



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro de Ciência e Tecnologia

Faculdade de Engenharia

Tathiana Cardoso Pacheco

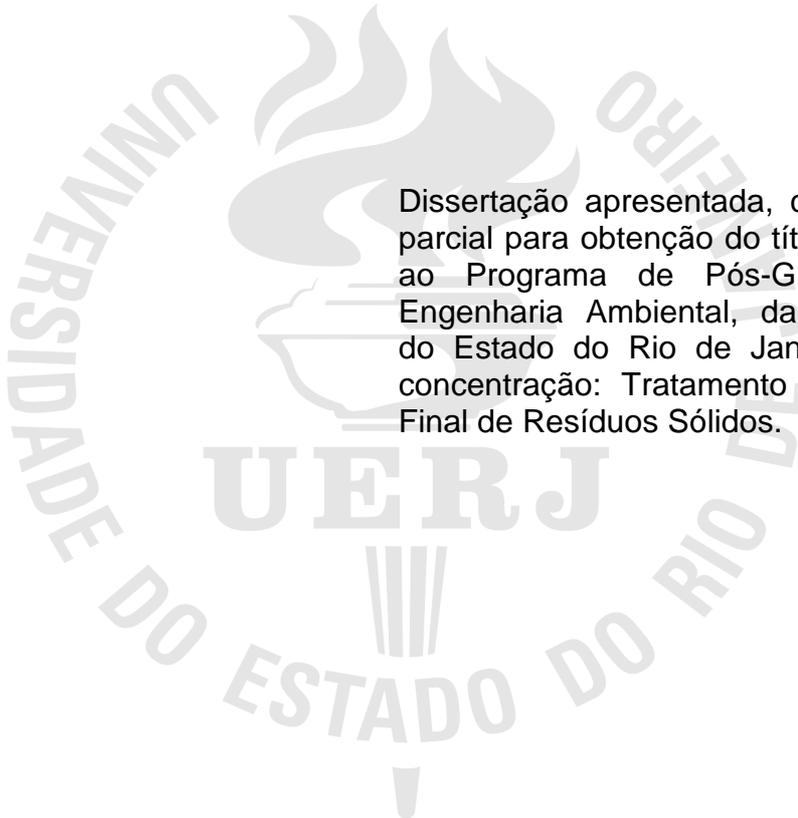
**Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil –
comparação de obras no Rio de Janeiro visando a certificação
LEED e obras sem certificação**

Rio de Janeiro

2011

Tathiana Cardoso Pacheco

**Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras
no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elisabeth Ritter

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Camille Mannarino

Rio de Janeiro

2011

CATALOGAÇÃO NA FONTE

UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

P116 Pacheco, Tathiana Cardoso.
Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação / Tathiana Cardoso Pacheco. – 2011.
110f.

Orientadora: Elisabeth Ritter.
Coorientadora: Camille Mannarino.
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.
Bibliografia f.102.

1. Engenharia Ambiental. 2. Resíduos - Teses. 3. Construção civil – Teses. I. Ritter, Elisabeth. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 628.4:624

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Tathiana Cardoso Pacheco

**Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras
no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos.

Aprovado em: 27 de outubro de 2011.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Elisabeth Ritter (Orientadora)
Faculdade de Engenharia - UERJ

Prof.^a Dr.^a Ana Catarina Jorge Evangelista
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Escola Politécnica de Engenharia

Prof. Dr. James Shoiti Miyamoto
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Rio de Janeiro

2011

AGRADECIMENTOS

Obrigada primeiramente a Deus por ter tornado tudo isso possível.

Agradeço muito a toda a minha família, principalmente aos meus pais e ao meu irmão, por todo amor e carinho, pela compreensão nos momentos de ausência e por toda força que me deram para que eu pudesse alcançar essa importante etapa na minha vida profissional.

Ao meu namorado, Marcelo, pelo amor, incentivo e pelo apoio nos momentos difíceis.

Ao meu amigo e ex-chefe Ilzomar Filho pela compreensão da importância do mestrado na minha vida profissional, me liberando para assistir as aulas e me ajudando com a dissertação.

À todos os meus colegas de trabalho por toda a ajuda e apoio, em especial ao André Romi, Ana Beatriz Garcia, Elisangela Costa, Glaucilene Souza, Heleno Rezende, Karla Schmidt, Milena Rocha, Paulo Silva e Pedro Moura.

Aos responsáveis de meio ambiente e engenheiros das obras que me cederam gentilmente os dados necessários para a realização desse trabalho.

À todos os profissionais que responderam ao questionário da pesquisa.

Aos meus queridos amigos, pela compreensão nos momentos de ausência necessária e pela força que sempre me deram.

À Prof. Dr. Elisabeth Ritter por sua valiosa orientação e ajuda, e também à minha co-orientadora Prof. Dra. Camille Mannarino, pela atenção e disposição em responder as minhas dúvidas e por sempre me ajudar no que foi preciso.

À todos os funcionários e demais professores do PEAMB por todo o apoio e conhecimento compartilhado.

Aos meus colegas da turma 2010 pela ótima convivência, embora rápida, durante esses 18 meses de mestrado.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a conclusão desse trabalho e torceram pelo meu sucesso.

A vida que a gente quer, depende do que a gente faz. (Max Feffer)

RESUMO

PACHECO, Tathiana Cardoso. *Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras no rio de janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação*. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

A implantação de práticas de gestão ambiental nos canteiros de obras se tornou de fundamental importância para o setor da construção civil. Nas obras de edificação que visam obter a certificação LEED, são implementadas práticas que buscam a minimização e o reaproveitamento dos resíduos de construção civil, representando uma possibilidade de redução dos impactos ambientais produzidos pelo setor. Este trabalho apresenta um estudo comparativo sobre a geração de resíduos de quatro obras de edificações no município do Rio de Janeiro, sendo que duas delas implantaram práticas para obtenção da certificação LEED. Complementarmente, foi realizada uma pesquisa através de questionário com profissionais da construção civil buscando identificar a sua percepção sobre construções sustentáveis e gerenciamento de resíduos sólidos. Desconsiderando o solo de escavação, o entulho foi o resíduo mais gerado em todas as quatro obras, seguido pela sucata metálica, resíduos não recicláveis e madeira. A obra com certificação LEED apresentou o menor índice total de resíduos, 119,23 kg/m², sendo este valor próximo às médias de países desenvolvidos.

Palavras-chave: Resíduo de construção civil. Construção sustentável. LEED.

ABSTRACT

The implementation of environmental management practices at construction sites has become crucial for the construction industry. In the works aimed at building achieving LEED certification, are implemented practices that seek to minimize waste and reuse of construction, representing a possibility of reducing the environmental impacts produced by the sector. This paper presents a comparative study on the generation of waste from the works of four buildings in the city of Rio de Janeiro, two of which have implemented practices to obtain LEED certification. In addition, a survey was conducted through a questionnaire with construction professionals seeking to identify their understanding of sustainable buildings and solid waste management. Disregarding the soil excavation, dump the waste was generated over all four works, followed by scrap metal, wood and non-recyclable waste. The LEED-certified project presented the lowest total waste, 119.23 kg/m², this value being close to the average of developed countries.

Keywords: Building waste Green building. LEED.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– As dimensões da sustentabilidade.....	22
Figura 2	– Geração de resíduos sólidos na obra A.....	68
Figura 3	– Geração de resíduos sólidos na obra B.....	69
Figura 4	– Geração de resíduos sólidos na obra C.....	71
Figura 5	– Geração de resíduos sólidos na obra D.....	72
Figura 6	– Geração de cada tipo de resíduo nas quatro obras (kg/m ²).....	74
Figura 7	– Geração total de resíduos nas quatro obras (kg/m ²).....	76
Figura 8	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Qual a sua formação acadêmica?”.....	81
Figura 9	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Qual a função/cargo que exerce no emprego atual?”.....	82
Figura 10	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quanto tempo tem de experiência na sua área?”.....	82
Figura 11	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Na sua atividade profissional, aplica algum procedimento que considere fazer parte do conceito de Construção Sustentável?”.....	83
Figura 12	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Considera que a implantação de práticas de Sustentabilidade Ambiental produz benefícios diretos no processo de concepção e/ou construção de edifícios?”.....	84
Figura 13	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quais as 2 principais vantagens existentes em se aplicar sistemas de certificação ambiental em projetos e/ou construção de edifícios?”.....	84
Figura 14	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Entre os sistemas de certificação indicados, assinale os que conhece e que considera serem os mais aplicáveis à Construção Sustentável?”.....	85
Figura 15	– Gráfico representativo das respostas à pergunta “Considera que a implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação (por exemplo LEED) contribui para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios?”.....	86

Figura 16 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quais os 3 tipos de resíduos sólidos considera ter uma maior geração (volume) em uma obra de construção de edifícios?”	87
Figura 17 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Qual (is) é(são) o(s) maior(es) benefício(s) da implementação de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos para uma obra de construção de edifícios?”	88
Figura 18 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Qual(is) a(s) fase(s) da obra que gera(m) mais resíduos sólidos?”	89
Figura 19 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quais são os principais fatores que contribuem para a elevada geração de resíduos sólidos?”	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sistema de Avaliação LEED NC e CS versão 3.0.	35
Tabela 2 – Sistema de Avaliação BREEAM versão 2008.....	39
Tabela 3 – Sistema de Avaliação CASBEE.	42
Tabela 4 – Sistema de avaliação NABERS.	43
Tabela 5 – Sistema de Avaliação GBC.....	45
Tabela 6 – Sistema de Avaliação HQE.....	46
Tabela 7 – Resíduos gerados em cada etapa de uma obra de edificação.	56
Tabela 8 – Geração de resíduos na obra A.	67
Tabela 9 – Geração de resíduos na obra B.	68
Tabela 10 – Geração de resíduos na obra C.....	70
Tabela 11 – Geração de resíduos na obra D.....	71
Tabela 12 – Índice de massa de resíduos/área encontrados nas quatro obras.	73
Tabela 13 – Geração de resíduos de papel e não recicláveis (kg/m^2) e nº de funcionários nas quatro obras.....	77
Tabela 14 – Índice de massa de resíduos/área (kg/m^2) encontrados nas quatro obras e em outros estudos.	78

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AsBEA	Associação Brasileira de Escritório de Arquitetura
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
BEPAC	<i>Building Environmental Performance Assessment Criteria</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BRE	<i>Building Research Establishment</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
CASBEE	<i>Comprehensive Assessment System of Building Environmental Efficiency</i>
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CFC	Clorofluorcarbono
CIB	<i>International Council for Research and Innovation in Building and Construction</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
DFE	<i>Design for environment</i>
DOE	<i>Department of Energy</i>
ECO'92	2ª Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/ Relatório de Impacto Ambiental
EPI	<i>Environmental Performance Index</i>
GBC	<i>Green Building Challenge</i>
GBTOOL	<i>Green Building Tool</i>
HQE	<i>Haute qualité environnementale</i>
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

INEA	Instituto Estadual do Ambiente do Rio de Janeiro
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
IISBE	<i>International Initiative for Sustainable Built Environmental</i>
IUCN	<i>International Union for Conservation Nature</i>
JSBC	<i>Japan Sustainability Building Consortium</i>
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
NABERS	<i>National Australian Building environmental Rating System</i>
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PGRCC	Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil
PIB	Produto Interno Bruto
PROCEL	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
QEB	<i>Qualité Environnementale du Bâtiment</i>
RCC	Resíduo de Construção Civil
RCD	Resíduo de Construção e Demolição
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro
SMO	<i>Système de Management de l'Opération</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
USGBC	<i>United States Green Building Challenge</i>

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	14
1	OBJETIVOS DO TRABALHO	18
1.1	Objetivo Geral	18
1.2	Objetivos Específicos	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	O Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável	19
2.2	Construções Sustentáveis ou Green Buildings	24
2.3	Certificações para construções sustentáveis	29
2.3.1	<u>LEED</u>	32
2.3.2	<u>BREEAM</u>	37
2.3.3	<u>BEPAC</u>	39
2.3.4	<u>CASBEE</u>	41
2.3.5	<u>NABERS</u>	42
2.3.6	<u>GBC</u>	43
2.3.7	<u>HQE</u>	45
2.3.8	<u>Comparação entre os sistemas de certificação</u>	46
2.4	Resíduos de Construção Civil	49
2.4.1	<u>Legislação</u>	50
2.4.1.1	Resolução CONAMA 307/02.....	50
2.4.1.2	Lei Federal nº 12305/10.....	51
2.4.1.3	Resolução SMAC nº 387/05.....	52
2.4.1.4	Normas Técnicas sobre Resíduos da Construção e Demolição.....	52
2.4.2	<u>Classificação</u>	54
2.4.2.1	NBR 1004:2004.....	54
2.4.2.2	Resolução CONAMA nº 307.....	54
2.4.3	<u>Composição dos resíduos</u>	55
3.	METODOLOGIA	60
3.1	Estudos de caso	60
3.1.1	<u>Obra A</u>	61
3.1.2	<u>Obra B</u>	62

3.1.3	<u>Obra C</u>	63
3.1.4	<u>Obra D</u>	64
3.2	Elaboração do Questionário	64
4.	RESULTADOS	66
4.1	Estudos de caso	66
4.1.1	<u>Obra A</u>	66
4.1.2	<u>Obra B</u>	68
4.1.3	<u>Obra C</u>	69
4.1.4	<u>Obra D</u>	71
4.1.5	<u>Comparação entre as obras</u>	72
4.1.6	<u>Comparação dos dados com resultados encontrados na literatura</u>	77
4.2	Resultado da pesquisa através de questionário	80
4.3	Comparação do resultado da pesquisa através de questionário com a realidade encontrada nas obras estudadas	90
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	92
	REFERÊNCIAS	96
	BIBLIOGRAFIA	102
	GLOSSÁRIO	103
	APÊNDICE 1 - Questionário	105
	APÊNDICE 2 - Respostas do Questionário	107
	ANEXO 1 - Modelo de Manifesto de Resíduos	110

INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil no Brasil ocupa posição de destaque na economia nacional, quando considerada a significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) do país pela qual é responsável e também por ser o maior gerador de empregos diretos e indiretos do país (SINDUSCON-SP, 2005). Entretanto, esta indústria é a que mais explora recursos naturais (IBAM, 2001), além de ser responsável por cerca de 50% do CO₂ lançado na atmosfera (John, 2000), 30% da emissão de gases de efeito estufa, 30 a 50% da geração de resíduos sólidos gerados no mundo (UNEP, 2007). Contribui ainda para o assoreamento de corpos d'água, obstrução de corpos de drenagem, atração de vetores em função do acúmulo de outros resíduos nos chamados bota-foras, o que se reflete principalmente nos grandes centros urbanos com inundações e degradação da paisagem urbana.

