology, there were improvements for cleanliness, organization, however experience difficulties in the implementation of other actions in its management. The second case, whose company possessing certification of its integrated management systems, already have internal policies related to RCD implemented , the methodology was applied to plan actions forecast to reduce, control and quantification of wastes, achieving better results. Through data analysis, the values obtained for the global waste indicators in the two cases, 21.79 and 30.86 kg/m<sup>2</sup>, approached with the indices presented in other national studies. But the lack of simple information such as the typology of works and construction systems of national and international literature prevented the creation of indicators by class of waste. This demonstrates the importance of the topic and the need for future similar studies. With the proposed method, it was possible to demonstrate the most significant items in the waste generation in all stages related to work and assist managers in creating actions that reduce the main sources of wastes, having not only financial benefits, but also preservation of the environment, better picture quality and against competitors in the work.

**Key-words:** Sustainability. Buildings. Waste management. Wastes.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....	21
FIGURA 2.1 - NÍVEIS DE SUSTENTABILIDADE (TAM, 2008) .....	22
FIGURA 2.2 - QUANTIDADE DE RCD GERADOS DE 1995 ATÉ 2005 NO JAPÃO (CIB, 2011).....	24
FIGURA 2.3 - EVOLUÇÃO DA RECICLAGEM NO JAPÃO (CIB, 2011) .....	24
FIGURA 2.4 - TOTAL DOS RESÍDUOS GERADOS NOS EUA NA ÚLTIMA DÉCADA (CIB, 2011).....	27
FIGURA 2.5 - INDICAÇÃO GENÉRICA DE POSSÍVEIS INCIDÊNCIAS E ORIGEM DE PERDAS (SOUZA, 2005).....	42
FIGURA 2.6 - FLUXO DE ENERGIA NO PROCESSO GERAL DE RECICLAGEM DE MATERIAIS (YUAN <i>ET AL.</i> , 2011) .....	44
FIGURA 2.7 - INFLUÊNCIA NOS MATERIAIS FEITOS A PARTIR DE RESÍDUOS (CHATEAU, 2007) ....	48
FIGURA 2.8 - PROCESSO DO PGRSCD.....	52
FIGURA 2.9 - ETAPAS DO PGRSCD (LU E YUAN, 2011) .....	53
FIGURA 2.10 - LOGOMARCA DA FERRAMENTA <i>SMARTWASTE (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT LIMITED, 2013)</i> .....	54
FIGURA 2.11 - LOGOMARCA DA FERRAMENTA WRAP (WRAP, 2011) .....	56
FIGURA 2.12 - EXEMPLO DO VIDEO TUTORIAL <i>WRAP SWMP (WRAP, 2011)</i> .....	57
FIGURA 3.1 - FLUXOGRAMA DAS PRINCIPAIS ETAPAS DA PESQUISA .....	62
FIGURA 3.2 - AMOSTRA DO ENVIO DOS QUESTIONÁRIOS NO TERRITÓRIO NACIONAL.....	63
FIGURA 3.3 - PRODUTO COMERCIAL DO CASO A .....	64
FIGURA 3.4 – PLANTA DA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL - ESTUDO DE CASO A .....	65
FIGURA 3.5 - ILUSTRAÇÃO DA FACHADA DO ESTUDO DE CASO B.....	65
FIGURA 3.6 – PLANTA DA UNIDADE HABITACIONAL - ESTUDO DE CASO B .....	66
FIGURA 3.7 - METODOLOGIA PROPOSTA COM AS ETAPAS DO PGRSCD .....	67
FIGURA 3.8 - PLANILHA DE CADASTRO .....	68
FIGURA 3.9 - PLANILHA DE RESPONSABILIDADES .....	69
FIGURA 3.10 - PLANILHA DE MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS .....	69
FIGURA 3.11 - PLANILHA DE PREVISÃO.....	70
FIGURA 3.12 - PLANILHA DE GERENCIAMENTO .....	71
FIGURA 3.13 - PLANILHA DE DEVERES.....	72
FIGURA 3.14 - PLANILHA DE DADOS DE ENTRADA.....	73
FIGURA 3.15 - PLANILHA DE DADOS DE SAÍDA .....	74
FIGURA 3.16 - BALANÇA UTILIZADA PARA QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS NO ESTUDO DE CASOS	75
FIGURA 3.17 - PLANILHA PARA QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS POR ATIVIDADE .....	76

FIGURA 4.1 - DISTRIBUIÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIOS PELO TERRITÓRIO NACIONAL..	78
FIGURA 4.2 – DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS ANTES E DEPOIS DA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO.....	85
FIGURA 4.3 - PERCENTUAL DOS RESÍDUOS GERADOS POR CLASSE DA OBRA A .....	91
FIGURA 4.4 - QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS EM KG POR SERVIÇO DA OBRA A.....	92
FIGURA 4.5 - EXEMPLO DA TRIAGEM E PESAGEM DO RESÍDUOS.....	93
FIGURA 4.6 - INDICADOR DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA OBRA A.....	94
FIGURA 4.7 - PERCENTUAL DOS RESÍDUOS GERADOS POR CLASSE NA OBRA B .....	100
FIGURA 4.8 - QUANTIDADE DE RESÍDUOS GERADOS EM KG POR SERVIÇO DA OBRA B.....	100
FIGURA 4.9 - INDICADOR DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA OBRA B.....	102
FIGURA 4.10 – DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES SOBRE A GERAÇÃO TOTAL DOS RESÍDUOS PARA NOVAS CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS .....	108
FIGURA 4.11 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES SOBRE A GERAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE A PARA NOVAS CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS .....	109
FIGURA 4.12 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES SOBRE A GERAÇÃO DOS RESÍDUOS CLASSE B PARA NOVAS CONSTRUÇÕES RESIDENCIAIS .....	109
FIGURA 4.13 - ACESSO AO SISTEMA – FERRAMENTAL VIRTUAL .....	111
FIGURA 4.14 - CADASTRO DE RESÍDUOS – FERRAMENTA VIRTUAL.....	113
FIGURA 4.15 - ETAPAS DO PLANEJAMENTO – FERRAMENTA VIRTUAL .....	114
FIGURA 4.16 - EXEMPLOS DE PÁGINAS DO GUIA .....	115

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - VARIAÇÃO DAS TAXAS DE DISPOSIÇÃO (MODIFICADO DE SAOTOME, 2007) .....	31
TABELA 2.2 - QUANTIDADE DE RESÍDUO URBANO GERADO NO BRASIL (ABRELPE, 2013) .....	34
TABELA 2.3 - COMPARAÇÃO DO RCD GERADO EM 2010 E 2013 NO BRASIL (ABRELPE,2013) ..	34
TABELA 2.4 - COMPARAÇÃO DO RCD GERADO EM 2010 E 2012 NO CENTRO OESTE (ABRELPE, 2013).....	35
TABELA 2.5 - COMPARAÇÃO DO RSU X RCD NO BRASIL E CENTRO OESTE .....	35
TABELA 2.6 - RELAÇÃO ENTRE A GERAÇÃO DO RSU E A POPULAÇÃO URBANA NO CENTRO-OESTE (ABRELPE, 2013) .....	35
TABELA 2.7 - RELAÇÃO ENTRE A GERAÇÃO DO RSU NAS CAPITAIS DO CENTRO-OESTE (ABRELPE, 2012) .....	36
TABELA 2.8 - RELAÇÃO RSU E RCD EM GOIÂNIA .....	36
TABELA 2.9 - EXEMPLOS DE PERDAS DE ARGAMASSA, SEGUNDO SUA NATUREZA .....	43
TABELA 2.10 - RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E SEUS NOVOS USOS .....	47
TABELA 2.11 - RESÍDUOS APLICADOS NA CONSTRUÇÃO .....	48
TABELA 2.12 - POR QUÊ, O QUÊ E COMO MEDIR O DESEMPENHO DOS SISTEMAS (COSTA, 2005)	50
TABELA 3.1 - DADOS RELATIVOS ÀS OBRAS SELECIONADAS PARA O ESTUDO DE CASOS DA PESQUISA.....	66
TABELA 4.1 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE OS PRINCIPAIS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	79
TABELA 4.2 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE A EXISTÊNCIA DE PRÁTICAS PARA REDUÇÃO DE RESÍDUOS.....	80
TABELA 4.3 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE A BOA VONTADE EM MINIMIZAR A GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....	81
TABELA 4.4 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS METAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	81
TABELA 4.5 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS AÇÕES NO PGRSCD .	82
TABELA 4.6 - RESULTADO DO QUESTIONÁRIO SOBRE AS DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO PGRSCD .....	83
TABELA 4.7 - RESULTADO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS PRÁTICAS PARA A REDUÇÃO DO RESÍDUO NO PGRSCD .....	84
TABELA 4.8 - DADOS CADASTRAIS .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
TABELA 4.9 - PREVISÃO DE AÇÕES RELACIONADAS AOS RESÍDUOS - OBRA A.....	88
TABELA 4.10 - RESÍDUOS COLETADOS NA OBRA A.....	89

TABELA 4.11 - RESUMO DOS DADOS COLETADOS SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA OBRA A ....	90
TABELA 4.12 - PORCENTAGEM DE DESPERDÍCIO DA OBRA A .....	92
TABELA 4.13 - ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA OBRA A.....	94
TABELA 4.14 - PREVISÃO DE AÇÕES RELACIONADAS AOS RESÍDUOS - OBRA B.....	97
TABELA 4.15 - RESÍDUOS COLETADOS NA OBRA B.....	98
TABELA 4.16 – RESUMO DOS DADOS COLETADOS SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA OBRA B ...	99
TABELA 4.17 - PORCENTAGEM DE DESPERDÍCIO DA OBRA B .....	101
TABELA 4.18 – ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA OBRA B.....	102
TABELA 4.22 - TABELA DE CLASSIFICAÇÃO E LEGENDA DOS RESÍDUOS .....	104
TABELA 4.23 - INDICADORES DE GERAÇÃO DE RCD PARA NOVA CONSTRUÇÃO RESIDENCIAL ....	105

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 O CONTEXTO MUNDIAL NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS .....</b>	<b>23</b>
2.1.1 Japão.....	23
2.1.2 Alemanha.....	25
2.1.3. Estados Unidos da América.....	27
2.1.4. Canadá .....	29
2.1.5. Reino Unido .....	31
<b>2.2 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E a legislação NO BRASIL .....</b>	<b>32</b>
2.2.1 Resolução CONAMA 307/02.....	37
2.2.2 Lei nº 12.305 - Política Nacional dos Resíduos Sólidos .....	39
<b>2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO Civil.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4 GERENCIAMENTO E PERDAS NA CONSTRUÇÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>2.5 VIABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE MATERIAIS .....</b>	<b>43</b>
2.5.1 Fatores chaves para o benefício dos resíduos.....	44
2.5.2. Tipos de resíduos .....	46
<b>2.6 A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES DE PERDA E CONSUMO .....</b>	<b>49</b>
2.6.1. Importância dos Planos de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Construção e Demolição.....	51
2.6.2. Influência das ferramentas nos PGRSCD .....	53
2.6.3 Ferramentas SMARTWASTE, WRAP e Kreislaufwirtschaftsträger.....	54
2.6.3.1 <i>SMARTWastePlan</i> .....	54
2.6.3.2 <i>WRAP Plan</i> .....	56
2.6.3.3 Kreislaufwirtschaftsträger .....	58
<b>2.7 INDICADORES RELACIONADOS À GERAÇÃO DOS RCD .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO 3 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>62</b>
<b>3.1 ANÁLISE DA CADEIA DE RCD NACIONAL.....</b>	<b>62</b>
<b>3.2 DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DO ESTUDO DE CASOS .....</b>	<b>64</b>
3.2.1 Estudo de caso A.....	64

3.2.2 Estudo de caso B.....	65
3.2.3 Resumo dos estudos de Caso .....	66
<b>3.3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA.....</b>	<b>66</b>
<b>3.4 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS .....</b>	<b>74</b>
<b>3.5 COMPILAÇÃO DOS DADOS E PRODUÇÃO DE FERRAMENTAS GERENCIAIS... ..</b>	<b>77</b>
<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>78</b>
<b>4.1 RESULTADO DA ANÁLISE DA CADEIA NACIONAL DE RCD.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2 ESTUDO DE CASO A.....</b>	<b>85</b>
4.2.1 Caracterização da empresa .....	85
4.2.2 Resultados do PGRSCD – Obra A.....	85
4.2.2.1. Cadastro.....	86
4.2.2.2.Preparação do plano .....	86
4.2.3. Quantificação de resíduos – Obra A .....	88
<b>4.3 ESTUDO DE CASO B.....</b>	<b>95</b>
4.3.1 Caracterização da empresa .....	95
4.3.2 Resultados do PGRSCD – Obra B.....	95
4.3.2.1 Cadastro.....	95
4.3.2.2 Preparação do plano .....	96
4.3.3. Dados sobre a quantificação – Obra B.....	97
<b>4.4 CoMPARAÇÃO do indicador .....</b>	<b>103</b>
<b>4.5 FERRAMENTA VIRTUAL E GUIA REFERENCIAL.....</b>	<b>110</b>
4.5.1 Ferramenta virtual.....	110
4.5.2 Guia Referencial .....	115
<b>CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>116</b>
<b>5.1 CONCLUSÕES .....</b>	<b>116</b>
<b>5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>119</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>120</b>
<b>APÊNDICE A.....</b>	<b>125</b>

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

A geração de resíduos é inevitável dentro de qualquer processo de produção de bens de consumo. A indústria da construção civil, como qualquer outra, é geradora de grande quantidade de resíduos sólidos, denominados para este setor de Resíduo de Construção e Demolição (RCD). No Brasil, atualmente os RCD também atingem elevadas proporções da massa dos resíduos sólidos urbanos: segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE a geração de RCD é de 61,9% (ABRELPE, 2013).

Essa grande massa de resíduos, quando mal gerenciada, degrada a qualidade da vida urbana e sobrecarrega os serviços municipais de limpeza pública. Os impactos causados pelos resíduos sólidos oriundos da indústria da construção civil, em especial aqueles gerados nos canteiros de obras (levando em conta sua disposição e tratamento irregular), têm causado problemas graves à gestão urbana, onde se pode destacar, dentre outros, o esgotamento prematuro de áreas de disposição além da degradação da flora e fauna (OKIMOTO; FRUTEIRO, 2009).

O RCD em todos os casos provoca não só impactos ambientais como também perda de recursos para o gerador, além de acarretar enormes gastos ao setor público que arca com os custos de disposição final e, em alguns casos, transporte desses resíduos. Um dos fatos que agrava esta preocupação é a relação entre o custo dos materiais em comparação com o custo da mão de obra, de modo que se torna “mais barata” a reposição de materiais perdidos, ao invés de investir em treinamento (CIB, 2011), aumentando assim os fatores impactantes causados pela indústria da construção, no qual incluem a deterioração do uso da terra, esgotamento dos recursos e as formas de poluição.

O gerenciamento de resíduos na indústria da construção nem sempre é controlado com sucesso e há a necessidade de um número maior de trabalhos e pesquisas aplicadas para alcançar um nível satisfatório de desempenho. De acordo com Tam (2008), no passado, os resíduos da construção eram depositados normalmente em aterros, no entanto, esses aterros estão chegando ao seu limite, necessitando de métodos para gerenciar e reduzir o desperdício.

Wang et al. (2004) e Yuan et al. (2012) afirmam que a limitação da capacidade dos locais de disposição está associada à dificuldade de desenvolver novos aterros, em especial

devido ao novo contexto sobre a importância do meio ambiente que condizem com a opinião pública. Isso reforça a necessidade de elaboração de planos de redução das disposições, determinando que haja investigações ao alcance de todos os tópicos sobre os diferentes temas a respeito de gerenciamento de resíduos, desde a sua redução, reutilização, reciclagem a sua disposição final.

Trabalhos como os de Blumenschein (2007), Rocha (2006), Schneider (2003) e Pinto (1999) foram realizados no Brasil com o intuito de analisar a eficiência dos programas de gestão de resíduos. O que se observou são as falhas comuns, na grande maioria, devido à falta de informação dentro do planejamento advindo de um mau gerenciamento dos dados dentro do próprio canteiro (ou a falta dos mesmos) desde o início do processo de criação do plano, resultando na criação de um programa com falhas desde a sua origem.

O contexto temático desta pesquisa trata da investigação das dificuldades referentes à implantação dos Planos de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRSCD). Para isso, foi proposta a criação de um escopo para uma ferramenta de gerenciamento de resíduo da construção dentro da realidade brasileira, de acordo com Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Resoluções 307/431/448 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Busca-se contribuir para o desenvolvimento de boas práticas na cadeia dos agentes responsáveis pela geração de resíduos, por meio de uma metodologia de fácil entendimento para reduzir a falta de controle de dados e aumentar a habilidade dos gestores de analisar quais são as melhores ações a serem tomadas dentro de seus processos.

Baseado no cenário descrito, a presente pesquisa tem como investigação central a adoção de um planejamento voltado aos resíduos da construção e demolição como uma alternativa para sensibilizar o setor da construção a incorporar tais condutas, de modo a contribuir na conscientização da necessidade de se medir, monitorar e gerenciar os impactos gerados pela sua produção.

O desenvolvimento de um Plano de Gerenciamento do Resíduo Sólido da Construção e Demolição (PGRSCD) auxilia os projetistas e gestores da obra a traçar ações para minimizar a geração de resíduos, a implementar atividades, no canteiro, de reutilização ou reciclagem, controlar a triagem, as saídas de resíduos, suas destinações e a quantificação do montante gerado durante o processo de construção. Com os resultados obtidos com o planejamento, tornou-se possível propor a criação de indicadores para monitoramento da redução dos resíduos sólidos, dentro dos processos de novas obras, bem como desenvolver diretrizes mediante a construção de um guia orientador que auxilie os projetistas e gestores

da obra no desenvolvimento de suas atividades, buscando a minimização na geração dos resíduos.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

A utilização dos recursos naturais é crucial para a humanidade, a qual é baseada na produção e consumo em massa, fato visível na expansão da população e consumo nos países desenvolvidos. Este modelo de vida da sociedade gera grandes quantidades de resíduos, fato que vem reduzindo a quantidade de suprimentos constantes, a capacidade das áreas dos aterros e ao mesmo tempo a destruição do meio ambiente devido à extração de matérias-primas e a disposição dos resíduos gerados.

Existe, então, a necessidade da promoção de uma sociedade que se preocupe com o ciclo de vida dos materiais, buscando a eficiência no gerenciamento dos resíduos produzidos, a fim de harmonizar a proteção do meio ambiente e o crescimento econômico (NAKAMURA, 2007).

Muito se tem debatido a respeito da geração de resíduos. Vários países possuem o objetivo de dissociar a geração de resíduos do crescimento econômico. Diante da grande quantidade de resíduos gerados, os esforços contínuos de muitos pesquisadores vêm sendo voltados para a minimização da geração dos resíduos da construção e demolição em ordem de reduzir os impactos associados durante a construção e demolição dos edifícios (LU; YUAN, 2011).

Os resíduos de construção e demolição geralmente são definidos como aqueles que surgem das atividades de renovação, reforma, construção, demolição, incluindo a escavação, aterramento, construção de infraestruturas, limpeza de áreas e construção de rodovias (YUAN *et. al.*, 2011). A indústria da construção civil consome cerca de 50% dos recursos naturais extraídos do planeta; no Japão corresponde a cerca de 50% dos materiais que circulam na economia e, nos Estados Unidos da América, o consumo de mais de dois bilhões de toneladas representa cerca de 80% dos materiais circulantes (SCHNEIDER, 2003).

Segundo dados levantados pela ABRELPE (2013), o Brasil gera em torno de 181.288 t/dia de resíduos urbanos; deste total, 112.248 t/dia são RCD representando 61,9% da quantidade de resíduo coletado gerado em todo o Brasil. Ao se analisar os dados específicos da região Centro-Oeste, tem-se o quantitativo de 14.788 t/dia de resíduo urbano e deste total 12.829 t/dia são resíduos da construção e demolição, representando 86,8% do

total gerado, sendo o estado de Goiás o maior representante do volume de resíduos gerados no Centro-Oeste, 43% do total.

O estado de Goiás possui 246 municípios, e gera um total de 5.572,288 t/dia de resíduos sólidos urbanos por dia (ABRELPE, 2013), deste montante apenas a cidade de Goiânia gera um total de 1.313,164 t/dia de RSU, representando 30% do total dos 246 municípios (ABRELPE, 2012).

Segundo a Companhia de Urbanização de Goiânia – COMURG estima-se que por dia são gerados 1.200.000 de toneladas de RCD na capital. Deste total dos resíduos urbanos gerados em Goiânia em comparação com o quantitativo total de RCD gerado, obtêm-se um indicador de que aproximadamente 70,8% dos resíduos produzidos diariamente na capital de Goiás são compostos por RCD.

No contexto mundial, os PGRSCD principalmente nos países mais desenvolvidos vêm ganhando popularidade e se tornaram uma importante ferramenta para minimizar os impactos da indústria da construção civil, não só ambiental, mas também impactos econômicos e sociais. Todos os planos requerem a cooperação entre todos os envolvidos no processo da construção (PAPARGYROPOULOU *et. al.*, 2011).

No Japão e na Alemanha o índice de redução do desperdício está acima dos 90% e isso se dá devido à produção de Planos de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção e Demolição (PGRSCD), definindo como metas várias ações durante as fases do planejamento (CIB, 2011).

No Brasil a ação efetiva em termos legais, visando à mudança deste quadro foi a publicação da Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em janeiro de 2003. Com esta Resolução foram estabelecidas responsabilidades para todos os geradores em todas as etapas de produção, colocando uma maior importância nas práticas de gerenciamento de resíduos dentro dos canteiros. A resolução nº 307 sofreu alterações com a edição das Resoluções de nº 431 de maio de 2011 e a resolução nº 448 de janeiro de 2012, reforçando a necessidade e a obrigação dos PGRSCD, porém esta realidade não acontece efetivamente no país.

Cabe ainda ressaltar-se que esta será a primeira dissertação de mestrado a ser defendida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estrutura e Construção Civil da UFG considerando tal temática de suma importância quanto a sua relevância, tanto no cenário local quanto nacional, o que permitirá o fortalecimento da pesquisa e difusão do

conhecimento, incluindo o estímulo para pesquisas futuras e consolidação do tema de pesquisa.

## 1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver e aplicar um plano de gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição (PGRSCD) em canteiros de obras de edificações na região metropolitana de Goiânia.

A partir desse estudo, pretende-se também atingir como objetivos específicos nessa pesquisa:

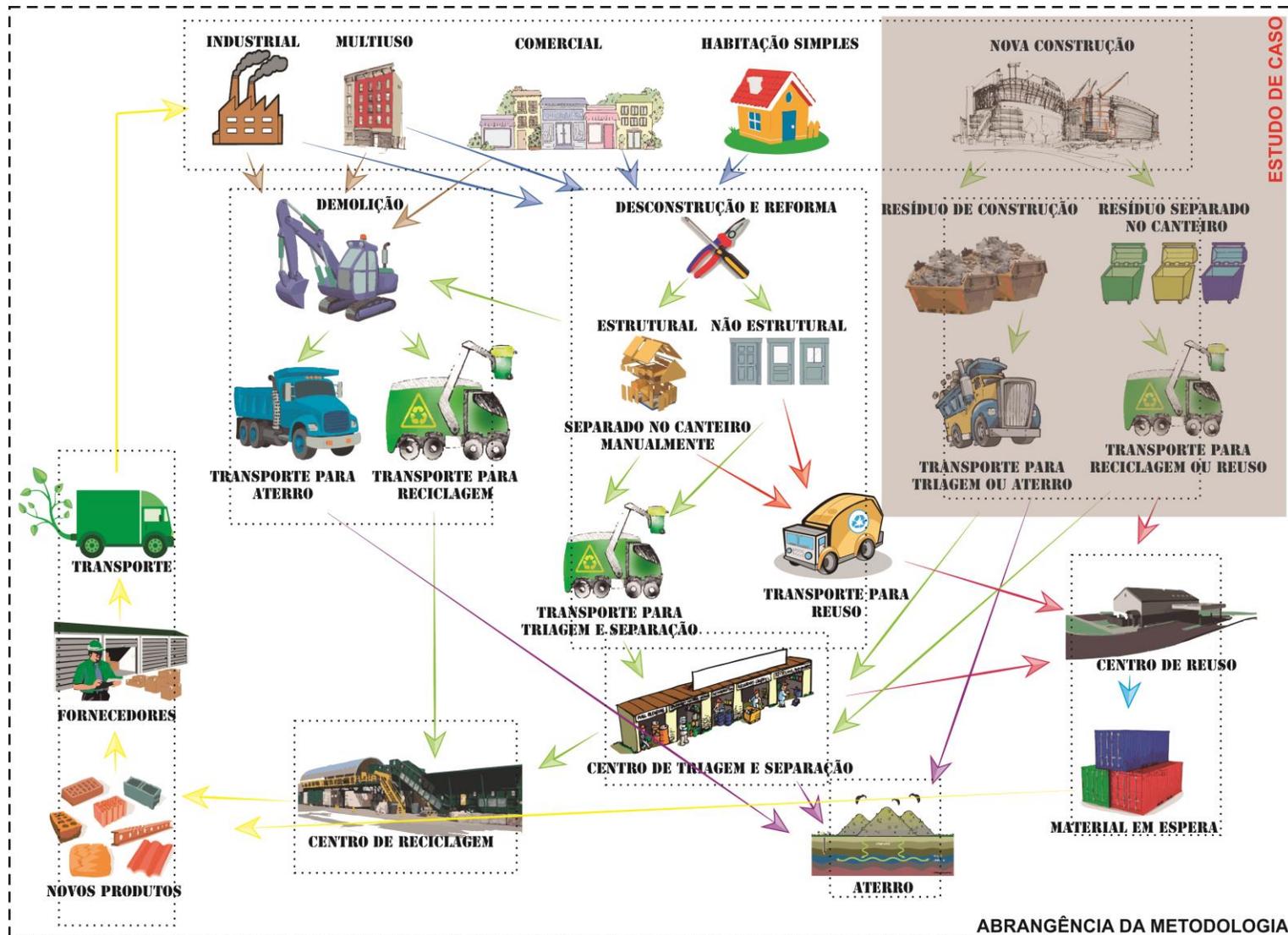
- Desenvolver uma pesquisa nacional por meio de um questionário com os agentes da cadeia de RCD para identificar dificuldades e potencialidades dentro da gestão;
- Demonstrar a construção de uma ferramenta de monitoramento dos resíduos sólidos de construção e demolição;
- Comparar indicadores de geração de RCD para auxiliar no monitoramento de redução dos resíduos sólidos;
- Desenvolver um guia para auxiliar os projetistas e gestores de obra relacionados ao planejamento e controle dos resíduos sólidos;
- Desenvolver uma ferramenta virtual para a criação e gerenciamento de um PGRSCD.

## 1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A temática sobre resíduos sólidos de construção e demolição é muito ampla. A Figura 1.1 ilustra todos os processos pesquisados para a elaboração do presente trabalho, porém é clara a existência de vários caminhos possíveis de serem pesquisados, havendo a necessidade da realização de um recorte temático a fim de viabilizar a pesquisa.

Os objetivos gerais e específicos da pesquisa discutem com outros cenários dentro do tema, porém, o recorte da pesquisa foi delimitado aos estudos direcionados às novas construções e seus processos de planejamento e gestão relacionados aos resíduos sólidos produzidos dentro de canteiros de obras.

Figura 1.1 - Delimitação da pesquisa



## CAPÍTULO 2

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de subsidiar a pesquisa quanto à fundamentação bibliográfica, a dissertação apresenta uma revisão com conceitos que abordam aspectos sobre o planejamento e gerenciamento dos resíduos sólidos voltados para a construção civil, aspectos da legislação vigente relacionada à redução de impactos gerados pela produção de empreendimentos e aspectos da medição de desempenho do processo.

A efetiva utilização dos recursos naturais é crucial para a humanidade, a qual é baseada na produção e consumo em massa. O grande consumo de matérias primas dificulta a oferta constante de suprimentos nas quantidades necessárias. E, por outro lado, o volume de resíduos gerados a partir desse consumo, além de superar a capacidade das áreas dos aterros, também contribui para degradação do meio ambiente. Este quadro justifica a necessidade de redução da quantidade de resíduos destinados a aterros bem como de rever o modo de vida consumista que a sociedade tem praticado. Na Figura 2.1 é mostrada a relação da destinação dos resíduos e o nível de sustentabilidade praticado.

Figura 2.1 - Níveis de sustentabilidade (TAM, 2008)



Atualmente, é evidente a mobilização mundial em relação às questões ambientais, relacionando as emissões geradas na atmosfera e os demais agentes agressores. Isto tem feito com que as autoridades comecem a entender a necessidades das mudanças

necessárias nas políticas públicas de gerenciamento dos agentes causadores desses impactos.

Porém, para grande parte da população o nível de consumo praticado está relacionado ao padrão de vida, atribuindo para altos consumos um alto padrão. Assim, embora esses grupos concordem com a necessidade de mitigar os impactos ambientais, não colocam em seu modo de vida as práticas que objetivam a redução da exploração de recursos. Desta maneira, além de políticas públicas, o que se precisa para conter essa situação é promover a mudança cultural da população, em especial da parcela que pratica maiores consumos, fazendo com que toda a sociedade se preocupe com o ciclo de vida dos materiais, buscando a eficiência no gerenciamento dos resíduos produzidos, a fim de harmonizar a proteção do meio ambiente e o crescimento econômico (NAKAMURA, 2007).

## **2.1 O CONTEXTO MUNDIAL NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS**

A seguir são apresentados alguns países com seus cenários atuais e suas respectivas políticas a respeito dos planos de gestão de resíduos sólidos de construção e demolição, com a finalidade de exemplificar práticas de minimização já consolidadas como, por exemplo, Japão e Alemanha, e países com práticas recentes como Estados Unidos, Canadá e Reino Unido.

### **2.1.1 Japão**

No Japão o resíduo é dividido em duas categorias, o resíduo industrial e o resíduo municipal, contudo ambas possuem mais 20 subcategorias (NAKAMURA, 2007). Dentro deste cenário, 20% do resíduo industrial e 18% do resíduo municipal são provenientes do setor da construção.

O Japão possui grandes dificuldades com disposição dos seus resíduos por sua limitada extensão territorial, por isso seus aterros possuem limite de disposição. O governo do país criou políticas rígidas com intuito de diminuir a produção de resíduos e, ao longo dos anos, tem conseguido bons resultados. O peso total dos resíduos da construção e demolição (RCD) em 1995 era de aproximadamente 99 milhões/ton e decresceu para 77 milhões/ton em 2005, como é mostrado na Figura 2.2 (CIB, 2011).

Nas Figuras 2.2 e 2.3 são ilustrados os resultados após a implantação de uma política de redução na geração de resíduos, onde a taxa de reciclagem dos RCD em 1995 era de 58% passando a 92% em 2005. A evolução do decréscimo da taxa de resíduos gerados no

Japão pode ser observada na Figura 2.3. Essa redução é dada devido ao aumento na taxa de reciclagem mediante políticas governamentais implantadas a partir de 1995.