Os impactos ambientais, sociais e econômicos decorrentes das atividades da construção civil impõem a necessidade de soluções rápidas e eficazes para a sua gestão adequada. Diante disso, decorre a prioridade de uma ação conjunta da sociedade (poder público, setor industrial da construção civil e sociedade civil organizada) na elaboração e consolidação de programas específicos que visem à minimização desses impactos.

Dessa forma, a busca pela manutenção e/ou melhoria na qualidade de vida, deve estar acompanhada de soluções de maior eficiência no uso dos recursos naturais, de menor impacto ambiental e de justiça social. A sociedade busca um novo modelo de desenvolvimento que responda a estas questões, um novo paradigma definido como desenvolvimento sustentável, que também tem sido buscado pelo setor da construção civil. Portanto, este setor enfrenta atualmente o desafio da busca de novas práticas visando o desenvolvimento sustentável. Estas práticas devem abordar as etapas de projeto, atividade de construção e uso e manutenção da edificação.

O surgimento de legislação específica, em âmbito federal, estadual e municipal, e de normas para o setor da construção civil, pode ser considerado como um dos principais responsáveis pelo surgimento de uma nova postura em relação

aos resíduos de construção civil (RCC). Isto pode ser atribuído ao fato dos agentes envolvidos começarem a mostrar interesse pelo assunto para atendimento aos requisitos legais e, dessa forma, procurar soluções que possam reduzir os problemas associados às atividades da construção civil.

Em termos de políticas públicas, a publicação da Resolução nº307 (Brasil, 2002) do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em vigor desde 2003, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC foi uma importante ação efetivada em termos legais no que diz respeito aos RCC, buscando impulsionar as empresas a tomarem uma nova postura gerencial e implementar medidas que visem à redução da quantidade de resíduos produzidos. De acordo com esta Resolução podem ser classificados como RCC os resíduos oriundos da construção, reformas e demolição de edifícios ou obras de infraestrutura. Desta forma, os entulhos podem ser constituídos por telhas, forros, tijolos e blocos cerâmicos, concreto em geral, madeira, argamassa, gesso, tubulações e vidros, entre outros. A referida Resolução estabelece ainda obrigações para os geradores e para os municípios.

Um dos principais impactos ambientais causados pela indústria da construção civil se refere à geração dos resíduos, que de acordo com dados do IBAM (2001), constituem 50% do total dos resíduos sólidos urbanos. No entanto, outros autores como SINDUSCON-SP (2005), Tozzi (2006), Filho et al., (2006), Gaede (2008) e Uwai (2009) apontam para uma geração variando entre 41 e 70%. Além disso, no desenvolvimento de uma obra, vários detalhes contribuem para que, em média, 30% dos materiais perfeitamente utilizáveis sejam destinados a aterros (Pinto, 1999). A falta de gerenciamento desses resíduos acarreta uma série de problemas, entre os quais a sua deposição irregular em córregos, fundo de vales e terrenos baldios.

Diversos trabalhos sobre a mensuração dos resíduos gerados na produção de edificações têm sido realizados no Brasil (Pinto, 1999; Picchi, 1993; Soibelman, 1993; IBAM, 2001; Souza et al., 2004; Tozzi, 2006; Mariano, 2008; Guerra, 2009), com foco no gerenciamento de resíduos, buscando a redução das perdas e da geração de resíduos, utilizando como ferramentas os sistemas de gestão ambiental e de qualidade.

No Brasil, a NBR ISO 14001 (ABNT, 2011), uma norma internacionalmente aceita, que define os requisitos para estabelecer e operar um Sistema de Gestão Ambiental, tem sido amplamente implementada pela indústria da construção civil. A

norma reconhece que organizações podem estar preocupadas tanto com a sua lucratividade quanto com a gestão de impactos ambientais. Na prática, a norma oferece a gestão de uso e disposição de recursos. É reconhecida mundialmente como um meio de controlar custos, reduzir os riscos e melhorar o desempenho. Recentemente, surgiu também no Brasil, a certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED, 2009) para empreendimentos sustentáveis. Esta é obtida por edifícios cujo impacto ambiental causado está de acordo com rigorosas recomendações elaboradas nos Estados Unidos pelo *U. S. Green Building Council* (USGBC, 2011).

Neste contexto, a implantação de práticas de gestão ambiental nos canteiros de obras passa a ser de fundamental importância para o setor da construção civil. Nas obras de edificações que visam obter a certificação LEED, são implementadas práticas que buscam a minimização e o reaproveitamento dos RCC são introduzidas, representando uma possibilidade de redução dos impactos ambientais produzidos pelo setor.

Dessa forma, torna-se importante uma análise destas ações nas obras que almejam essa certificação. Por outro lado, a busca pela Sustentabilidade ainda é incipiente na construção civil, onde a maioria das obras não busca a certificação, justificando-se assim a necessidade de uma comparação entre obras com essas duas realidades como forma de auxiliar nas tomadas de decisões futuras das empresas sobre as contribuições e a viabilidade da certificação LEED.

O presente trabalho está estruturado em 5 capítulos, incluindo este da Introdução (**Capítulo 1**). O **Capítulo 2** traz o Referencial Teórico, buscando inserir o leitor no contexto do trabalho. Neste capítulo é apresentado um breve histórico sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável; o conceito de Construções Sustentáveis/*Green Buildings*, incluindo um descritivo sobre as principais certificações internacionais nessa área e; os resíduos da construção civil com foco na classificação, legislação nacional e composição dos resíduos gerados em obras de edificação. O **Capítulo 3** apresenta a metodologia utilizada no trabalho para atender aos objetivos propostos, além de descrever sucintamente as obras estudadas. No **Capítulo 4** são apresentados e discutidos os resultados obtidos, comparando a trabalhos realizados anteriormente. No **quinto** e último **capítulo**,

expõem-se as conclusões finais acerca do trabalho desenvolvido e são indicadas algumas recomendações para trabalhos futuros.

1 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral comparar a geração de resíduos em obras nas quais são implantadas práticas para obtenção da certificação LEED com obras em que não são implantadas essas práticas.

1.2 Objetivos Específicos

- Comparar os dados de geração de resíduos nas quatro obras, sendo duas com práticas para obtenção da certificação LEED e duas sem;
- Verificar a possível relação entre o nº de funcionários e geração de resíduos, nas obras;
- Realizar uma pesquisa com os profissionais da construção civil, com foco em gerentes, engenheiros civis e arquitetos, buscando identificar a sua percepção sobre construções sustentáveis e gerenciamento de resíduos sólidos;
- Comparar as respostas ao questionário com a realidade encontrada nas obras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável

Ao longo dos séculos, os hábitos da população no mundo foram sendo modificados e a partir da Revolução Industrial, aumentou a capacidade da humanidade em intervir na natureza, provocando grandes danos ambientais. A natureza era considerada um bem gratuito e substituível, com a capacidade de regeneração necessária para corrigir as devastações provocadas em nome da civilização e do progresso. Com o avanço do desenvolvimento econômico, a capacidade de suporte do planeta começou a ser afetada, levando a necessidade de uma postura mais precavida para evitar que a mesma se esgote.

No entanto, até metade da década de 1970, não existia gestão ambiental no Brasil, no sentido de ações e políticas integradas para moldar a relação do homem com o ambiente. Os requisitos legais de proteção à natureza não eram integrados, estavam dispersos em várias áreas, como o código florestal, código de obras, código de águas, código de caça e pesca, lei de proteção aos animais e outras posturas municipais. Este cenário só começou a mudar depois que a Organização das Nações Unidas (ONU) convocou uma Conferência Internacional sobre Meio Ambiente Humano, realizada em 1972 – A Conferência de Estocolmo (ALMEIDA, 2002).

No auge da ditadura militar, o Brasil vivia também o chamado “milagre econômico”, com taxas médias de crescimento anual acima de 10%. Devido a este panorama, o Brasil se destacou nas reuniões anteriores à Conferência de Estocolmo, buscando reunir os países subdesenvolvidos para enfrentar as idéias que começavam a surgir sobre os limites de crescimento econômico em oposição à preservação da natureza. Nestas reuniões, os diplomatas brasileiros argumentavam que a poluição gerada pelos países subdesenvolvidos era desprezível se comparada aos países desenvolvidos (Mendes, 1972 apud Almeida, 2002), portanto estes últimos deveriam ter maior ônus sobre ela.

A partir da Conferência de Estocolmo foi assinada a Declaração de Princípios que incorporava os argumentos do Brasil, entre eles os princípios de que para

combater a poluição em países em desenvolvimento, o melhor instrumento é o desenvolvimento econômico e social e de que o meio ambiente e o desenvolvimento se completam. Esses princípios contribuíram para uma imagem negativa para o Brasil, dando a idéia de que o país queria o desenvolvimento econômico a qualquer custo, mesmo que isso gerasse poluição.

Em resposta a esta situação, foi criada em 1973, em âmbito federal, a Secretaria Especial do Meio Ambiente que posteriormente deu início ao surgimento de órgãos ambientais estaduais. Com isso, começaram as atividades de fiscalização ambiental, porém limitadas pelo Decreto-Lei nº1413 (Brasil, 1975) que determinava que as indústrias cujas atividades fossem consideradas de interesse do desenvolvimento e da segurança nacional só poderiam ter seu funcionamento cassado pelo governo federal. Este era um exemplo de modelo de comando e controle que logo começou a se mostrar frágil à medida que se ampliava o conceito de meio ambiente. Na década de 1980, surgiram outros instrumentos de Gestão Ambiental como o Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e as audiências públicas (BRASIL, 1981).

Ainda na década de 1980, foi instituída a Política Nacional de Meio Ambiente através da Lei nº6938/81 (Brasil, 1981), introduzindo o conceito de recursos naturais ao âmbito jurídico como sendo “a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera”. Essa lei trouxe um enfoque mais abrangente para questão da preservação ambiental, gerando uma mudança conceitual que se destacou ao longo dos anos 1980 e 1990. Em breve, surgiria o conceito de Desenvolvimento Sustentável.

Em 1992 foi realizada a Cúpula da Terra, segunda conferência ambiental realizada pela ONU. Ela aconteceu no Rio de Janeiro e ficou conhecida como Eco'92 ou Rio'92, reunindo diversos chefes de estados. Na conferência foram discutidos planos de ações para preservar os recursos do planeta e maneiras de eliminar o abismo entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento. As nações desenvolvidas defendiam o direito a um ambiente saudável, enquanto que as em desenvolvimento destacavam a necessidade destas se desenvolverem. Como resultado da Eco'92, tem-se o documento da Agenda 21, com 2500 recomendações de estratégias de conservação do planeta e metas de exploração sustentável dos recursos naturais que não impeçam o desenvolvimento de nenhum país. A Agenda 21 estabeleceu a importância de cada país se comprometer, global

e localmente, na reflexão sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para um desenvolvimento sustentável.

Em 1997, diante da consciência do efeito estufa e do temor de sua consequência, o aquecimento global, foi assinado o Protocolo de Quioto (Brasil, 2011). O protocolo previa que os 35 países industrializados signatários reduzissem em 5% suas emissões de gases em relação ao nível de 1990.

Em 2007, o Painel de Mudanças Climáticas da ONU (IPCC), ganha o Nobel da Paz, devido aos seus estudos. O prêmio foi dividido com o americano Al Gore, pelo seu papel na divulgação da situação. A partir deste momento, a sustentabilidade entra em nova dimensão de percepção e aceitação pela sociedade (Motta e Aguilar, 2009), sendo o desenvolvimento sustentável entendido como o modo de desenvolvimento que tem como objetivo o alcance da sustentabilidade, tratando do processo de manutenção do equilíbrio entre a capacidade do ambiente e as demandas por igualdade, prosperidade e qualidade de vida da população humana (CIB, 2002 apud CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008).

O conceito de desenvolvimento sustentável é um termo de influência anglo-saxônica ("*Sustainable Development*"), utilizado pela *International Union for Conservation Nature* (IUCN). O termo anglo-saxão tem a tradução oficial francesa de "*Développement Durable*", em português Desenvolvimento Durável.

A definição mais utilizada foi descrita em 1987 pela Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Comissão Brundtland (Brundtland, 1991): "Desenvolvimento sustentável é o tipo de desenvolvimento que atende às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas próprias necessidades". Essa definição deixa clara a preocupação com os aspectos econômicos, porém, não dissociados da problemática social e da ambiental.

Portanto, a sustentabilidade é um objetivo que somente pode ser atingido por ações em múltiplas dimensões. Sachs (2002) apresenta diversos critérios para a sustentabilidade em oito áreas de atuação humana: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e internacional.

Em 2002, na Declaração da Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável durante a Conferência de Johannesburgo (UNDESA, 2004), foi definido o desenvolvimento sustentável com base em "três pilares interdependentes e

mutuamente sustentadores – desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental”. A figura 1 sintetiza essa afirmação mostrando a interligação entre as dimensões econômica, ambiental e social através da implantação de práticas que buscam a ecoeficiência, inserção social e justiça socioambiental, com o objetivo de atingir a sustentabilidade.



Figura 1 – As dimensões da sustentabilidade.
(Fonte: MOTTA e AGUILAR, 2009).

Desde então, esses 3 pilares tem se tornado a base para a busca pelo Desenvolvimento Sustentável. Segundo Sachs (2002), a *sustentabilidade social* pode ser entendida como a criação de um processo de desenvolvimento sustentado por uma civilização com maior equidade na distribuição de renda e de bens, de modo a reduzir o abismo entre os padrões de vida dos ricos e dos pobres; a *sustentabilidade econômica* deve ser alcançada através do gerenciamento e alocação mais eficientes dos recursos e de um fluxo constante de investimentos públicos e privados; enquanto a *sustentabilidade ecológica/ambiental* pode ser alcançada através do aumento da capacidade de utilização dos recursos, limitação do consumo de combustíveis fósseis e de outros recursos e produtos que são

facilmente esgotáveis, além da redução da geração de resíduos e de poluição, através da conservação de energia, de recursos e da reciclagem.

A partir da Conferência de Joanesburgo, foi reconhecida a complexidade de questões críticas como a pobreza, degradação ambiental, decadência urbana, crescimento populacional, conflito e violência aos direitos humanos (Santo, 2010). Foram estabelecidos acordos entre vários países os quais tratavam os seguintes aspectos:

- Garantir que o crescimento econômico não provoque poluição ambiental nos âmbitos regional e global;
- Aumentar a eficiência do uso de recursos;
- Analisar o ciclo de vida completo de um produto;
- Proporcionar aos consumidores maior informação sobre produtos e serviços;
- Utilizar os impostos e as leis para fomentar a inovação no campo das tecnologias limpas.

Almeida (2002) sintetiza a base do desenvolvimento sustentável como sendo “um sistema de mercados abertos e competitivos em que os preços refletem com transparência os custos, incluindo os ambientais”. O autor menciona ainda como benefícios: o estímulo às empresas para minimizarem a poluição, uma vez que são obrigados a pagar pelo seu controle e pelos danos que causam ao meio ambiente; e a promoção da criação de novas tecnologias para tornar a produção mais eficiente econômica e ambientalmente.

No que se refere à sustentabilidade ambiental, ainda na década de 1990, foi introduzido o termo Ecoeficiência pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2011), sendo endossado pela Conferência Rio-92, como uma forma das organizações implementarem a Agenda 21 no setor privado. Desde então, tem-se tornado sinônimo de uma filosofia de gerenciamento que leva à sustentabilidade.

De acordo com o WBCSD (2011), a Ecoeficiência é obtida pela “entrega de bens e serviços com preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, reduzindo progressivamente impactos ambientais dos bens e serviços, através de todo o ciclo de vida, em linha com a capacidade estimada da Terra em suportar”. Este conceito descreve uma visão para produção de bens e serviços que possuam valor econômico enquanto reduzem os impactos

ecológicos da produção. Sugere, ainda, uma significativa ligação entre eficiência dos recursos e responsabilidade ambiental.

As práticas de Ecoeficiência estão associadas à combinação de desempenho econômico e ambiental, reduzindo impactos ambientais, usando mais racionalmente matérias-primas e energia, reduzindo os riscos de acidentes e melhorando a relação da organização com as partes interessadas (*stakeholders*) (CEBDS, 2009).

A sustentabilidade ambiental reforça a questão de que as empresas busquem estratégias de gestão ambiental preventiva e que integrem aspectos ambientais ao ciclo de vida de seus produtos e serviços. O seu grande diferencial é ir além da simples redução da poluição e do uso de recursos, pois enfatiza a criação de valor e relaciona a excelência ambiental com a empresarial.

Segundo Leff (2001), a problemática ambiental abriu um processo de transformação do conhecimento, expondo a necessidade de gerar um método para pensar de forma integrada e multivalente os problemas globais e complexos, assim como a articulação de processos de diferente ordem de materialidade. Dessa forma, o mundo se vê frente à necessidade de desconstruir o modelo econômico da modernidade regido pelo desenvolvimento da razão tecnológica e construir futuros possíveis norteados pelas leis e limites da natureza.

2.2 Construções Sustentáveis ou *Green Buildings*

A construção civil convencionalmente se baseia em custo, qualidade e tempo de execução. Porém, o tamanho e a complexidade da cadeia produtiva, incluindo a quantidade de recursos que utiliza que estão cada vez mais escassos e a sua interferência no meio ambiente são evidências da necessidade de mudança de paradigma, passando a considerar os fatores ambientais como relevantes (BLUMENSCHIN, 2004 apud GEHLEN, 2008).

Segundo dados do UNEP (2007), o setor da construção civil consome aproximadamente 50% de todos os recursos naturais, responde por 30 a 40% do consumo de energia e cerca de 30% da emissão de gases de efeito estufa. Estima-se ainda que entre 26 e 50% da madeira extraída no mundo seja consumida como material de construção. Apesar da madeira ser um dos poucos recursos renováveis

consumidos na construção civil, a maior parte de sua extração é feita de maneira não-sustentável (JOHN, 2000).

Deste modo, para fazer cumprir os princípios definidos para o alcance do desenvolvimento sustentável, torna-se necessário reduzir os efeitos destes impactos no meio ambiente. Essa minimização pode ser alcançada desde a fase de planejamento da construção de um edifício, optando por uma construção eficiente, privilegiando soluções construtivas que promovam entre outros benefícios a conservação de energia, reduzindo o consumo.

Green building ou simplesmente construção sustentável, pode ser definido como a edificação ou espaço construído que teve na sua concepção, construção e operação o uso de conceitos e procedimentos reconhecidos de sustentabilidade ambiental, proporcionando benefícios econômicos, na saúde e bem estar das pessoas, destacando-se o aumento da eficiência no uso da energia elétrica, no consumo de água potável, geração de esgoto, otimização na aplicação e utilização de materiais, redução do impacto ambiental, redução das emissões de carbono e aumento das áreas verdes, além da melhoria na qualidade do ambiente interno, proporcionando redução dos problemas de saúde e assim maior produtividade (OLIVEIRA, 2009). O *Green building* busca a eficiência no ciclo de vida da edificação incluindo a localização, o design, a construção, a operação, a manutenção, a remoção de resíduos, a preservação da biodiversidade e a promoção de uma sociedade mais responsável (GBC BRASIL, 2010).

Alguns autores definem com outras palavras o conceito de construção sustentável. Segundo Charles Kibert (Pinheiro, 2006) é a "criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, levando em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente dos recursos". O autor estabeleceu ainda os seis princípios base da construção sustentável:

- Reduzir o consumo de recursos;
- Reutilizar os recursos sempre que possível;
- Reciclar materiais no fim do ciclo de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
- Proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as atividades;
- Eliminar os materiais tóxicos e subprodutos em todas as fases do ciclo de vida;
- Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

Estes seis princípios começaram a se tornar a essência da operacionalização da perspectiva da construção sustentável e da identificação das áreas de desenvolvimento tecnológico (SANTO, 2010).

Outro autor, Tom Woolley (Pinheiro, 2006), afirma que são identificáveis quatro princípios básicos sobre os quais assentam a construção ecológica. O primeiro diz respeito à redução do uso de energia não só nos edifícios, mas também durante o processo construtivo. O segundo refere-se à redução do impacto da poluição resultante da produção de materiais de construção. O terceiro consiste em reduzir o consumo de recursos, no que diz respeito aos impactos provocados no solo, uma vez que se retiram materiais de um lugar para colocá-los num edifício existente em outro lugar. E o último menciona que se deve levar em conta o bem-estar dos moradores no que diz respeito à sua saúde.

Segundo Pinheiro (2006), construção sustentável é “encontrar eficiência nos sistemas e nos materiais, que resultem em menores utilizações de energia e que também aumentem a vida dos edifícios para além dos tradicionais 50 anos de vida.” O autor refere ainda que “independentemente do seu papel, do desenho, do processo assim como do seu produto, as construções devem ser um reflexo dos processos naturais perspectivados numa lógica complementar, ao invés de destruir os sistemas naturais”.

Analisando com um foco mais amplo, pode-se entender a construção sustentável como uma forma da indústria da construção responder à obtenção do desenvolvimento sustentável nos vários aspectos: cultural, sócio-econômico, ambiental, técnico e legal (NOBILE, 2003).

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e outras instituições apresentam diversos princípios básicos da construção sustentável, dentre os quais se destacam (CORRÊA, 2009):

- Aproveitamento de condições naturais locais;
- Utilização do mínimo de terreno e integração ao ambiente natural;
- Implantação e análise do entorno;
- Não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- Qualidade ambiental interna e externa;

- Gestão sustentável da implantação da obra;
- Adaptação às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- Uso de matérias-primas que contribuam com a ecoeficiência do processo;
- Redução do consumo energético;
- Redução do consumo de água;
- Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- Introdução de inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- Educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

De acordo com o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB, 2000), o entendimento ou a interpretação da sustentabilidade na edificação e na construção civil sofreu mudanças ao longo dos anos. Na década de 60, principalmente na Europa, a ênfase era em como lidar com o problema da limitação de recursos, especialmente energia e em como reduzir o impacto na natureza. Nessa mesma época, a ênfase era colocada mais em problemas técnicos da construção tais como materiais, componentes da construção, tecnologias construtivas e em conceitos de projeto ligados à energia.

As primeiras abordagens ao tema da sustentabilidade na construção foram feitas na década de 60 com o surgimento do movimento do ambiente e nos anos 70, decorrendo da crise do Petróleo, recolocando assim a questão ambiental.

Na década de 90, ocorreu o desenvolvimento das metodologias para avaliação ambiental de edifícios em alguns locais do mundo, tais como na Europa, Estados Unidos e Canadá, que foi fundamentado sobre o conceito da análise do ciclo de vida, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais locais estabelecidos depois da Eco'92. Estes métodos tinham o objetivo de encorajar o mercado a aumentar os níveis de desempenho ambiental, através da intervenção dos materiais empregados na obra e na simplificação para orientar projetistas ou sustentar a atribuição de selos ambientais para edifícios. Estes pontos concentram-se unicamente na dimensão ambiental da sustentabilidade (Rodrigues et al., 2010). Em 1995, a decisão do CIB em transformar a Construção Sustentável no foco principal do período de três anos que levaria ao Congresso Mundial da

Construção de 1998 em Gävle, na Suécia, foi um marco para a entrada definitiva das questões ambientais no setor da construção.

A análise do ciclo de vida dos edifícios é essencial para avaliar o desempenho ambiental das edificações ao longo de toda a sua vida útil. Esta análise avalia os recursos ecológicos na fabricação de produtos, que posteriormente são avaliados e contrastados com base em critérios ambientais. Uma das vantagens decorre do fato de poder ser utilizada como guia para profissionais do setor e administradores durante toda a vida útil da edificação. Do mesmo modo, ajuda a identificar possíveis reduções de custos e a estabelecer padrões para futuras leis ambientais mais restritivas, evitando problemas de manutenção do edifício (Santo, 2010). Destaca-se que na etapa de construção é verificado um maior consumo de recursos, comparado às etapas de operação e demolição, gerando impactos ambientais de ordem global, com o aumento das emissões e dos resíduos e com isso mais recursos são gastos, por exemplo, com o transporte e a disposição final desses resíduos.

Algumas diretrizes para sustentabilidade na construção civil são mencionadas na Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB, 2000). Essas diretrizes abordam desempenho dos edifícios e dos produtos de forma a levar em conta fatores básicos, como clima, cultura, tradições construtivas e fase do desenvolvimento industrial; redução do volume de material e energia na produção de componentes e sistemas; redução dos resíduos e melhoria dos processos de reciclagem; minimização da necessidade de consumo de energia elétrica nas edificações, bem como, da necessidade de transporte de insumos, resíduos e mão-de-obra, e uso de recursos minerais; e manutenção da função de apoio à vida do ambiente, requerendo o uso de materiais renováveis ou recicláveis; gestão dos resíduos sólidos e dos recursos hídricos; e escolha do local e uso do solo levando-se em conta aspectos técnicos (CIB, 1999).