Figura 2.2 - Quantidade de RCD gerados de 1995 até 2005 no Japão (CIB, 2011)

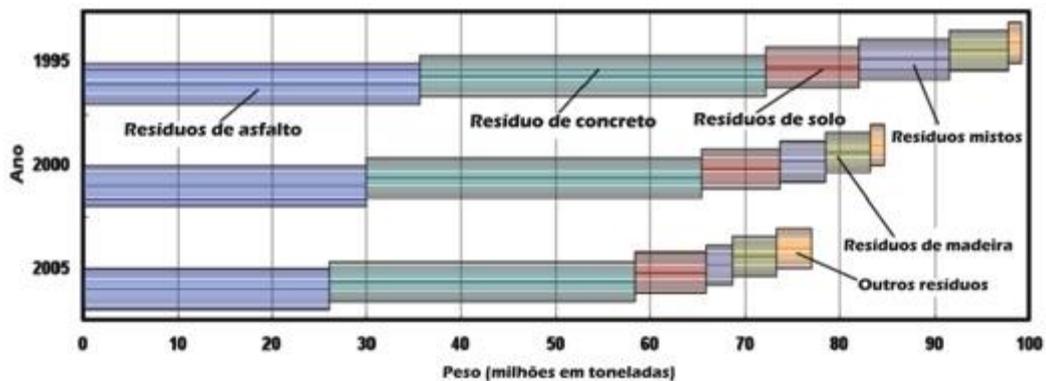
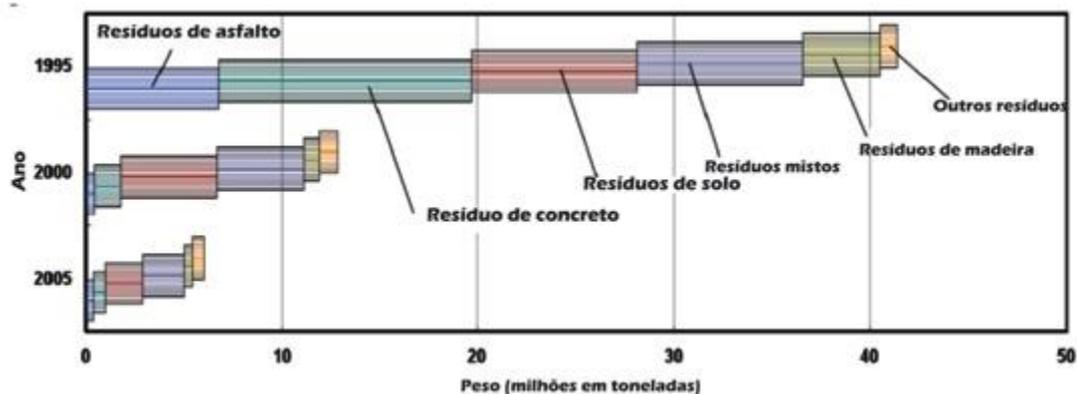


Figura 2.3 - Evolução da reciclagem no Japão (CIB, 2011)



#### 2.1.1.1 Políticas, Estratégias e Legislação

As estratégias políticas japonesas se baseiam em buscar a redução e a eficiência no uso dos materiais na construção por meio de um gerenciamento apropriado, tendo como metas principais:

- ◆ Separação dos materiais dos edifícios em seu tipo específico e a sua reciclagem;
- ◆ Prevenção na produção de resíduos e um gerenciamento eficiente.

Para os produtores de materiais para a construção civil foram traçadas políticas como:

- ◆ Desenvolver e manufaturar novos materiais com o decréscimo de matérias-primas não recicláveis;
- ◆ Especificar e revelar a natureza dos materiais quando utilizados como materiais de construção;

- ◆ Reduzir a produção de resíduos e facilitar o processo de desconstrução, reciclagem, evitando a utilização de materiais que são difíceis de reutilizar ou reciclar após a demolição (CIB, 2011).

Os planejadores e projetistas são obrigados a considerar a desconstrução eficaz do edifício e escolher materiais de construção que facilitam a sua reciclagem, de forma eficiente e de baixo custo. A seleção dos materiais deve evitar a escolha daqueles que contenham substâncias perigosas.

Os clientes são responsáveis por garantir que os resíduos sejam reduzidos e os materiais de edifícios demolidos sejam separados para o reuso e reciclagem. Os principais contratantes são responsáveis por garantir que os subcontratados tenham responsabilidades de reduzir e separar os resíduos gerados por eles. Todos os contratantes são obrigados a implementar e facilitar ações por meio do método de construção, da escolha adequada dos materiais e do desenvolvimento de tecnologias de construção.

O governo tem como responsabilidade incentivar a investigação e desenvolvimento, fornecimento de dados, divulgação de boas práticas e fornecer financiamento para apoiar o fim da restrição na utilização dos resíduos de construção, desconstrução e reciclagem como materiais de construção. E os municípios por sua vez têm que tomar as medidas necessárias em colaboração com a política governamental.

### **2.1.2 Alemanha**

Na Alemanha no final de 1980, discorria-se sobre grandes volumes de resíduos e uma crise na sua gestão. A quantidade de resíduos cresceu enquanto as opções de gestão tornaram-se cada vez mais limitadas. No entanto, havia pouco interesse das pessoas para qualquer nova infraestrutura de gestão de resíduos, independentemente de instalações, como incineradores, aterros sanitários ou compostagem (*MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT REPORT*, 2006).

Porém o temor de que as instalações de tratamento iriam trazer, por exemplo, a liberação de poluentes atmosféricos (principalmente dioxinas, metais pesados e partículas) causando problemas na saúde e no meio ambiente, foi um dos fatores que contribuiu para a mudança no pensamento da população.

Em 2002, a atividade de construção e demolição alemã gerou cerca de 210 mega toneladas de resíduos, compostos de dois terços de material de escavação e um terço de resíduos de construção, demolição e pavimentação. Apesar destes números elevados, apenas 15%

deste material foi eliminado em aterros, enquanto o restante (85%) foi recuperado e reutilizado em outras aplicações ou reciclado (LEAL *et. al.*, 2006).

Segundo Leal *et. al.* (2006), na Alemanha o alto custo dos materiais, energia, mão de obra e custos de disposição favorecem a recuperação, o reuso e a reciclagem do RCD. Entretanto, fortes sistemas de gerenciamento de resíduos têm sido exigidos por leis e regulamentações em todos os níveis governamentais em ordem de minimizar os impactos da cadeia de resíduos. As mais recentes regulamentações focam no ciclo de vida completo dos materiais, trabalhando por meio de um ciclo fechado na construção e demolição, conhecida como *Kreislaufwirtschaft*.

#### 2.1.2.1 Políticas, Estratégias e Legislação

A primeira lei da Alemanha sobre a eliminação de resíduos foi promulgada em 1972, estabelecendo uma mudança na tipologia do lixo (a maioria dele era não regulamentada e sem controle).

Em 1986 foi criada a lei para regulamentar a prevenção e disposição em aterros. Já em 1993 são lançadas as instruções técnicas dos resíduos municipais e, em 7 de outubro de 1996, a Lei dos Resíduos de Recuperação de Prevenção e Eliminação (*Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz - KrW-/AbfG*) entrou em vigor. A lei é fortemente ligada às orientações europeias 75/442/EWG. Ela contém os princípios básicos da gestão de resíduos alemã e estratégias de circuito fechado de reciclagem (CIB, 2011). A lei atribui uma hierarquia para a prevenção de resíduos:

- ◆ Prevenção de resíduos é melhor do que a reciclagem de resíduos;
- ◆ Os resíduos que não podem ser prevenidos devem ser recuperados;
- ◆ Eliminação de aterros de resíduos só é permitida quando nem a prevenção nem a recuperação são viáveis ou economicamente razoáveis.

A combinação das leis existentes na Alemanha criou uma pressão por parte do governo e ao mesmo tempo auxiliou o mercado a criar estratégias eficazes no gerenciamento do RCD. Além disso, a gestão dos resíduos e as práticas de redução foram integradas no ensino da arquitetura e engenharia convencional. Os arquitetos e engenheiros ao projetarem e construírem um edifício são obrigados a considerar o ciclo de vida de materiais, desde a produção à remoção, prevendo os meios de demolição, reutilização ou reciclagem dos componentes utilizados nas edificações (LEAL *et. al.*, 2006).

Um fato interessante na Alemanha foi o compromisso voluntário entre todos os agentes responsáveis pelo resíduo da construção civil para alcançar uma redução de 50% na quantidade de resíduo gerado na Alemanha em 10 anos. Após 5 anos, em 2005 a indústria da construção conseguiu essa meta com uma cota de reciclagem a longo prazo de 70% e uma cota de recuperação de 88%.

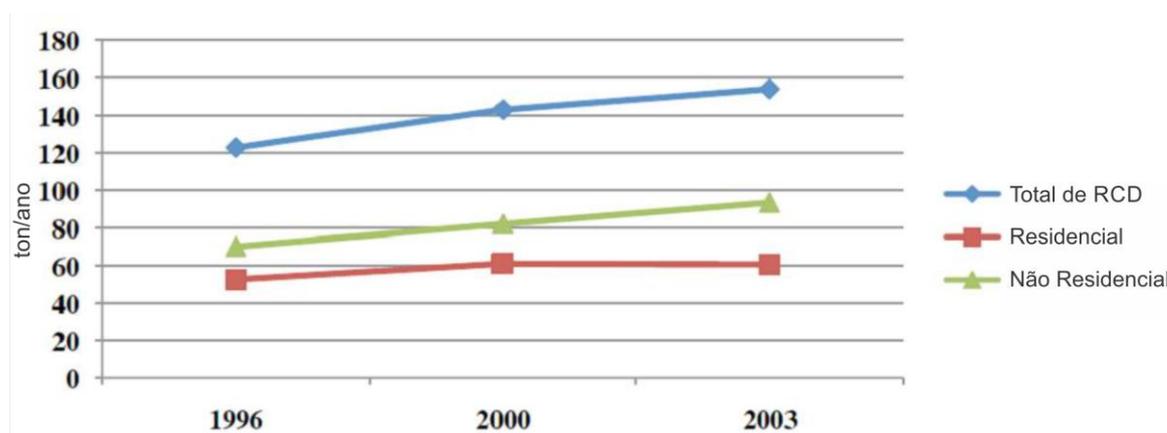
### 2.1.3. Estados Unidos da América

A gestão de resíduos sólidos passou por mudanças dramáticas nos Estados Unidos, pois os resíduos sólidos tornaram-se um dos maiores custos de orçamento para os governos locais. Os aterros estão atingindo suas capacidades, estando milhares deles sendo fechados com o passar dos anos. A construção de novas instalações para reciclagem ou descarte é extremamente controversa, alimentando batalhas em curso entre exportação de resíduos e importação dos resíduos nos estados (*NYC DEPARTMENT OF DESIGN & CONSTRUCTION*, 2003).

As tentativas mais importantes de quantificação de resíduos de construção e demolição nos EUA se iniciaram em 1998. Esta estimativa foi realizada pela empresa de consultoria *Franklin Associates* em 1998, quando publicou o seu relatório para a Agência de Proteção Ambiental (CIB, 2011).

Na Figura 2.4 pode ser visualizada a compilação dos dados que representam a produção total de resíduos RCD com base no volume anual de construção nos Estados Unidos, de acordo com a pesquisa desenvolvida por *Franklin Associates em 1998*.

Figura 2.4 - Total dos resíduos gerados nos EUA na última década (CIB, 2011)



### 2.1.3.1 Políticas, Estratégias e Legislação

Embora o governo federal não possua muitos esforços para definir as taxa de reciclagem/reuso dos resíduos de construção e demolição, muitos estados e jurisdições menores têm implantado programas que incentivam a redução, recuperação e reciclagem (CIB 2011). Alguns exemplos desses esforços são:

- ◆ No estado de Massachusetts, os resíduos de asfalto, pavimentos, tijolos, concretos, metais e madeiras foram adicionados na lista de materiais proibidos para serem dispostos em aterros;
- ◆ Na cidade de Atherton, Califórnia, licenças para construção ou demolição exigem um depósito de 50 dólares por tonelada de resíduos a serem gerados. Este depósito é devolvido uma vez relatados os recursos (resíduos) que foram reutilizados, recuperados ou reciclados;
- ◆ Em Illinois, o *Illinois Sustainable Technology Center* fornece guias que ajudam os agentes a encontrar fontes viáveis para a reciclagem de resíduos de construção, estabelecer trabalho local em programas de reciclagem e identificar as empresas recicladoras.

Além de outras políticas, existem estratégias que o governo desenvolveu junto com os agentes da construção civil como, por exemplo, a obrigação da existência de uma política de reciclagem de materiais selecionados quando o custo de projeto excede um determinado valor. É o caso que acontece em Chicago onde uma portaria criada pela Câmara Municipal em 2005 estabelece que os projetos sujeitos a esta lei são obrigados a reciclar ou reutilizar os resíduos de construção ou demolição produzidos no local, como parte das atividades de construção ou demolição (*CONSTRUCTION & DEMOLITION WASTE MANUAL*, 2003).

Outras estratégias bastante difundidas no cenário americano são:

- ◆ Criação de taxa de incentivo a empresas recicladoras;
- ◆ Uso de medidas padronizadas no projeto;
- ◆ Aumento nos valores de disposição no aterro a fim de encorajar os geradores a reduzirem ou reciclarem;

- ◆ Produção de um plano de gestão de resíduos, indicando o volume ou peso do RCD estimado a ser gerado no projeto junto com o volume máximo ou peso dos materiais que puderem ser evitados por meio da reutilização ou reciclagem;
- ◆ Aumento do desenvolvimento de técnicas de desconstrução por meio da realização de treinamento com empresas envolvidas com atividades de construção, recuperação e reutilização.

## 2.1.4. Canadá

O Canadá é um país com práticas recentes de minimização de resíduos, sendo o melhor exemplo que existe no país as ações que o governo de Ontário vem implementando na província. Em 2004 foi criada uma meta para reduzir em 60% os resíduos do município até o final de 2008 (contra 28% em 2002) por meio da regra dos 3R (Reduzir, Reutilizar e Reciclar criada na Lei de 2002). Esta ação visa reduzir o impacto causado sobre as áreas que são destinadas à eliminação de resíduos e reduzir a utilização de aterros em Ontário.

Ontário gerou mais de 12 milhões de toneladas de resíduos sólidos em 2006, dos quais cerca de 1,2 milhões de toneladas foram geradas a partir das atividades de construção e demolição (SAOTOME, 2007).

Infelizmente, no cenário atual do Canadá, o objetivo de redução de 60% ainda não foi alcançado. O lixo residencial teve uma redução considerável de cerca de 40% em 2010, mas houve apenas uma redução de 12% do resíduo de construção e demolição. Atualmente a grande dificuldade do governo é descobrir quais são as barreiras que dificultam a efetivação do plano e assim estimular o mercado a consumir produtos com materiais reciclados.

### 2.1.4.1 Políticas, Estratégias e Legislação

Como o município de Ontário é o melhor exemplo de boas práticas no Canadá, serão apresentadas suas políticas e legislação a respeito da minimização dos RCD. De acordo com Saotome (2007), no município de Ontário há dois Regulamentos, o 102/94 e o 103/94, que são aplicados em projetos de construção e fortemente relacionados com a gestão de RCD.

O Regulamento 102/94 aplica-se a projetos de construção e demolição onde a área total é de pelo menos 2.000 metros quadrados e tem como principais ações previstas:

- ◆ Realizar uma auditoria a respeito dos resíduos que serão gerados pelo projeto e preparar um relatório escrito sobre o processo;
- ◆ Com base na auditoria, preparar um plano de redução de resíduos que inclui a fonte, a separação (triagem), ações sobre os materiais como madeira, concreto, aço e tijolos antes do início do projeto;
- ◆ Implementar o plano de trabalho de redução de resíduos;
- ◆ Incluir medidas para comunicar o plano para os trabalhadores no local da obra;
- ◆ Manter uma cópia da auditoria, do planejamento em arquivo por cinco anos a partir da conclusão do projeto.

Em 1994 foi lançado o Regulamento 103/94, que exige a separação na fonte para os resíduos especificados e os procedimentos:

- ◆ Implementar um programa de separação na fonte para os materiais reutilizáveis e recicláveis listados no Regulamento 102/94;
- ◆ Especificar locais adequados para o recolhimento, triagem, manuseio e armazenamento dos materiais;
- ◆ Comunicar o programa de separação na origem e seus sucessos aos empregados, patrões e inquilinos;
- ◆ Fazer esforços razoáveis para garantir que os resíduos separados sejam reutilizados ou reciclados.

Mesmo com os esforços do governo existem questões duvidosas sobre a efetivação das políticas a respeito da redução dos resíduos como, por exemplo:

- ◆ A estimativa do custo (Tabela 2.1) da disposição final dos resíduos é 40% mais barata que praticar ações de reciclagem, desmotivando os construtores;
- ◆ A produção de materiais reciclados não atende a qualidade esperada pelo mercado;
- ◆ Os geradores de resíduos não se sentem responsáveis pelo seu gerenciamento, pois a cadeia de agentes não é forte.

Tabela 2.1 - Variação das taxas de disposição (Modificado de SAOTOME, 2007)

País/Região		Taxas (\$ Reais)/t	Fontes
Canadá (Ontário)	Essex Windsor	106,5	Essex, 2007
	Walker Brothers	126 - 147	Lyng, 2007
	Warwick	105	Cleland, 2007
	BFI Ridge	Baseado em Negociação	Cooperberg, 2007
	Lafleche	136,5	Zimmer, 2007
Michigan	Aterro Carleton Farms	43,2	Daniels, 2007
	Aterro Rockwood	33,2	Dugan, 2007
Japão	Área de Tokyo	546	Nishi, 2007
	Hokkaido	90,3	
Dinamarca		210 - 388	Nielsen, 2007

### 2.1.5. Reino Unido

Desde a década passada, as avaliações dos riscos ambientais se tornaram a chave para tomadas de decisões entre as diferentes opções de gerenciamento de resíduos no Reino Unido. Ao mesmo tempo, os geradores de resíduos têm buscado soluções alternativas para a disposição em aterros por diferentes razões: o aumento constante nas taxas de aterro, regulamentações que encorajam a recuperação e o crescimento da pressão social (CHATEAU, 2006).

O Reino Unido incentiva, pela cadeia dos resíduos *Directive 75/442/CE*, a prevenção, reciclagem e a valorização de resíduos. Embora a legislação europeia a respeito dos resíduos tenha crescido durante os últimos 30 anos, os objetivos e requisitos das regulamentações de reutilização são específicos apenas no fluxo de alguns tipos de resíduos, como pneus ou eletrônicos. A falta de uma legislação específica para o setor da construção pode ser vista na evolução das políticas de redução de resíduos no Reino Unido, onde a geração dos resíduos foi reduzida de cerca de 325 milhões de toneladas em 2004 para 288 milhões de toneladas em 2008, o que representa uma redução de 11%.

#### 2.1.5.1 Políticas, Estratégias e Legislação

A legislação da União Europeia exige que as autoridades competentes de cada Estado-Membro elaborem um ou mais planos de gestão de resíduos, aplicando os princípios de

redução na implementação de um sistema nacional de gestão de resíduos, sendo responsabilidade de cada indivíduo dos Estados-Membros. Como tal, o planejamento de gerenciamento de resíduos tornou-se um elemento permanente nos esforços do planejamento público em todos os Estados-Membros da União Europeia (*European Commission, 2003*).

No Reino Unido as políticas e regulamentos foram modificados ao longo do tempo, alterando as redes de trabalho em busca de uma melhoria na eficiência dos usos dos recursos. No relatório do CIB (2011) são explanadas algumas das principais políticas:

- ◆ O aumento progressivo do imposto do aterro. A partir de abril de 2011, a taxa foi de £56/ton para resíduos passivos de tratamento, que continuará a aumentar a cada ano sendo £8/ton pelo menos até 2014, quando a taxa será £ 80/ton. Esta política sobre a taxa do aterro tem sido extremamente eficaz em reduzir os resíduos, retirando-os dos aterros, aumentando a recuperação e a reciclagem;
- ◆ A Agência de Meio Ambiente e Qualidade do Reino Unido desenvolveu um projeto onde analisaram, ao longo dos últimos anos, uma variedade de materiais de resíduos. O projeto estabelece “se” e “como” um resíduo pode ser totalmente recuperado e transformado em uma ou mais alternativas, chamado de "critérios do fim-do-resíduo”;
- ◆ Planos de Gestão de Resíduos obrigatórios nos canteiros para projetos superiores a £300 entrou em vigor na Inglaterra em 2008. Eles tiveram um impacto significativo na conscientização no processo de geração de resíduos da construção, particularmente no período antes do início da construção em que os montantes, tipos e destinos dos resíduos eram previstos e relatados. Muitos no setor de contratação foram além da conformidade legal e estão beneficiando assim melhorias na eficiência dos recursos.

## **2.2 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E A LEGISLAÇÃO NO BRASIL**

Segundo dados levantados pela ABRELPE (2012), o Brasil gera em torno de 177.995 t/dia de resíduos urbanos, deste total, 106.549 são RCD, representando 59,8% da quantidade de resíduo gerado em todo o Brasil. A ação efetiva em termos legais, visando à mudança deste quadro foi a publicação da Resolução nº 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em vigor desde janeiro de 2003.

Com esta resolução foram estabelecidas responsabilidades para todos os geradores em todas as etapas de produção, colocando uma maior importância nas práticas de gerenciamento de resíduos dentro dos canteiros. A Resolução nº 307 sofreu alterações em algumas atribuições de acordo com Resolução nº 431 de maio de 2011 e a Resolução nº 448 de janeiro de 2012, reforçando a necessidade e a obrigação dos planos de gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição (PCRSCD). Porém, o que se prevê nas resoluções não é a realidade que ocorre efetivamente no país.

Com a edição da Lei Federal nº. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, o país passou a contar com uma definição legal de âmbito nacional do que são os resíduos sólidos urbanos. De acordo com a lei, os resíduos sólidos são definidos como: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, e cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (Lei Federal nº. 12.305/2010).

Segundo a ABRELPE (2012), que apesar dos esforços empreendidos, a destinação inadequada de RSU está presente em todas as regiões e estados brasileiros. Cerca de 61% dos municípios brasileiros ainda fazem uso de unidades de destinação inadequadas de resíduos, encaminhando-os para lixões e aterros controlados, que pouco se diferenciam, uma vez que ambos não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações.

Na Tabela 2.2 é apresentado o volume de resíduos urbanos totais e divididos por regiões no panorama nacional. Os dados são resultantes da pesquisa direta aplicada pela ABRELPE junto aos municípios, demonstrando que entre os anos de 2010 e 2012 houve um crescimento de 4% no índice de resíduos gerados no país.

Tabela 2.2 - Quantidade de resíduo urbano gerado no Brasil (ABRELPE, 2013)

Região	2010	2011	2012
	RSU Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)	RSU Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)	RSU Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)
Norte	10.623 / 0,911	11.360 / 0,960	11.585 / 0,965
Nordeste	38.118 / 0,982	39.092 / 0,998	40.021 / 1,014
Centro-Oeste	13.967 / 1,119	14.449 / 1,142	14.788 / 1,153
Sudeste	92.167 / 1,234	93.911 / 1,248	95.142 / 1,255
Sul	18.708 / 0,804	19.183 / 0,819	19.752 / 0,838
<b>BRASIL</b>	<b>173.583 / 1,079</b>	<b>177.995 / 1,097</b>	<b>181.288 / 1,107</b>

Nos termos da Política Nacional de Resíduos Sólidos são considerados resíduos de construção civil aqueles gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis, os quais são de responsabilidade do gerador dos mesmos.

De maneira quase geral, os municípios coletam tão somente os resíduos de construção civil e demolição (RCD) lançados em logradouros públicos.

Independentemente da ressalva feita, é extremamente significativa a quantidade total de RCD coletados pelos municípios em 2012, como apresentado na Tabela 2.3, que permite a constatação de que em 2012 os municípios brasileiros coletaram 13% a mais de RCD em relação a 2010 (ABRELPE, 2013).

Tabela 2.3 - Comparação do RCD gerado em 2010 e 2013 no Brasil (ABRELPE, 2013)

Região	2010	2011	2012
	RCD Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)	RCD Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)	RCD Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)
<b>BRASIL</b>	<b>99.354 / 0,618</b>	<b>106.549 / 0,656</b>	<b>112.248 / 0,686</b>

Ao se analisar os dados específicos da região Centro-Oeste (Tabelas 2.4 e 2.5), tem-se o quantitativo de 14.788 t/dia de resíduo urbano e, deste total, 12.829 t/dia são resíduos da construção e demolição, representando 86,8% do total gerado.

Tabela 2.4 - Comparação do RCD gerado em 2010 e 2012 no Centro Oeste (ABRELPE, 2013)

Região	2010	2011	2012
Centro - Oeste	RCD Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)	RCD Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)	RCD Coletado (t/dia) / Índice (kg/hab/dia)
<b>TOTAL</b>	11.525 / 0,923	12.231 / 0.966	12.829 / 1

Os RCD ocupam 59,8% da quantidade de resíduos gerados em todo o Brasil e na Tabela 2.5 fica explícita a importância que os resíduos de construção e demolição possuem no volume total gerado dos resíduos urbanos. Foram analisados os dados em específico da região Centro-Oeste, por este trabalho ser voltado para o cenário do Estado de Goiás e em especial na cidade de Goiânia e entorno.

Tabela 2.5 - Comparação do RSU X RCD no Brasil e Centro Oeste

REGIÃO	2012 RSU GERADO (t/dia)	2012 RCD COLETADO (t/dia)	RCD x RSU
<b>Centro-Oeste</b>	14.788	12.829	86,8%
<b>BRASIL</b>	181.288	112.248	61,9%

De acordo com a Tabela 2.6, o estado de Goiás representa o maior volume de resíduos gerados no Centro-Oeste representando 43% do total.

Tabela 2.6 - Relação entre a geração do RSU e a população urbana no Centro-Oeste (ABRELPE, 2013)

Região	Estados e DF	População Urbana	RSU Coletado (t/dia)	RSU Coletado/hab
<b>Centro-Oeste</b>	Distrito Federal	2.558.923	4.091	1,599
	Goiás	5.572,288	5.852	1,050
	Mato Grosso	2.552,936	2.613	1,024
	Mato Grosso do Sul	2.145,497	2.232	1,040

O estado de Goiás possui 246 municípios e gera um total de 5.572,288 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia. Goiânia, capital do estado de Goiás, com sua população estimada em 1.313.164 habitantes (IBGE, 2012), gera um total de 1.694,4 tonelada/dia de RSU (Tabela 2.7), o que representa 30% do total dos resíduos gerados nos 246 municípios de Goiás.

Tabela 2.7 - Relação entre a geração do RSU nas capitais do Centro-Oeste (ABRELPE, 2012)

Região	Cidades	UF	População Urbana	RSU Coletado (t/dia)	RSU Coletado (kg/hab)
Centro-Oeste	Brasília	DF	2.521.692	4.031	1,599
	Campo Grande	MS	785.581	828,4	1,055
	Cuiabá	MT	545.857	570	1,044
	Goiânia	GO	1.313.164	1.694,4	1,290

A Companhia de Urbanização de Goiânia – COMURG em 2011 relatou que, por dia, são geradas 1.200 toneladas de RCD na capital de Goiás (Tabela 2.8).

Tabela 2.8 - Relação RSU e RCD em Goiânia

Cidade	RSU produzido em Goiânia	RCD produzido em Goiânia	RCD X RSU
GOIÂNIA	1.694,4	1.200,000	70,8%

Na Tabela 2.8 é mostrado que do total dos resíduos urbanos gerados em Goiânia em comparação com o total de RCD gerados, obtêm-se um indicador de aproximadamente 70,8% do resíduo produzido diariamente na capital de Goiás que é composto por RCD.

#### ◆ Políticas, Estratégias e Legislação

O Brasil não contava com políticas e estratégias bem definidas, mas essa realidade vem mudando nos últimos dez anos, embora ainda não acompanhe o rápido aumento dos volumes gerados de resíduos nas cidades brasileiras.

Historicamente, os RCD no Brasil sempre foram depositados em aterros públicos ou, de forma muito mais danosa à sociedade, em bota-foras ilegais, ou mesmo em canteiros de avenidas, praças, ruas ou nos córregos das cidades (ANGULO, 2002), apontando uma evidente falta de compromisso com a sociedade e com o meio ambiente.

Essa realidade é observada em todas as capitais brasileiras, onde as legislações ainda não estão sendo monitoradas pelos órgãos competentes que deveriam gerar custo aos causadores desses impactos, em especial após o surgimento da Resolução CONAMA N° 307 em 2002.

### 2.2.1 Resolução CONAMA 307/02

A Resolução de nº 307 vem afirmar a necessidade de implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil. Considerando que os resíduos da construção civil representam um percentual significativo dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, os geradores são os responsáveis pelos resíduos de suas atividades, devendo buscar viabilidade técnica e econômica na produção de materiais reciclados.

A Resolução estabelece como princípio a priorização da não geração de resíduos e proibição da disposição final em locais inadequados, como aterros sanitários, bota-foras, lotes vagos, corpos-d'água, encostas e áreas protegidas por lei.

A classificação e destinação dos resíduos segue como referência:

I – Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados na construção civil, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, entre outros), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, entre outros) produzidas nos canteiros de obras;

II – Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;

III – Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.

IV - Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

As responsabilidades são fixadas da seguinte forma:

- ♦ Municípios - elaborar Plano Integrado de Gerenciamento, que incorpore:
  - a) Programa Municipal de Gerenciamento (para geradores de pequenos volumes);
  - b) Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC (para aprovação dos empreendimentos dos geradores de grandes volumes).
- ♦ Geradores – elaborar e implementar o PGRCC, com o objetivo de estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos mesmos no decorrer da construção da obra por meio da caracterização dos resíduos e indicação de procedimentos para triagem, acondicionamento, transporte e destinação, conforme as seguintes diretrizes da resolução:
  - a) Caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
  - b) Triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade;
  - c) Acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que sejam possíveis as condições de reutilização e de reciclagem;
  - d) Transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
  - e) Destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido a seguir conforme a Resolução por classe:
    - ♦ Classe A: deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
    - ♦ Classe B: deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
    - ♦ Classe C: deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.

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

### 2.2.2 Lei nº 12.305 - Política Nacional dos Resíduos Sólidos

Em 2010 foi aprovada a lei 12.305 que sanciona a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) e o país, a partir desse momento, passa a ter um marco regulatório na área de resíduos. A Lei faz a distinção entre resíduos e rejeitos além de se referir a todo tipo de resíduos. Pode-se citar alguns dos principais objetivos (Lei 12.350):

- ♦ A prevenção e a precaução;
- ♦ O poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- ♦ A visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- ♦ O desenvolvimento sustentável;
- ♦ A cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- ♦ A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- ♦ O respeito às diversidades locais e regionais.

Outro conceito importante introduzido foi a logística reversa para o conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. Às empresas foi destinado o prazo até 2014 para se adequarem às novas diretrizes da lei.

Entre os instrumentos criados para buscar as metas estabelecidas pela nova lei podem ser citados:

- ♦ Os planos de resíduos sólidos;
- ♦ A coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- ♦ O incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

- ♦ A cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;
- ♦ A pesquisa científica e tecnológica;
- ♦ A educação ambiental;
- ♦ Os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;
- ♦ Os conselhos de meio ambiente e, no que couber, os de saúde;
- ♦ Os acordos setoriais;
- ♦ Elaboração de um Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil– PMGRCC.

Atualmente a grande dificuldade do governo é avançar as barreiras que dificultam a efetivação da execução das políticas, tanto nas atividades de fiscalização e punição, quanto também a falta de uma infraestrutura capaz de viabilizar as atividades de minimização na geração dos RCD.

## **2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

O RCD (Resíduo de Construção e Demolição) é geralmente definido como o resíduo que surge por meio das atividades de renovação, reforma, construção, demolição, incluindo a escavação, aterramento, construção de infraestruturas, limpeza de áreas e construção de rodovias (YUAN *et. al.*, 2011).

Para que tais atividades possam ocorrer, há o consumo de materiais, sendo que tais materiais advêm de recursos naturais não renováveis. A geração de resíduos é inevitável em qualquer processo produtivo e esses resíduos quando mal tratados causam problemas graves à gestão urbana, onde se pode destacar, dentre outros, o esgotamento prematuro de áreas de disposição, a degradação da flora e da fauna, e, conseqüentemente, prejuízos aos cofres públicos.

É comumente entendido que a acumulação dos resíduos no meio ambiente é mais rápida do que a degradação natural dos mesmos. Os processos de produção e consumo prejudicam o meio ambiente devido à contínua exploração acarretando no esgotamento dos recursos naturais (SAFIUDDIN *et. al.*, 2010).

Além disso, várias substâncias tóxicas, tais como elevada concentração de emissões de monóxido de carbono, óxidos de enxofre e outras partículas em suspensão são invariavelmente emitidas para a atmosfera durante a fabricação dos materiais de construção.

O interesse pela preservação dos recursos naturais e a busca pelo desenvolvimento sustentável tem motivado um grande número de pesquisadores visando obter materiais de construção não convencionais mediante o uso dos resíduos da construção civil. Há tempos, inúmeras iniciativas industriais e públicas foram lançadas a fim de desenvolver conhecimentos, práticas e mudanças no modo de pensar relacionadas à aceitabilidade do uso de resíduos como matéria-prima ao invés de matéria-prima de recursos novos para os produtos de construção (CIB,2011).

Ao mesmo tempo, os produtores de resíduos têm tentado encontrar soluções alternativas para disposição em aterros, por diferentes razões: o crescente aumento do custo da disposição nos aterros, o quadro regulamentar de incentivo à recuperação, tanto quanto possível assegurar a saúde e as condições ambientais, responder a crescente pressão social e o compromisso ambiental de um ciclo de melhoria contínua.

Chateau (2007) ainda reforça a ideia que tudo isto caminha para a elaboração de um quadro harmonizado a fim de avaliar a aceitabilidade ambiental da utilização de resíduos como matéria-prima para produtos da construção, e que essa discussão possa levar em conta a saúde, higiene, durabilidade, incentivos e o meio ambiente nos processos de produção de acordo com o uso na construção.

Devido à alta demanda, a escassez de matérias-primas e o alto preço da energia formam cenários de crescimento sobre o valor dos materiais a cada dia. Do ponto de vista da economia de energia e a conservação dos recursos naturais, o uso de componentes alternativos em materiais de construção é hoje uma preocupação mundial (SAFIUDDIN *et. al.*, 2010).

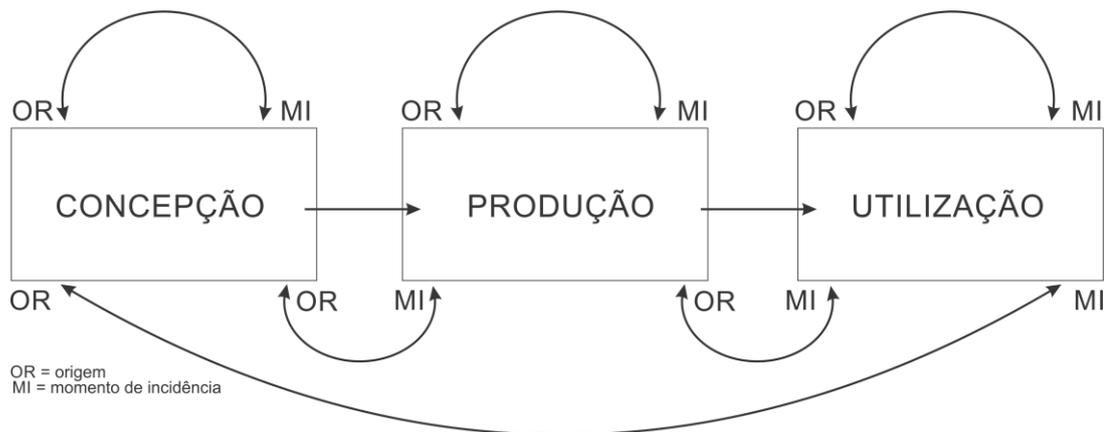
## **2.4 GERENCIAMENTO E PERDAS NA CONSTRUÇÃO**

Os estudos de Soibelman (1993) comprovaram que os construtores geralmente não controlavam as perdas de materiais, pois acreditam ser sua ocorrência pequena e inevitável. Esta observação ainda permanece atual, onde se verifica que os profissionais da construção civil não se preocupam em descobrir suas causas, aceitando suas consequências como uma característica normal de obra (MUHWEZI; CHAMURIHO; LEMA, 2012).

Soibelman (1993) apontou que, de fato, deve-se admitir um nível aceitável de perdas, pois, para reduzi-las além deste nível são necessários investimentos superiores que o valor do material economizado. Cada empresa deve conhecer seu índice de perda natural porque esse valor deve ser considerado em seus orçamentos.

A Figura 2.5 indica os momentos em que podem acontecer perdas nas diferentes fases do empreendimento e onde as origens das perdas podem estar.

Figura 2.5 - Indicação genérica de possíveis incidências e origem de perdas (SOUZA, 2005)



Entre os materiais da construção, a argamassa é o que apresenta, em média, o maior índice de perdas na construção (SOIBELMAN, 1993). Segundo Agopyan *et. al* (1998) no processo de revestimento de argamassa os principais tipos de perdas são: ruptura de sacos; dosagem inadequada dos materiais na produção da argamassa, transporte inadequado, aplicação que pode resultar no entulho pelo endurecimento da argamassa que cai no chão e a espessura excessiva do revestimento.

Para exemplificar a classificação das perdas segundo sua natureza, baseando-se nos trabalhos de Formoso *et. al* (1997) e Shingo (1989), na Tabela 2.9 encontra-se esta classificação para as perdas da argamassa.

Tabela 2.9 - Exemplos de perdas de argamassa, segundo sua natureza

NATUREZA	EXEMPLO	FASE	ORIGEM
<b>Superprodução</b>	Produção de argamassa em quantidades superiores	Produção de argamassa	Falta de métodos de controle
<b>Substituição</b>	Produção de argamassa com traços superiores ao especificado	Produção de argamassa	Falta de métodos de controle Falta de materiais
<b>Espera</b>	Parada do serviço por falta de material ou equipamentos Perda de material produzido por serviço parado	Produção de argamassa	Falta de controle nas compras e manutenções
<b>Transporte</b>	Perda de material durante o transporte Grande distancia entre processamento e estoque ou processamento e frente de trabalho	Recebimento, estocagem e produção	Falha de procedimento de estocagem Falha no planejamento do canteiro
<b>Processamento</b>	Mão de obra incapacitada Falta de detalhamento e projetos Produção de argamassas com traços inadequados	Produção e execução	Falta de treinamento Falta de métodos de produção e execução Falta de métodos de controle
<b>Estoque</b>	Estoque em excesso Falta de local para estoque Deterioração de materiais no armazenamento	Armazenamento	Falta de cronograma de entrega de materiais Erros em orçamento Procedimentos de armazenamento
<b>Movimento</b>	Frentes de trabalho afastadas Falta de equipamentos adequados Esforço excessivo	Produção e Execução	Falha no planejamento das etapas de trabalho
<b>Elaboração de Produto Defeituoso</b>	Consumo excessivo de argamassa Materiais que não atendem os requisitos da qualidade especificada	Projeto e produção	Material da base defeituoso Desnível da alvenaria Falha no controle
<b>Outras</b>	Roubo, vandalismo, acidentes.	-	-

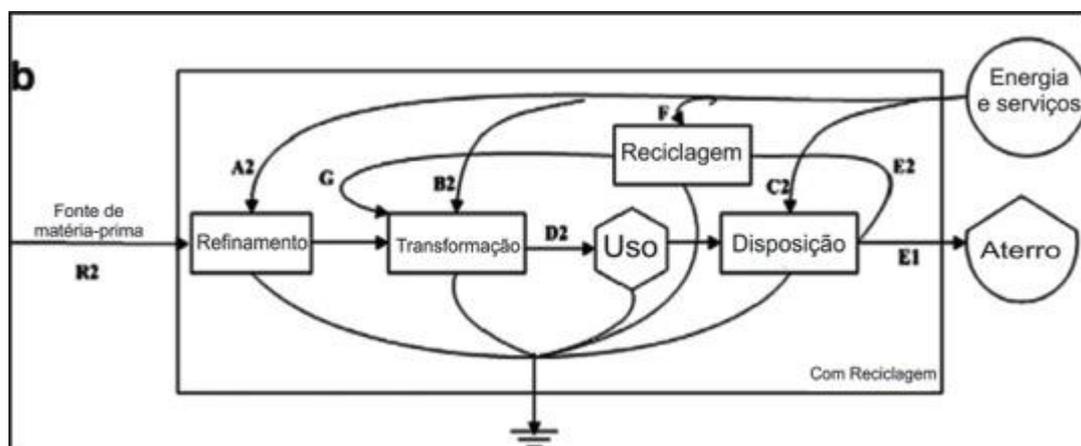
## 2.5 VIABILIDADE DE TECNOLOGIAS DE MATERIAIS

Redução da poluição, economia energética e benefícios sociais são os índices primários para medir as vantagens em se reutilizar os resíduos da construção civil. Para Pappu *et. al.* (2007), o custo/benefício da viabilidade do uso de RCD se tornou amplamente aceito dentro do conceito de avaliação econômica. Um exemplo citado pelos autores é o processo de fabricação de cimento,

onde se consome cerca de 5 a 8 MJ/kg e, com a incorporação de 25% de cinzas volantes ou 40% de escória de alto forno no cimento Portland, há a economia de 30% de energia na fabricação e resulta em um produto de qualidade equivalente a um cimento referência.

Na Figura 2.6 é ilustrado um sistema de reciclagem proposto por Yuan *et. al.* (2011) onde a “nova matéria-prima” é reincorporada no processo, porém ela transpõe o estágio de refinação já sendo iniciado no estágio de transformação, com isso a energia que seria consumida no estágio de refinamento é economizada.

Figura 2.6 - Fluxo de energia no processo geral de reciclagem de materiais (YUAN *et. al.*, 2011)



Embora existam sistemas recomendados para a reciclagem de materiais, o atual cenário do RCD é limitado a alguns tipos de resíduos sólidos, como por exemplo, os resíduos classe A.

### 2.5.1 Fatores chaves para o benefício dos resíduos

Objetivando a aceitabilidade dos produtos contendo resíduos, Chateau (2006) discute que se deve criar documentos ou normas que consigam prescrever os requisitos técnicos e ambientais para uma avaliação adequada no uso, benefício e condições na utilização de resíduos e dos materiais naturais que atualmente não são utilizados devido às suas características inferiores a aqueles geralmente exigidos pelo mercado, os chamados "materiais de especificações". Também deve-se fornecer explicações sobre o conteúdo e a abordagem metodológica, a fim de permitir que os usuários tenham a capacidade de julgar a qualidade de cada solução proposta.

Os cinco fatores chave propostos por Chateau (2006) são:

- 1) Identificar e caracterizar as especificações do material ou dos resíduos em termos de propriedades, reatividade e variabilidade;
- 2) Justificar o interesse e a utilidade da solução buscada;

- 3) Conhecer e especificar o alcance e os limites de utilização (demonstração da viabilidade da utilização prevista do resíduo no objetivo da sua função);
- 4) Demonstrar a inexistência de emissões incompatíveis respeitando os critérios de qualidade estabelecidos por norma;
- 5) Fornecer as especificações para o uso pretendido e como será o procedimento de controle de qualidade.

Além desses fatores existem outros em discussão que são de grande importância no gerenciamento e perpetuação na rota da aceitação pública como por exemplo:

- ♦ Design do produto feito de resíduo: existe a grande dificuldade de fazer com o que os produtores mudem sua cultura a fim de pensar que aquilo é um “produto” e não um “resíduo”. Hoje o valor econômico e a responsabilidade ambiental são muito utilizados na tentativa de modificar esse cenário;
- ♦ Mercado: dependendo da elaboração de um produto do resíduo ou do método de produção, pode-se aumentar ou não o valor do produto. Os industrialistas devem considerar a reutilização como um canal real de oportunidade se opondo ao pensamento de alternativas aleatórias sem futuro. Isto pode ser conseguido com uma abordagem de mercado que permita propor um conjunto de produtos que atenda às diferentes necessidades dos clientes, buscando um mercado local, respeitando preço, qualidade, quantidade e o tempo de suprimento;
- ♦ Disseminação de boas práticas: Chateau (2006) explica que para facilitar a disseminação das práticas, experiências e conhecimentos devem ser criados documentos como os Guias Regionais Técnicos que existem na França. Esses documentos são referenciais contendo as especificações e os cuidados, escopos e limites de usos, baseados nas experiências e conhecimento adquiridos anteriormente por todos os participantes na ação de construção, empresas, produtores e testes laboratoriais;
- ♦ Consciência do risco, aceitação e responsabilidades: a reatividade do resíduo é uma das questões principais, pois o resíduo sempre terá uma maior heterogeneidade intrínseca do que as outras matérias-primas. Os produtores e os usuários têm que estar cientes dos riscos mais elevados e aceitá-los, não sendo entendido pelo produtor dos resíduos, comerciante ou elaborador do produto como uma isenção de suas responsabilidades. As responsabilidades entre os diferentes intervenientes são compartilhadas e devem ser esclarecidas.

Ainda existe uma grande carência de informações precisas sobre a durabilidade, quantidades, tipos de resíduos e o potencial de incorporação desses resíduos como matéria-prima para a produção de novos produtos. Os estudos dos fatores como durabilidade, desempenho, análise do ciclo de vida e avaliação do custo-benefício destes novos produtos feitos com RCD ajudaram na difusão contribuindo significativamente para o sucesso na comercialização dos novos processos de forma não prejudicial ao processo da construção civil e do meio ambiente dentro de um pensamento sistêmico. (PAPPU; SAXENA; ASOLEKAR, 2007).

### **2.5.2. Tipos de resíduos**

O custo de materiais de construção está aumentando dia a dia por causa da alta demanda do mercado, escassez das matérias-primas e alto preço da energia, entre outros fatores. Do ponto de vista da economia de energia e preservação dos recursos naturais, a utilização dos componentes alternativos em materiais de construção é hoje uma preocupação mundial (SAFIUDDIN et al., 2010). As Tabelas 2.10 e 2.11 ilustram algumas das pesquisas que estão sendo desenvolvidas mundialmente no sentido de explorar novos insumos para a produção de materiais de construção sustentáveis e por meio da utilização dos resíduos.

Tabela 2.10 - Resíduos da construção e seus novos usos (Modificado de TAM e TAM, 2006)

TIPO DE RESÍDUO	TECNOLOGIA	NOVO MATERIAL	AUTORES
Vidro	Reuso direto	Unidade de Janela	COVENTRY (1999); HENDRIKS e PIETERSE (2000); AUSTRALIA (2008)
	Moído (pó)	Substituição de cimento Fibra de vidro Material de preenchimento (filler)	
	Triturado em agregado	Telha Bloco de pavimento Agregado reciclado Asfalto	
Metal ferroso	Reuso direto	Novos produtos de metal	COVENTRY (1999); PAPPU <i>et al.</i> (2007)
	Reprocessamento		
Metal não ferroso	Reprocessamento	Metal reciclado	
Blocos Cerâmicos	Demolição	Pavimentação	KRISTENSEN (1994) e KESEGIĆ (2008)
	Trituração entre 200 - 400 mm	Proteção de diques	
	Trituração - 50 mm	Sub-base, aterro, materiais de fundação. Agregado para concreto, argamassa Isolante térmico no concreto	
	Moído	Material de estabilização do solo	
Concreto	Reuso direto	Aterro	AUSTRALIA (2008); KAWANO (1995); MASTER (2001)
	Triturado – 50 mm	Agregado reciclado Sub-base, aterro, materiais de fundação.	
	Moído (pó)	Novos blocos de concreto Material de preenchimento Substituição de cimento	
Madeira	Reuso direto	Estrutura, fechamento, esquadrias.	HENDRIKS e PIETERSE (2000)
	Cortado em agregados	Unidades de mobiliário e utensílios	
	Desoxidação alto-forno	Agregado reciclado leve	
	Gaseificação ou pirólise	Fonte de energia	
	Moldagem por pressurização sob vapor e água	Placa de isolamento Painel de madeira Geofibra	
Plástico	Converter em pó por moagem criogênica	Novo painel	AUSTRALIA (2008); CHEUNG (2003)
	Triturado	Agregado reciclado / Madeira plástica	
	Moído	Drenagem do solo	
Pneu	Triturado	Asfalto	AUSTRALIA (2008)
	Moído	Agregado para asfalto	
Papel	Trituração	Reforço para argamassa	CARVALHO e SANTOS (2010)

Tabela 2.11 - Resíduos aplicados na construção (TAM e TAM, 2006)

TIPO DE RESÍDUO	FONTE DO RESÍDUO	RECICLAGEM E POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO
Agro resíduo (orgânico)	Arroz, bagagem e palha de trigo e casca, serraria resíduos, casca de amendoim, juta, sisal, algodão, caule, resíduos vegetais	Placas de cimento, painéis de partículas, placas de isolamento, painéis de parede, telhas, painéis fibrosos de construção, tijolos, cimento a prova de ácido, fibra de compósitos reforçados, compósitos poliméricos
Resíduos industriais (inorgânico)	Resíduos de combustão de carvão, escória de aciaria, lama de bauxita vermelha, restos de construção	Tijolos, blocos, telhas, cimento, tinta, agregados finos e grossos, concreto, produtos substitutos de madeira, produtos cerâmicos
Mineração / resíduos minerais	Resíduos de carvão lavado, rejeito de mineração de ferro, cobre, zinco, ouro e alumínio indústrias	Tijolos, agregados leves, telhas
Resíduos não perigosos	Resíduos de gesso, lamas de cal, resíduos de pedras de cal, vidro e cerâmicas quebradas, resíduos de processamento de mármore, pó de forno.	Blocos, tijolos, clínquer de cimento, aglutinante hidráulicos, placas de gesso, reboco de gesso, cimento super sulfatado
Resíduos perigosos	Materiais contaminados de detonação, resíduos de galvanização, resíduos metalúrgica, águas residuais e estações de tratamento, resíduos de curtume.	Placas, tijolos, cimento, cerâmica, azulejos

Tam *et al.* (2006) discutem em seu trabalho que ao considerar a reutilização ou a reciclagem de um material, três grandes áreas devem ser levadas em conta: (I) economia, (II) compatibilidade com outros materiais e (III) propriedades dos materiais (Figura 2.7).

Figura 2.7 - Influência nos materiais feitos a partir de resíduos (CHATEAU, 2007)



De um ponto de vista puramente econômico, a incorporação do RCD só é atraente quando o produto reciclado é competitivo com os produtos de recursos naturais em relação ao custo e quantidade. Materiais reciclados serão mais competitivos em regiões onde exista escassez de matérias-primas, quando existir locais de aterro ou quando existir uma lei que obrigue a utilização de uma parcela de material reciclado em alguns processos da construção como acontece em alguns países europeus. Baseado nas citações de Chateau (2007) o potencial da utilização pode ser ilustrado como:

1. Utilização comercial dos diferentes resíduos sólidos para a produção de materiais de construção;
2. Otimização do teor de vários resíduos sólidos para a produção de materiais de construção sólidos e úteis;
3. Investigação abrangente sobre o potencial uso de diferentes resíduos sólidos para a produção de materiais de suporte para a construção;
4. Avaliação de viabilidade para a utilização de diversos resíduos sólidos na produção de materiais de construção sustentáveis e não agressivos ao ambiente;
5. A investigação sistemática dos efeitos de diferentes resíduos sólidos sobre o desempenho, durabilidade de produtos de construção em condições de exposição diferentes;
6. Verificação da possibilidade de utilização na quantidade de diferentes resíduos sólidos na construção em série;
7. Análise custo-benefício dos resíduos sólidos baseados em materiais de construção, considerando o seu ciclo de vida;
8. Avaliação do comportamento ou desempenho de resíduos sólidos nos materiais de construção.

## 2.6 A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES DE PERDA E CONSUMO

Koskela (1992) afirma que para se melhorar os processos básicos da construção deve-se planejar, medir, localizar e priorizar os potenciais de melhorias e monitorar os progressos. Tais objetivos são alcançados por meio da implantação de um sistema de medição de desempenho. Em seu trabalho o autor aponta algumas exigências a serem medidas:

- ♦ Redução do desperdício;
- ♦ Agregação de valor nas etapas do processo;

- ♦ Redução da variabilidade;
- ♦ Redução do tempo de ciclo entre todos os processos;
- ♦ Simplificação e transparência;
- ♦ Foco no processo como um todo;
- ♦ Estímulo ao melhoramento contínuo.

Para se alcançar o desempenho esperado ou a redução das perdas é imprescindível que haja contabilização e registro de informações e dados concretos referentes ao processo de produção. A Tabela 2.12 ilustra as razões citadas por Costa (2003) para se medir o desempenho dos processos.

Tabela 2.12 - Por quê, o quê e como medir o desempenho dos sistemas (COSTA, 2003)

RAZÕES DE SE MEDIR O DESEMPENHO	
POR QUE MEDIR?	<p>Para apoiar e aumentar a melhoria.</p> <p>Para fornecer a capacidade do sistema, ou seja, os níveis de desempenho que se pode esperar dos processos e sistemas.</p> <p>Para se ter um retorno dos investimentos e esforços.</p> <p>Para saber onde concentrar os esforços e colocar recursos.</p>
O QUE MEDIR?	<p>O desempenho dos sistemas organizacionais.</p> <p>Informações sobre eficiência, eficácia, qualidade, produtividade, qualidade de vida, inovação e lucratividade ou provisão orçamentária.</p> <p>O desempenho total da organização.</p>
COMO MEDIR?	<p>A partir da combinação adequada de um sistema de medição qualitativo e quantitativo, subjetivo e objetivo, intuitivo e explícito, físico e lógico, conhecido e desconhecido, mente humana e ferramentas de suporte.</p>

Costa (2003) propôs três diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho em empresas da construção civil, sendo: a) indicadores estratégicos e operacionais; b) indicadores de produto e de processo e c) indicadores principais e secundários. Estes indicadores cumprem um importante papel no desempenho dos processos produtivos e, como tal, podem ser empregados para diferentes finalidades.

De acordo com Formoso *et al.*(1996) a utilização mais comum dada aos índices de perdas de materiais na construção civil tem sido para chamar a atenção para o baixo desempenho global do setor construção em termos de qualidade e produtividade. Entretanto esta não é a

principal função dos indicadores de desempenho. Existem outras finalidades, mais construtivas, que podem contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento do setor.

Os indicadores de desempenho cumprem um papel importante na motivação das pessoas envolvidas no processo. Sempre que uma melhoria está sendo implantada é fundamental que um ou mais indicadores de desempenho associados à ação sejam monitorados e os ganhos amplamente divulgados na organização. Neste sentido, um projeto de melhoria visando à redução de perdas de materiais poderia até mesmo ser empregado como um instrumento de *marketing* interno para um programa da qualidade.

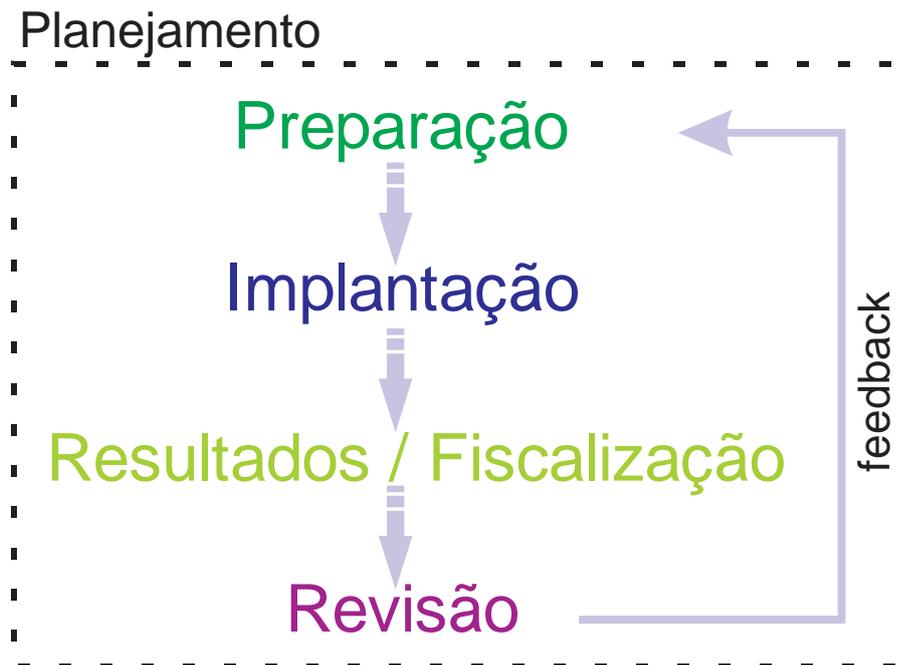
### **2.6.1. Importância dos Planos de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Construção e Demolição**

Apesar do crescente número de pesquisas relacionadas aos resíduos da construção civil, em suas pesquisas, Jalali (2006) concluiu que a atenção à informação sobre a quantidade e o tipo de resíduos gerados ainda é pequena, existindo pouca preocupação dada às metodologias de quantificação das informações necessárias sobre a geração de resíduos e sua utilização nos canteiros de obra. Se as decisões adequadas devem ser feitas sobre como os resíduos de construção serão geridos dentro e fora do local de construção, como devem ser usados, reciclados ou depositados, dados concretos sobre a quantidade, tipo, tempo e lugar de sua geração também são essenciais.

A implementação do Planejamento e Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Construção e Demolição (PGRSCD) possui importantes benefícios como, por exemplo, a prevenção da poluição, melhor utilização dos recursos, melhor conformidade nos produtos e avaliação dos riscos. Com a implantação de um planejamento eficiente os agentes responsáveis conseguem prevenir os potenciais problemas advindos do processo da construção civil, isto significa uma redução de custos tanto para as construtoras como para os cofres públicos.

WRAP (2011) explica o conceito de um PGRSCD como uma ferramenta que fornece uma estrutura que pode ajudar os agentes responsáveis pela geração de resíduos a prever, registrar a quantidade, planejar e auxiliar na criação de uma gestão adequada que resulte em ações para redução da quantidade de resíduos que serão produzidos no processo da construção e, ao final do gerenciamento, o planejamento possibilite uma revisão de seus resultados obtidos a fim de retroalimentar o processo e criar um ciclo de melhorias contínuas (Figura 2.8).

Figura 2.8 - Processo do PGRSCD



A quantificação é uma ferramenta necessária para avaliar a verdadeira dimensão da geração dos resíduos e, conseqüentemente, utilizar seus resultados para tomar as decisões para sua minimização em busca de uma gestão sustentável (JALALI,2006). Os dados gerados pela quantificação irão fornecer informações necessárias não só sobre a quantidade gerada, mas também do tipo do resíduo gerado, sua atividade geradora, tempo de geração, entre outros benefícios.

No contexto mundial os PCRSCD principalmente nos países mais desenvolvidos vêm ganhando popularidade e se tornaram uma importante ferramenta para minimizar os impactos da indústria da construção civil, não só ambiental, mas também impactos econômicos e sociais. Todos os planos requerem a cooperação entre todos os envolvidos no processo da construção, como clientes, construtores, projetistas, engenheiros, subcontratados, colaboradores e fornecedores (PAPARGYROPOULOU *et. al.*, 2011). Envolvendo todos desde o início da preparação, passando por todas as etapas até o final do processo produtivo, para garantir a eficácia do gerenciamento dos resíduos.

Nos países europeus a quantificação tornou-se uma ferramenta crucial para a tomada de decisões nos âmbitos econômico, ambiental e produtivo (JALALI, 2006; WRAP, 2011; CIB, 2011). Tais decisões fundamentam-se progressivamente com base em dados quantitativos comprovados para cada atividade em um canteiro de obras.

## 2.6.2. Influência das ferramentas nos PGRSCD

Muitas das principais ferramentas de auxílio ao gerenciamento como, por exemplo, SMARTWASTE Plan (2009) e WRAP (2011), foram criadas para apoiar todas as etapas na criação dos PGRSCD de uma forma que facilite o entendimento do usuário, permitindo alcançar o máximo de eficiência dentro do planejamento de redução de resíduos.

Suas influências podem ser inseridas no conceito desenvolvido por LU e YUAN (2011) onde existem quatro componentes principais (Figura 2.9) dentro da cadeia de trabalho das estratégias de gerenciamento de resíduos que são:

- 1) As estratégias prioritárias;
- 2) O ciclo de vida do projeto, indicando os estágios que o planejamento está sendo conduzido;
- 3) O ciclo de vida dos materiais, ajudando a traçar e analisar os desperdícios dos materiais;
- 4) Os espectro das abordagens, variando de técnicas complexas ou simples dentro do contexto econômico e gerencial do ciclo de ações.

Todos os componentes citados foram desenvolvidos baseados na síntese dos principais conceitos do gerenciamento de resíduos, incluindo a geração, redução, reutilização, reciclagem e disposição final.

Figura 2.9 - Etapas do PGRSCD (LU e YUAN, 2011)



Lu e Yuan (2011) analisaram 250 artigos produzidos em diferentes países, chegando a um resultado demonstrativo de que, dos artigos analisados, revelou-se que os pesquisadores devotam 42,2% a estudos relacionados à redução dos resíduos, 23,8% à geração, 23,8% à reciclagem, 6,1% à disposição final e 4,1% à reutilização do material. Fica claro que a redução é o mais importante tópico dentro dos PGRSCD, refletindo que a influência da ação de redução a torna a principal estratégia dentro deste ciclo de redução do desperdício.

Dentro do gerenciamento da construção existem fatores que definem qual a influência no aumento ou na diminuição da produção de resíduos e afetam seu poder de reuso ou reciclagem em canteiros. Segundo Kim *et. al.* (2006) existe uma enorme possibilidade de reduzir os desperdícios e aumentar a reciclagem de acordo com sua eficiência no gerenciamento.