A Agenda 21 tem como objetivos: identificar os desafios-chave em países em desenvolvimento; identificar as maiores barreiras; orientar investimentos internacionais em pesquisa e desenvolvimento em países em desenvolvimento; estimular discussão sobre construção sustentável nos países em desenvolvimento (JOHN et al., 2001).

2.3 Certificações para construções sustentáveis

A necessidade de otimização e gestão dos recursos naturais para diminuição dos impactos ao meio ambiente, principalmente na área da construção civil, criou conceitos e diretrizes que devem ser considerados em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento, que se iniciam na fase de planejamento e permeiam as demais fases subseqüentes: projeto, implementação/construção, operação/manutenção e comissionamento (RODRIGUES et al., 2010).

Para tanto se fez necessária a criação de sistemas de avaliação que apresentem parâmetros a serem seguidos e medidos, a fim de garantir menores impactos e melhores performances do sistema e do edifício. Os sistemas de avaliação de desempenho ambiental, conhecidos como certificações, foram criados neste sentido.

A maioria dos sistemas existentes funciona por adesão, com a intenção de que o próprio mercado impulse a elevação do padrão ambiental, seja por comprometimento ambiental ou por questão de competitividade e diferenciação mercadológica (Zimmermann et al., 2002 apud Piccoli et al., 2010). Por outro lado, segundo Silva (2007), em alguns países, a proposta de certificação “verde” das edificações deixou de ser meramente estratégia de mercado e passou a ser condição para a legalização do edifício. Por exemplo, desde 1992, a Dinamarca passou a exigir dos grandes edifícios comerciais o atendimento a um sistema de avaliação de energia. Em síntese, todos os sistemas de certificação são compostos de critérios de avaliação que consideram diferentes aspectos ambientais, organizados em categorias. A certificação é concedida de acordo com o desempenho do edifício diante desses critérios.

Com relação aos aspectos ambientais de sustentabilidade ligados à construção sustentável, podem ser apontados aqueles citados pelos principais sistemas de avaliação de sustentabilidade e certificação voluntária de edifícios (SILVA, 2007):

- Qualidade da implantação;
- Gestão do uso da água;
- Gestão do uso de energia;
- Gestão de materiais e (redução de) resíduos;

- Prevenção de poluição;
- Gestão ambiental (do processo);
- Gestão da qualidade do ambiente interno;
- Qualidade dos serviços;
- Desempenho econômico.

A aplicação de sistemas de certificação ambiental de edifícios se tornou uma prática em diversos países da Europa, assim como nos Estados Unidos, Canadá, Austrália e Japão. A primeira certificação de avaliação ambiental de edifícios surgiu no Reino Unido em 1990, chamada de *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM) e embasou vários sistemas orientados para o mercado como o LEED elaborado por membros do USGBC em 1999 e o *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (CASBEE) apresentado em 2002 pela Japan Sustainability Building Consortium (JSBC). Entre os métodos orientados à pesquisa metodológica estão o *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (BEPAC) de 1993 e seu sucessor, o *Green Building Challenge* (GBC) desenvolvido por um consórcio internacional iniciado pelo Canadá em 1996.

Existem outras certificações que abordam aspectos distintos e utilizam metodologias diferentes de avaliação. Uma delas é a iniciativa francesa “*Démarche Haute Qualité Environnementale*” (HQE). Essa certificação avalia além do desempenho potencial do empreendimento implantado, mas também as escolhas feitas nas fases de concepção, planejamento e implantação.

No Brasil, já existem alguns empreendimentos certificados e outros em processo de certificação. O primeiro sistema brasileiro de certificação ambiental de edifícios para o setor da construção civil foi criado em 2007. Trata-se do Referencial Técnico de Certificação Edifícios do setor de serviços ou simplesmente, sistema Alta Qualidade Ambiental (AQUA) da Fundação Vanzolini, baseado no sistema francês HQE (Aulicino, 2008). O *GBC Brasil* está adaptando o LEED para se ajustar a algumas particularidades da construção nacional (GBC Brasil, 2010). O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) também prepara um atestado de referência ambiental de empreendimentos, que irá considerar inclusive impacto sobre o trânsito e

acréscimo ou adoção de área verde (FRANK, 2008 apud CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008).

Outras iniciativas identificadas consistem na criação, em 2003, do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL), que promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, sendo que, com a criação do PROCEL Edifica, as ações foram ampliadas e organizadas com o objetivo de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e os impactos sobre o meio ambiente (Brasil, 2011a) e o Selo Azul da Caixa Econômica Federal.

O Selo Azul é um instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, que busca reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, objetivando incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno. O Selo se aplica a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais propostos à Caixa para financiamento ou nos programas de repasse e a adesão a este Selo é voluntária. Podem se candidatar as empresas construtoras, o Poder Público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais. O método utilizado pela Caixa para a concessão do Selo consiste em verificar, durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento, que estimula a adoção de práticas voltadas à sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais. É um sistema que certifica empreendimentos segundo 53 critérios, distribuídos em seis categorias: inserção urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, uso racional da água e práticas sociais (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2010).

No entanto, a aplicação dessas iniciativas ainda é incipiente e a adoção de sistemas estrangeiros tem se destacado no Brasil, principalmente o sistema norte-americano LEED. De acordo com Silva (2003), o LEED teve uma grande aceitação da indústria da construção civil por ter sido resultado de um consenso envolvendo os diferentes atores relacionados ao setor. Sua estrutura simples como ferramenta de projeto também pode ser atribuída à adesão de inúmeros projetistas aos princípios ambientais avaliados pelo sistema. De acordo com os dados disponibilizados pelo USGBC (2011), em 2006 havia cinco empreendimentos

certificados no Brasil e 123 empreendimentos registrados com intenção de certificação. Em 2010, esse número aumentou para 19 empreendimentos já certificados LEED e mais de 200 registrados em processo, por essa razão a certificação LEED foi selecionada para esse trabalho.

Neste capítulo serão descritos os sistemas mais utilizados internacionalmente, entre eles: LEED, BREEAM, BEPAC, CASBEE, NABERS, GBC, HQE. O LEED será descrito com mais detalhes por ser parte integrante do objeto de estudo deste trabalho.

2.3.1 LEED

Surgiu nos Estados Unidos em 1994 como um sistema de classificação e desempenho consensual e orientado para o mercado com o objetivo de acelerar o desenvolvimento e implementação de práticas de projeto e construção ambientalmente responsáveis. Foi desenvolvido pelo USGBC com o financiamento do *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Um dos principais incentivos à criação deste sistema foi o fato de se acreditar que enquanto os métodos tradicionais de regulamentação ajudaram a melhorar as condições de eficiência energética bem como o desempenho ambiental de edifícios, os programas voluntários permitiriam estimular o mercado para acelerar o alcance de metas estabelecidas ou até mesmo ultrapassá-las.

O LEED é atualmente considerado o sistema de certificação de sustentabilidade ambiental nas construções mais difundido internacionalmente, com empreendimentos certificados em diversos países além dos Estados Unidos, como por exemplo, Espanha, Itália, Canadá, México, Índia, China, Sri Lanka e Brasil. O LEED teve a sua primeira versão lançada em 1999, estando hoje em sua terceira revisão. O sistema LEED divide-se em várias categorias de acordo com o tipo:

- **LEED Novas Construções (NC)**

A certificação é obtida considerando o terreno e a edificação com um todo. Aplicável para novas construções ou grandes reformas;

- **LEED Edifícios Existentes: Operação e Manutenção (EB_OM)**

A certificação é obtida a certificação com base no desempenho de operação e na melhoria em edificações existentes;

- **LEED Estrutura e Fachada (CS)**

A certificação é obtida para o terreno e para as áreas comuns da edificação (parte estrutural). O empreendedor não tem responsabilidade sobre o projeto das áreas internas de cada unidade;

- **LEED Interiores de Edifícios Comerciais (CI)**

Nesta categoria é permitido que os ocupantes de determinado edifício possam requerer a avaliação e certificação do edifício com base no desempenho dos equipamentos e sistemas instalados em edifícios comerciais;

- **LEED Residencial (Homes)**

Estão inclusos residências unifamiliares e prédios multifamiliares;

- **LEED Desenvolvimento Urbanístico (ND)**

A certificação é obtida para a parte urbanística de um condomínio, de um bairro ou de uma quadra residencial ou comercial;

- **LEED Escolas (Schools)**

A certificação é obtida como forma de reconhecimento do caráter único da concepção e construção de escolas;

- **Lojas (piloto Retail);**

- **Ambientes de Saúde (piloto Healthcare).**

Semelhante ao BREEAM, este sistema funciona com a atribuição de créditos relacionando-os com créditos pré-definidos. A certificação LEED tem uma validade de 5 anos, sendo depois necessário solicitar uma nova avaliação desta vez centrada na operação e gestão do empreendimento.

O sistema LEED tem estrutura simples, o que promove uma facilidade de incorporação à prática profissional. A sua estrutura é baseada em especificações de desempenho em vez de critérios prescritivos, tendo como referência princípios ambientais e de uso de energia consolidados em normas e recomendações como *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE)*, *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, *U.S. Environmental Protection Agency (EPA)* e *U.S. Department of Energy (DOE)*.

O LEED é um sistema de certificação que possui parâmetros de sustentabilidade que permitem uma avaliação dos ambientes construídos, analisando o projeto e a construção. Esta avaliação é determinada através do atendimento a pré-requisitos, que são itens obrigatórios, e de um sistema de pontuação, que avalia o quanto uma edificação ou construção é sustentável. Os pré-requisitos se dividem em sete áreas:

- Espaço Sustentável (*Sustainable Sites - SS*);
- Eficiência no uso da água (*Water Efficiency - WE*);
- Energia e Atmosfera (*Energy & Atmosphere - EA*);
- Materiais e Recursos (*Materials & Resources - MR*);
- Qualidade ambiental interna (*Indoor Environmental Quality - EQ*);
- Inovação e Processos (*Innovation & Design Process - IN*);
- Prioridade Regional.

A versão 3.0 do sistema LEED atualizada em 2009 estabeleceu a área Prioridade Regional. A versão anterior incluía apenas as seis primeiras áreas supracitadas. Cada uma destas sete áreas de avaliação integra um conjunto de 100 pontos. Para que a certificação seja obtida é necessária uma pontuação mínima de 40 pontos, sendo que quanto maior a pontuação maior é o “nível de sustentabilidade” do ambiente construído. A classificação varia de acordo o número de pontos: verde (40 a 49), prata (50 a 59), ouro (60 a 79) e platina (80 ou mais) (USGBC, 2011).

Para obtenção da certificação, o empreendimento necessita implantar pré-requisitos que são itens obrigatórios e alguns créditos, de acordo com a sua aplicabilidade. No entanto, quanto mais créditos forem implementados, maior será a pontuação, o que pode aumentar a classificação de verde até platina.

Na tabela 1 podem ser visualizadas as sete áreas e seus principais pré-requisitos e créditos relacionados. Destaca-se a área *Materiais e Recursos*, que incentiva o estabelecimento de sistemas de reciclagem e critérios para gerir e reduzir a quantidade de resíduos, tanto para as fases de construção como de operação do edifício. Promove ainda, a escolha de materiais reciclados, com conteúdo reciclável e materiais locais.

Tabela 1 – Sistema de Avaliação LEED NC e CS versão 3.0.

Categoria	Créditos / Pré-Requisitos
Espaços Sustentáveis	Escolha do local Densidade urbana e interação com a comunidade Remediação de áreas contaminadas Acesso a transporte público Bicicletário e vestiários Incentivo ao uso de veículos com baixa emissão de CO ₂ Capacidade de estacionamento Proteção / recuperação do local Redução da área construída Controle da qualidade Redução do efeito Ilha – área coberta Redução do efeito Ilha – área aberta Redução da poluição luminosa
Eficiência da água	Redução do uso da água potável - 20 ou 30% Tecnologias de reuso Irrigação eficiente - redução de 50 ou 100%
Energia e Ambiente	Otimização do desempenho energético Energia renovável - 2,5, 7,5 ou 12,5% Melhoria dos sistemas de refrigeração Energia “verde”
Materiais e Recursos	Reutilização do edifício Gestão dos resíduos de construção – desvio do aterro de 50 ou 75% Reutilização de materiais - 50, 75 ou 100% Conteúdo Reciclado - 10 ou 20% Materiais regionais - 10 ou 20% Materiais renováveis Madeira certificada
Qualidade Ambiental Interna	Desempenho mínimo da qualidade do ar interno Controle do ambiente – área de fumantes Monitoramento do ar externo Aumento da ventilação Plano da qualidade do ar interior da construção (durante e antes da ocupação) Materiais de baixa emissão de COVs Controle de poluentes e produtos químicos Controle de sistemas – iluminação e conforto térmico Conforto térmico – projeto e ventilação Luminosidade – 75 ou 90% dos espaços
Inovação & Design	Inovação do projeto Acreditação Profissional
Prioridade Regional	Prioridade Regional

Um ponto a ser destacado no sistema LEED é a sua estrutura simples, compreensível e facilmente ajustável. Porém, não existem diferentes ponderações ou pesos atribuídos às categorias e critérios de avaliação. Cada uma das categorias

de avaliação representa o mesmo peso na avaliação, embora algumas das categorias possam dispor de mais indicadores pontuáveis, o que representa maior contribuição para a obtenção da classificação final.