### 2.6.3 Ferramentas SMARTWASTE, WRAP e Kreislaufwirtschaftsträger

Algumas ferramentas internacionais que auxiliam agentes individuais, empresários e autoridades locais a controlarem a geração de resíduos, permitindo um melhor uso dos recursos, bem como uma maior redução e reciclagem, serão comentadas.

#### 2.6.3.1 SMARTWastePlan

Em determinados países, algumas ferramentas para auditoria têm sido criadas. O BRE (Building Research Establishment), após auditorias em canteiros no Reino Unido, aplicou em algumas construções um sistema de gestão de resíduos conhecido como SmartWaste (Figura 2.10), em sua forma mais simplificada, o SmartStart, desenvolvido pelo próprio instituto. Este sistema consiste essencialmente em um Software parcialmente gratuito, com base na internet, que disponibiliza um campo de informações interativas e dispositivos geradores de gráficos e relatórios.

Figura 2.10 - Logomarca da ferramenta SmartWaste (Building Research Establishment Limited, 2013)



O grupo BRE obtiveram sucesso durante os 3 anos de que auditaram canteiros de obras utilizando o SmartWaste. O programa possui uma interface interativa *online* que guia o usuário por meio das etapas do planejamento. A ferramenta inclui funções de medições integradas ajudando de forma simples a medição e o monitoramento dos resíduos criando um *benchmark* de desempenho do processo.

O objetivo do BRE, na aplicação do Smartwaste em diversos canteiros, está em:

- a) gerar benchmarks mais detalhados para diferentes tipos e dimensões de canteiros (construção, demolição, reformas e produção de manufaturados); criação de um banco de dados nacional;
- b) estabelecer estratégias de gestão de resíduos, monitoradas através dos indicadores de desempenho e planos de ação.

E sua versão mais completa inclui ferramentas de avaliação como:

- Caracterização de resíduos ( fonte, tipo e quantidade);
- causas e custos;
- geração de resíduos ao longo do tempo;
- geração de resíduos por serviço;
- EPI's – m<sup>3</sup> resíduo gerado a cada 100 m<sup>2</sup>;
- avaliação de produtos residuais chave.

A ferramenta solicita a introdução de informação em dois grupos distintos: dados cadastrais do empreendimento (custo da obra; área de pavimento; localização; tipo de obra; duração; número de trabalhadores) e dados da geração dos resíduos (tipo de resíduo produzido; quantidade; custo do resíduo; percentagens do tratamento dado ao resíduo). Com estes dados torna-se possível calcular indicadores e valores de referência como, por exemplo, quantidade de resíduo produzido (por tipo ou atividade) por área ou por custo da obra, bem como um conjunto de outros indicadores que podem servir de referência.

A ferramenta SmartWaste possibilita a filtragem dos dados de acordo com o tipo de projeto, valor, localização, área construída, empresa, empresas recicladoras, etc. Esse tipo de leitura garante uma análise da geração de resíduo mais profunda, facilitando a identificação e os objetivos de prevenção dos resíduos. Sendo sua proposta é de estar sempre em desenvolvimento em suas bases de informação facilitando o seu uso e melhorando o desempenho dos dados analisados.

### 2.6.3.2 WRAP Plan

Assim como o *SMARTWastePlan*, o WRAP Plan, cuja logomarca é apresentada na Figura 2.11, é uma ferramenta gratuita para o auxílio dos agentes na produção de planos com finalidade de redução na geração de resíduos. WRAP (*Waste & Resources Action Programme*) foi fundado pelos governos da Inglaterra, Escócia, Irlanda do Norte e País de Gales. A ferramenta abrange seis etapas:

- 1) Políticas e planejamento;
- 2) Preparação e Concepção;
- 3) Projeto Detalhado;
- 4) Pré-construção;
- 5) Construção;
- 6) Pós-obra e uso.

Figura 2.11 - Logomarca da ferramenta WRAP (WRAP, 2011)



Segundo como é descrito por WRAP (2011) suas ferramentas pode ser divididas em:

- O modelo do *WRAP's SWMP*: feita para ser utilizada no Microsoft Excel a ferramenta do WRAP permite identificar as boas e melhores oportunidades de prática para reduzir os resíduos e, potencialmente, reduzir os custos e pode ser utilizado offline. O modelo foi desenvolvido para suportar os usuários estejam em conformidade com a legislação relacionada com resíduos da Inglaterra e avançar para uma boa prática.
- *WRAP's SWMP "light"*: Uma versão simplificada da ferramenta *WRAP's SWMP* dirigido aos empreiteiros e comerciantes menores, voltado para atividades como, reforma, retrofit e na Faixa de projetos para fora ou projetos menores.
- *WRAP's SWMP Rastreador*: ferramenta online que vai reunir dados de vários planejamentos e formar um banco de dados.. A ferramenta permite realizar análises

sofisticadas dos seus dados e reportar diretamente os geradores e gerar relatórios para aferir seu desempenho.

- *Site-Specific Waste Analysis Tool* (Análise de Resíduos específicas no canteiro): O SSWAT calcula as taxas de recuperação de resíduos e recuperação de materiais em Estações de Transferência de Resíduos ou recicladoras. Ela auxilia os gestores de resíduos com a sua comunicação de informações de recuperação para os clientes e construtores.
- Resíduos do Site Ferramentas plano de manejo: tutoriais em vídeo (Figura 2.12) fornecem instruções passo-a-passo sobre como usar o modelo de Plano de Gerenciamento de Resíduos da *WRAP Site e Tracker*.

Figura 2.12 - Exemplo do Video Tutorial *WRAP SWMP* (WRAP, 2011)



WRAP SWMP (Figura 2.11) possui uma gama de recursos e competências para ajudar as empresas a reduzir o desperdício. Auxilia as empresas a desenvolver um plano de redução de resíduos, criando um banco de dados e compartilhando as melhores práticas inseridas dentro do seu sistema. Dissemina informações que beneficiam a economia sobre a não geração de resíduos.

A ferramenta WRAP ajuda a criar mercados estáveis sobre fornecedores e geradores de resíduos, gerando uma rede de agentes para materiais e produtos reciclados de resíduos comerciais, industriais e municipais.

Outras áreas de foco incluem programas para aumentar a consciência pública sobre as questões de reciclagem e apoiar a redução de resíduos domésticos e industriais. WRAP é configurada como uma empresa sem fins lucrativos.

Em suma, a informação extraída poderá auxiliar na definição de objetivos específicos em matéria da gestão do RCD, permitindo a extrapolação dos resultados para comparação com outras obras e a previsão da quantidade de resíduos a produzir ao longo da obra.

### 2.6.3.3 Kreislaufwirtschaftsträger

Conhecido na Alemanha mais como ARGE KWTB (CIB, 2011) o Kreislaufwirtschaftsträger ou Grupo de Trabalho de gerenciamento e reciclagem dos resíduos da indústria da construção foi um consórcio firmado entre os agentes da indústria da construção totalmente voluntário com o Ministério Federal do Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear em 1996, visando reduzir a geração dos RCD em 50% em 10 anos. Porém em 2005 a indústria da construção alemã atingiu a quota de reciclagem em 70,1% e a cota de recuperação em 88,7%.

O Kreislaufwirtschaftsträger não é uma ferramenta de gerenciamento, e sim, orientações contendo os princípios básicos para a gestão de resíduos na Alemanha e estratégias de reciclagem em circuito fechado, atribuindo uma hierarquia dentro dos planos:

- ◆ Prevenção de resíduos é melhor do que a reciclagem de resíduos,
- ◆ Os resíduos que não permitirem sua prevenção devem ser reutilizados ou recuperados,
- ◆ Deposição em aterro de resíduos só é permitida quando nem a prevenção nem a recuperação forem economicamente viáveis ou razoáveis.

As três ferramentas possuem os mesmos objetivos: definir ações para prevenir, reduzir e valorizar os resíduos; identificar reduções na fase de concepção do projeto; prever quais são os principais geradores; rastrear os recicladores e os transportadores; preparar planos de ações para a gestão; gravar os dados e gerar *benchmarks* do processo.

## 2.7 INDICADORES RELACIONADOS À GERAÇÃO DOS RCD

Os indicadores possuem função fundamental para que haja uma avaliação do potencial posterior da redução, reutilização ou reciclagem dos resíduos da construção.

Apesar de terem sido desenvolvidas pesquisas para quantificar os resíduos em vários países, os valores estimados não oferecem uniformidade suficiente para caracterizar a situação dos RCD. No Brasil, esta tarefa é ainda mais difícil. Diferentemente de outros países, uma importante fonte na geração dos RCD são os geradores informais, para os

quais dados estatísticos estão indisponíveis e podem representar uma parcela importante dos RCD (PINTO et al., 2005).

O indicador da produção de RCD no Brasil do ano de 2012 foi adquirido por meio dos dados disponibilizados pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2013) e dos estudos realizados em 2005 pela Caixa Econômica Federal (PINTO, 2005) a respeito da relação entre novas edificações, reformas, ampliações e demolições.

A Tabela 2.13 ilustra os resultados, onde apontam uma produção de 106.549 ton/dia de RCD no Brasil, sendo 43.685 originados de novas edificações e 62.864 ton/dia originados de reformas e demolições.

Tabela 2.13 - Indicadores para a produção de RCD no Brasil (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2005)

<b>Tipo de obra</b>	<b>% relativa</b>	<b>Índice (kg/hab/ano)</b>	<b>RCD no Brasil (ton/dia)</b>
Novas edificações	41%	98,17	43685
Reformas e demolições	59%	141,27	62864
	100%	239,44	106.549

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), em um levantamento, chamado de Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil, foi divulgado o panorama dos subsetores da construção civil.

A atual composição foi de 22% de edifícios habitacionais, 15% de edifícios comerciais e industriais e os outros 63% são divididos em edifícios públicos e de infraestrutura, sendo que este último é responsável por 44% do setor da construção.

A Tabela 2.14 ilustra os dados da produção de resíduos pelo tipo de atividade. As atividades foram divididas em edificações habitacionais, edifícios comerciais e outros. A partir destes dados foi possível obter a estimativa da geração total do RCD para os diferentes tipos de atividades e ainda separados em novas edificações, reformas e demolições.

Tabela 2.14 - Indicadores para a produção de RCD no Brasil por setor (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2005)

Tipo de atividade		% Relativa	Produção de RCD	
			Tonelada/ano	kg/hab/ano
Edifícios habitacionais	Novas edificações	9,02	3.507.912,73	21,6
	Reformas e demolições	12,98	5.047.971,97	31,1
Edifícios comerciais	Novas edificações	6,15	2.391.758,68	14,7
	Reformas e demolições	8,85	3.441.799,07	21,2
Outros	-	63	24.500.942,55	150,8
		100%	38.890.385	239,44

Observa-se que a grande parte dos resíduos da construção civil no Brasil são oriundos de atividades de reformas e demolições. Este é um indicador interessante, pois grande parte dos estudos no Brasil relacionados à minimização ou gerenciamento de resíduos é voltada a novas edificações, preterindo o principal gerador de RCD.

A determinação da quantidade produzida e a composição dos RCD ainda constituem um grande desafio. Existem investigações sendo direcionadas em vários países nesse sentido, buscando fazer uma estimativa aproximada sobre a produção do RCD. Resumem-se algumas pesquisas desenvolvidas, no âmbito da busca de estimativa da produção do RCD, a fim de evidenciar que existem diferentes metodologias para estimar a geração dos resíduos.

Nos EUA em Massachusetts, Wang et al. (2004) desenvolveu um modelo com o objetivo de estimar, não o valor global de RCD, mas a quantidade gerada pelo tipo de atividade dentro da cadeia da construção (madeira, gesso, carpete, entre outros). Neste trabalho foram desenvolvidos fatores de conversão que possibilitam levantar as quantidades de cada material da edificação. Wang e sua equipe assumiram que em edificações novas, 10% dos materiais utilizados se tornaram resíduos e que 100% correspondem ao processo de demolição.

Cochran et al. (2007); Ângulo et al. (2011) e Gonçalves (2011) desenvolveram metodologias para determinar a quantidade global dos resíduos nos EUA; Brasil e Portugal respectivamente. Foram estudados os setores: construção residencial nova; construção não residencial; demolição residencial; demolição não residencial; reabilitação residencial e reabilitação não residencial.

A quantidade de RCD gerado foi estimada pelo produto da área de atividade da construção ( $m^3$ ) pela geração de resíduos por unidade de área de construção ( $kg/m^2$ ) e nos casos em que a área total de construção não se encontrava disponível, esta foi calculada por meio da

divisão do valor total da atividade (\$/ano) pelo custo médio por área de construção (\$/m<sup>2</sup>). Em alguns destes trabalhos foram discutidos métodos sobre quantificação de resíduos de reabilitação, porém como este campo não faz parte do escopo desta pesquisa, não será discutido.

Na Espanha de acordo com Mañà et al.(2000), o *Institut de Tecnologia de la Construcció* (ITeC) desenvolveram métodos que permitem quantificar o volume do RCD pelo seu volume gerado e sua unidade de área de superfície (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) no canteiro. A metodologia do Instituto considera a obra como 3 fases; a estrutura (analisando diferentes tipos de estrutura); paredes; e acabamentos (cerâmicas, gesso, pintura). Os resíduos de demolição são quantificados em função do tipo de construção: edifícios residenciais com estrutura de alvenaria; edifícios residenciais com estrutura em concreto armado; edifícios industriais com estrutura de alvenaria, entre outros.

Em Portugal Mália (2010) desenvolveu indicadores que possibilitam estimar a geração global de RCD na obra, bem como a sua composição. Em seu trabalho o autor estima a geração de RCD para seis setores da construção: construção residencial nova; construção não residencial nova; demolição residencial; demolição não residencial; reabilitação residencial e reabilitação não residencial.

Mália (2010) utiliza os valores da geração em kg/m<sup>2</sup>, necessitando a multiplicação dos indicadores pela área bruta do edifício ou pela área de intervenção. Outro fator diferencial em seus estudos foi o fato do entendimento que os valores levantados dependem da qualidade da gestão dos resíduos dentro do canteiro e por isso criou atribuições de confiança nos seus valores (Tabela 2.15).

Tabela 2.15 Escala utilizada na atribuição de um grau de confiança aos indicadores desenvolvidos (MÁLIA, 2010)

Grau de confiança	Descrição
Bom	Contabilizaram-se muitos valores, apresentando estes homogêneos. Valores bastante conclusivos.
Razoável	Contabilizaram-se muitos valores, apresentando estes heterogêneos. Valores pouco conclusivos.
Fraco	Contabilizaram-se poucos valores. É possível, no entanto, retirar conclusões destes.
Péssimo	Recolheu-se uma amostra de valores muito reduzida. Não é possível retirar conclusões destes.

Foram apresentados resumidamente alguns trabalhos relacionados à criação de indicadores de quantificação dos RCD. A intenção não foi apresentar todos os métodos já criados e sim mostrar o que é desenvolvido em diferentes situações, países e sem esgotar a pesquisa.

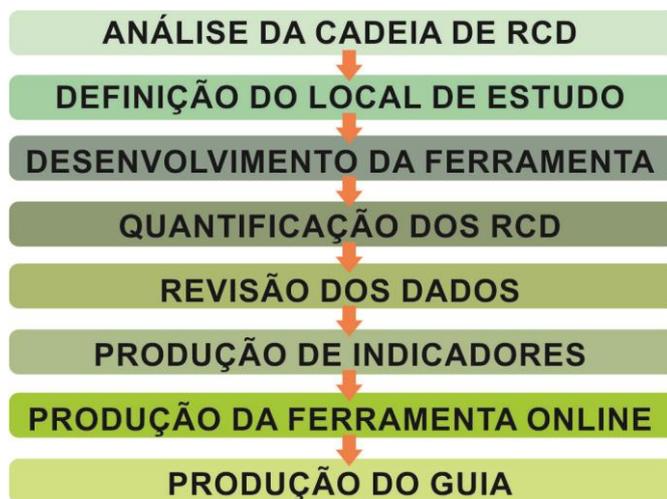
## **CAPÍTULO 3**

### **MÉTODO DE PESQUISA**

Com base na metodologia empregada, a pesquisa tem caráter descritivo e sua caracterização é apresentada neste capítulo.

Após a revisão bibliográfica, a qual apoiou a estruturação e o desenvolvimento das outras etapas da pesquisa, que estão representadas esquematicamente na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Fluxograma das principais etapas da pesquisa



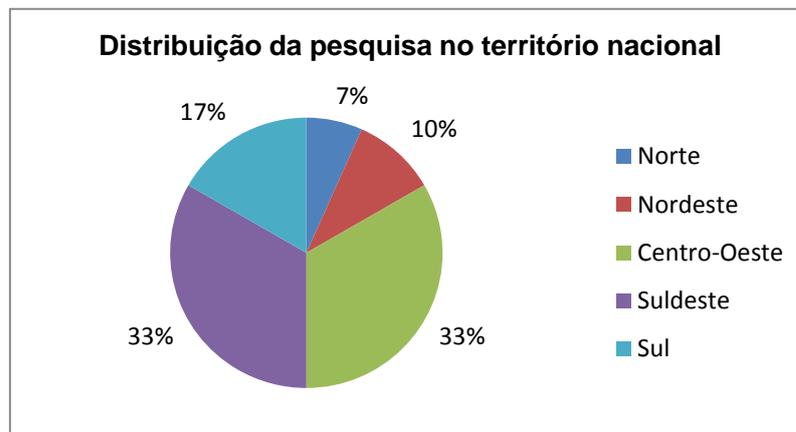
A efetivação do planejamento requer o entendimento do processo, variando da geração do desperdício da construção à disposição final, compondo toda a cadeia dos resíduos (YUAN, 2012). A análise desta cadeia abrange a revisão de leis, trabalhos nacionais e internacionais relacionados ao tema voltados à eficiência e à dificuldade na implantação dos PGRSCD.

Segue a descrição dos aspectos metodológicos das etapas da pesquisa.

### **3.1 ANÁLISE DA CADEIA DE RCD NACIONAL**

A segunda etapa da pesquisa teve como intuito analisar a cadeia de RCD com suas problemáticas referentes aos planos de gerenciamento de resíduos da construção e demolição (PGRCD). Foi realizado um estudo exploratório por meio do envio de um questionário baseado no trabalho de Tam (2007), sobre o peso das ações dentro do planejamento dos planos de redução. Foram enviados 100 questionários para agentes da cadeia de RCD de todo o Brasil, divididos em 30 construtoras, 20 consultores/gestores ambientais, 15 recicladoras, 20 agentes do governo e 15 projetistas (Figura 3.2).

Figura 3.2 - Amostra do envio dos questionários no território nacional



O questionário analisou as dificuldades na implantação de um PGRSCD de acordo com a visão de cada agente em sua área de atuação, levantando quais os resíduos mais comuns na construção civil, qual a disposição de todos os agentes em reduzir o desperdício, bem como identificação dos fatores mais/menos importantes na cadeia da construção.

Os questionários<sup>1</sup> buscaram levantar qual o nível de importância de três cenários ao PGRSCD: 1) propostas de ações e métodos para melhorar a eficiência do programa de gestão; 2) problemas na implantação do plano de gerenciamento e 3) práticas para reduzir o desperdício. As respostas foram classificadas em categorias de acordo com cada grupo avaliando o peso de cada resposta conforme a classificação contida no questionário e indicando quais as maiores preocupações referentes a cada agente no contexto nacional.

Para se determinar o grau de importância das ações foi estabelecido um peso de “1” para o menos importante a “5” para o mais importante e transformando-os em índices baseado na equação

$$R = \frac{\sum p}{AQ}$$

Em que: “ $\sum p$ ” é a somatória das pontuações,

A= 5 sendo a pontuação máxima,

Q é o número total de amostras e

R é o índice relativo à importância,  $0 \leq R \leq 1$ .

<sup>1</sup> As questões contidas no questionário estão apresentadas no Capítulo 4 do presente trabalho na apresentação dos resultados obtidos.

## 3.2 DEFINIÇÃO DOS LOCAIS DO ESTUDO DE CASOS

Para a realização do objetivo de aplicar um plano de gestão dos resíduos sólidos da construção e demolição, tornou-se necessária a escolha de empresas preferencialmente já possuíssem seu sistema de gestão certificado pelo PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), para demonstrar uma maior conscientização em relação à padronização de seus processos.

Também foram levados em consideração o maior acesso e o interesse das empresas em participar da pesquisa, visando à melhoria contínua dos seus procedimentos. Foram definidas duas tipologias de obras, uma obra vertical e outra horizontal, de modo a enriquecer a pesquisa com diferentes cenários. Sendo também necessária a condição de possuírem cronogramas definidos e controlados, para que não houvesse interferência no cronograma da pesquisa.

O cronograma das obras é uma ferramenta essencial, pois fornece o calendário para a geração de resíduos e, assim, as informações necessárias sobre a logística da gestão de resíduos para qualquer intervalo de tempo.

### 3.2.1 Estudo de caso A

O estudo de caso A é relativo à construção de Habitações de Interesse Social - HIS em um condomínio horizontal. Uma das habitações da empresa, utilizada como ponto de venda do empreendimento, está ilustrada na Figura 3.3.

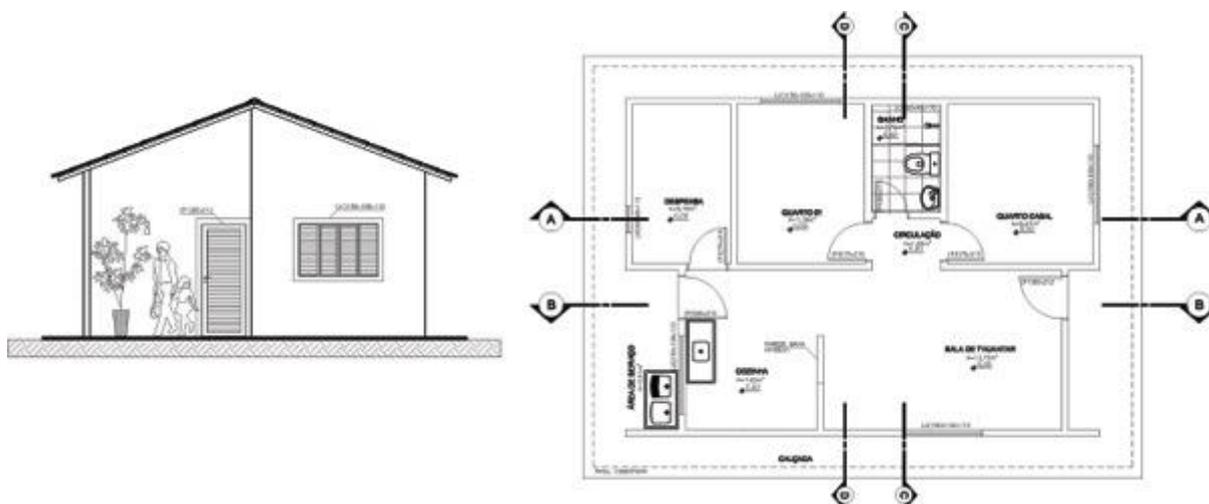
Figura 3.3 - Produto comercial do caso A



O canteiro de obra do condomínio é composto por 106 unidades habitacionais, com cada unidade equivalente a uma área de 54 m<sup>2</sup>, composta por sala, cozinha, dois quartos,

despensa e área de serviço, localizado na cidade de Trindade, Goiás. A área total construída é de 6.264 m<sup>2</sup>. A caracterização do objeto de estudo está ilustrada na Figura 3.4.

Figura 3.4 – Planta da habitação de interesse social - Estudo de caso A



### 3.2.2 Estudo de caso B

O estudo de caso B é uma edificação vertical do tipo residencial constituído de uma torre. Na Figura 3.5 é apresentada uma ilustração do empreendimento.

Figura 3.5 - Ilustração da fachada do estudo de caso B



Localizada na cidade de Goiânia, Goiás, a obra é constituída por 39 pavimentos, composta por áreas de uso comum e pavimentos tipos. Os pavimentos tipos são divididos em quatro unidades habitacionais, totalizando 70 apartamentos.

Cada unidade possui área total de 260 m<sup>2</sup> (Figura 3.6) com a opção de escolha entre quatro tipos de plantas e possibilidade de modificações durante a construção. A área do terreno da construção é de 4.591 m<sup>2</sup> e sua área total construída é de 32.782,94 m<sup>2</sup>.

Figura 3.6 – Planta da unidade habitacional - Estudo de caso B



### 3.2.3 Resumo dos estudos de Caso

Uma comparação entre as duas obras definidas para o estudo de casos é apresentada na Tabela 3.1. Um detalhamento mais específico das obras e empresas é realizado no capítulo de análise dos resultados.

Tabela 3.1 - Dados relativos às obras selecionadas para o estudo de casos da pesquisa

CARACTERÍSTICAS	OBRA A	OBRA B
TIPO DE OBRA	HORIZONTAL	VERTICAL
TIPO DE CONSTRUÇÃO	RESIDENCIAL	RESIDENCIAL
PROCESSO CONSTRUTIVO	CONVENCIONAL	CONVENCIONAL
NÚMERO DE UNIDADES	100	70
ÁREA POR UNIDADE (m <sup>2</sup> )	54	260
ÁREA CONSTRUÍDA (m <sup>2</sup> )	6.264,00	32.782,94

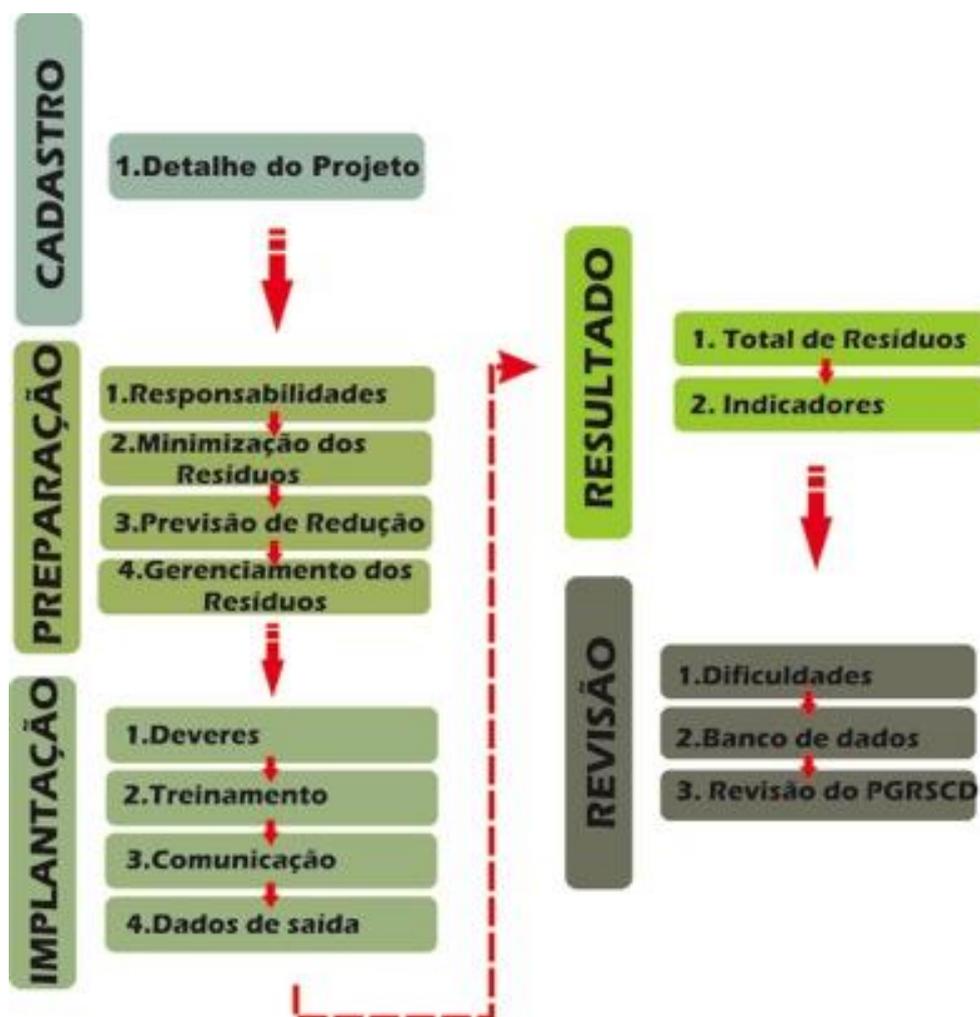
## 3.3 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

A terceira etapa consiste no desenvolvimento do PGRSCD. Por meio de análise das metodologias estudadas a respeito do tema, propõe-se uma ferramenta facilitadora aos gestores de canteiros de obras para a implantação de um PGRSCD voltado para o cenário brasileiro da construção civil. Baseada nos processos das ferramentas *SMARTWastePlan*

(Reino Unido), *WRAP Plan* (Reino Unido) e *“Kreislaufwirtschaft”* (Alemanha), a ferramenta abrange os aspectos iniciais de cadastro da caracterização do empreendimento, preparação do planejamento, implantação, coleta de dados, análise dos resultados e revisão da ferramenta (CIB, 2011; SMARTWaste, 2009; WRAP, 2011).

As etapas que compõem o desenvolvimento do PGRSCD proposto são apresentadas na Figura 3.7.

Figura 3.7 - Metodologia proposta com as etapas do PGRSCD



As ações a serem efetuadas nos canteiros de obra estão restritas ao status em que se encontram as obras estudadas. Tais ações da ferramenta proposta<sup>2</sup> contemplam os itens:

**Cadastro:** O plano inicia-se na caracterização da obra (Figura 3.8), inserindo as informações do empreendimento, como áreas, uso, endereço, entre outros, de modo a

<sup>2</sup> As ilustrações apresentadas para as inserções das informações contidas no modelo proposto foram retiradas da ferramenta desenvolvida pelo autor.

facilitar o controle dentro da empresa e auxiliar na formação de um futuro *benchmark*, por meio de semelhanças de obras.

Figura 3.8 - Planilha de cadastro

O diagrama mostra um fluxo de trabalho com cinco etapas: CADASTRO, PREPARAÇÃO, IMPLANTAÇÃO, RESULTADO e REVISÃO. Abaixo, há um formulário para o 'Detalhe do Projeto' com os seguintes campos:

- Nome do Projeto
- Localização
- Tipo de uso
- Área total do terreno
- Custo (estimado)
- Data de início
- Previsão término
- Descrição do terreno
- Tipo de projeto
- Tipo de construção
- Área total construída

Abaixo do formulário, há uma seção rotulada 'Dicas'.

**Preparação:** Antes do início do desenvolvimento das atividades são levantadas todas as etapas que podem influenciar na geração de resíduos, esta etapa é dividida em:

- Responsabilidades (Figura 3.9): são registrados os responsáveis por aspectos diferentes do planejamento (agentes), como elaboração do plano, implantação, projeto, entre outros.