Entre as práticas implementadas nas obras estudadas que buscam a certificação LEED, destacam-se: cobertura de areia e brita com lona; proteção de taludes; umectação de pista; utilização de sistema lava-rodas; limpeza constante das vias; proteção de bueiros; instalação de fumódromo; método de varrição diferenciado; proteção de dutos de ar condicionado; utilização de produtos com baixa emissão de COV; desvio de resíduos de aterro; ganho com venda de resíduos; maior reaproveitamento de materiais; redução de uso da água; prevenção da contaminação do solo; preferência por materiais oriundos de locais próximos à obra (regionalidade); uso de materiais com conteúdo reciclado; uso de madeira certificada (de reflorestamento); armazenamento adequado de materiais (identificados e controlados).

Para se alcançar a certificação LEED é necessária uma análise prévia, no início do empreendimento, de todos os parâmetros exigidos pelo sistema de avaliação, estabelecendo metas a serem atendidas pela equipe multidisciplinar de projeto e construção, observando o atendimento de cada crédito e aos pré-requisitos.

Para a obtenção da pontuação pleiteada é necessária a apresentação de documentos comprobatórios. Sendo assim, se faz necessário um rigoroso controle documental de todas as ações implementadas durante todas as fases do empreendimento. Esse processo ocorre da seguinte maneira:

1. Registro do projeto;
2. Coleta de informações pela equipe de projetos/consultores;
3. Cálculos e preparação de memoriais e plantas;
4. Envio da primeira fase (projetos) ao USGBC;
5. Coleta e preparação de documentos da 2ª fase;
6. Envio da 2ª fase (Construção Final) ao USGBC;
7. Treinamento para ocupação;
8. Pré-operação e pós-entrega;
9. Análise para certificação.

Os custos do processo de certificação LEED no Brasil, ainda são definidos tendo por base os custos nos Estados Unidos. Os custos estimados para obtenção da certificação LEED nos Estados Unidos, segundo o GBC BRASIL (2009) apud OLIVEIRA (2009) são:

- Registro do projeto junto ao USGBC: U\$ 600,00;
- Análise de projeto: entre U\$ 1.500,00 e U\$ 50.000,00 de acordo com a área construída;
- Certificação da obra: entre U\$ 750,00 e U\$ 7.500,00 de acordo com a área construída;
- Consultoria (não obrigatória): aprox. 1% do custo.

O aumento estimado no custo de construção certificada com o LEED depende da quantidade de itens que o construtor vai incluir no edifício. Estima-se que se forem utilizadas todas as tecnologias disponíveis hoje no Brasil, esse valor pode chegar a 7%, sendo o maior custo gerado na etapa de construção e o maior custo-benefício fica para o usuário do edifício. Em termos de valorização do imóvel, um edifício sustentável pode agregar em torno de 20% ao seu preço de venda. Os edifícios certificados atualmente são os edifícios residenciais de classe média e classe média alta, com valor mínimo de R\$ 2,5 mil por metro quadrado e escritórios, principalmente de alto padrão, em que o imóvel é alugado por valores em torno de R\$ 40,00 e R\$80,00 por metro quadrado (CARVALHO, 2007).

2.3.2 BREEAM

O sistema BREEAM foi elaborado no Reino Unido em 1990 por pesquisadores do *Building Research Establishment* (BRE) bem como do setor privado em parceria com a indústria, visando a medição e especificação do desempenho ambiental de edifícios. O BREEAM fornece um processo formal de avaliação baseado numa auditoria externa. O processo decorre da avaliação do edifício de forma independente por avaliadores formados e indicados pelo BRE, que, por sua vez, são responsáveis por especificar os critérios e métodos de avaliação e pela garantia da qualidade de todo o processo.

Esse sistema surgiu com o objetivo de fornecer orientação sobre formas de minimizar os efeitos adversos dos edifícios nos ambientes local e global e, ao mesmo tempo, promover um ambiente interior saudável e confortável. Relativamente ao método de avaliação, obtém-se um determinado número de créditos que são ponderados para obtenção de um índice de desempenho ambiental *Environmental Performance Index* (EPI), que habilita a certificação numa das classes de desempenho, permitindo a comparação relativa entre os edifícios certificados. O sistema é atualizado a cada 3 a 5 anos para beneficiar de avanços na pesquisa, de modo a introduzir alterações de regulamentações e do mercado e para garantir que continue a representar práticas de excelência no momento da avaliação.

O sistema BREEAM é considerado a metodologia de maior aceitação internacional o que se comprova com o fato de algumas versões terem sido adaptadas às condições de vários países tais como, Canadá e Hong Kong, com o objetivo de priorizar os aspectos de relevância regional na avaliação (SANTO, 2010).

Existem várias versões do BREEAM, cada uma desenvolvida especificamente de modo a adaptar-se a um tipo particular de edifícios, são elas:

- *For offices*: para novos edifícios de escritórios existentes e em uso;
- *EcoHomes*: para residenciais edifícios novos ou alterados;
- *Superstores*: apenas para novos edifícios de comércio;
- *Industrial Units*: apenas para novos edifícios industriais;
- *Bespoke BREEAM*: adequado para os restantes edifícios que não se incluem em nenhum dos sistemas citados anteriormente.

A avaliação do BREEAM decorre de formas distintas em função do tipo de edifício em causa, divididas em dez categorias: gestão; saúde e conforto; uso de energia; transporte; uso de água; uso de materiais; gestão de resíduos (desperdícios); ocupação do solo e ecologia local; inovação; e poluição, conforme pode ser visualizado na tabela 2.

Para edifícios novos, ou submetidos a alterações, são analisados os parâmetros de desempenho ambiental e também são consideradas questões referentes às fases de projeto e execução. No caso de edifícios existentes e em

uso, são considerados os critérios básicos de desempenho, bem como os itens referentes à Operação e Gestão do edifício.

Tabela 2 – Sistema de Avaliação BREEAM versão 2008.

Categoria	Área
Gestão	Aspectos globais de política Procedimentos ambientais
Saúde e Conforto	Ambiente interior Ambiente exterior
Uso de energia	Energia utilizada Emissões de CO ₂
Uso de água	Consumo Descargas
Transporte	Localização do edifício Emissão de gases relacionados com o transporte
Gestão de Resíduos (desperdícios)	Resíduos da construção e reciclagem
Uso de materiais	Implicações ambientais
Ocupação do solo e Ecologia local	Estruturação Desenvolvimento Urbano Valor ecológico local
Poluição	Poluição da água Poluição do ar
Inovação	Uso controlado de recursos

2.3.3 BEPAC

O sistema BEPAC foi criado no Canadá para avaliação do desempenho ambiental de edifícios. Foi elaborada uma primeira versão do sistema em 1993 para edifícios na província de British Columbia. Uma das particularidades deste sistema foi a necessidade de posteriormente terem sido criadas versões regionais direcionadas para as províncias de Ontário e The Matitimes, por se considerar variações nas matrizes energéticas e nas prioridades ambientais (COLE, 1993 apud SANTO, 2010).

Este sistema é focado em um método padronizado e abrangente, desenvolvido exclusivamente para a avaliação do desempenho ambiental de edifícios comerciais novos ou existentes. Tem como objetivo incentivar o mercado a valorizar práticas com maior responsabilidade ambiental e padrões mais elevados de desempenho ambiental. Os edifícios podem ser certificados de acordo com a

qualidade ambiental do seu projeto e gestão. Foi desenvolvido seguindo algumas diretrizes do sistema BREEAM, sendo as semelhanças mais notórias:

- O BEPAC ser um programa de adoção voluntária;
- O desempenho do edifício é obtido pelo conjunto de desempenho potencial e práticas de gestão da operação;
- A base de avaliação, tanto para edifícios novos ou existentes, é o desempenho esperado na conjugação de práticas de excelência em função de normas que orientem o projeto e operação dos edifícios;
- Os itens avaliados são agrupados conforme a escala de impacto.

Toda esta avaliação é feita por avaliadores formados pelo BEPAC, ou que demonstrem elevado conhecimento reconhecido em todos os campos avaliados. Apesar do sistema BEPAC ter sido desenvolvido seguindo algumas bases do sistema BREEAM, optou por realizar menos avaliações, contudo mais detalhadas e abrangentes que o BREEAM. Aliado a este aumento de exigência nas suas avaliações, surgiram aumentos de custo e complexidade na aplicação do sistema, contudo o objetivo era produzir um sistema de certificação ambiental com maior flexibilidade de aplicação e delinear uma metodologia que pudesse orientar o desenvolvimento de novos sistemas de avaliação.

A avaliação do desempenho ambiental do edifício pelo BEPAC resulta da interação do edifício e dos seus sistemas principais – edifício base, bem como a sua utilização, gestão e operação. A sua metodologia distingue então critérios de projeto e de gestão separadamente para o edifício base e para a tipologia de ocupação. Cada módulo é avaliado em seis categorias de impacto que cobrem um conjunto abrangente de aspectos ambientais que percorrem a escala global, local e interna. São elas: proteção da camada de ozônio; uso de energia; qualidade do ambiente interior; conservação de recursos; contexto de implementação; e transporte. Em cada categoria, os critérios de avaliação são divididos em Essenciais, Importantes ou Suplementares, podendo receber uma pontuação de 1 a 10 pontos.

2.3.4 CASBEE

Este sistema de certificação foi apresentado pelo JSBC em 2002 durante a conferência internacional “*Sustainable Buildings*”. Este método não utiliza apenas uma ferramenta de avaliação, mas sim quatro. Cada uma delas vocacionada para utilizadores bem definidos que possam avaliar o projeto ou o edifício existente nas diferentes etapas do seu ciclo de vida.

Este conjunto de ferramentas tem como objetivo a avaliação de edifícios de escritórios escolares e residenciais. Deste modo, as quatro ferramentas que compõem este sistema são divididas em duas categorias. A primeira diz respeito a edifícios novos e é composta por:

- Ferramenta para a fase pré-projeto, destinando-se a proprietários e projetistas e tem como objetivo a identificação do contexto base do projeto, com incidência na seleção da área e dos impactos por este provocado;
- Ferramenta de Projeto para o ambiente (*Design for environment – DFE*), destina-se a projetistas e construtores e pretende fazer uma auto-avaliação para auxiliar e melhorar a eficiência ambiental do edifício durante a fase de projeto.

A segunda categoria diz respeito ao edifício existente e tem como ferramentas:

- Certificação ambiental que se destina a proprietários, projetistas, construtores e agentes imobiliários, tendo como intuito classificar edifícios existentes, segundo a sua eficiência ambiental e determinar o valor base de mercado do edifício certificado e;
- Avaliação pós-projeto, destina-se a proprietários, projetistas, operadores/gestores e tem como objetivo recolher informações sobre como melhorar a eficiência ambiental do edifício durante a etapa de operação.

A estrutura de avaliação e apresentação dos resultados deste sistema deriva da GBTool, que são exemplos do cumprimento do GBC, na medida em que fornecem uma base sólida para orientar o desenvolvimento de métodos de avaliação ambiental locais.

A avaliação é feita segundo a atribuição de no máximo 5 pontos, de acordo com critérios de pontuação determinados através de padrões técnicos e sociais. O CASBEE classifica o desempenho do edifício em cinco níveis: S, A, B+, B e C, onde

S (superior) é a melhor classificação possível. A tabela 3 apresenta as categorias e suas respectivas áreas a serem pontuadas para obtenção da certificação.

Tabela 3 – Sistema de Avaliação CASBEE.

Categoria	Área
Ambiente anterior	Ruído e Acústica Conforto térmico Iluminação Qualidade do ar
Qualidade dos Serviços	Funcionalidade Durabilidade Flexibilidade
Ambiente externo dentro da área do edifício	Manutenção e criação de Ecossistemas Características locais e culturais
Ambiente externo fora da área do edifício	Poluição do ar Ruído e odores Ventilação Iluminação Efeito de pontos de calor Carga na infraestrutura local
Energia	Carga térmica do edifício Uso de energia natural Eficiência dos sistemas prediais Operação eficiente
Recursos e Materiais	Água Materiais Ecológicos

2.3.5 NABERS

Este sistema de certificação australiano deriva dos métodos de avaliação BREEAM e LEED, bem como da experiência australiana em sistemas energéticos e ambientais. Este sistema inclui atualmente a avaliação para edifícios de escritórios e residenciais.

Segundo Raia (2003) apud Silva (2003), o NABERS pode ser definido como um sistema de avaliação baseado no desempenho ambiental dos edifícios existentes durante a operação. O sistema de avaliação está dividido em duas partes: uma referente ao desempenho do próprio edifício e outra de acordo com o comportamento do usuário e os seus níveis de satisfação para com o edifício. Deste modo, podem ser identificados aspectos relevantes referentes ao edifício tais como: design, localização, operação e manutenção.

A tabela 4 apresenta os aspectos a serem avaliados para obtenção da certificação NABERS. Esses aspectos incidem nos impactos provenientes da utilização normal do edifício e a avaliação depende do tipo de edifício em questão.