Figura 3.12 - Planilha de gerenciamento

**CADASTRO** → **PREPARAÇÃO** → **IMPLANTAÇÃO** → **RESULTADO** → **REVISÃO**

1. Responsabilidades → 2. Minimização dos Resíduos → 3. Previsão de Redução → 4. Gerenciamento dos Resíduos

**4. Gerenciamento dos Resíduos:**

Tipo de Resíduo	Reduzir(%)	Reuso(%)	Recuperar (%)	Reciclar (%)	Dispon. (%)	Equipamento	Responsável do Gerenciamento	Exceção/Licença
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								
c								
fc								

\*c - no canteiro  
\*fc - fora do canteiro

**“Dicas”**  
 Para cada tipo de resíduos identificado, propor medidas de gestão e definir suas metas. No mínimo esta informação deve ser dividida em inertes, resíduos perigosos e não-perigosos (em conformidade com os regulamentos do CONAMA).

- Para resíduos o planejamento precisa ser gravado em categorias, tijolos, telhas e concreto, cerâmica, inerte, isolamento, metais, embalagens, gesso, plásticos, madeira, pavimentos (macios), equipamentos elétricos e eletrônicos, mobiliário de escritório/refeitório/adhoc, líquidos, óleos, solos, asfalto, misturados, perigosos e outros.

- Redução = redução da quantidade de resíduos; Reutilizar = a reutilização de materiais/produtos para o mesmo processo; Reciclar = processamento do material; Recuperar = compostagem, valorização energética, tratamento curativo do solo, físico de triagem dos resíduos (quando um ou mais componentes dos resíduos é recuperado).

**Implantação:** A etapa deve ser realizada no canteiro da obra, buscando uma maior integração entre a realidade do espaço a ser desenvolvido, o programa e as particularidades a serem planejadas, dividida em:

- Deveres (Figura 3.13): Manter um registro a respeito dos fornecedores, empreiteiros e terceirizados. Levantar se tais agentes possuem as licenças necessárias para suas atividades, licenças de transportadores, recicladoras, produtos, entre outros. Observar se todas as licenças estão dentro da validade.

Figura 3.13 - Planilha de deveres

**CADASTRO** → **PREPARAÇÃO** → **IMPLANTAÇÃO** → **RESULTADO** → **REVISÃO**

1. Deveres → 2. Dados de entrada → 3. Dados de saída

**3. Deveres:**

Nome - Contratado	Endereço	Tipo de Resíduo	Nº da licença emissão, validade	Local de armazenamento

Existe a necessidade de registro na Agência de Meio Ambiente local como um produtor de resíduos perigosos? Já possui registro?  sim  não  
 Se sim, nº número de registro, data de emissão e validade

**“Dicas”**

- **Treinamento:** Treinar as equipes envolvidas na execução da obra, responsáveis pelo controle de registro e empresas terceirizadas. Preparação de uma estrutura básica no canteiro para que o plano possa ocorrer, como baias de separação e armazenamento.
- **Comunicação:** Ser clara e consistente no local de trabalho para ter certeza que a equipe seja informada do planejamento, procedimentos e expectativas, fazendo canais comunicativos detalhados e autoexplicativos.
- **Monitoramento:** Avaliar o progresso da implantação, observar itens como limpeza, triagem, destinação, entendimento dos agentes, entre outros. Estes dados servem como referência para a direção da obra atuar na correção dos desvios observados.
- **Quantificação:** Para quantificar adequadamente os resíduos da construção, busca-se uma classificação dos resíduos por atividade ou fonte e os tipos de resíduos gerados. Por meio da literatura levantada sabe-se que existem várias fontes de geração de resíduos em um canteiro de obras (BOSSINK, 1996).

Este método fornece a quantidade de resíduos gerados a partir de cada elemento da construção e dos elementos que compõem o projeto. Os elementos de construção tem uma função específica no sistema e são normalmente executados por diferentes profissionais. A quantidade de resíduos gerados em uma determinada obra depende



Figura 3.15 - Planilha de dados de saída

CADASTRO → 
 PREPARAÇÃO → 
 IMPLANTAÇÃO → 
 RESULTADO → 
 REVISÃO

1. Deveres → 
 2. Dados de entrada → 
 3. Dados de saída

**3. Dados de saída:**

Data da remoção	Tipo de Resíduo	Quem Retirou	Destinação	nº licença do aterro	nº licença do transportador	nº de documento de referência

**“Dicas”**

Para um controle melhor é essencial que seja controlada a identidade da pessoa que remover os resíduos, os tipos de resíduos removidos, a destinação, as licenças e os números de registro transportadora. Links ou referências devem ser fornecidas a perder notas de transferência e guias de remessa de resíduos perigosos

**Resultados:** Envolve uma avaliação dos resultados alcançados durante o processo, dividida em:

- Total de Resíduos: Comparação dos dados previstos com os alcançados.
- Indicadores: Uso dos dados finais para criação de indicadores de redução dos resíduos.

**Revisão:** Análise das dificuldades encontradas durante o plano além da criação de um banco de dados e de métodos implantados no PGRSCD, possibilitando uma retroalimentação dos dados e métodos obtidos com a finalidade de melhorar o processo em futuros projetos. Mais informações sobre o destino final, as possibilidades de prevenção, reutilização, reciclagem e potencial econômico também podem ser identificadas e registradas.

### 3.4 QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

A principal finalidade da elaboração das análises quantitativas dos resíduos é a identificação dos materiais que apresentam maiores índices percentuais de perda. Os resíduos das duas obras foram quantificados por tipo, sendo esta ação essencial para a gestão e organização

de um canteiro de obras, estudos de caracterização, proposições de ações nas fontes geradoras, bem como a prestação de logística para sua gestão.

Os resíduos gerados nas duas obras utilizadas como estudo de caso foram quantificados, com a finalidade de criar um banco de dados de perdas para as empresas estudadas, comparar os volumes gerados, detectar as fontes geradoras e criar indicadores específicos por frente de serviço e índices globais.

Nas duas obras, a quantificação dos resíduos foi realizada a partir da utilização de uma balança antropométrica Micheletti, modelo MIC 2, com capacidade para 300 kg e graduação para 100 g (Figura 3.16).

Figura 3.16 - Balança utilizada para quantificação dos resíduos no estudo de casos



A quantificação dos resíduos de acordo com o tipo é a tarefa fundamental do gestor local ou a pessoa responsável pelo planejamento e gestão da construção. Esta tarefa tem que ocorrer antes das atividades de construções começarem por meio de um planejamento prévio e uma estimativa dos quantitativos por atividade a serem desenvolvidas, e deve continuar durante a fase de construção.

Os resíduos das duas obras foram quantificados de acordo com a separação definida em cada obra. O método de coleta para a pesagem dos resíduos foi o mesmo para as duas obras - foram separados e armazenados os resíduos gerados por atividade e não por tipo de classe, aumentando assim a precisão na coleta de dados. Na Obra A foi feita uma quantificação total de todos os resíduos gerados na construção de 10 casas, enquanto que

na Obra B foi feita a quantificação de todos os resíduos gerados em dois pavimentos. A coleta de dados foi durante o período de oito meses.

Foi estabelecida uma frequência de pesagem - os resíduos eram quantificados a cada semana para não ocasionar uma grande quantidade de resíduos armazenados e facilitar a pesagem. Após a pesagem os resíduos eram transportados para as baias criadas no canteiro e separados por tipos de classe conforme definições do CONAMA. Os materiais que não seriam reaproveitados no desenvolvimento da obra eram dispostos em caçambas e dispostos de forma correta.

Foi criada uma planilha para o processo de quantificação dos resíduos das Obras A e B, ilustrada na Figura 3.17, na qual eram anotadas as informações referentes aos resíduos quantificados por tipo de serviço e etapa. Com o preenchimento das informações, os dados obtidos em campo eram utilizados para a elaboração de análises quantitativas dos resíduos.

Figura 3.17 - Planilha para quantificação dos resíduos por atividade

SERVIÇO	TIPO DE RESÍDUO	QTD
ESTRUTURA		
ACABAMENTO		
ALVENARIA		
COBERTURA		

Tipos de Resíduos	
A	Madeira
B	Gesso
C	Alvenaria
D	Cerâmica
E	Telhas
F	Plásticos
G	Metais
H	Vidro
I	Mistura RCD (perigosos)
J	Concreto
L	Papéis
M	Saco de cimento

Para a estimativa do Índice Global, após o total dos resíduos gerado, medido e registrado, é criado o indicador em kg/m<sup>2</sup> construído por tipo de resíduo. Estes indicadores produzidos ficaram disponíveis para o próximo planejamento de futuras obras/projetos com as mesmas características, como dados previstos, na tentativa de reduzir este índice no decorrer das novas construções.

### **3.5 COMPILAÇÃO DOS DADOS E PRODUÇÃO DE FERRAMENTAS GERENCIAIS**

A quarta etapa da metodologia se resume na compilação dos dados pesquisados nas referências bibliográficas e os dados levantados com a implantação do PGRSCD no canteiro em um formato de um guia referencial e uma ferramenta virtual aos gestores e projetistas.

Esta avaliação é importante para apontar as vantagens que o gerenciamento de resíduos no canteiro da obra pode proporcionar à construtora, em termos de redução nos custos de disposição final e de aquisição de recursos naturais e, principalmente, em relação à preservação do meio ambiente.

## CAPÍTULO 4

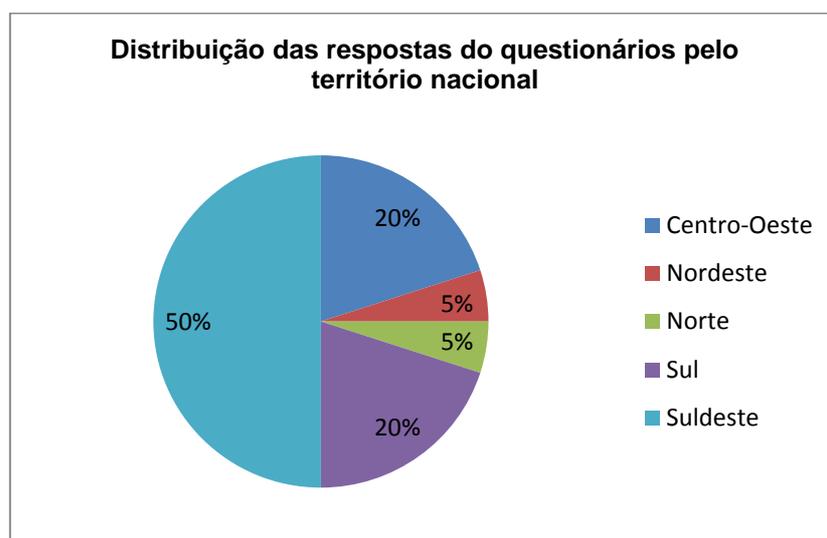
### ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados são referentes ao processamento dos dados das etapas propostas no método. Os resultados obtidos por meio dos questionários foram comparados com dados de outras pesquisas internacionais a fim de conhecer o cenário nacional em relação aos demais países. Também são apresentados os resultados do PGRCD nos casos estudados, mostrando a importância da sua implantação para a organização dos canteiros de obras, auxiliando no armazenamento e disposição de materiais. A quantificação de resíduos foi feita de acordo com o método já apresentado.

#### 4.1 RESULTADO DA ANÁLISE DA CADEIA NACIONAL DE RCD

Sobre os resultados da primeira etapa da pesquisa, dos 100 questionários enviados, houve o retorno de 55 (Figura 4.1), sendo 10 secretarias do governo, 10 consultores/gestores ambientais, 20 construtoras, 10 recicladoras e 5 projetistas. A seguir é apresentada a compilação dos resultados obtidos por meio dos questionários.

Figura 4.1 - Distribuição das respostas do questionários pelo território nacional



Os resultados apresentados na Tabela 4.1 confirmaram que os resíduos de classe A (45%) são a maioria na construção civil nacional, seguido por madeira (22%), gesso (14%) e papelão (8%), apontados por todos os agentes. Ao comparar os resultados com os encontrados por Tam (2008), Alberta (2000), CIB (2011), Reixach et al. (2000), Pereira (2002) e SSB (2011), constatou-se que os resíduos com composição

cimentícia (Classe A) são a maioria em outros países, levando em consideração que países com sistemas construtivos não tão semelhantes, o resultado pode ser diferente, como por exemplo no Canadá, onde o uso de madeira predomina sobre o cimento. A Resolução nº 448 de 2012 define que os resíduos do tipo Classe A, a partir de 2013, deverão ser reutilizados, reciclados e ou encaminhados para aterros de preservação para uso futuro.

Tabela 4.1 - Resultado do questionário sobre os principais resíduos da construção civil

<b>Resíduos de Construção Civil - Brasil</b>							
Classe A <sup>3</sup>	Madeira	Gesso	Papelão	Metal	Tintas	Plástico	TOTAL
<b>45%</b>	22%	14%	8%	6%	3%	2%	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – China (TAM, 2008)</b>							
Classe A <sup>4</sup>	Madeira	Formas	Tapume	Materiais manuais	Andaime	Acabamento	TOTAL
<b>29%</b>	21%	16%	14%	8%	7%	5%	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – Japão (CIB, 2011)</b>							
Classe A <sup>5</sup>	Asfalto	Solos	Madeira	Outros	-	-	TOTAL
<b>41%</b>	34%	10%	6%	4%	-	-	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – Noruega (SSB, 2011)</b>							
Classe A <sup>6</sup>	Madeira	Metal	Gesso	Papeis	Mistos	Outros	TOTAL
<b>40%</b>	14%	5%	4%	2%	18%	17%	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – Reino Unido (CIB, 2011)</b>							
Classe A <sup>7</sup>	Madeira	Embalagens	Gesso	Metal	Mistos	Outros	TOTAL
<b>27%</b>	12%	11%	6%	4%	36%	4%	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – Portugal (PEREIRA, 2002)</b>							
Classe A <sup>8</sup>	Madeira	Metal	Plástico	Asfalto	Outros	-	TOTAL
<b>58,3%</b>	8,3%	8,3%	0,83%	14,2%	10%	-	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – Espanha (REIXACH et al., 2000)</b>							
Classe A <sup>4</sup>	Madeira	Metal	Plástico	Papel	Vidro	Outros	TOTAL
<b>77%</b>	9%	1%	1%	1%	1%	11%	100%
<b>Resíduos de Construção Civil – Canadá (ALBERTA, 2000)</b>							
Madeira	Telhado	Metal	Classe A <sup>4</sup>	Drywall	Asfalto	Outros	TOTAL
23%	16%	13%	<b>12%</b>	7%	5%	24%	100%

<sup>3</sup> Composto por tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, argamassa e concreto.

<sup>4</sup> Composto por concreto.

<sup>5</sup> Composto por concreto.

<sup>6</sup> Composto por blocos cerâmicos e concretos.

<sup>7</sup> Composto por blocos, telhas, concretos e inertes.

<sup>8</sup> Composto por concreto, argamassa e alvenaria

Os resultados a respeito da existência de práticas para redução de resíduos (Tabela 4.2) foi negativo, os agentes apontaram que ainda existe uma falta de consciência a respeito da existência deste tipo de prática no Brasil e isso resulta em uma difícil trajetória para alcançar esta meta por falta de conhecimentos e metodologias. Segundo os resultados apontados por Tam (2008) para a China, que demonstram que existe uma grande parcela de práticas de redução (60,5%), o oposto ao panorama brasileiro.

Porém a referida autora relata a existência de grande parcela de insatisfação a respeito da eficiência das práticas adotadas na China (47,8% insatisfeitos contra 13,2% satisfeitos e 39,5% neutros), deixando os dois países na mesma situação de falta de conhecimentos e metodologias efetivas.

Tabela 4.2 - Resultado do questionário sobre a existência de práticas para redução de resíduos

Existência de práticas para redução de resíduos				
Países	Sim	Neutro	Não	Total
Brasil	19%	22%	59%	100%
China	60,5%	29%	10,5%	100%

Conforme a Tabela 4.3, os resultados referentes à boa vontade dos agentes em implantarem um programa de redução de resíduos mostrou que governo (48%) e clientes (52%) estão dispostos a reduzir os resíduos. O resultado foi negativo para os projetistas e os construtores, sendo estes os agentes com a maior probabilidade de reduzir o desperdício.

Tal fato pode ser explicado devido à produção de projetos mal detalhados, falta de conhecimento de métodos construtivos, desconhecimento do comportamento dos materiais, falta de comunicação entre os envolvidos nas etapas projetuais, falta de gestão na obra, baixo custo de disposição, alta rotatividade de mão de obra, dificuldades quanto à permanência de colaboradores treinados na empresa, entre outros fatores.

Ao comparar com os resultados de Tam (2008), a diferença encontrada é a vontade apenas do governo de reduzir o desperdício, e assim reduzir seus gastos com limpeza urbana. Os demais agentes obtiveram pontuação baixas em relação à boa vontade de minimizar a geração de resíduos, mostrando o não entendimento que a redução poderia impactar diretamente no custo da obra.

Tabela 4.3 - Resultado do questionário sobre a boa vontade em minimizar a geração de resíduos

Boa vontade em minimizar a geração de resíduos								
Países	Governo		Cliente		Construtoras		Projetistas	
	Brasil	China	Brasil	China	Brasil	China	Brasil	China
<b>Sim</b>	48%	78,9%	52%	18,7%	41%	26,3%	22%	21,1%
<b>Neutro</b>	15%	15,8%	30%	55,3%	11%	57,9%	26%	47,3%
<b>Não</b>	37%	5,3%	18%	31,6%	48%	15,8%	52%	31,6%
<b>Total</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Sobre os fatores de importância nas metas da construção civil, como custo, tempo, qualidade, meio ambiente e segurança (Tabela 4.4), o fator Custo foi o mais importante (48,9%) seguido do fator Meio Ambiente (29,6%). Cabe fazer uma leitura do mercado atual onde o custo está atrelado ao marketing verde que a edificação possui, aumentando assim seu valor de mercado.

Os resultados de Tam (2008) revelaram que o Custo (39,5%) também está em primeiro lugar, mas ao analisar o fator Meio Ambiente (0%) revela que a China não possui uma preocupação com o meio ambiente, enquanto que no Brasil o Meio Ambiente vem ganhando espaço, principalmente por sua relação íntima com o custo, podendo aumentar o valor de produto e reduzir o custo na produção. Uma das construtoras explicou que essa nova tendência de respeito ao meio ambiente é uma visível exigência do mercado, pois governos, instituições financeiras e os compradores finais tem dado maior visibilidade a esta temática.

Ao analisar as metas menos importantes, o tempo (57,1%) foi o menos importante na cadeia da construção, revelando uma nova tendência de se gastar mais tempo objetivando um produto com maior qualidade.

Tabela 4.4 - Resultado do questionário sobre a importância das metas na construção civil

Metas na construção civil				
Países	Mais Importante		Menos Importante	
	Brasil	China	Brasil	China
<b>Custo</b>	55,6%	39,5%	14,8%	5,3%
<b>Tempo</b>	7,4%	15,8%	44,4%	18,4%
<b>Qualidade</b>	3,7%	18,4%	11,1%	15,8%
<b>Meio Ambiente</b>	29,6%	0%	29,6%	47,4%
<b>Segurança</b>	3,7%	26,3%	0,0%	13,2%
<b>Total</b>	100,0%	100%	100,0%	100%

Na Tabela 4.5 encontram-se os resultados sobre a importância das ações no PGRSCD. Todas as ações tem finalidade de se tornar benefícios para a construção, como a prevenção da poluição no canteiro, melhoria da estocagem, organização na obra, entre outras. Monitorar e auditar o gerenciamento do programa de resíduos e desenvolver uma estrutural organizacional para gerenciar os resíduos foram as ações avaliadas como as mais importantes no planejamento, reforçando assim a necessidade de ferramentas que auxiliem o gestor no planejamento e no controle.

Os resultados da pesquisa de Tam (2008) revelaram que na China os agentes da cadeia de RCD estão mais preocupados em desenvolver métodos objetivando a não geração dos resíduos e a proposição de métodos para a reutilização dos resíduos dentro do próprio canteiro. Estas ações citadas pertencem aos dois primeiros níveis de sustentabilidade praticados em relação à disposição dos resíduos de construção (conforme já ilustrado anteriormente na Figura 2.1); reduzir e reutilizar.

Tabela 4.5 - Resultado do questionário sobre a importância das ações no PGRSCD

Importância das ações no PGRSCD	Importância		Rank	
	Ações	Brasil	China	Brasil
Monitorar e auditar o gerenciamento do programa de resíduos	0,94	0,65	1	9
Desenvolver uma estrutura organizacional para gerenciar o resíduo	0,92	0,67	2	6
Identificar os diferentes tipos de resíduos	0,91	0,73	3	4
Propor uma lista de materiais para serem reutilizados ou reciclados	0,91	0,58	3	11
Propor métodos de processamento, armazenamento e disposição	0,90	0,65	3	9
Propor métodos para reduzir o desperdício	0,89	0,77	4	1
Propor métodos no canteiro para triagem dos resíduos	0,89	0,76	4	2
Propor áreas de armazenamento dos resíduos	0,88	0,75	5	3
Propor métodos para reutilizar o material no canteiro	0,85	0,77	6	1
Ajudar a programar o sistema de rastreamento do resíduo	0,84	0,65	7	8
Estimar a quantidade de resíduos para a disposição fora do canteiro	0,83	0,67	8	7
Estimar a quantidade de resíduos identificados	0,80	0,58	9	10
Propor métodos para que os materiais sejam entregues embalados	0,45	0,69	10	5

Os planos de gerenciamento dos resíduos sólidos de construção e demolição embora tragam vários benefícios para a construção, enfrentam várias dificuldades para sua implantação. Na pesquisa realizada, os resultados na Tabela 4.6 demonstram que o “comportamento e a cultura na construção”, “falta de treinamento e educação” e a “falta de conhecimento de métodos efetivos de gerenciamento” são as maiores dificuldades na implantação do plano, evidenciando que não adianta querer implementar um planejamento sem ter conhecimento do seu processo e a participação unificada de todos os agentes.

Diferentemente a China (TAM, 2008) apresenta o “baixo incentivo financeiro” como uma dificuldade para a implementação dos planos, porém muitos agentes acreditam que os planos podem gerar ações onerosas para seus processos. A autora cita que este mercado está mudando na China, pois muitos clientes e construtoras estão entendendo que a implementação de uma gestão de resíduos impactará de forma positiva na sua imagem e reputação com o público e na indústria.

O baixo custo para a disposição revela ser um fator de baixa importância em ambas as pesquisas, não contribuindo para a mudança de comportamento no setor da construção. O que se observa em outros países é a aplicação de políticas para o aumento do valor da disposição obrigando os geradores a reduzir seus resíduos, reduzindo seus custos.

Tabela 4.6 - Resultado do questionário sobre as dificuldades na implantação do PGRSCD

Dificuldades na implantação do PGRSCD	Importância		Rank	
	Brasil	China	Brasil	China
Ações				
Comportamento e cultura da construção	0,92	0,73	1	5
Falta de treinamento e educação	0,92	0,68	1	8
Falta de conhecimento de métodos efetivos de gerenciamento	0,87	0,73	2	6
Sistema de mão de obra terceirizado de difícil controle	0,82	0,74	3	3
Falta de promoção de medidas de minimização de resíduos.	0,80	0,74	4	4
Aumento do custo nos processos	0,66	0,77	5	2
Baixo incentivo financeiro	0,65	0,82	6	1
Mercado competitivo	0,61	0,66	7	8
Baixo custo para disposição	0,57	0,69	8	7

No questionário a respeito da importância das práticas para a redução dos resíduos, as ações levantadas para se reduzir os resíduos na construção civil (Tabela 4.7), a “participação da alta administração no gerenciamento” e a “educação e treinamento” se mostraram as mais importantes no PGRSCD, resultado que também foi comum para a China.

Tais resultados mostram a necessidade da participação de todos os agentes para que os planos de gestão de resíduos sejam implantados de forma eficiente. A educação e o treinamento se mostraram os fatores de maior importância em todas as pesquisas, entendendo que o desenvolvimento de uma estrutura organizacional de gerenciamento exige treinamento e educação no seu planejamento, execução e monitoramento. Um ponto importante a ser levantado na pesquisa de Tam (2008) é que o “uso de componentes pré-fabricados” é a prática mais importante para redução do desperdício na construção civil na China, revelando o interesse dos chineses de tornar a construção civil uma indústria menos artesanal.

Tabela 4.7 - Resultado sobre a importância das práticas para a redução do resíduo no PGRSCD

Importância das práticas para a redução do resíduo no PGRSCD	Importância		Rank	
	Brasil	China	Brasil	China
<b>Ações</b>				
Educação e treinamento	0,92	0,77	1	2
Participação da alta administração no gerenciamento	0,92	0,73	1	5
Gerenciamento de compra de materiais	0,81	0,77	2	2
Identificação de recicladoras no entorno/cidade	0,80	0,67	3	7
Uso de componentes pré-fabricados	0,79	0,80	4	1
Planejamento do layout do canteiro	0,79	0,76	4	3
Áreas de corte e armazenamento dentro do canteiro	0,77	0,63	5	10
Uso de informativos no canteiro	0,75	0,59	6	11
Uso de formas de metal	0,72	0,64	7	9
Conservação do resíduo no canteiro	0,71	0,60	8	10
Lista de materiais para construção e demolição	0,71	0,66	8	8
Operação de reciclagem dentro do canteiro	0,70	0,76	8	4
Uso de madeira legalizada	0,70	0,58	8	12
Instalação de um lava rodas no canteiro	0,60	0,67	9	6

Fica claro após as análises dos resultados desta etapa que a geração de resíduos é uma questão tem ganhado força no Brasil, com legislação própria, investimentos tanto

públicos como privados e também devido à visibilidade que as preocupações ambientais ganharam nos últimos anos.

A construção civil está inserida neste contexto por ser um dos maiores geradores de resíduos e consumidores dos recursos naturais, necessitando assim de uma metodologia efetiva que auxilie na redução deste problema. A complexidade da implantação de um sistema de gerenciamento de resíduo é grande, mas não é difícil de alcançar.

A ideia de se aplicar uma metodologia cíclica fundamentada na melhoria contínua é baseada na criação de um banco de dados de informações que auxiliem os gestores já na concepção do projeto e apoio durante todo o restante do planejamento.

## 4.2 ESTUDO DE CASO A

Neste tópico serão apresentados os resultados relacionados ao estudo de caso A.

### 4.2.1 Caracterização da empresa

A empresa A em estudo atua desde 2008 com incorporação e construção imobiliária de empreendimentos de condomínios horizontais para habitação de interesse social distribuídos pelo estado de Goiás e Tocantins, sendo sua sede na cidade de Goiânia. A empresa A possui as certificações PBQP-H nível A e ISO 9001.

### 4.2.2 Resultados do PGRSCD – Obra A

A empresa em questão não possuía nenhuma política interna relacionada à gestão dos resíduos da construção e demolição e, após o início da pesquisa, o canteiro de obra foi organizado. Exemplos dessa situação são relacionados à separação e triagem dos resíduos de acordo com a classificação do CONAMA. A Figura 4.2 ilustra como o resíduo era segregado antes da pesquisa e após algumas intervenções feitas no canteiro de obra.

Figura 4.2 – Disposição dos resíduos antes e depois da implantação do plano de gestão



Será apresentada a compilação dos resultados obtidos por meio da aplicação junto aos gestores da obra da planilha para a criação do PGRSCD proposta na metodologia.

#### 4.2.2.1. Cadastro

Após o preenchimento da planilha de cadastro, foi registrado que o estudo de caso A se enquadra na tipologia residencial horizontal, totalizando 106 unidades, área de terreno de 9.450 m<sup>2</sup> e área total construída de 6.264 m<sup>2</sup>. O tipo de construção utilizada é a construção convencional (alvenaria de bloco de cerâmico e revestimento “reboco paulista”) com um custo estimado de R\$ 5.940.000,00. A obra foi iniciada em janeiro de 2013 e entregue em agosto de 2013.

#### 4.2.2.2.Preparação do plano

- ♦ Responsabilidades: Foram elencadas responsabilidades dentro do planejamento para todos os participantes da gestão do empreendimento. A responsabilidade pela implantação do planejamento ficou a cargo do engenheiro gestor da obra; a responsabilidade pelo projeto de arquitetura ficou a cargo da arquiteta da própria construtora e o responsável pela gestão dos resíduos, o engenheiro gestor da obra.
- ♦ Prevenção na minimização dos resíduos: Na fase de desenvolvimento do projeto foram estabelecidas ações de desenvolvimento de projeto de paginação dos pisos e paredes, com responsabilidade das arquitetas da própria empresa e como resultado esperado a redução do desperdício de materiais. Não foi encontrada nenhuma ação de minimização de resíduos no processo de demolição das edificações preexistentes, pois não existiam edificações na área.

No processo prévio de construção foram elencadas juntamente com o engenheiro da obra em estudo as seguintes ações de minimização de resíduos:

- 1) Houve a previsão da implementação da separação dos resíduos durante a construção, o que ficou sob responsabilidade do estagiário da construtora. Os resultados esperados visaram a triagem dos resíduos e uma melhoria na limpeza do canteiro.
- 2) O armazenamento dos materiais ficou sob responsabilidade do Almoxarife, cujos resultados esperados visaram a redução de perdas de materiais abertos, controle da saída de materiais e aumento da produtividade por meio do controle de compras.

- 3) Comprometimento com a destinação dos resíduos - os responsáveis desta ação foram o engenheiro gestor da obra e a empresa de remoção de entulho. O resultado esperado foi o aumento na responsabilidade ambiental da empresa.
- 4) Criação de indicadores acerca da quantidade de resíduos gerados na obra de responsabilidade do pesquisador. Como resultado esperado, buscou-se conhecer os níveis de desperdício da empresa e assim melhorar o controle na proposição de ações específicas.
- 5) Reincorporação de argamassa que cai durante a execução dos serviços - os colaboradores foram os responsáveis pela ação e o resultado esperado visou a redução dos resíduos de argamassa (Classe A).
- 6) Ações de treinamento - todos foram responsáveis e os resultados esperados visaram à minimização das perdas e aumento da produtividade.

Para previsão de minimização dos resíduos na escolha dos materiais foram elencadas as seguintes ações:

- 1) Troca de fornecedores, de responsabilidade da empresa. O resultado esperado visou a diminuição do resíduo gerado por meio do aumento da qualidade e padronização dos materiais.
- 2) Verificação da possibilidade com algum fornecedor da região para o fornecimento de blocos para vedação racional, sob responsabilidade do engenheiro e dos fornecedores. O resultado teve como objetivo diminuir o desperdício na execução de instalações elétricas e hidrossanitárias.

E como outros processos de minimização de redução foram definidos mediante a possibilidade do uso do britador de entulho sob responsabilidade dos colaboradores da obra, o resultado esperado visou a redução do consumo de matérias primas. A conscientização da mão de obra, de responsabilidade da alta gerência, previa a redução do consumo de matérias primas. A busca de melhorias no processo de compras de materiais ficou sob responsabilidade dos gestores da obra e dos gestores financeiros. O resultado esperado objetivava a redução no tempo de compra, material perdido em espera e aumento da produtividade. A Tabela 4.9 resume as ações de redução previstas na obra com sua estimativa de redução de perdas; estas estimativas foram estabelecidas juntamente com os gestores da obra.

Tabela 4.8 - Previsão de ações relacionadas aos resíduos - Obra A

AÇÃO TOMADA	TIPO DE RESÍDUO	CAUSA	ESTIMATIVA
Projeto de alvenaria	Bloco Cerâmico/Classe A	Excesso de perda / Falta de treinamento	20%
Bloco Cerâmico Estrutural (instalações)	Bloco Cerâmico / Classe A	Excesso de cortes	100%
Paginação do piso	Revestimento Cerâmico Classe A	Falta de treinamento / Perdas em estocagem / Qualidade	5%
Separação dos resíduos	Geral	Perdas em todas as etapas	-
Armazenamento de materiais	Geral	Perdas em todas as etapas	15%
Destinação dos resíduos	Geral	-	-
Substituição de brita e areia reciclado	Classe A	Processo	50%
Criação de indicadores	Geral	Processo	-
Incorporação de argamassa	Classe A	Falta de treinamento / materiais / equipamento / base de aplicação	50%
Processo de compra	Geral	Desperdício de armazenamento	15%
Treinamento	Geral	Processo	-

O método de planejamento e controle proposto se mostrou muito útil para esta etapa inicial do PGRSCD no entendimento do processo de construção da empresa.

#### 4.2.3. Quantificação de resíduos – Obra A

A coleta de dados sobre a geração de resíduos na Obra A aconteceu durante o período de 8 meses. Durante esta etapa os resíduos foram separados em bombonas de 200 litros. O peso da bombona vazia é de 6,44 kg, sendo seu peso descontado após as pesagens dos resíduos. No total foram quantificadas a geração de 10 tipos de resíduos em 10 unidades habitacionais divididos em 7 frentes de serviços, obtendo uma amostragem final de 100 dados, todos em quilograma. A Tabela 4.10 resume os tipos de serviços coletados e seus respectivos resíduos gerados.

Tabela 4.9 - Resíduos coletados na Obra A

ATIVIDADE	SERVIÇO	RESÍDUO	CLASSE
<b>Estrutura</b>	Radier	Concreto	Classe A
<b>Vedação</b>	Alvenaria	Bloco Cerâmico	Classe A
	Reboco	Argamassa	Classe A
<b>Acabamento</b>	Piso e revestimento	Placa Cerâmica	Classe A
		Saco de Argamassa	Classe C
		Caixa de Papelão	Classe B
	Pintura	Caixa de Tinta (papelão)	Classe B
	Forro	Forro PVC	Classe B
		Perfil Metálico	Classe B
<b>Geral</b>	Geral	Saco de Cimento	Classe C

Após a quantificação dos resíduos, foram levantados os dados previstos de consumo dos materiais no projeto e no planejamento da obra.

A Tabela 4.11 é a compilação geral dos dados levantados na obra A, mostrando a relação entre a geração de resíduos com o previsto, suas porcentagens de desperdícios e seus indicadores de desperdício por m<sup>2</sup>.

Tabela 4.10 - Resumo dos dados coletados sobre geração de resíduos da Obra A

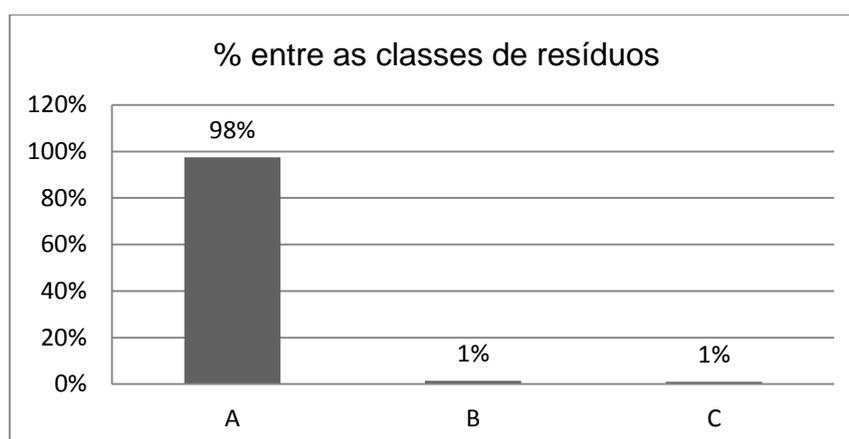
Material	Classe Do RCD	Área (m <sup>2</sup> )	Qtd.	Un.	Massa Unitária	Consumo Previsto (kg)	Resíduo coletado (kg)	Total (kg)	Relação (%)	Indicador (kg/m <sup>2</sup> )
Concreto	A	54	5,5	m <sup>3</sup>	2200	12100	280	12380	2%	5,2
Bloco cerâmico	A	54	3500	un	2	7000	580	7580	8%	10,7
Argamassa	A	54	4,6	m <sup>3</sup>	2100	9660	679	10339	7%	12,6
Placa Cerâmica	A	54	87,38	m <sup>2</sup>	65	755	85,5	840,5	11%	1,6
Caixa de papelão	B	54	8	un	-	-	8,8	8,8	100%	0,16
Caixa de tinta (papelão)	B	54	8	un	-	-	7,9	7,9	100%	0,15
Perfil do Forro	B	54	-	m <sup>2</sup>	-	-	1,23	1,23	-	0,02
Forro PVC	B	54	55	m <sup>2</sup>	2,25	123,75	5,48	129,23	4%	0,10
Saco de Cimento	C	54	105	un	0,085	9	9	9	100%	0,17
Saco de Argamassa	C	54	35	un	-	-	8,4	8,4	100%	0,16

A obra A possuía apenas o radier como elemento estrutural de suas unidades, não existindo pilares nem vigas. O radier era executado com fôrmas metálicas. Devido ao método construtivo das unidades, não houve o uso de madeira no canteiro de obra.

Na etapa da pesquisa a respeito do levantamento da cadeia de RCD, a madeira em grande parte dos resultados aparecia como sendo o segundo tipo de resíduo gerado em canteiros de obra, porém como a Obra A não gerou este resíduo, quase todo o resíduo levantado foi o resíduo Classe A.

A Figura 4.3 ilustra que 98% do total dos resíduos coletados fazem parte da Classe A, 1% da Classe B e 1% da Classe C. Foi adotado que os sacos de argamassa e sacos de cimento fazem parte do resíduo Classe C, por mais que sua composição seja classificada como Classe B, ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para sua reciclagem/recuperação, devido à dificuldade de remoção do material cimentício que permanece nos sacos.

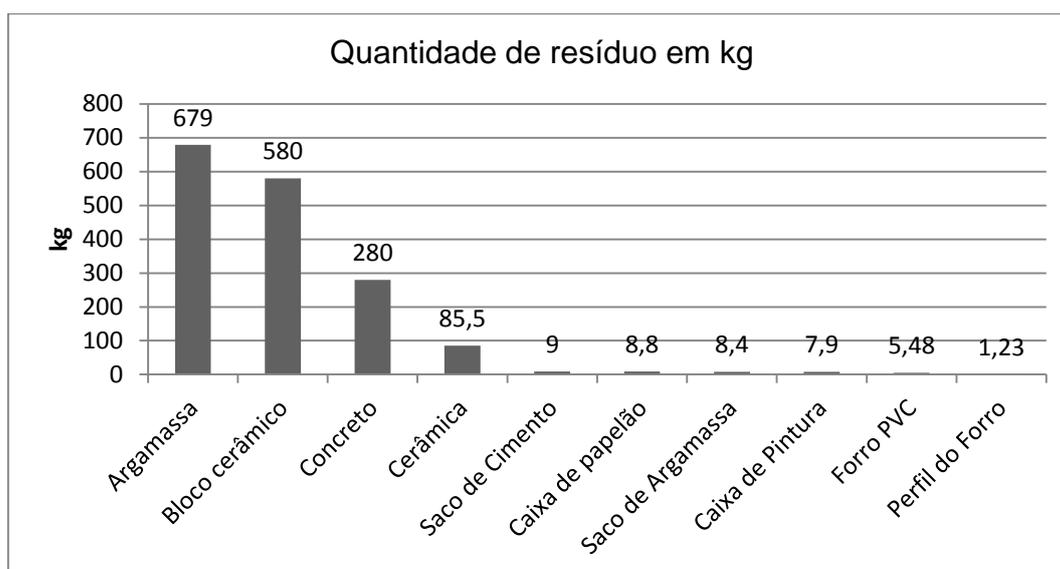
Figura 4.3 - Percentual dos resíduos gerados por Classe da Obra A



A relação entre a quantidade de resíduos gerados em relação aos resíduos que foram levantados na Obra A é ilustrada na Figura 4.4, ficando evidente a grande quantidade de resíduos Classe A gerados em relação às demais Classes para esta obra.

Dentre os resíduos que compõem essa categoria, os oriundos da argamassa possuem o maior índice de geração, revelando para a empresa as principais atividades geradoras e onde investir em treinamento da mão de obra ou em blocos racionalizados para reduzir os custos com o desperdício.

Figura 4.4 - Quantidade de resíduos gerados em kg por serviço da Obra A



A Tabela 4.12 ilustra a relação do desperdício dos resíduos Classe A em relação ao previsto no planejamento da obra. Ao se analisar os quantitativos entre as atividades, a atividade de reboco foi a que mais gerou resíduo conforme a Figura 4.4. Porém ao se analisar a relação entre o consumo previsto e o resíduo gerado, o resíduo de argamassa passa a ficar em terceiro lugar (7%) atrás do bloco cerâmico e da placa cerâmica.

Tabela 4.11 - Porcentagem de desperdício da Obra A

Material	Classe Do RCD	Resíduo (kg)	Total (kg)	Desperdício (%)
Concreto	A	280	12380	2%
Bloco cerâmico	A	580	7580	8%
Argamassa	A	679	10339	7%
Placa Cerâmica	A	85,5	840,5	11%

Para esta etapa da pesquisa foram quantificados apenas os resíduos gerados por processamento do material durante a construção das unidades (Figura 4.5). Para explicar as diferenças encontradas entre os resíduos Classe A, é necessário realizar uma análise sobre a natureza da perda dentro do canteiro.

Figura 4.5 - Exemplo da triagem e pesagem do resíduos

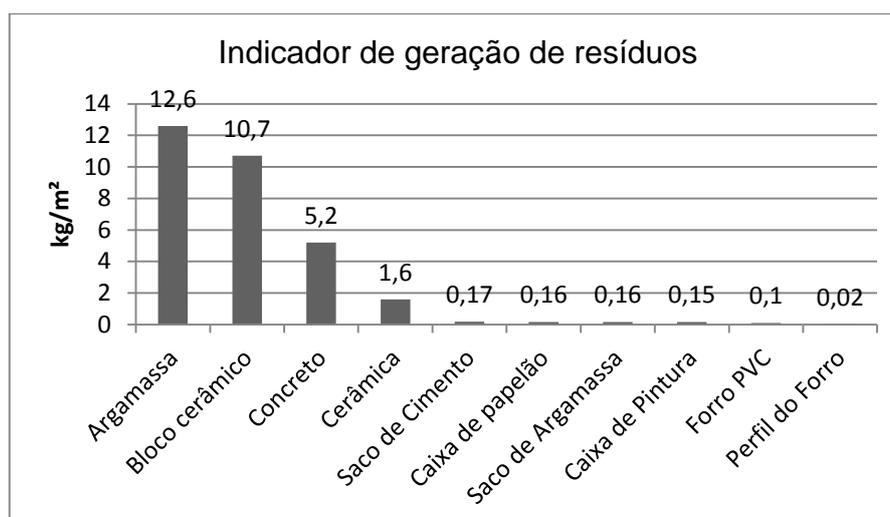


Gonçalves e Brandstetter (2013) mostraram em seus estudos que o maior índice de perda da argamassa é de natureza incorporada (33% de perda) que, devido à falta de controle no processo de execução das alvenarias, falta de compatibilização dos projetos, falta do projeto de alvenaria e qualidade dimensional dos blocos resultam em uma espessura de revestimento maior que a indicada em projeto ou a necessária. Isto difere das placas e blocos cerâmicos onde seus maiores índices são gerados por processo, transporte e estoque.

Se os índices de argamassa fossem quantificados em relação a sua perda incorporada, provavelmente sua porcentagem de desperdício seria a maior entre os resíduos Classe A da obra estudada.

Para facilitar o entendimento dos indicadores produzidos na Obra A, os valores de geração de resíduos foram trabalhados em  $\text{kg/m}^2$  (Figura 4.6), necessitando apenas multiplicar os indicadores pela área bruta das unidades / área construída do condomínio.

Figura 4.6 - Indicador de geração de resíduos da Obra A



Como se pode observar, a geração dos fluxos de resíduos da Obra A varia de 0,02 a 12,6 kg/m<sup>2</sup>. No entanto, sabe-se que os menores indicadores encontrados são aqueles que possuem baixo consumo na obra ou resultantes de embalagens de produtos de consumo dentro do canteiro (saco de cimento, caixa de papelão, entre outros).

O desenvolvimento do indicador para a geração total de RCD na Obra A implica na totalidade dos resíduos estimados para as diferentes atividades.

O indicador global indica um total de 30,86 kg/m<sup>2</sup> e indicadores para cada Classe de resíduo - Classe A com índice de 30,1 kg/m<sup>2</sup>, Classe B com 0,43 kg/m<sup>2</sup> e Classe C com 0,33 kg/m<sup>2</sup>.

Na Tabela 4.14 são apresentadas a estimativa da quantidade global e as estimativas por Classes de resíduos gerados na Obra A.

Tabela 4.12 - Estimativa da geração de resíduos na Obra A

Obra A	Área Construída (m <sup>2</sup> )	Ind. Global (kg/m <sup>2</sup> )	Indicador Classe A	Indicador Classe B	Indicador Classe C
	6.264	30,86	30,1	0,43	0,33
<b>Estimativa total de RCD (kg)</b>		193.307,04	188.546,4	2693,52	2067,12

Por dificuldades gerenciais a Empresa A não conseguiu disponibilizar os dados relativos aos custos dos serviços. Desta forma ficou impossibilitada a criação de indicadores financeiros relacionados aos resíduos como, por exemplo, custo médio de resíduos gerados por metro quadrado ou por metro cúbico em relação às atividades ou

serviços. Este tipo de indicador seria de grande importância para a empresa pois, por meio dele, seria possível entender os custos finais para a produção das unidades e conhecer o quanto se gasta com o desperdício, desde a perda de materiais, mão de obra e a destinação final.

Com os indicadores financeiros em mãos a empresa seria capaz de traçar estratégias gerenciais para reduzir a geração de resíduos, viabilizando treinamentos, mudança de processos produtivos, troca de materiais ou até troca de fornecedores, fazendo a comparação entre o custo do desperdício com o custo da ação tomada.

## **4.3 ESTUDO DE CASO B**

Neste tópico serão apresentados os resultados relacionados ao estudo de caso B.

### **4.3.1 Caracterização da empresa**

A empresa B atua há 16 anos e faz parte de um grupo empresarial que participa de diferentes setores da engenharia. Atua na incorporação e construção imobiliária, desenvolve empreendimentos em variados segmentos como, por exemplo: implantação de loteamentos e condomínios, distribuição e comercialização de energia, construção de shopping centers, usinas hidrelétricas, obras comerciais, centros esportivos, entre outros. A empresa B possui as seguintes certificações OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004, PBQP-h nível A, ISO 9001:2008.

### **4.3.2 Resultados do PGRSCD – Obra B**

Já era corrente a prática de políticas relacionadas à temática dos resíduos da construção e demolição conforme especificações normativas do CONAMA na empresa B, não sendo necessárias intervenções iniciais em seu canteiro.

Serão apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação junto aos gestores da obra do método de pesquisa proposto para a criação de um PGRSCD.

#### **4.3.2.1 Cadastro**

O estudo de caso B é do tipo residencial com 39 pavimentos, 70 unidades e 283 vagas para estacionamento, com área de terreno de 4.591 m<sup>2</sup> e área total construída de 32.782,94 m<sup>2</sup>. O tipo de construção utilizada é a construção convencional (estrutura de concreto, alvenaria de bloco de cerâmico e revestimento de argamassa de camada

única) com um custo estimado de R\$48.012.819,00. A obra foi iniciada em julho de 2012, com previsão de término em fevereiro de 2015.

#### 4.3.2.2 Preparação do plano

- ♦ Responsabilidades: Foram elencadas responsabilidades dentro do planejamento para os participantes da gestão do empreendimento. O responsável pela implantação do planejamento era o engenheiro gestor da obra. O responsável pelo projeto de arquitetura não foi definido, pois o projeto é de responsabilidade da empresa incorporadora que terceiriza o serviço. A responsabilidade pela gestão dos resíduos ficou a cargo da estagiária de engenharia de meio ambiente da obra.
- ♦ Prevenção na minimização dos resíduos: O projeto de arquitetura foi resultado de um serviço terceirizado, por essa razão não foi possível estabelecer nenhuma ação de minimização de resíduos em sua etapa de desenvolvimento. Não foi encontrada nenhuma ação de minimização de resíduos no processo de demolição das edificações preexistentes no terreno da construção.

Durante o processo prévio da construção foram elencadas duas ações de minimização de resíduos:

- 1) Utilização de contrapiso bombeado sob responsabilidade do engenheiro gestor da obra. Os resultados visaram a redução de desperdício de materiais e o aumento da produtividade;
- 2) Realização da paginação dos pisos e paredes também sob responsabilidade do engenheiro gestor da obra. O resultado visou a redução do desperdício das peças cerâmicas.

Para previsão de minimização dos resíduos na escolha dos materiais foram elencadas as seguintes ações:

- 1) Substituição do gesso em placas por gesso acartonado sob responsabilidade do engenheiro gestor da obra e dos fornecedores. O resultado visou a diminuição dos resíduos gerados na hora da execução do serviço;
- 2) Verificação da possibilidade de fornecimento de blocos para vedação racional, sob responsabilidade do engenheiro e fornecedores. O resultado

visou diminuir o desperdício na execução de instalações elétricas e hidrossanitárias e cortes em blocos cerâmicos;

- 3) Compra de blocos cerâmicos paletizados, sob responsabilidade do engenheiro da obra. O resultado visou a redução do desperdício de blocos cerâmicos;
- 4) Utilização de meio bloco cerâmico, sob responsabilidade do engenheiro e o resultado visou a redução do desperdício de tijolos.

E como outros processos de minimização de redução foram definidos: o treinamento e conscientização da mão de obra; o uso da máquina de corte para parede, também de responsabilidade dos colaboradores e prevendo a redução no consumo de blocos cerâmicos.

A Tabela 4.14 resume as ações de redução previstas na obra com sua estimativa de redução de perdas.

Tabela 4.13 - Previsão de ações relacionadas aos resíduos - Obra B

AÇÃO TOMADA	TIPO DE RESÍDUO	CAUSA	ESTIMATIVA
Utilização de contrapiso bombeado.	Argamassa / Classe A	Perda durante o transporte	90%
Utilização de um projeto de modulação de alvenaria do pavimento tipo	Bloco Cerâmico / Classe A	Desperdício durante a execução do serviço	95%
Compra de meio bloco cerâmico	Bloco Cerâmico / Classe A	Redução de quebra de blocos	5%
Treinamento e conscientização da mão de obra	Geral	Qualificação da mão de obra	100%
Melhoria na qualidade do material comprado	Geral	Redução de perda	5%

O método de planejamento e controle proposto se mostrou muito útil para esta etapa inicial do PGRSCD no entendimento do processo de construção da empresa.

#### 4.3.3. Dados sobre a quantificação – Obra B

Por ser uma obra vertical os serviços levavam muito mais tempo para serem realizados em relação à Obra A, e este fator limitou as quantificações da Obra B, ocorrendo apenas nos serviços que estavam sendo executados durante o período da pesquisa: vedação, reboco e instalações. A Obra B teve a mesma particularidade da Obra A - não houve a geração de resíduos de madeira durante o levantamento,

refutando os resultados da pesquisa da cadeia nacional, sendo a madeira o segundo resíduo mais gerado nos canteiros de obra.

A coleta de dados sobre a geração de resíduos no estudo da Obra B aconteceu durante o período de 2 meses. Durante esta etapa os resíduos foram separados em bombonas de 200 litros. O peso da bombona vazia é de 6,44 kg, sendo seu peso descontado após as pesagens dos resíduos. No total foram quantificadas a geração de 6 tipos de resíduos em 4 apartamentos tipo, divididos em 6 frentes de serviços, obtendo uma amostragem final de 24 dados, todos em quilograma. A Tabela 4.15 resume os tipos de serviços coletados e seus respectivos resíduos gerados.

Tabela 4.14 - Resíduos coletados na Obra B

ATIVIDADE	SERVIÇO	RESÍDUO	CLASSE
<b>Vedação</b>	Alvenaria	Bloco Cerâmico	Classe A
	Reboco	Argamassa	Classe A
<b>Instalações</b>	Corte na Alvenaria	Bloco Cerâmico	Classe A
	Hidráulica	Cano PVC	Classe B
	Elétrica	Conduite PVC	Classe B
<b>Geral</b>	Geral	Saco de Cimento	Classe C

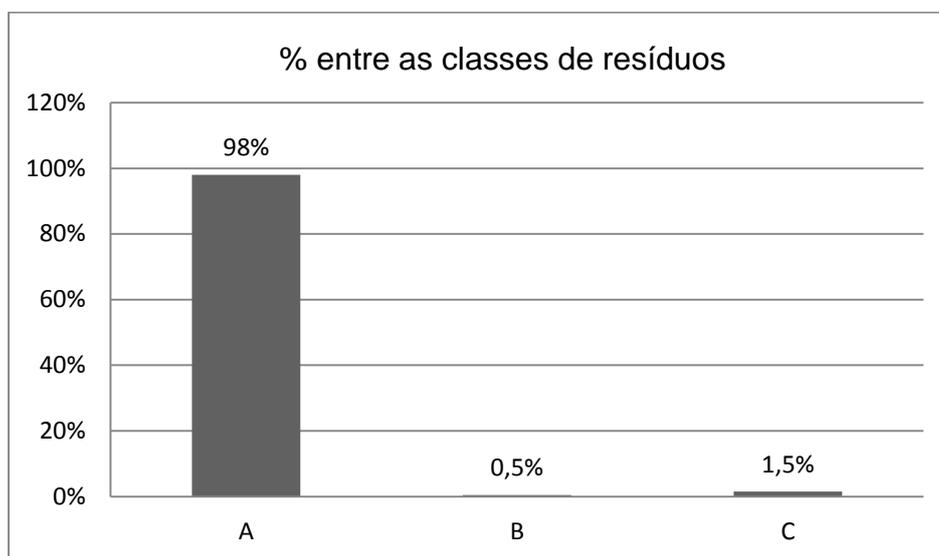
Após a quantificação dos resíduos, foram levantados os dados previstos de consumo dos materiais no projeto e no planejamento da obra. A Tabela 4.16 apresenta a compilação geral dos dados quantificados na obra B, mostrando a relação entre a geração de resíduos com o previsto, suas porcentagens de desperdícios e seus indicadores de desperdício por m<sup>2</sup>.

Tabela 4.15 – Resumo dos dados coletados sobre geração de resíduos da Obra B

Material	Classe Do RCD	Área (m <sup>2</sup> )	Qtd.	Un.	Massa Unitária	Previsto (kg)	Resíduo (kg)	Total (kg)	Relação (%)	Indicador kg/m <sup>2</sup>
Bloco cerâmico	A	266,5	16500	und	2	33000	3681	36681	11%	13,8
Argamassa	A	266,5	5,5	m <sup>3</sup>	2100	11550	2043	13593	15%	7,7
Cano PVC	B	266,5	0	m	-	-	10,5	10,5	-	0,04
Conduite PVC	B	266,5	0	m	-	-	15	15	-	0,06
Saco de Cimento	C	266,5	550	und	0,085	46,75	46,75	46,75	100%	0,18

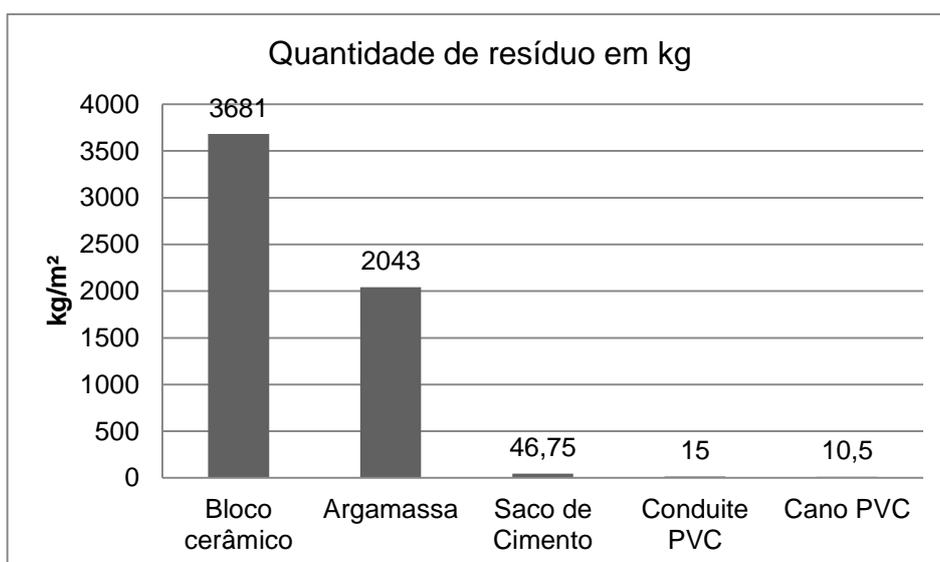
A Figura 4.7 ilustra que 98% do total dos resíduos coletados fazem parte da Classe A, 0,5% da Classe B e 1,5% da Classe C, valores semelhantes aos encontrados no estudo de caso A. No estudo de caso B também foram considerados os sacos de cimento como pertencentes à Classe C de resíduo.

Figura 4.7 - Percentual dos resíduos gerados por Classe na Obra B



A relação entre a quantidade de resíduos gerados em relação aos resíduos que foram levantados na Obra B é ilustrada na Figura 4.8, evidenciando a grande quantidade de resíduos Classe A gerados em relação às demais Classes para esta obra. Dentre os resíduos que compõe essa categoria, os oriundos de bloco cerâmico possuem o maior índice de geração.

Figura 4.8 - Quantidade de resíduos gerados em kg por serviço da Obra B



A Obra B possui ações com a finalidade de reduzir o desperdício de blocos cerâmicos como, por exemplo, uso de meio bloco e utilização de máquina de corte de alvenaria, mas mesmo com tais ações o índice gerado de resíduos de bloco cerâmico é alto. Este dado revela que possa haver um problema na execução destas ações ou elas não são ações efetivas, necessitando um maior investimento nesse fluxo de resíduos.

A Tabela 4.17 ilustra a relação do desperdício dos resíduos Classe A em relação ao previsto no planejamento da obra. Ao se analisar os quantitativos entre as atividades, o fluxo relativo ao bloco cerâmico foi o mais gerado conforme a Figura 4.7. Porém ao se analisar a relação entre o consumo previsto e o resíduo gerado, o resíduo de argamassa passa a ser o material mais desperdiçado (15%).

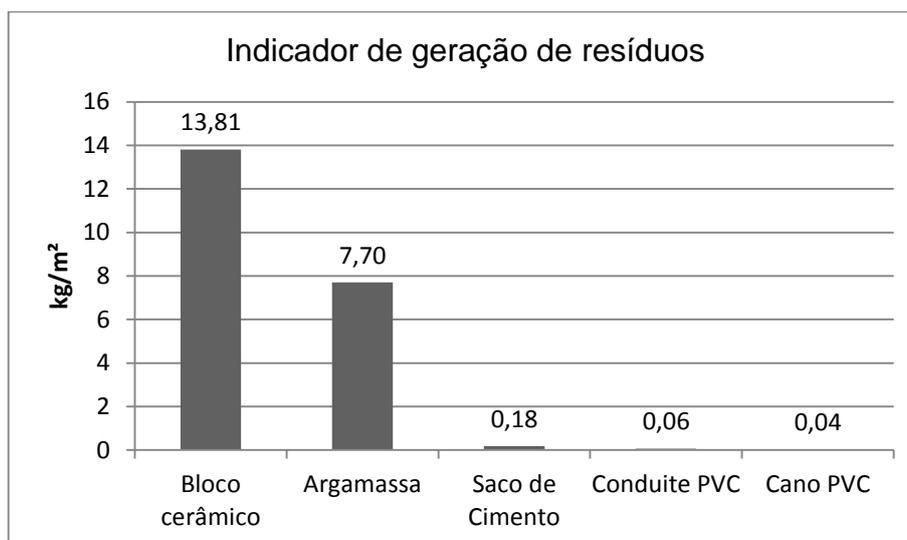
Tabela 4.16 - Porcentagem de desperdício da Obra B

<b>Material</b>	<b>Classe Do RCD</b>	<b>Resíduo (kg)</b>	<b>Total (kg)</b>	<b>Desperdício (%)</b>
<b>Bloco cerâmico</b>	A	3681	36681	11%
<b>Argamassa</b>	A	2043	13593	15%

No Estudo de Caso B também foram quantificados apenas os resíduos gerados por processamento do material durante a construção das unidades. Como já citado anteriormente no Estudo de Caso A, Gonçalves e Brandstetter (2013) mostraram em seus estudos que o maior índice de perda da argamassa é de natureza incorporada.

Assim como no estudo de caso A, para facilitar o entendimento dos indicadores produzidos na Obra B, os valores de geração de resíduos foram trabalhados em kg/m<sup>2</sup> como é ilustrado na Figura 4.9, necessitando apenas multiplicar os indicadores pela área bruta das unidades / área construída da obra em estudo.

Figura 4.9 - Indicador de geração de resíduos na Obra B



A geração dos fluxos de resíduos da Obra B varia entre 0,04 a 13,8 kg/m<sup>2</sup>.

O desenvolvimento do indicador para a geração total de RCD na Obra B engloba a totalidade dos resíduos estimados para as diferentes atividades. O indicador global aponta um total de 21,79 kg/m<sup>2</sup> e os seguintes indicadores para cada Classe de resíduo - Classe A com índice de 21,5 kg/m<sup>2</sup>, Classe B 0,1 com kg/m<sup>2</sup> e Classe C com 0,18 kg/m<sup>2</sup>. Na Tabela 4.18 são apresentadas a estimativa da quantidade global como também as estimativas por Classes de resíduos gerados na Obra B.

Tabela 4.17 – Estimativa da geração de resíduos na Obra B

Obra B	Área Construída (m <sup>2</sup> )	Ind. Global (kg/m <sup>2</sup> )	Indicador Classe A	Indicador Classe B	Indicador Classe C
	32.782,94	21,79	21,5	0,1	0,18

<b>Estimativa total de RCD (kg)</b>	<b>714.340,26</b>	<b>704.833,21</b>	<b>3278,3</b>	<b>5900,92</b>
-------------------------------------	-------------------	-------------------	---------------	----------------

A Empresa B também não conseguiu disponibilizar os dados relativos aos custos dos serviços, impossibilitando a criação de indicadores financeiros relacionados aos resíduos.

A partir dos indicadores financeiros, a empresa poderia elaborar estratégias gerenciais que envolvessem treinamentos, alterações de processos produtivos, mudança de métodos de trabalho, substituição de materiais e fornecedores, entre outras ações para reduzir a geração de resíduos.