Tabela 4 – Sistema de avaliação NABERS.

Aspectos avaliados

Uso de energia
 Emissão de gases de efeito estufa
 Uso de aparelhos refrigerantes – ar condicionado
 Uso de água
 Área permeável
 Controle de poluição das águas pluviais
 Volume de esgoto expelido
 Diversidade do paisagismo
 Transporte
 Utilização de materiais tóxicos
 Qualidade do ar interno
 Satisfação dos ocupantes
 Resíduos
 Materiais tóxicos e desperdícios

2.3.6 GBC

O GBC foi criado com o objetivo de desenvolver um novo método de avaliação do desempenho ambiental de edifícios. A base deste protocolo é comum, porém tem a capacidade de respeitar diversidades técnicas e regionais.

O GBC é caracterizado por ciclos sucessivos de pesquisa e difusão de resultados. A sua primeira fase de desenvolvimento foi financiada pelo governo do Canadá envolvendo 15 países e culminou numa conferência internacional em Vancouver, Canadá em 1998. A segunda fase deste projeto teve a participação de 19 países e foi um dos principais temas da conferência *Sustainable Buildings 2000*. Após a conclusão desta fase, o governo do Canadá deixou de ser responsável pelo projeto, tendo este sido absorvido pela *International Initiative for Sustainable Built Environmental (IISBE)*. A evolução do método deu origem a uma terceira fase que envolveu pesquisas conduzidas em 24 países, cujos resultados foram divulgados numa conferência internacional realizada em Oslo, Noruega, em 2002. A quarta fase iniciou-se em 2003 e foi apresentada em Tóquio, em 2005 (SANTO, 2010).

Este sistema tem como objetivo estabelecer uma base metodológica e científica dentro do atual conhecimento e pretende distinguir-se como uma geração de sistemas de avaliação desenvolvidos para refletir as diferentes prioridades, tecnologias, tradições construtivas e valores culturais de diferentes países ou de diferentes regiões do mesmo país.

Na versão GBTool 2k (2000) eram utilizados quatro indicadores de sustentabilidade ambiental, sendo eles: consumo anual de energia; consumo anual de água; ocupação do solo; e emissão anual de gases de efeito de estufa. Já na sua versão de 2002 foram apresentados 12 indicadores:

- 1) Consumo total de energia primária incorporada;
- 2) Consumo anual de energia primária incorporada;
- 3) Consumo anual de energia primária para operação do edifício;
- 4) Consumo anual de energia primária não renovável para operação do edifício;
- 5) Consumo anual de energia primária incorporada e para operação do edifício;
- 6) Área de solo consumida pela construção do edifício e serviços relacionados;
- 7) Consumo anual de água potável para operação do edifício;
- 8) Uso anual de águas cinzentas e águas pluviais para operação do edifício;
- 9) Emissão anual de gases de efeito de estufa devido à operação do edifício;
- 10) Emissão prevista de clorofluorcarbono (CFC);
- 11) Massa total de materiais reutilizados no projeto, vindos do próprio terreno ou de fontes externas;
- 12) Massa total de novos materiais (não reutilizados) empregados no projeto, vindos de fontes externas.

Neste sistema de avaliação de desempenho ambiental, oito categorias são avaliadas na GBTool, conforme apresentado na tabela 5: recursos; cargas ambientais; qualidade do ambiente anterior; qualidade dos serviços; aspectos econômicos; gestão pré-ocupação; ocupação do solo; e transporte.

A pontuação é obtida segundo uma escala de desempenho. Este sistema tanto avalia critérios qualitativos como quantitativos, introduzindo também valores negativos de desempenho, presentes em outros sistemas de certificação tais como no CASBEE.

Tabela 5 – Sistema de Avaliação GBC.

Categoria	Área
Recursos	Energia
	Água
	Solo
	Materiais
Cargas ambientais	Emissões
	Efluentes
	Resíduos sólidos
Qualidade do ambiente interior	Qualidade do ar
	Ventilação
	Conforto
	Poluição eletromagnética
Qualidade dos serviços	Flexibilidade
	Controle do ocupante
	Espaços externos
Gestão pré-ocupação	Impacto na comunidade
	Planejamento da construção
Aspectos Econômicos	Planejamento da operação
	Aspectos Econômicos
Ocupação do Solo	Estruturação
	Desenvolvimento urbano
Transporte	Transporte

2.3.7 HQE

Sistema de avaliação francês que relaciona dois sistemas no que diz respeito ao desempenho ambiental de edifícios. A sua estrutura é subdividida em gestão do empreendimento – *Système de Management de l'Opération* (SMO) e qualidade ambiental – *Qualité Environnementale du Bâtiment* (QEB), que avaliam as fases de projeto, execução e uso, cada qual com uma certificação independente.

Este método não possui escala de pontuação, a sua avaliação é baseada num perfil ambiental determinado pelo empreendedor. Este perfil é composto por quatro grupos de avaliação, que no total representam 14 áreas como apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – Sistema de Avaliação HQE.

Categoria	Área
Eco-construção	Relação do edifício com a sua vizinhança Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos Obras com baixo impacto ambiental
Gestão	Gestão de energia Gestão de água Gestão de resíduos de uso e operação do edifício Manutenção – permanência do desempenho ambiental
Conforto	Térmico Acústico Visual Olfativo
Saúde	Qualidade sanitária dos ambientes Qualidade sanitária do ar Qualidade sanitária da água

Na pontuação deste sistema estão definidos três níveis de desempenho. O nível máximo, *très Performant*, que representa os melhores níveis de desempenho que podem ser obtidos; o médio, *Performant* e o mínimo, *Base*, que corresponde às boas práticas correntes. Para se obter a certificação HQE é necessário que sejam obtidos pelo menos quatro itens com classificação de nível médio e pelo menos três itens de nível máximo. O restante dos itens pode enquadrar-se no nível base.

2.3.8 Comparação entre os sistemas de certificação

Atualmente existem vários sistemas de certificação que abrangem diversos parâmetros de avaliação, no entanto nem todos os sistemas de certificação existentes contemplam todas as áreas de aplicação, embora algumas sejam comuns à generalidade dos sistemas tendo como objetivo atingir as metas ambientais propostas.

Em relação aos critérios de avaliação destes sistemas, um dos desenvolvimentos que deve ser destacado é o critério da importância regional para avaliação dos edifícios, garantindo que num país onde diferentes regiões remetem para realidades distintas, tanto ao nível do clima, como da ocupação do solo, como

das condições sociais, sejam garantidas as corretas necessidades locais e estabelecidos critérios de avaliação distintos.

Todos os sistemas apresentam parâmetros para avaliar o ambiente interior; no entanto, o sistema de certificação mais completo, aquele que apresenta mais parâmetros analisados, é o sistema GBC (GBTool). Por outro lado, o sistema que apresenta menos parâmetros analisados é o NABERS. O parâmetro relacionado com o conforto térmico está presente em todos os sistemas, assumindo-se como um dos principais fatores para alcançar a qualidade e conforto no interior da habitação. A maioria dos sistemas contempla ainda os parâmetros de conforto acústico, iluminação e qualidade do ar interior

No que se refere aos aspectos socioeconômicos e políticos, o BEPAC, CASBEE, HQE e o NABERS não apresentam nenhum parâmetro avaliado. Os sistemas LEED, GBC (GBTool) e BREEAM levam em consideração os aspectos socioeconômicos, no entanto apenas esse último considera também os aspectos políticos, que podem ser considerados como relativamente importantes para a participação do estado na consciencialização da sociedade para os aspectos ambientais, mas também para aumentar a exigência e a qualidade no setor da construção.

A área das cargas ambientais e dos impactos no ambiente externo é uma das áreas que possui mais parâmetros avaliados, podendo ser atribuído ao fato de existir uma grande preocupação com a preservação do meio ambiente, com o impacto na comunidade e com as emissões atmosféricas. Foi verificado que o sistema GBC (GBTool) é o que avalia mais parâmetros nesta área, seguido do LIDERA, do LEED e do NABERS. As emissões atmosféricas estão presentes na maioria dos sistemas; apenas o CASBEE não possui este parâmetro de avaliação. Esta área avalia as emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa. Parâmetros como poluição (ar, água, eletromagnética, luminosa e térmica), efluentes, resíduos de construção e do uso do edifício estão também presentes na maioria dos sistemas de avaliação.

Em termos de integração com o meio, os sistemas LEED e BREEAM são os que avaliam mais parâmetros, sendo considerados os mais completos. O contexto de implantação, ecologia local, ocupação do solo, transporte, paisagem e património estão presentes na maioria dos sistemas. Nos dias de hoje, o incentivo ao uso de transportes públicos é cada vez maior, contribuindo para minimizar as emissões

atmosféricas. A conservação do patrimônio e das paisagens também são aspectos que atualmente têm grande relevância quando se pretende construir.

Em relação à área de inovação apenas os sistemas LEED e BREEAM estabelecem avaliações ao nível deste campo, apresentando avaliações relativas à inovação e ao processo de design.

Na área da gestão ambiental podem considerados os parâmetros de acreditação profissional, controle dos resíduos de construção, conteúdos recicláveis, manutenção (permanência do desempenho ambiental), medição e monitoramento, procedimentos ambientais, reforço de sistemas de climatização e reutilização de materiais. O sistema LEED é o único que apresenta desenvolvimento nesta área, contemplando a maioria dos parâmetros supracitados, exceto a manutenção e os procedimentos ambientais. Os demais sistemas contemplam apenas um ou dois desses parâmetros, estando os resíduos presentes na maioria deles.

A área do planejamento apresenta parâmetros de avaliação nos sistemas ASBEE, GBC, HQE, LEED e o NABERS; por outro lado os sistemas BEPAC e, BREEAM não atribuem nenhum parâmetro de avaliação. Nesta área, os parâmetros que estão mais presentes nos sistemas de certificação são o controle de qualidade, a flexibilidade e o planejamento da construção e da operação do edifício.

A área de materiais e recursos está presente em todos os sistemas de certificação. Contudo, o sistema que avalia mais parâmetros nesta área é o sistema LEED. Essa área pode ser considerada com uma das mais importantes, uma vez que é grande a preocupação atual da sociedade com a escassez dos recursos naturais por afetar a sua sobrevivência. Destacam-se os parâmetros de conservação da água e de energia, aproveitamento de águas residuais e pluviais, eficiência do uso da água, energia renovável, materiais ecológicos e prioridade regional.

Em síntese, pode concluir-se que a componente ambiental, tem hoje em dia uma expressão mais significativa quando comparada com a componente social, política e de gestão nos sistemas de certificação estudados.

2.4 Resíduos de Construção Civil

Diversos estudos utilizam a sigla RCD (resíduos da construção e demolição) para designar os resíduos oriundos de processos de construção, reformas, manutenção e demolição. Entretanto, os resíduos provenientes de obras de construções novas podem ser definidos como RCC (resíduos da construção civil), portanto, ambas as siglas serão utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

Os resíduos da construção civil são definidos pela Resolução nº307 do CONAMA (Brasil, 2002), como: “os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha”.

O IPT/CEMPRE (1998) caracteriza entulho como sendo o conjunto de fragmentos ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira, provenientes do desperdício na construção civil, de demolições ou reformas, geralmente inertes e com possibilidade de reaproveitamento.

Os resíduos de construção civil, segundo dados do UNEP (2007) constituem de 30 a 50% da geração de resíduos sólidos gerados no mundo. No entanto, os estudos realizados por SINDUSCON-SP (2005), Tozzi (2006), Filho et al., (2006), Gaede (2008) e Uwai (2009) referenciam o estudo de Pinto (1999) que aponta para uma geração variando entre 41 e 70%. Foi encontrada uma dificuldade em obter dados mais recentes a cerca da geração de resíduos de construção civil.

Quando se fala dos resíduos decorrentes das atividades da construção civil a realidade é alarmante, pois 75% dos resíduos gerados pela construção nos municípios provêm de obras informais (obras de construção, reformas e demolições, geralmente realizadas pelos próprios usuários dos imóveis), o que acarreta disposições irregulares por toda a cidade (Guerra, 2009). Além disso, no desenvolvimento de uma obra, vários detalhes contribuem para que, em média, 30% dos materiais perfeitamente utilizáveis sejam encaminhados à destinação final em aterros (PINTO, 1999).

Por todos estes motivos, a construção civil é um dos grandes vilões ao se falar em impactos ambientais, aparecendo como o principal gerador de resíduos de toda a sociedade (estimativas apontam para uma produção mundial entre 2 e 3 bilhões de toneladas/ano) (SJÖSTRÖM, 1992).

2.4.1 Legislação

No Brasil, as políticas públicas voltadas ao gerenciamento de RCC buscam impulsionar as empresas geradoras de resíduos a tomarem uma nova postura gerencial e implementar medidas que visem a redução da quantidade de resíduos produzidos.

2.4.1.1 Resolução CONAMA 307/02

A principal ação efetivada em termos legais visando à melhoria do gerenciamento de resíduos na construção civil foi a publicação da Resolução CONAMA nº307 (Brasil, 2002). Em vigor desde janeiro de 2003, a referida Resolução estabelece obrigações para os geradores e para os municípios.