## 4.4 COMPARAÇÃO DO INDICADOR

Como foram discutidos inicialmente no Capítulo 2, os indicadores possuem função fundamental para que haja uma avaliação do potencial posterior da redução, reutilização ou reciclagem dos resíduos da construção. Procede-se nesta etapa da pesquisa a construção dos indicadores baseados na investigação de métodos e técnicas de quantificação do RCD.

A metodologia para o desenvolvimento dos indicadores da geração de RCD ao nível da obra é baseada nos estudos anteriores encontrados na literatura.

Pretende-se com o desenvolvimento desta etapa do trabalho fornecer ferramentas não só às empresas que lidam com os RCD, mas também às autoridades, de modo a poderem, respectivamente, cumprir e fazer cumprir as diretrizes da Política Nacional dos Resíduos Sólidos de 2010 e as Normativas das Resoluções do CONAMA a respeito dos resíduos, nomeadamente:

Na alínea da LEI Nº 12.305 que instituiu a da Política Nacional dos Resíduos no Art. 21, estabelece que: O plano de gerenciamento de resíduos sólidos tem o seguinte conteúdo mínimo: I - descrição do empreendimento ou atividade; II - diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados, contendo a origem, o volume e a caracterização dos resíduos, incluindo os passivos ambientais a eles relacionados (...);

Na alínea da Resolução do CONAMA nº 307 no Art. 9º, estabelece que: “Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deverão contemplar as seguintes etapas: I - caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos (...).”.

Em ambas as alíneas, são exigidos que os geradores estimem não só a quantidade de resíduos produzidos no global da obra, mas também a quantidade dividida por tipo específico de resíduos, identificando-os segundo as leis nacionais.

Segue-se a análise e descrição dos dados recolhidos para a criação de indicadores sobre a geração de resíduos. O objetivo é criar indicadores nacionais e compará-los com os indicadores encontrados na literatura estrangeira.

O que se notou no início do levantamento dos dados foi a grande falta de informações acerca da geração de resíduos no Brasil, principalmente por pesquisas que trabalham a quantificação na unidade kg/m<sup>2</sup>. Este trabalho se restringiu à geração dos resíduos para o setor de novas construções residenciais, encontrando pouquíssimos autores nacionais.

No total foram contabilizadas 52 pesquisas porém houve a seleção de apenas 29 pesquisas seguindo o critério de indicadores de geração de RCD com a utilização da unidade em kg/m<sup>2</sup>, e que possuíssem valores que não fossem considerados *outliers*. Deste total, apenas 7 são trabalhos nacionais, sendo que dois dos estudos de casos foram desenvolvidos durante este trabalho. Para facilitar o gerenciamento dos dados analisados, criaram-se códigos para as Classes de resíduos de acordo com o resíduo gerado (Tabela 4.19).

Tabela 4.18 - Tabela de classificação e legenda dos resíduos

Código	Classe A	Código	Classe B	Código	Classe C	Código	Classe D	Código	Mistos
CA1	Concreto	CB1	Madeira	CC1	Saco de Cimento <sup>9</sup>	CD1	Perigosos	M1	Misto
CA2	Argamassa	CB2	Metal	-	-	-	-	-	-
CA3	Inerte	CB3	Gesso	-	-	-	-	-	-
CA4	Bloco Cerâmico	CB4	Papel	-	-	-	-	-	-
CA5	Placa Cerâmica	CB5	Plástico	-	-	-	-	-	-
CB6	Telha Cerâmica	CB6	PVC	-	-	-	-	-	-
CB7	Misto Classe A	-	-	-	-	-	-	-	-

Outro fator importante a ser comentado é que como muitos dos dados analisados são de pesquisas internacionais, estes resíduos possuem legislação específica de acordo com seu país de origem. Para facilitar o desenvolvimento dos indicadores todos os dados analisados foram classificados de acordo com a regulamentação brasileira para facilitar a comparação dos indicadores. Os resíduos encontrados na literatura internacional foram agrupados e separados em Classe A, B, C e D respeitando suas características e composição, a fim de tornar mais confiável os indicadores.

A Tabela 4.20 apresenta os indicadores de geração de resíduos da construção e demolição para novas construções residenciais, separados por autores, países e tipo de resíduos. Após a realização da triagem e a exclusão de algumas pesquisas (valores *outliers* marcados na Tabela 4.20), é nítido que alguns valores ainda se destacam em relação a outros valores. Estes se encontram destacados de acordo com sua classe ou montantes finais e não serão contabilizados durante a formação dos indicadores, a fim de buscar a homogeneidade entre os indicadores.

<sup>9</sup> Contabilizados sacos de cimento, sacos de argamassa e de cal.

Tabela 4.19 - Indicadores de geração de RCD para nova construção residencial

ÍNDICES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR kg/m <sup>2</sup>																					
AUTORES	PAÍSES	CA							CB						CC	CD	MISTO	TOTAL			Total Geral
		CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6	CC2	CD1	M1	CA	CB	CC	
Caso 1 (2013) <sup>10</sup>	Brasil	5,2	12,6	-	10,7	1,6	-	-	-	0,02	-	0,31	-	0,1	0,33	-	-	30,1	0,43	0,33	30,86
Caso 2 (2013) <sup>11</sup>		-	7,7	-	13,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1	0,18	-	-	21,5	0,1	0,18	21,79
Tozzi (2006) <sup>11</sup>		3	18,3	-	17,6	-	-	-	0,87	-	-	0,58	2,43	-	-	-	-	38,98	3,88	0	42,86
Mariano (2008) <sup>12</sup>		9,08	2,93	-	-	2,55	-	-	16,8	-	-	0,16	0,04	-	-	-	1,94	14,56	17,02	0	33,52
Monteiro (2001) <sup>12</sup>		87	189	-	-	-	-	-	3	-	300	21	-	-	-	-	-	276	324	0	600
Souza (2008) <sup>13</sup>		-	-	-	0,9	-	-	5,97	-	-	5,97	-	-	-	-	-	-	6,87	5,97	0	12,84
Andrade (2001) <sup>12</sup>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	49,38
Li (2013) <sup>11</sup>	China	17,7	3,5	-	3,4	-	0,5	-	7,6	4	-	-	-	-	-	-	25,1	11,6	0	36,7	
Poon (2008) <sup>13</sup>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	30
Lu (2011) <sup>11</sup>		1,37	0,37	-	0,43	-	-	-	1,80	0,05	-	-	-	0,04	-	-	1,99	2,17	1,85	0,03	6,038
Wang e Zhao (2003) <sup>13</sup>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	54
SMARTWaste (2013) <sup>13</sup>	Reino Unido	3,5	-	21,5	9,6	0,05	0,05	21,5	2,2	0,5	0,6	0,5	0,4	-	-	0,5	5,8	34,7	4,2	0,5	45,2

<sup>10</sup> Obra residencial horizontal<sup>11</sup> Obra residencial multi-pavimento<sup>12</sup> Desconhece-se se os valores correspondem a edifícios residenciais ou não<sup>13</sup> Obra residencial sem definição

Continuação da Tabela 4.20 - Indicadores de geração de RCD para nova construção residencial

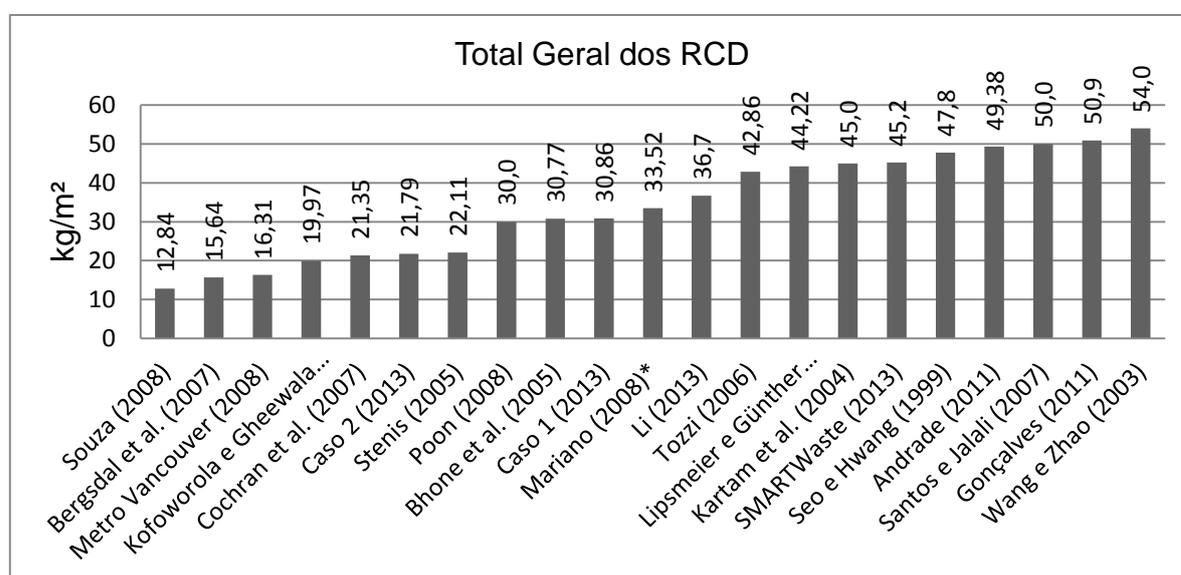
ÍNDICES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR kg/m <sup>2</sup>																					
AUTORES	PAÍSES	CLASSE A							CLASSE B						CC	CD	MISTO	TOTAL			Total Geral
		CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6	CC1	CD1	M1	CA	CB	CD	
Gonçalves (2011) <sup>13</sup>	Portugal	-	-	-	-	8,3	-	-	0,9	0,5		0,2	0,2	-	-	0,1	40,7	8,3	1,8	0,1	50,9
Waste Tool <sup>11</sup>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	63-80
Santos e Jalali (2007) <sup>12</sup>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	50
Mália (2010) <sup>10</sup>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	115
Bhone et al. (2005) <sup>11</sup>	Noruega	19,1	-	-	-	-	-	-	2,75	0,48	1,38	0,46	-	-	-	0,28	6,31	19,11	5,07	0,28	30,77
Bergsdal et al (2007) <sup>10,11</sup>		-	-	-	-	-	-	6,5	5,68	0,11	3,04	-	-	-	-	0,07	-	6,5	8,83	0,07	15,64
		-	-	-	-	-	-	18,1	2,75	0,48	1,38	-	-	-	-	0,07	-	18,11	4,61	0,07	23,91
Seo Hwang (1999) <sup>11</sup>	Coréia	15,9	0,35	-	4,53	-	0,33	-	3,84	5,17	-	-	-	-	-	-	17,71	21,08	9,01	0	47,8
Kartam et al. (2004) <sup>10</sup>	Kuwait	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	45
Stenis (2005) <sup>12</sup>	Suécia	4,36	-	-	-	-	-	-	0,62	2,18	3,74	-	-	-	-	11,2	-	4,36	6,54	11,2	22,11

Continuação da Tabela 4.20 - Indicadores de geração de RCD para nova construção residencial

ÍNDICES DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR kg/m <sup>2</sup>																					
AUTORES	PAÍSES	CLASSE A							CLASSE B						CC	CD	MISTO	TOTAL			Total Geral
		CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6	CA7	CB1	CB2	CB3	CB4	CB5	CB6				CC1	CD1	M1	
Metro Vancouver (2008) <sup>11</sup>	Canadá	0,33	-	-	-	-	-	0,33	10,6	0,16	3,42	-	-	-	-	1,47	-	0,66	14,2	1,47	16,31
Solís-Guzmán et al. (2009) <sup>10</sup>	Espanha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	89,37
Mañà i Reixach et al. (2000) <sup>12</sup>		3,29	-	-	-	-	-	100	2,52	3,38	5,93	-	0,14	-	-	0,87	-	103,5	12,0	0,87	116,3
Ortiz et al. (2010) <sup>12</sup>		4,47	-	-	-	-	-	100	0,99	3,93	5,93	-	0,15	-	-	0,87	-	104,86	11	0,87	117,7
Lage et al. (2010) <sup>12</sup>		109	-	-	-	3,19	-	221	3,08	10,5	14,7	-	3,92	-	-	-	-	333	32,2	0	365,1
Cochran et al. (2007) <sup>10</sup>		2,48	-	-	-	-	-	40,6	5,44	14,08	5,76	-	7,04	-	-	0,72	-	2,48	32,3	0,72	76,08
Lipsmeier e Günther (2002) <sup>8</sup>	França	0,26	-	1,28	-	-	-	1,28	12	0,3	5,2	-	0,15	-	-	1,4	-	1,54	17,6	1,4	21,35
		22,9	-	22,9	-	-	-	22,9	6,4	0,9	4,9	-	0,49	-	-	0,93	-	45,8	12,7	0,93	43,7
Kofoworola e Gheewala (2009) <sup>12</sup>	Tailândia	-	-	23,3	-	23,33	-	23,3	0,36	0,9	-	-	0,03	-	-	20	-	46,66	1,29	20	44,22
		17,8	-	61,6	-	3,81	-	61,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83,28	0	0	51,65
		-	-	-	-	9,79	-	-	2,92	0,28	1,34	-	-	-	-	5,54	0,1	9,79	4,54	5,54	19,97

A Figura 4.10 ilustra os valores relativos à geração total de RCD por pesquisa. Pode-se observar que a geração de resíduos varia entre 12,84 e 54 kg/m<sup>2</sup>. Alguns dados não foram incluídos na estimativa, pois sugerem um elevado desperdício de materiais durante o processo construtivo como o caso de Mañà i Reixach et al. (2000) com o indicador de 116 kg/m<sup>2</sup>. Segundo Lage et al. (2010), a grande amplitude dos dados disponíveis pode ser atribuída a uma série de causas diferentes: falta de estudos confiáveis, diferenças de poder econômico, tamanho das cidades, diferentes práticas construtivas e diferenças relacionadas com o tipo predominante de população (rural ou urbana).

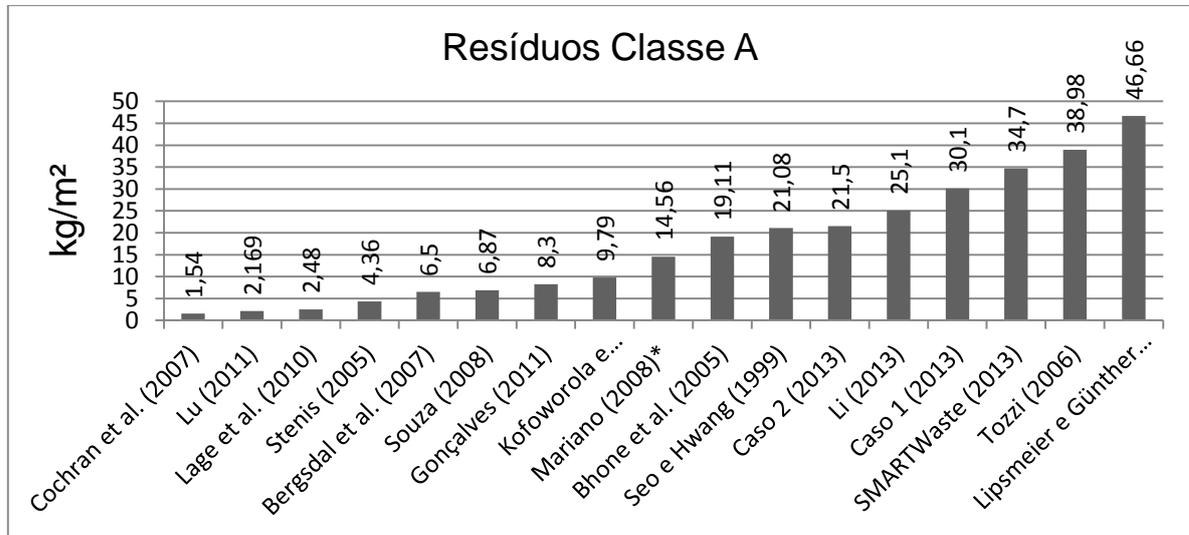
Figura 4.10 – Distribuição dos valores sobre a geração total dos resíduos para novas construções residenciais



A finalidade da criação de um indicador global é possibilitar a comparação entre os indicadores desenvolvidos dentro do território nacional e comparar os índices nacionais com os internacionais. Ao analisar os indicadores nacionais, como Tozzi (2006), Mariano (2008), Estudo de Caso 1 (30,86) e o Caso 2 (21,79), nota-se que eles se encontram muito próximos da média dos indicadores (33,52 kg/m<sup>2</sup>), revelando uma boa relação de confiabilidade entre os dados publicados por outros autores. De acordo com Cochran et al. (2007) a informação disponível sobre a geração de RCD é limitada, por isso não foi possível produzir indicadores que diferenciasssem as principais características dos edifícios (tais como o número de pisos e o tipo de fundações, estrutura e cobertura). Por meio destes parâmetros haveria a possibilidade de criação de indicadores mais confiáveis, filtrando ainda mais os valores em análise.

A Figura 4.11 ilustra a distribuição dos valores encontrados sobre a geração dos resíduos que podem ser classificados como Classe A para novas construções residenciais.

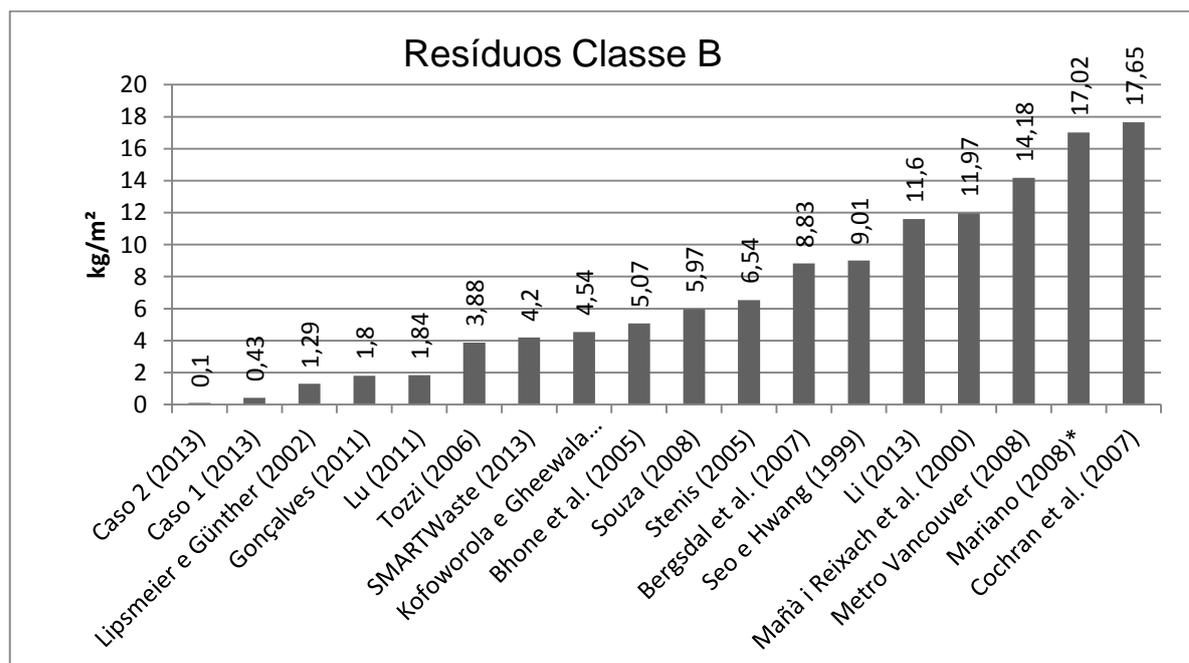
Figura 4.11 - Distribuição dos valores sobre a geração dos resíduos Classe A para novas construções residenciais



Os valores contabilizados apresentam-se bastante dispersos, 1,54 a 46,66 kg/m<sup>2</sup>, impossibilitando a criação de indicadores confiáveis. Essa heterogeneidade pode ser explicada por meio de vários fatores como, por exemplo, a tipologia construtiva que varia o consumo de certos tipos de materiais, a dimensão da construção e o tipo de uso.

A Figura 4.12 ilustra a distribuição dos valores encontrados sobre a gerção dos resíduos que podem ser classificados como Classe B para novas construções residenciais.

Figura 4.12 - Distribuição dos valores sobre a geração dos resíduos Classe B para novas construções residenciais



Para o resíduo Classe B foi encontrada a mesma dificuldade no desenvolvimento dos indicadores para Classe A. Existe também uma discrepância entre valores, variando estes entre 0,1 e 17,65 kg/m<sup>2</sup>. Mesmo que essa variação de valores seja menor em relação aos resíduos Classe A, ressalta-se que a confiabilidade desta estimativa é reduzida.

Para os resíduos Classe C e D (resíduos de construção e demolição sem tecnologias ou aplicação viáveis para sua reciclagem ou contendo substâncias perigosas), foi levantada uma amostra muito pequena de valores, sendo muito baixa a confiabilidade de um indicador produzido a partir de poucos dados.

Embora tenham sido levantados dados sobre os resíduos de construção misturados, não procede desenvolver uma análise para este, pois a produção de misturas de resíduos na obra dependente da qualidade da triagem e separação do RCD.

A falta de informações simples como a dimensão das obras e os sistemas construtivos nos trabalhos encontrados na literatura impossibilitou a criação de indicadores globais confiáveis. Estas informações auxiliariam na filtragem dos dados e na sua separação em campos característicos de obras. Para os indicadores nacionais a pequena amostragem de estudos encontrada na literatura nacional somada com os dois estudos desta pesquisa também não permitem a criação de indicadores de referência devido ao número reduzido de valores, se limitando à criação de indicadores que serviram de parâmetros para as empresas estudadas durante o desenvolvimento desta pesquisa.

## **4.5 FERRAMENTA VIRTUAL E GUIA REFERENCIAL**

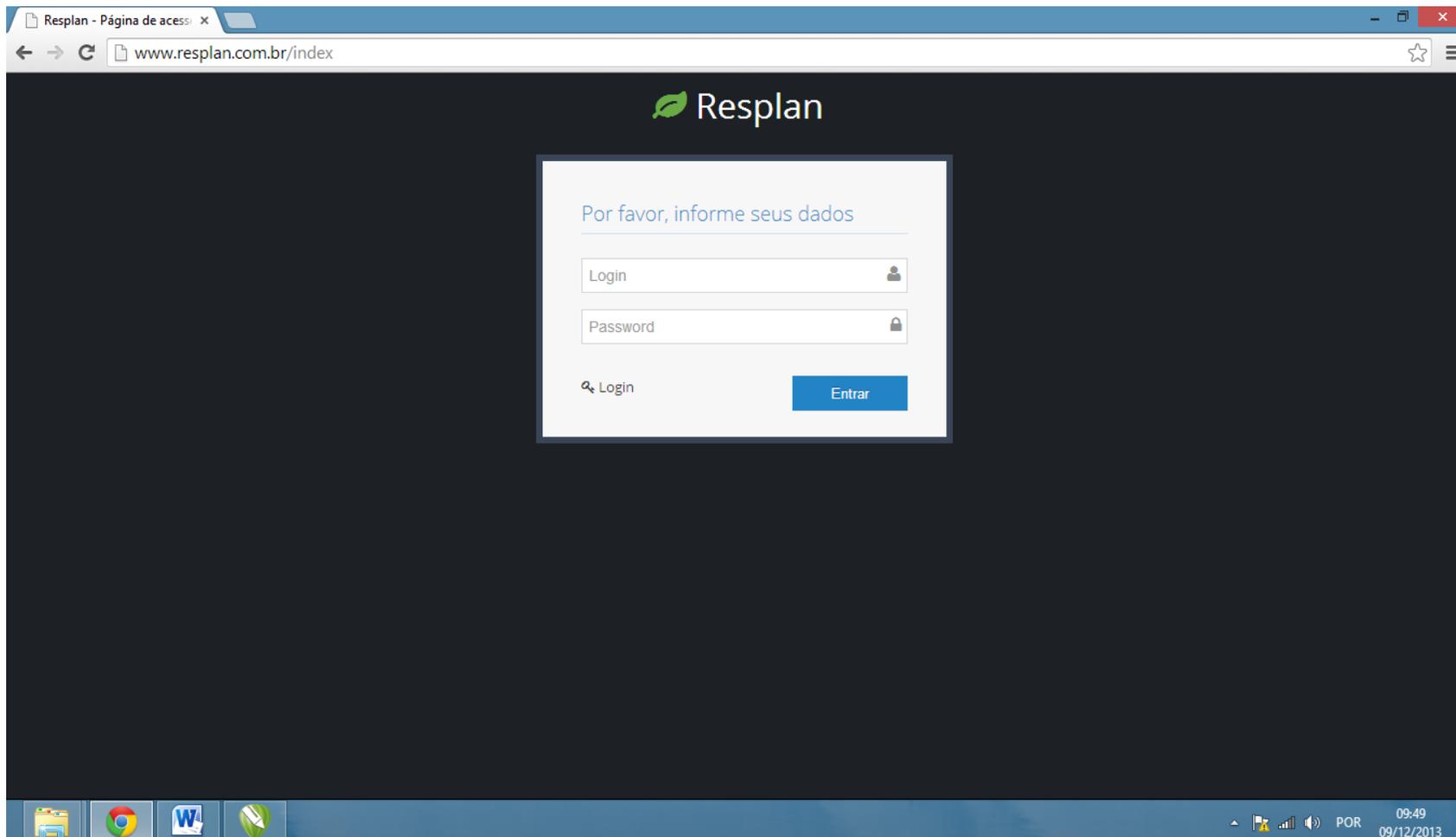
### **4.5.1 Ferramenta virtual**

Uma ferramenta virtual foi criada baseada em metodologias internacionais para auxiliar a criação dos PGRSCD de forma que facilitem o entendimento do usuário, permitindo que se alcance o máximo de eficiência dentro do planejamento de redução de resíduos. A ferramenta busca apoiar a criação e alimentação de um banco de dados de informações com finalidade de subsidiar pesquisas futuras com dados mais bem triados.

A principal ideia do sistema, criar um acesso e desenvolver um PGRSCD específico para cada tipo de obra, objetivou minimizar as principais dificuldades encontradas na etapa de criação de indicadores desta pesquisa.

A ferramenta se destina a qualquer usuário que busque aprimorar seu planejamento e controle na gestão dos resíduos sólidos de construção em seus canteiros. A Figura 4.13 ilustra a tela inicial de acesso ao sistema.

Figura 4.13 - Acesso ao Sistema – ferramental virtual



O resultado da ferramenta foi um programa com uma interface interativa online que guia o usuário por meio das etapas do planejamento.

O sistema permite a inclusão de novos tipos de resíduos sempre que houver a necessidade separados por classes de acordo com as Normativas do CONAMA. Outro ponto importante a ser ressaltado é a criação de um banco de dados de informações, pois a ferramenta separa as obras, por tipologia, sistema construtivo, uso e área de construção, facilitando na criação de futuros indicadores.

A tela de cadastro dos resíduos é ilustrada na Figura 4.14.

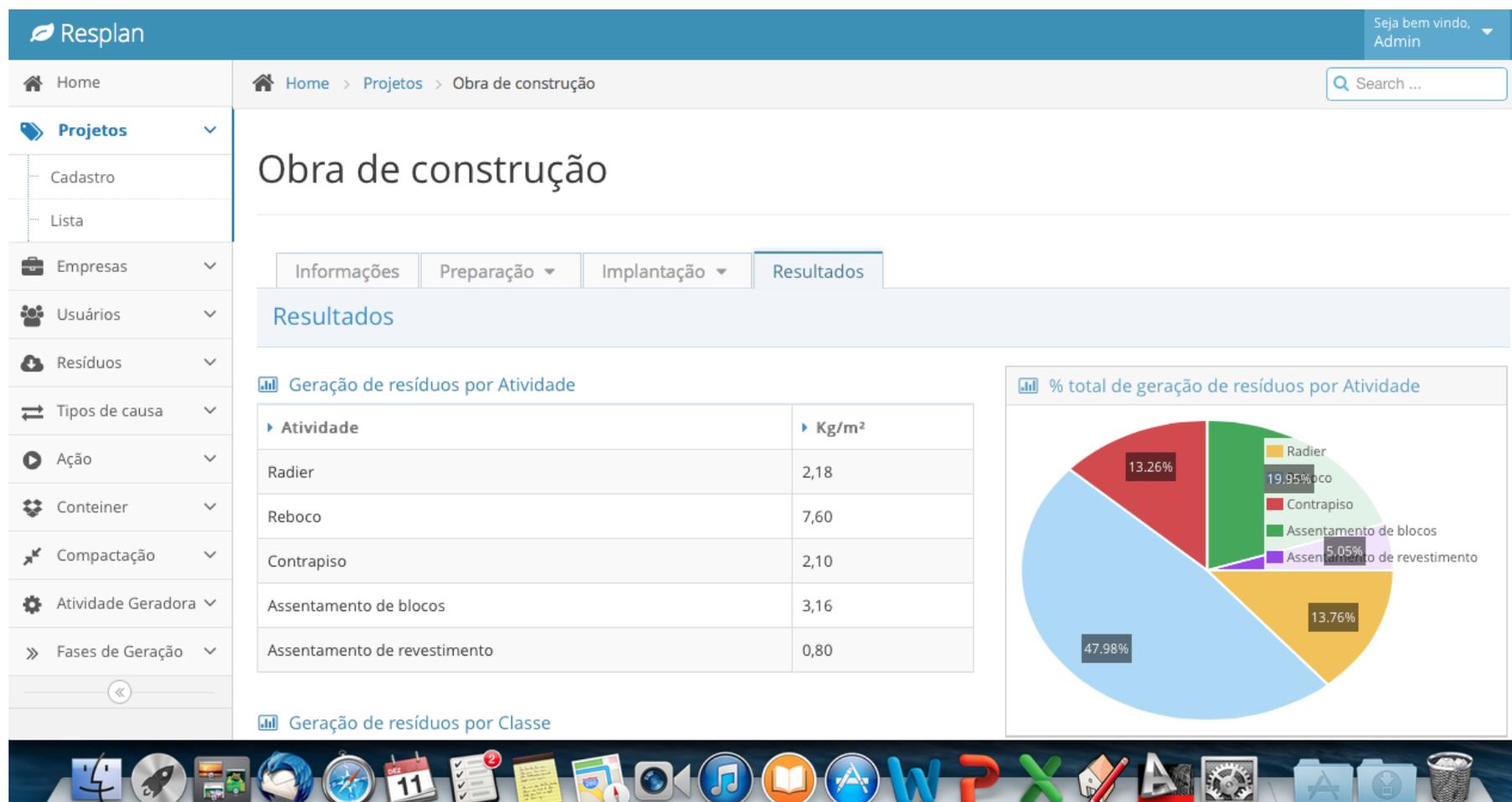
A Figura 4.15 ilustra o processo metodológico da ferramenta. Ela trabalha com os seguintes objetivos: definir ações para prevenir, reduzir e valorizar os resíduos; identificar reduções na fase de concepção do projeto; prever quais são os principais geradores; rastrear os recicladores e os transportadores; preparar planos de ações para a gestão; gravar os dados e gerar *benchmarks* do processo.

Figura 4.14 - Cadastro de resíduos – ferramenta virtual

The screenshot displays the 'Resplan' web application interface. The top navigation bar includes the 'Resplan' logo and a user greeting 'Seja bem vindo, Admin'. The sidebar menu on the left lists various application features, with 'Resíduos' and its sub-item 'Lista' highlighted. The main content area is titled 'Lista de resíduos' and shows a table of waste records. The table has columns for 'Classe', 'Tipo de Resíduo', and 'Peso específico (m³)'. There are 10 records listed, all under 'Classe A'. Each record includes a pencil icon for editing and a trash can icon for deletion. A search bar and a 'Mostrar 10 registros' dropdown are located above the table.

Classe	Tipo de Resíduo	Peso específico (m³)	
Classe A	Argamassa	2100	
Classe A	Concreto	2200	
Classe A	Peças pré-moldadas de concreto		
Classe A	Tijolos e blocos cerâmicos	2000	
Classe A	Tijolos e blocos de concreto	1800	
Classe A	Telhas Cerâmicas		
Classe A	Telhas de Concreto		
Classe A	Peças cerâmicas de revestimento	800	
Classe A	Solos provenientes de terraplanagem		
Classe A	Solos provenientes de escavação		

Figura 4.15 - Etapas do planejamento – ferramenta virtual

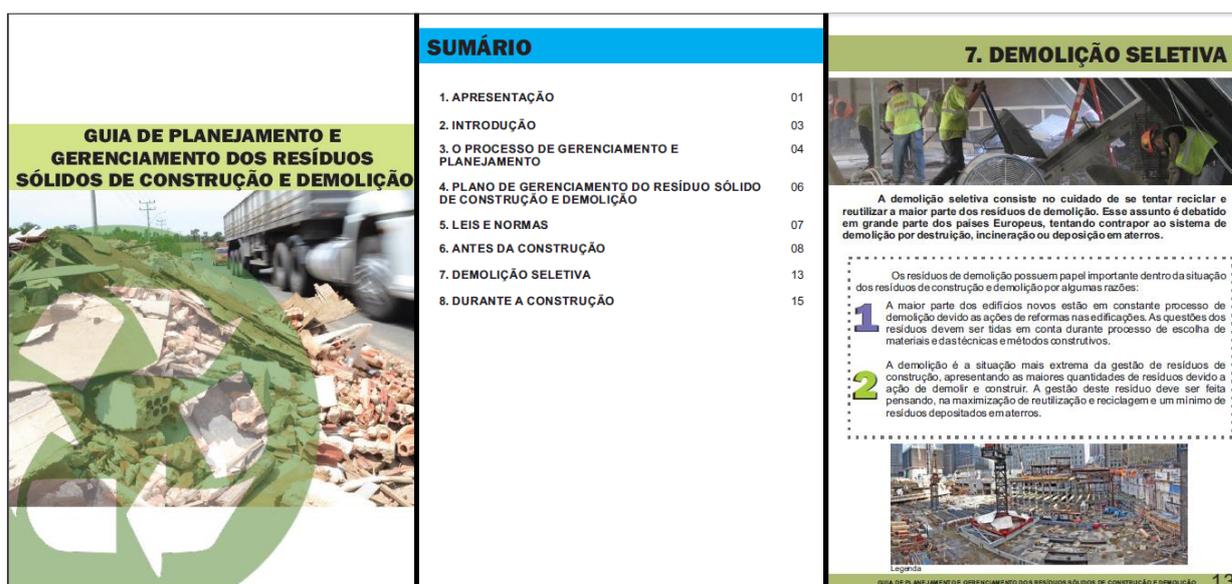


## 4.5.2 Guia Referencial

Como foi visto inicialmente nesta pesquisa, torna-se difícil a implementação de medidas voltadas a minimizar a geração de resíduos, sendo que parte destas dificuldades são oriundas da carência de informações e metodologias de planejamento, gerando uma falta de conhecimentos acerca das quantidades e tipologia de resíduos específicos gerados em obra e guias referenciais de auxílio direto no canteiro..

Outro produto da presente pesquisa foi criado sob a forma de um Guia (Figura 4.16), outra ferramenta que visa proporcionar aos agentes envolvidos nesta cadeia, um instrumento de aplicação imediata para a avaliação das atividades de construção direcionadas à geração de resíduos e de outros aspectos relacionados com a sua gestão. Este guia se encontra em formato de apêndice digital deste trabalho.

Figura 4.16 - Exemplos de páginas do Guia



# CAPÍTULO 5

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÕES

A geração de resíduos é uma questão de grande importância pelo mundo. No Brasil o tema tem se fortalecido, com legislação própria, investimentos tanto públicos como privados e também devido à visibilidade que as preocupações ambientais ganharam nos últimos anos. A construção civil está inserida neste contexto por ser um dos maiores geradores de resíduos e consumidores dos recursos naturais, necessitando assim de uma metodologia efetiva que auxilia na redução deste problema.

Dentro dos objetivos propostos da pesquisa, o objetivo geral de desenvolver e aplicar um plano de gestão dos resíduos sólidos de construção e demolição (PGRSCD) baseado nas ferramentas SmartWaste e WRAP em canteiros de obras de edificações na região metropolitana de Goiânia se mostrou de grande valia, auxiliando os projetistas e gestores de obras a traçar ações para minimizar a geração de resíduos, a implementar atividades no canteiro de reutilização ou reciclagem, controlar a triagem, as saídas de resíduos, suas destinações e a quantificação do montante gerado durante o processo de construção.

Um ponto importante que a ferramenta revelou foi a falta de controle que existe no gerenciamento dos resíduos. Em ambas as obras, mesmo com as diferenças evidentes em termos de comprometimento das empresas com as questões relacionadas à geração dos resíduos, ficou evidente que os gestores não sabiam quais eram realmente suas respectivas produções de resíduos e se suas ações eram realmente eficazes.

Como conclusões a respeito dos objetivos específicos da pesquisa;

- A análise do panorama da cadeia nacional mostrou uma movimentação inicial dos agentes em relação à preocupação na minimização dos resíduos, porém ficou claro que existe pouco conhecimento a respeito do assunto e certa distância entre os agentes, havendo a necessidade do trabalho coletivo para alcançar bons resultados. Hoje é notável que essa preocupação sobre a geração dos resíduos vem crescendo no Brasil, porém as informações não estão sistematizadas causando certa dificuldade na hora de identificar as potencialidades e os problemas dentro da gestão do RCD.

Outro fato importante que foi apontado pelos participantes da pesquisa foi o desconhecimento de métodos efetivos para se gerenciar os RCD. Essa falta de conhecimento reflete no baixo custo de disposição dos RCD em aterros e uma legislação sem fiscalização. Ao comparar as duas pesquisas realizadas no Brasil e na China fica claro que mesmo ambos os países estejam em desenvolvimento e possuam métodos construtivos similares a mudança cultural foi o principal fator para o avanço da China frente ao Brasil em relação as pesquisas e metodologias para se tratar o RCD.

- O objetivo de construção de uma ferramenta de monitoramento dos resíduos sólidos de construção e demolição permeou entre o objetivo geral e um objetivo específico. A implantação do PGRSCD aconteceu por meio de um ferramenta criada no software Microsoft Excel (Estudo de Caso B) com possibilidade de suas tabelas serem impressa e preenchidas a mão (Estudo de Caso A). Esta ferramenta inicial funcionou como um piloto para o desenvolvimento da ferramenta online final. As dificuldade e potencialidades encontradas durante sua aplicação em ambos os estudos de casos, subsidiaram a melhoria da ferramenta final.
- Na etapa de desenvolvimento de indicadores, de um modo geral, os indicadores de RCD parecem proporcionar uma maneira simples e consistente de medir e controlar as quantidades, porém ainda existe a necessidade de desenvolver indicadores que permitam controlar os resíduos produzidos na obra. Existem claras dificuldades em quantificar as quantidades de RCD produzidas, por falta de estimativas disponíveis e metodologias de fácil entendimento a nível do canteiro de obra.  
Os indicadores produzidos nesta pesquisa foram efetivos para serem utilizados na própria empresa. De um modo geral no que diz respeito à criação de indicadores, para as empresas só depende do empenho de seus gestores em aplicar um modelo de planejamento, porém para a criação de indicadores nacionais, há a necessidade de se obter uma quantidade satisfatória de amostras de outras obras com mesmas tipologias, usos e características construtivas similares. O que foi encontrado durante a pesquisa na literatura nacional foram poucas amostras, definições confusas, índices de geração de RCD muito altos e grande parte das pesquisas quantificadas em m<sup>3</sup>, dificultando a conversão para kg/m<sup>2</sup>. Esta investigação permitiu concluir pela impossibilidade da criação de um indicador nacional confiável, porém também permitiu inferir sobre a relevância deste tipo de estudo e da necessidade de métodos que possam gerar parâmetros avaliativos para os diversos setores da construção.

- O guia para auxiliar os projetistas e gestores de obra relacionados ao planejamento e controle dos resíduos sólidos servirá como um ferramenta informativa para os agentes envolvidos com a geração de resíduos, sendo voltado para;
  - Incorporadores
  - Gestores de obras
  - Gestores de projetos
  - Construtoras
  - Empresas do segmento da construção civil
  - Arquitetos
  - Engenheiros
  - Empresas de recolhimento e tratamento de resíduos

O guia permeia discursando sobre :

- O Processo De Gerenciamento e Planejamento
- Plano De Gerenciamento Do Resíduo Sólido De Construção E Demolição
- Leis E Normas
- Antes Da Construção
- Demolição Seletiva Durante A Construção

A ideia principal da sua criação é de alimentar um banco de dados de informações, já que dentro da etapa de análise da cadeia foi revelado a falta de informações a respeito do tema. O Guia está no apêndice em forma digital e ele continuara evoluindo fora da pesquisa.

- O desenvolvimento da ferramenta virtual visou o mesmo objetivo das ferramentas internacionais WRAP e *SmartWaste*, uma interface interativa *online* que guia o usuário por meio das etapas do planejamento. A ferramenta inclui funções de medições integradas ajudando de forma simples a medição e o monitoramento dos resíduos criando um *benchmark* de desempenho do processo. Ela foi fruto da análise das ferramentas internacionais juntamente com as dificuldades e potencialidades encontradas dentro do planejamento aplicado em cada estudo de caso da pesquisa. A ferramenta vai continuar a ser desenvolvida e entrará em fase de teste com alguma empresa parceira para que ela possa ser a posterior disponibilizada para os agentes da cadeia.

O Brasil necessita de uma infraestrutura de valorização dos RCD, incentivo à produção de materiais de construção reciclados, aumento na taxa de disposição de RCD, produção de normas técnicas e obrigatoriedade de inserção de uma quantidade de materiais reciclados no caderno de encargos da obra, aumentando assim o valor dos RCD.

As etapas mais baratas para se reduzir a geração de resíduos são as etapas de projeto ou de preparação do canteiro, etapas onde a geração de fato ainda não ocorreu. Existem diretrizes e políticas gerenciais aplicadas em países como Alemanha, Japão, Reino Unido, que geram e continuam gerando bons resultados. Por meio de análises e adaptações destas diretrizes para a realidade nacional, foi possível criar um guia referencial de ações em projetos e nas etapas de preparação de canteiros que auxiliem os projetistas e os gestores de obras na redução dos resíduos. Além deste produto, a ferramenta virtual proposta também teve o objetivo de deixar um produto da pesquisa que possa auxiliar a direcionar as informações e ações que visem minimizar o impacto das obras em relação à geração de seus resíduos.

Esta pesquisa contribuiu com a disseminação do conhecimento essencial na área de sustentabilidade no âmbito da construção civil, por meio de ferramentas de aplicação de caráter prático e viável tanto técnica quanto economicamente para os canteiros de obras, ainda incipientes no cenário nacional.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Outras pesquisas podem ser conduzidas a partir da realização deste trabalho:

- Desenvolver uma pesquisa para gerar dados a respeito dos resíduos quantificados em m<sup>3</sup>, por meio de parcerias com empresas de coletas e recicladoras.
- Aplicar a metodologia durante uma obra desde a fase de projeto até a execução para comparar todo o resíduo gerado com o que foi monitorado.
- Fazer um panorama nacional com uma maior quantidade de obras/dados para o desenvolvimento de indicadores nacionais, separados em diversas categorias e tipologias.
- Desenvolver pesquisas adicionais sobre a produção de resíduos em edifícios de uso comerciais e institucionais, como também pesquisas adicionais sobre a produção de resíduos nas atividades de demolição, reformas e reabilitação de edificações.
- Desenvolver normas e especificações técnicas de desempenho para que a utilização dos materiais reciclados do RCD se torne prática comum dentro do mercado da construção civil como também uma investigação sobre a receptividade do mercado aos novos materiais.

## REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras**. Relatório Final – Volume 02, Coletânea Habitare. São Paulo: PCC, Universidade de São Paulo, 1998.
- ALBERTA, Construction, Renovation and Demolition Waste Advisory Committee. **Construction, Renovation and Demolition (CRD) Waste Characterization Study**. CH2M HILL Canada Limited. Canada, 2000.
- ANDRADE, A.C.; SOUZA, U. E.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V. **Estimativa da quantidade de entulho produzido em obras de construção de edifícios**. In: SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 4, 2001, São Paulo. Anais... São Paulo: CT 206, 2001.
- ANGULO, S. C. **Normalização dos agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados para concretos e a variabilidade**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. Anais... Florianópolis: ANTAC, 2002. p. 1.613-1.624.
- ANGULO, S. C; TEIXEIRA, C. E; CASTRO, A. L. de; NOGUEIRA, T. P. **Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação**. Revista Engenharia Sanitária 16 (2011) 299-306, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2011**. Abrelpe. São Paulo, SP, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2012**. Abrelpe. São Paulo, SP, 2013.
- AUSTRALIA, Cement Concret & Aggregates. **Use of Recycled Aggregates in Construction**. REPORT, May, 2008. Disponível em: <<http://www.concrete.net.au/publications/pdf/Recycledaggregates.pdf>> Acesso em 4 de junho de 2013.
- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. 1967. In: BACHELARD, G. Coleção Pensadores. São Paulo: Abril, 1978.
- BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Dossiê Técnico. Gestão de resíduos Sólidos em canteiros de obras**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico. Brasília, DF, 2007.
- BOHNE, R.; BERGSDAL, H.; BRATTEBO, H. **Dynamic eco-efficiency modeling for recycling or C&D waste**. Norwegian University of Science and Technology – Industrial Ecology Programme. 2005.
- BOSSINK, B. A. G.; BROUWERS, H. J. H. **Construction Waste: quantification and source evaluation**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 122, n. 1, p. 55-60, 1996.
- BRASIL, Leis. Conselho Nacional Do Meio Ambiente – **CONAMA. Resolução Nº. 307**, De Julho De 2002.
- BRASIL, Leis. Conselho Nacional Do Meio Ambiente – **CONAMA. Resolução Nº. 448**, De Janeiro De 2012.
- BRASIL. **Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010** – Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2 de ago. de 2010.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT LIMITED. **SMARTWaste**. Disponível em: <<http://www.bre.co.uk/>> Acesso em: 16 de julho. 2013.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Volume 1 – Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasília, 2005.

CARVALHO, Patrícia E. F.; SANTOS, Lorena Rezende dos. **Avaliação De Argamassas Com Fibras De Papel Kraft Provenientes De Embalagens De Cimento**. Trabalho de Graduação. Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. 2011.

CHATEAU, L. **Environmental acceptability of beneficial use of waste as construction material—State of knowledge, current practices and future developments in Europe and in France**. Journal of Hazardous Materials. Elsevier, 2007, p. 556–562, 2006.

CHAVES, R.S. **Avaliação da implementação do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição**. Dissertação de Mestrado em Gestão de Sistemas Ambientais, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

CHEUNG, H. K. **Use of recycled asphalt pavement—a practical approach to asphalt recycling**. In: Materials Science and Technology in Engineering Conference - Now, New and Next 15–17 January 2003; 2003.

CIB Publication 364, **Construction Waste Reduction around the World**, UK, 2011.

COCHRAN, K., TOWNSEND, T., REINHART, D., HECK, H. **Estimation of regional building-related C&D Debris generation and composition: case study for Florida, US**. Journal of Waste Management, V. 27, n.º 7, pp. 921–931, 2007.

COELHO, A.; BRITO, J. de. **Análise da viabilidade de implantação de centrais de reciclagem de resíduos de construção e demolição em Portugal: Parte I - Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição**. Relatório ICIST. DTC n.º 04/2010. Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.

**Construction & Demolition Waste Manual**. NYC Department of Design & Construction by GruzenSamton LLP with City Green Inc. Maio, 2003.

COSTA, D. B. **Diretrizes para Concepção, Implementação e Uso de Sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas de Construção Civil**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

COVENTRY S. **The reclaimed and recycled construction materials handbook**. London: Construction Industry Research and Information Association; 1999.

EUROPEAN COMMISSION. **2003/33/EC - criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills**. Disponível em: < <http://ec.europa.eu/environment/waste/legislation/c.htm> > Acesso em: 12 de novembro. 2012.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L. **As perdas na construção civil: conceito, classificações e seu papel na melhoria do setor**, – Porto Alegre, RS. 1997. Egatea: Revista da Escola de Engenharia, semestral v. 25, n. 3, pp. 45-53, il.

GONÇALVES, José C. G.. **Indicadores para o Cálculo de Resíduos nos Planos de Prevenção e Gestão, e sua aplicação prática**. Trabalho de Dissertação. Instituto Superior De Engenharia De Lisboa. 2011.

GONÇALVES, P. H.; BRANDSTETTER, M. C. **Perdas e reusos das argamassas - um estudo de caso em Goiânia**. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas X SBTA, 2013, Fortaleza. X Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas X SBTA. Fortaleza, 2013.

- HALBWACHS, M. **Memória Coletiva**. São Paulo: Vértice Editora de Revistas dos Tribunais, 1990.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Perfil dos Municípios Brasileiros – 2012**. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/estadosat/> > Acesso em: 12 de agosto. 2013.
- JALALI, S., **Quantification of Construction Waste Amount**; Handbook of Wastetool, Universidade do Minho, Portugal, 2006.
- KATZ, A., BAUM, H. **A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction site**. Journal of Waste Management, 2010.
- KAWANO, H. **The state of reuse of demolished concrete in Japan**. In: **Integrated design and environmental issues in concrete technology**: proceedings of the International Workshop 'Rational Design of Concrete Structures under Severe Conditions'. London: E & FN Spon; 1995. p. 243–9.
- KESEGIC, I; NETINGER, I; BJEGOVIĆ, D. **Recycled clay brick as an aggregate for concrete**. In: *Reciklirana glinena opeka kao agregat za beton: pregled*, 2008.
- KIM, J.; KIM, J.; CHA, H.; SHIN, D. **Development of the construction waste management performance evaluation tool (wmpet)**. ISARC, 2006.
- KOFOWOROLA, O.F. and GHEEWALA, S.H. **Estimation of construction waste generation and management in Thailand**. Waste management. 2009; 17: 731-738.
- KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: **Centre for Integrated Facility Engineering**, 1992. Technical Report, 72.
- KRISTENSEN P. **Recycling of clay bricks: demolition and reuse of concrete**. Londres: E K Lauritzen, E & FN Spon; 1994. p. 411–413.
- LAGE, I.M., ABELLA, F.M., HERRERO, C.V., ORDÓÑEZ, J.L.P., 2010. **Estimation of the annual production and composition of C&D Debris in Galicia (Spain)**. Journal of Waste Management. 2010; V. 30, n.º 4: 636–645.
- LEAL, W.; SCHULTZ, C., GOTTWALD, J. **Construction and Demolition Waste Management In Germany**. TuTech Innovation GmbH HarburgerSchlossstr. Hamburg, Germany, 2006.
- LI, Jingru; DING, Zhikun; MI, Xuming; WANG, Jiayuan. **A model for estimating construction waste generation index for building project in China**. Resources, Conservation and Recycling. 2013; 74: 20–26.
- LIPSMEIER, K.; GÜNTHER, M., TU-Dresden, Ceifa Ambiente. **Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios**. Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden University of Technology. 2005.
- LU, W.; YUAN, H. **A framework for understanding waste management studies in construction**. Waste Management 31 (2011) 1252–1260.
- MÁLIA, M. **Indicadores de Resíduos de Construção e Demolição**. Lisboa, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2010.
- MAÑÀ, I.; REIXACH, F.; BARROSO, J.; CUSCÓ, A. **Plan de Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición**. Dirección General de Medio Ambiente, Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, España, 2000.
- MARIANO, L. **Gerenciamento de resíduos da construção civil com reaproveitamento estrutural**; Estudo de caso de uma obra com 4000m<sup>2</sup>. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- MONTEIRO, J.; FIGUEIREDO, C.; MAGALHÃES, A.; MELO, M.; BRITO, A.; BRITO, J.;

ALMEIDA, T.; MANSUR, G. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. IBAM, Rio de Janeiro. 2001.

MUHWEZI L., CHAMURIHO L. M., LEMA, N. M. An investigation into materials wastes on building construction projects in Kampala-Uganda. **Scholarly Journal of Engineering Research**, Vol. 1, pp. 11-18, April, 2012.

**Municipal Solid Waste Management In Germany**. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, September, 2006.

NAKAMURA, Y. **Waste Management and Recycling Business In The United States and Japan**. Program on U.S. Japan Relations Harvard University. Cambridge, 2007.

OKIMOTO, F. S., FRUTEIRO, C. S. **Proposta de implementação de uma central de resíduos de construção e demolição em Presidente Prudente/SP**. V Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre edificações e construções sustentáveis (ELECS) Recife, PE, 2009.

ORTIZ, O.; PASQUALINO, J.C.; CASTELLS, F. **Environmental performance of construction waste: Com-paring three scenarios from a case study in Catalonia, Spain**. Journal of Waste Management. 2010; V. 30, n.º 4: 646-654.

PAPARGYROPOULOU, E.; PREECE, C.; PADFIELD, R.; ABDULLAH, A. **Sustainable Construction Waste Management in Malaysia: A Contractor's Perspective**. Management and Innovation for a Sustainable Built Environment. June, 2011, Amsterdam. ISBN: 9789052693958

PAPPU, A.; SAXENA, M.; ASOLEKAR, S. R. **Solid wastes generation in India and their recycling potential in building materials**. Building and Environment 42. Elsevier, 2007, p.2311–2320.

PEREIRA, L. C. H. **Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição: aplicação à zona norte de Portugal**. Guimarães, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Guimarães, 2002.

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

PINTO, T. P. et al. Ministério das Cidades. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. v. 1. 196 p. Brasília: Caixa, 2005.

**Preparing a Waste Management Plan. A methodological guidance note**. European Commission- European Topic Centre on Waste and Material Flows. Maio, 2003.

REIXACH, F.; BARROSO, J.; CUSCÓ, A. **Plan de Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición. Minimización y gestión de residuos de la construcción (Proyecto Life 98/351)**. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya – ItEC, 2000.

ROCHA, E.G. A. **Os resíduos sólidos de construção e demolição: gerenciamento, quantificação e caracterização. um estudo de caso no Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado). Departamento De Engenharia Civil E Ambiental, Unb, Brasília 2006.

SAFIUDDIN, M.; JUMAAT, M.; SALAM, M. A.; ISLAM, M. S.; HASHIM, R. **Utilization of solid wastes in construction materials**. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(13). Academic Journals, 2010, p. 1952-1963.

SAOTOME, T. **Development of Construction and Demolition Waste Recycling in Ontario**. School of Engineering Practice. Agosto. 2007.

SANTOS, A. R.; JALALI, S. **“Proposta de metodologia para a previsão da produção de resíduos de construção: Aplicação aos Municípios do Vale de Ave.” Um futuro**

**sustentável: ambiente, sociedade e desenvolvimento:** In: Conferência Nacional do Ambiente. Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. 2007.

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 Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SEO S.; HWANG, Y. **An estimation of construction and demolition debris in Seoul, Korea: waste amount, type, and estimating model.** Air Waste Manage, 1999.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint. Tokyo.** Japan Management Association, 1981. Re-translated into English by Productivity, Inc. 1989.

SMARTWaste Plan. **The Site Waste Management Plan and Waste Measurement Tool from BRE; User Guide.** Version 3, 2009.

SOIBELMAN, L. **As Perdas de Materiais na Construção de Edificações: Sua Incidência e seu Controle.** 1993. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1993.

SÓLIS-GUZMÁN, J.; MARRERO, M.; MONTES-DELGADO, M.V.; RÁMIREZ-DE-ARELLANO, A. **A Spanish model for quantification and management of construction waste.** Journal of Integrated Waste Management, V. 29, n.º 9, pp. 2542-2548, 2009.

SOUZA, P. C. M. **Gestão de Resíduos da Construção Civil em Canteiros de Obras de Edifícios Multipisos na Cidade de Recife/PE.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo. Pini, 2005.

SSB, Statistics Norway. **Waste from building and construction, 2011.** Statistics Norway. Disponível em: <<http://www.ssb.no/en/avbyggnal>> Acesso em: 4 de setembro. 2013.

TAM, V. W. Y. **On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction.** Waste Management 28 (2008) 1072–1080.

TAM, V. W.Y.; TAM, C.M. **A review on the viable technology for construction waste recycling.** Resources, Conservation and Recycling 47. Elsevier, 2006, p.209–221.

TOZZI, R. **Caracterização, avaliação e gerenciamento da geração de resíduos da construção civil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

YUAN, H.; CHINI, A. R.; LU, Y.; SHEN, L. **A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste.** Waste Management 32 (2012) 521–531

YUAN, H. **A model for evaluating the social performance of construction waste management.** Waste Management 32 (2012) 1218–1228

YUAN, F.; SHEN, L.; LI, Q. **Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste.** Waste Management 31 (2011) 2503–2511.

WANG, J. Y; TOURAN, A; CHRISTOFOROU, C; FADLALLA, H. **A systems analysis tool for construction and demolition wastes management.** *Waste Management*, v.24, n.10, p.989-997, 2004.

WASTE TOOL - **Projecto europeu de investigação no âmbito do Programa Leonardo da Vinci.** WasteTool Consortium. Portugal, 2006.

WRAP, **WRAP: Site Waste Management Plan Template user guide.** Version 2.3, 2011.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO/ PESQUISA: DIFICULDADE NA IMPLEMENTAÇÃO DO PGRS.

- 1- Sua organização e categorizada como;  
 Construtora    Consultoria    Associação    Governo    Outro \_\_\_\_\_
- 2- Sua posição é:  
 Gerente    Supervisor    Engenheiro    Gerente de    Outro \_\_\_\_\_  
de Qualidade   - Arquiteto   obra
- 3- Cite três materiais que em sua opinião são os resíduos mais comuns dentro da indústria da construção civil brasileira: \_\_\_\_\_
- 4- Você acha que Construtor/Empreiteiro está disposto a minimizar o desperdício?  
 Sim    Neutro    Não
- 5- Você acha que o Cliente está disposto a minimizar o desperdício?  
 Sim    Neutro    Não
- 6- Você acha que o projetista está disposto a minimizar o desperdício?  
 Sim    Neutro    Não
- 7- Você acha que Governo está disposto a minimizar o desperdício?  
 Sim    Neutro    Não
- 8- Qual você acha ser o fator mais importante dentro da cadeia da construção?  
 Custo    Tempo    Qualidade    Segurança    Meio Ambiente
- 9- Qual você acha ser o fator menos importante dentro da cadeia da construção?  
 Custo    Tempo    Qualidade    Segurança    Meio Ambiente
- 10- Você acha que o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos ajuda a reduzir o desperdício no processo de construção?  
 Sim    Neutro    Não
- 11- Você acha que existe uma prática corrente de gestão dos resíduos?  
 Sim    Neutro    Não

12- Listado abaixo estão algumas ações de um Plano de Gerenciamento de Resíduos. Para cada afirmação, por favor, marque o número que melhor descreva a força/importância que você acredita que cada afirmação possua.

Afirmações	Nível				
Propor métodos para alcançar o nível para que os materiais sejam entregues embalados	1	2	3	4	5
Propor métodos para reutilizar o material no canteiro	1	2	3	4	5
Propor áreas de armazenamento dos resíduos	1	2	3	4	5
Propor uma lista de materiais para serem reutilizados ou reciclados	1	2	3	4	5
Identificar os diferentes tipos de resíduos	1	2	3	4	5
Propor métodos para reduzir o desperdício	1	2	3	4	5
Desenvolver uma estrutura organizacional para gerenciar o resíduo	1	2	3	4	5
Estimar a quantidade de resíduos para a disposição fora do canteiro	1	2	3	4	5
Propor métodos de processamento, armazenamento e disposição dos resíduos perigosos	1	2	3	4	5
Monitorar e auditar o gerenciamento do programa de resíduos	1	2	3	4	5
Ajudar a programar o sistema de rastreamento do resíduo	1	2	3	4	5
Estimar a quantidade de resíduos identificados	1	2	3	4	5
Propor métodos no canteiro para triagem dos resíduos	1	2	3	4	5

13- Listado abaixo estão alguns problemas para a implementação de um Plano de Gerenciamento de Resíduos. Para cada afirmação, por favor, marque o número que melhor descreva a força/importância que você acredita que reflita o porquê da dificuldade para minimizar o desperdício na construção.

Afirmações	Nível				
Falta de promoção de medidas de minimização de resíduos.	1	2	3	4	5
Aumento do custo nos processos	1	2	3	4	5
Falta de conhecimento de métodos efetivos para gerenciamento dos resíduos	1	2	3	4	5
Comportamento e cultura da construção	1	2	3	4	5
Baixo incentivo financeiro	1	2	3	4	5
Mercado competitivo	1	2	3	4	5
Sistema de mão de obra terceirizado de difícil controle	1	2	3	4	5
Falta de treinamento e educação	1	2	3	4	5
Baixo custo para disposição	1	2	3	4	5

14- Listado abaixo estão afirmações sobre a importância da prática para a redução do resíduo. Para cada afirmação, por favor, marque o número que melhor descreva a força/importância que você acredita que reflita na efetivação do desperdício na construção.

<b>Afirmações</b>	<b>Nível</b>				
<b>Uso de formas de metal</b>	1	2	3	4	5
<b>Educação e treinamento</b>	1	2	3	4	5
<b>Lista de materiais para construção e demolição</b>	1	2	3	4	5
<b>Gerenciamento de compra de materiais</b>	1	2	3	4	5
<b>Áreas de corte e armazenamento dentro do canteiro</b>	1	2	3	4	5
<b>Uso de componentes pré-fabricados</b>	1	2	3	4	5
<b>Planejamento do layout do canteiro</b>	1	2	3	4	5
<b>Conservação do resíduo no canteiro</b>	1	2	3	4	5
<b>Identificação de recicladoras no entorno/cidade</b>	1	2	3	4	5
<b>Operação de reciclagem dentro do canteiro</b>	1	2	3	4	5
<b>Uso de informativos no canteiro</b>	1	2	3	4	5
<b>Uso de madeira legalizada</b>	1	2	3	4	5
<b>Instalação de um lava rodas no canteiro</b>	1	2	3	4	5
<b>Participação da alta administração no gerenciamento</b>	1	2	3	4	5

Fim do Questionário

Obrigado !!