Para o gerador, salienta que ele deve ter como objetivo prioritário a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final. Além disso, o gerador é responsável pela elaboração do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) para cada empreendimento. Isto envolve o estabelecimento de procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

Já para os municípios, determina que estes devem implementar a gestão dos resíduos da construção civil através da elaboração do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Assim, os gestores municipais e as empresas construtoras necessitam adaptar seus processos de modo a garantir a destinação ambientalmente correta dos resíduos de construção civil.

Segundo a Resolução CONAMA nº307 (Brasil, 2002), os resíduos da construção se classificam em quatro classes: Classe A - são os resíduos

reutilizáveis ou recicláveis como agregados; Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações; Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação; Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção.

Outras resoluções do CONAMA foram publicadas posteriormente como um aditivo da Resolução CONAMA nº307 (BRASIL, 2002). Em 2004, foi publicada a Resolução CONAMA nº348 (BRASIL, 2004), incluindo o amianto na Classe D. Essa mudança foi embasada na Resolução CONAMA nº235 (Brasil, 1998), que trata da classificação de resíduos para o gerenciamento de importações, e classifica o amianto em pó (asbesto) e outros desperdícios de amianto como resíduos perigosos Classe 1, de importação proibida (CONAMA, 2004).

Em 2011, foi publicada a Resolução CONAMA nº431 (Brasil, 2011) que altera o art. 3º da Resolução CONAMA nº307, classificando o gesso como reciclável, passando, portanto, da Classe C para B.

2.4.1.2 Lei Federal nº 12305/10

Em 2010, foi publicada a Lei Federal nº12305 (Brasil, 2010) que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Esta Lei estabeleceu um marco regulatório para a gestão dos resíduos sólidos.

Entre os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos destacam-se:

- o desenvolvimento sustentável;
- a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas (...);
- a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

- o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade.

A Lei dispõe ainda sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto à origem e à periculosidade. Os resíduos da construção civil são classificados como “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”.

2.4.1.3 Resolução SMAC nº 387/05

Após a publicação da Resolução CONAMA nº307 (Brasil , 2002) foram criadas leis municipais para tratar do assunto em algumas cidades no Brasil. No município do Rio de Janeiro onde se situam as quatro obras estudadas, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente instituiu a Resolução SMAC nº387, de 24 de maio de 2005 (RIO DE JANEIRO, 2005). Esta resolução disciplina a apresentação de PGRCC para edificações com área total construída igual ou superior a 10.000 m², empreendimentos ou obras que requeiram movimento de terra com volume superior a 5.000 m³ e demolições de edificações com área total construída igual ou superior a 10.000 m², ou volume superior a 5.000 m³.

2.4.1.4 Normas Técnicas sobre Resíduos da Construção e Demolição

Em 1987, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a primeira norma a definir uma classificação específica para os resíduos sólidos no Brasil, a NBR 10004 que foi revisada em 2004, alterando a classificação dos resíduos sólidos (ABNT, 2004).

A ABNT editou uma série de normas relativas aos resíduos da construção civil em 2004. O conteúdo referente a estas normas complementa o referenciado nas diretrizes propostas pela Resolução CONAMA nº 3 07 (Brasil, 2002). De maneira geral, estas normas tratam da disposição dos RCD em áreas de transbordo, aterros, áreas de reciclagem e o seu uso como agregados reciclados na construção civil. As normas referidas acima são:

- NBR 15.112/2004 – Resíduos da Construção Civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004a);
- NBR 15.113/2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para projetos, implantação e operação (ABNT, 2004b);
- NBR 15.114/2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004c);
- NBR 15.115/2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos (ABNT, 2004d); e
- NBR 15.116/2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos (ABNT, 2004e).

A criação e a implantação de programas que estimulem a qualificação das empresas brasileiras também buscam contribuir para a melhoria do setor da construção civil e para a diminuição dos impactos ambientais. Neste sentido, a Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República instituiu o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Este programa tem como objetivo promover a qualidade e a produtividade do setor da construção civil. Com a implementação deste programa, as construtoras têm a oportunidade de aumentarem a sua competitividade através da redução de desperdícios, melhorarem a formação de profissionais, materiais e utilizarem componentes de melhor qualidade, além de se adequarem às Normas Técnicas (BRASIL, 2011b).

2.4.2 Classificação

2.4.2.1 NBR 1004:2004

A NBR 10.004 foi revisada em 2004 (ABNT, 2004), alterando a classificação dos resíduos sólidos. Pela nova classificação, os resíduos são divididos em apenas duas classes: a) Classe I – perigosos e b) Classe II – não-perigosos, sendo a Classe II dividida em duas subclasses, II A – não-inertes e II B – inertes.

Segundo Costa (2003) apud Tozzi (2006), os resíduos da construção e demolição (RCD) pela classificação da NBR 10.004 eram enquadrados, em sua grande maioria, como inertes, o que os tornava inofensivos à sociedade, desviando a atenção em relação aos problemas que sua geração ocasionava. De acordo com Degani (2003), mesmo considerando a possibilidade dos RCD serem considerados inertes, somente entraria nesta classificação o entulho composto por argamassas, tijolos, cerâmica, concretos e solos de escavação. Diante dessa consideração verifica-se que a classificação dos RCD com base na Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), se mostra mais adequada para um melhor gerenciamento dos resíduos na construção civil.

2.4.2.2 Resolução CONAMA nº 307

Segundo as Resoluções CONAMA nº307 (Brasil, 2002), CONAMA nº348 (Brasil, 2004) e CONAMA nº431 (Brasil, 2011) os resíduos da construção se classificam em:

- **Classe A** - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;

- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- **Classe B** - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras, gesso e outros;
 - **Classe C** - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação;
 - **Classe D** - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados 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.

2.4.3 Composição dos resíduos

A separação do resíduo na fonte, em diferentes classes, é um processo dinâmico, pois dependendo da fase da construção, a geração de resíduo difere muito no que se refere às porcentagens de cada tipo de classe. Nos critérios utilizados pela Resolução CONAMA nº307 (Brasil, 2002), existe também a separação dos materiais com as mesmas composições, ou seja, materiais pertencentes aos mesmos grupos passíveis de reciclagem ou tratamentos para reutilizá-los, principalmente os pertencentes à Classe B, por exemplo, os plásticos, papéis, metais e madeiras que devem ser separados entre si, mesmo pertencendo à mesma classe.

Em síntese, a separação do resíduo pode ocorrer em dois momentos: durante a geração na fonte em cada área da obra ou em um local determinado dentro do canteiro da obra, antes do destino final. Para isso devem ser utilizadas estratégias para garantir essas separações, como a adoção de compartimentos de acondicionamentos, tais como caçambas estacionárias, baias e *big bags*. São também utilizadas Áreas de Transbordo e Triagem (ATT) como um meio de segregação, ou seja, as obras separam os materiais em classes disponibilizando-os

para posterior retirada da obra. O gerador deve controlar a qualidade da separação, já que caso haja muita contaminação entre as classes, a viabilidade do tratamento dos resíduos gerados diminui, podendo inclusive inviabilizá-lo.

A composição dos resíduos gerados na construção civil, de uma forma geral, varia conforme a etapa construtiva, com exceção dos resíduos pertencentes à Classe B que são gerados em todas as etapas da obra. Na tabela 7 podem ser verificados os tipos de possíveis resíduos gerados em uma obra de edificação por cada etapa.

Tabela 7 – Resíduos gerados em cada etapa de uma obra de edificação.

ETAPA DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS
Demolições	Areia, argamassa, azulejos, ferro, blocos, brita, cal, cerâmica, concreto, esmalte, esquadrias metálicas, gesso, janelas, ladrilhos, madeiras, pedras, perfis metálicos, pisos, portas, pré-moldados de concreto, tábuas, tacos, telhas.
Limpeza do Terreno	Solos, rochas, resíduos vegetais.
Montagem do Canteiro	Blocos, argamassa, concreto (areia e brita), madeira, pregos, telhas.
Fundações	Solo e material rochoso.
Drenagem de terrenos	Areia, brita, concreto, juntas de tubos cerâmicos e de concreto, madeira, rejeitos rochosos, solos.
Infraestrutura	Areia, argamassa, brita, cal, cimento, concreto, pedras, madeira, rocha, sobras de aço, solo, tijolos.
Superestrutura	Concreto (areia; brita), madeira, sucata de ferro, blocos, brita, cal, cimento, concreto, laminados, saibro, tijolos.
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto, argamassa.
Instalações Hidráulicas	Blocos, sucata de ferro, aparas de tubulações (PVC e fibrocimento), argamassa, tubulação de concreto, aparas de cobre e ferro, material de rejunte, vedação e tubulação.
Instalações Elétricas	Blocos cerâmicos, fios de cobre e cabos, argamassa, conduites mangueira.
Reboco Interno/Externo	Argamassa.
Revestimentos e Pisos	Pisos e azulejos cerâmicos, piso de madeira, argamassas ou colas, borrachas, cimento, fibrocimento, granitos, lascas de alumínio, de cerâmica, de mármore e de vidro, pastilhas, pedra, concreto, pedaços de vigas, restos de tacos.
Esquadrias de madeira	Aparas de madeira, argamassa, peças de fixação.
Esquadrias metálicas	Alumínio, aparas metálicas, argamassas, batentes de ferro, juntas, lascas de madeira, peças de fixação, pregos.
Ferro de Gesso	Placas de gesso acartonado.
Colocação de Vidros	Lascas de vidros, massas de fixação.
Pinturas	Tintas, vernizes, seladoras, texturas.

A construção civil, devido às práticas utilizadas, gera grandes volumes de resíduos, e isto pode ser observado desde a produção de insumos, que caracteriza a geração anterior a própria etapa construtiva.

Diante disso, a reciclagem dos resíduos de construção civil tem sido cada vez mais destacada por muitos autores como uma das soluções para o gerenciamento adequado desses resíduos. Segundo Freitas (2009), os principais resultados produzidos pela reciclagem dos resíduos de construção civil são:

- Benefícios ao meio ambiente e à qualidade de vida da população;
- Redução da utilização dos recursos naturais, que são finitos;
- Redução de áreas necessárias para aterro, pela minimização de volume de resíduos pela reciclagem;
- Redução do consumo de energia durante o processo de produção;
- Redução da poluição (por exemplo, para a indústria de cimento, que reduz a emissão de gás carbônico utilizando escória de alto forno em substituição ao cimento Portland);
- A produção de agregados com base no entulho pode gerar economia em relação ao preço do agregado convencional;
- O emprego de material reciclado em programas de habitação popular traz bons resultados em decorrência da diminuição de gastos com a realização da obra e;
- Possibilidade de geração de emprego e renda.

De acordo com Pinto (1999), no Brasil ocorre um predomínio dos resíduos provenientes das novas construções em relação aos resíduos gerados em demolições, em função do desenvolvimento recente das áreas urbanas. Nos países já desenvolvidos, onde as atividades de reforma de edificações, infraestrutura e espaços urbanos são mais intensas, os resíduos provenientes de demolições são muito mais frequentes (Tozzi, 2006). Nas obras de reformas, a quantidade de material desperdiçado pode ser atribuída à falta de cultura de reutilização e reciclagem de materiais do meio técnico do setor. Enquanto nas obras de demolições tal desperdício é inerente à atividade, entretanto, muitos dos materiais poderiam ser reaproveitados se houvesse um procedimento de separação de seus componentes no próprio canteiro de obras evitando, assim, questões ambientais

como as deposições irregulares de resíduos de construção e demolição e os impactos causados ao meio ambiente e à qualidade de vida da população (FREITAS, 2009).

John (2000) indica que é na etapa de construção que as perdas se tornam visíveis, pois nesta fase as decisões tomadas sobre o planejamento e projeto ganham dimensão física, apontando que a cadeia produtiva da construção civil gera a maior quantidade de resíduos nas seguintes fases: de produção de materiais e componentes, atividade de canteiro, manutenção, modernização e demolição. São nessas fases que a perda e desperdício de resíduos apresentam elevados volumes e, portanto, merecem maior atenção, pois, conseqüentemente, são nessas fases que as maiores quantidades de recursos naturais são consumidas.

Nesse sentido, pesquisas vem sendo realizadas com o objetivo de buscar meios para a redução de desperdícios e conseqüentemente de resíduos.

No trabalho realizado por Souza et al., (2004) é abordada a questão da redução da geração de resíduos em obras de construção de edifícios. Segundo os autores, em uma obra em que é implantado um sistema de gerenciamento de resíduos com base no PDCA (do inglês *Plan, Do, Check, Act*), tem-se a vantagem de ser possível prever o desempenho esperado e os fatores relevantes. Dessa forma, pode-se programar a atividade (*Plan*) para fins de redução das perdas e da geração de entulho, sendo a implementação das idéias (*Do*) previamente definidas e seguida do controle (*Check*) das perdas e resíduos através do método citado. Os resultados obtidos, confrontados com as expectativas iniciais, apoiam a tomada de decisões (*Action*), visando à realização de ações corretivas no processo ou mesmo rever expectativas iniciais relativas à consecução de certo desempenho. Como exemplo, uma obra de um empreendimento composto de sete torres, com uma área total construída de 38.163,53 m², onde houve uma redução de cerca de 10% das perdas na fase de alvenaria foi citada por esses autores.

Outro trabalho (Guerra, 2009) teve como foco a implantação de uma metodologia chamada Obra Limpa em canteiros de obras de edificações no Recife e em São Paulo, envolvendo a gestão de resíduos desde a etapa de geração até a sua destinação final. Os resultados dessa pesquisa mostraram que a Metodologia Obra Limpa é uma ferramenta eficaz na condução dos canteiros ao cumprimento da Resolução CONAMA nº307 (Brasil, 2002), pois leva as empresas a uma

conscientização e mobilização de esforços no sentido de se ter uma segregação dos resíduos, através de um sistema de gestão e rastreamento dos resíduos.

Além dos métodos mencionados acima, a implantação de um sistema de gestão da qualidade também pode ser considerado como uma ferramenta para redução dos desperdícios na construção civil. Destaca-se ainda a importância do projeto de arquitetura e da compatibilização com os projetos de instalações. Atualmente, apropria-se gradativamente das ferramentas relacionadas ao BIM (*Building Information Modeling*) que pode auxiliar bastante nos processos construtivos com a otimização de recursos.

Segundo Picchi (1993) a construção de edifícios apresenta problemas de qualidade, baixa produtividade e elevados índices de desperdícios, estimados em pelo menos 30%, em relação ao custo da obra. Para o autor o controle de indicadores de qualidade referentes à execução, tais como o consumo de materiais, produtividade, cumprimento do orçamento e prazos estabelecidos, é fundamental para a avaliação do processo e análise de medidas para a melhoria.

3 METODOLOGIA

Para verificar a contribuição da certificação LEED na redução da geração de resíduos de construção civil em obras de edificação, foram escolhidas quatro obras como estudos de caso. Duas obras estão em processo de obtenção da certificação LEED, enquanto que as outras duas utilizam as práticas usuais do setor da construção civil. A escolha dessas obras decorreu da facilidade de acesso aos dados e pelo seu porte, sendo todas de grande porte e realizadas pela mesma construtora. Devido a um acordo com as construtoras, a identidade das obras será preservada para evitar a exposição dos clientes. Portanto, as obras foram denominadas como A, B (nenhuma certificação), C e D (implantaram práticas para obtenção da certificação LEED).

Adicionalmente, buscando avaliar a percepção ambiental dos profissionais da construção civil, foi realizada uma pesquisa através de um questionário. As respostas foram comparadas com a realidade encontrada nas obras.

3.1 Estudos de caso

As quatro obras estudadas ficam no município do Rio de Janeiro e contam com um Setor de Meio Ambiente que implantou um sistema de gestão ambiental, incluindo um Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil, em conformidade com a Resolução SMAC nº387/05 (Rio de Janeiro, 2005). Ressalta-se que não é comum em obras de edificações residenciais e comerciais realizadas por construtoras atuantes no mercado do Rio de Janeiro a existência de um Setor de Meio Ambiente na obra.

Foram analisados os dados de geração de resíduos, tais como inventários de resíduos, manifestos de resíduos¹ enviados ao órgão ambiental, relatórios das obras (quando disponibilizados) e programas de gerenciamento de resíduos de cada obra.

¹ **Manifesto de resíduos** – Formulário estabelecido pelo INEA, utilizado como um instrumento de controle que permite conhecer e controlar a forma de destinação dada pelo gerador, transportador e receptor de resíduos. Estão sujeitas à vinculação ao Sistema todas as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, geradoras, transportadoras ou receptoras de resíduos (DZ-1310 R-7 Manifesto de Resíduos) (INEA, 2011).

Esses documentos não foram disponibilizados para publicação no trabalho, no entanto, anexo 1 é apresentado no um modelo de manifesto de resíduos.

A geração de resíduos nas obras foi estudada a partir da sua data de início até o fim do mês de junho de 2011, considerando o índice dado pela massa total gerada e a área total construída (kg/m^2). De acordo com Pinto (1999), para a tarefa de quantificar os RCD há, pelo menos, três formas que podem ser utilizadas: por área construída, pela movimentação de cargas e por monitoramento de descarga. No presente trabalho optou-se pela quantificação em função da área construída. Os dados brutos da geração de resíduos foram obtidos em volume (m^3) e estimados para massa (Kg), através do peso específico de cada tipo de resíduo que foi utilizado pela construtora em seus Inventários de Resíduos.

Embora o IPT/CEMPRE (1998), caracterize entulho como sendo o conjunto de fragmentos ou restos de tijolos, concreto, argamassa, aço, madeira, provenientes do desperdício na construção civil, de demolições ou reformas, geralmente inertes e com possibilidade de reaproveitamento, nesse estudo considerou-se como entulho a soma de resíduos de concreto, argamassa, fibrocimento, cerâmica e calça, uma vez que as obras estudadas quantificavam todos esses resíduos juntos.

As características das áreas de estudo (obras A, B, C e D) estão apresentadas neste Capítulo de modo a facilitar a comparação entre as mesmas.

3.1.1 Obra A

A obra A possui uma área total construída de 69.850 m^2 , compreendendo a construção de:

- 17 Blocos de 06 (seis) pavimentos com 04 (quatro) apartamentos por andar;
- 1 Prédio da administração;
- 1 Salão de festas,
- 1 Churrasqueira;
- Guaritas.

Cada apartamento tem aproximadamente 100 m^2 e possui 2 quartos, sendo 1 suíte, sala com sacada, cozinha, banheiro, área de serviço e dependências completas de empregada.

Conforme dados fornecidos na obra, o efetivo na fase de pico da obra foi de 1010 colaboradores. A obra foi iniciada em outubro de 2009 e finalizada em junho de 2011, totalizando 20 meses de atividades.

3.1.2 Obra B

A obra B compreende a readaptação de prédios existentes para novas funções e a construção de novos prédios para o poder público, sendo que a primeira fase da obra consistiu na demolição de uma parte da fábrica existente anteriormente no terreno. A obra possui uma área total de 41.607 m² divididos em.

- Primeiro edifício: Modificado para atender as necessidades da nova função. Possui 2 pavimentos e abrigará auditório, salas, consultórios médicos, biblioteca, refeitório e cozinha. Parte da estrutura foi demolida, bem como rebaixamento de parte do piso e execução de uma cobertura metálica;
- Segundo edifício: Reformado para receber novas salas e banheiros. A sua estrutura é em grande parte constituída de estruturas metálicas com telhados com revestimento acústico.
- Terceiro edifício: Possui dois pavimentos em concreto armado. O projeto prevê o aproveitamento de toda a fachada da atual edificação, promovendo apenas adequações internas para o seu novo uso, com reforma de salas e banheiros;
- Quarta edificação: Composta por dois galpões em arco e um edifício de dois pavimentos em concreto armado. O projeto prevê a reforma das fachadas com bom aproveitamento da parte externa da atual edificação. Na parte interna, há diversas salas, além de vestiários e banheiros;
- Quinta edificação: Construção de 3 pavimentos com uma cobertura central em arco, com diversas salas, além de banheiros;
- Sexto edifício: Totalmente construído, contando com salas, refeitório, banheiros, área de lazer com quadra de esportes.
- Além das edificações, está sendo realizada a reforma do estacionamento existente no terreno.

Conforme dados fornecidos na obra, o efetivo na fase de pico da obra foi de 400 colaboradores. A obra foi iniciada em março de 2011 e não havia sido concluída até o fim da obtenção dos dados. O prazo previsto para finalização da obra é dezembro de 2011.

3.1.3 Obra C

A obra C possui uma área total construída de 130 mil m², compreendendo a construção de:

- Cerca de 200 laboratórios de pesquisa;
- Centro de convenções;
- Escritórios;
- Salas;
- Biblioteca
- Restaurante.

A proposta inicial do projeto foi minimizar o impacto ambiental da construção, criando ambientes externos e internos que garantissem o conforto ambiental do usuário, a eficiência energética dos edifícios, a possibilidade de geração de energia limpa e o aproveitamento da paisagem natural na composição dos espaços.

A partir dessas premissas, o edifício foi construído em estrutura mista de aço e concreto e conta com painéis pré-moldados de concreto como fechamento externo, além de painéis duplos de *drywall* com manta sintética nas vedações internas. As coberturas são protegidas por placas sanduíche de alumínio pré-pintado em cores claras, preenchidas com material de proteção térmica.

Conforme dados fornecidos na obra, o efetivo na fase de pico da obra foi de 2000 colaboradores. A obra foi iniciada em junho de 2008 e concluída em junho de 2011. Essa obra implantou práticas para obtenção da certificação LEED NC (Novas Construções).

3.1.4 Obra D

A obra D possui área total de construção de 24.605 m², compreendendo a construção de uma torre de escritórios com:

- 1º e 2º subsolo;
- Térreo;
- 19 pavimentos-tipo;
- Pavimento de cobertura;
- Pavimento de casa de máquinas e de caixa d'água.

A obra consiste na execução das fundações profundas em estacas escavadas na dimensão do terreno e em estacas barretes na projeção do trecho da lâmina, rebaixamento do lençol freático, paredes diafragma na projeção do subsolo, do movimento de terra, estrutura de concreto armado *in loco* somente na projeção da lâmina, instalações de aterramento embutidas na estrutura e limpeza da obra.

Conforme dados fornecidos pela obra, o efetivo na fase de pico da obra é de 270 colaboradores. A obra iniciou em outubro de 2010 e ainda não foi concluída, com prazo previsto de conclusão para dezembro de 2012. Até o final da obtenção dos dados da geração de resíduos nesta obra, apenas 2.186, 50 m² encontravam-se finalizados em função do longo período das etapas de demolição, escavação e fundação. A obra D implantou práticas para obtenção da certificação LEED CS (Estrutura e Fachada).

3.2 **Elaboração do Questionário**

Foi elaborado um questionário constituído por 12 questões, sendo 10 fechadas e 2 abertas, relativas ao tema da construção sustentável e resíduos da construção civil. O questionário está apresentado no apêndice 1. Este questionário foi enviado por meio eletrônico (e-mail) a profissionais da área de construção civil e publicado no site de relacionamento profissional *LinkedIn* em grupos dessa área, durante o período de junho a agosto de 2011.

As respostas foram analisadas em planilha Excel e gráficos foram elaborados a fim de melhor visualizar as informações obtidas.

A pesquisa foi realizada com profissionais do setor da construção civil no Brasil, tais como diretores, gerentes de contrato, engenheiros de planejamento, engenheiros de projeto, engenheiros civis/produção, arquitetos e outros profissionais da área.

A amostra foi definida, com o objetivo de obter um maior número de profissionais do setor com atividades distintas, abrangendo todas as fases do processo de construção, buscando obter um panorama dentro do setor de qual a fase onde estas questões são hoje em dia mais conhecidas e mais tomadas em consideração.

Quanto ao conceito de Construção Sustentável foi questionada a sua aplicação prática e o entendimento quanto a implantação de práticas de Sustentabilidade Ambiental produzir benefícios diretos no processo de concepção e/ou construção de edifícios.

No que diz respeito às certificações para construções sustentáveis, foi verificado o conhecimento dos profissionais relativamente aos sistemas de certificação existentes, os tipos de vantagens ao se aplicar esses sistemas (benefícios econômicos, ambientais, sociais, qualidade e marketing) e quanto à contribuição da implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação na redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios.

4 RESULTADOS

Serão apresentados os dados obtidos quanto à geração de resíduos nas quatro obras estudadas, comparando a outros estudos realizados no Brasil.

Em seguida, serão expostos os resultados da pesquisa realizada através de questionário para avaliar a percepção ambiental dos profissionais da construção civil.

No fim do Capítulo, será efetuada uma comparação dos dados obtidos nos estudos de caso com as respostas da pesquisa com questionário, buscando um melhor entendimento sobre a geração de resíduos em obras de edificações.

4.1 Estudos de caso

Serão apresentados os resultados de resíduos mais gerados em cada obra pelo índice dado pela massa total gerada e a área construída (kg/m^2) e ainda pelo percentual do índice de cada resíduo sobre o índice total. Em seguida, será realizada uma análise comparativa entre as obras e com referências nacionais. Os dados fornecidos pelas obras se referem aos resíduos destinados, no entanto foi verificado que 100% dos resíduos gerados são destinados à reciclagem, reaproveitamento, tratamento ou ao aterro sanitário, não ficando armazenados nas obras.

Nesse estudo considerou-se como entulho a soma de resíduos de concreto, argamassa, fibrocimento, cerâmica e calça uma vez que as obras estudadas quantificavam todos esses resíduos juntos. Além disso, foi considerado como resíduo não reciclável, a soma de resíduo orgânico, heterogêneo e extraordinário, buscando uniformizar os dados para comparação entre as obras.

4.1.1 Obra A

A obra A (sem certificação), que compreende a construção de 17 prédios residenciais possui uma área total construída de 69.850 m². Essa obra se encontra

concluída desde junho/2011. A tabela 8 apresenta os dados da geração de resíduos na obra.

Tabela 8 – Geração de resíduos na obra A.

Resíduo	Volume (m³)	Peso Específico (kg/m³)*	Massa (kg)	Índice (kg/m²)
Entulho	15.923	1.100	17.515.300	250,76
Resíduo perigoso	60	925	55.500	0,79
Resíduo não reciclável	2.143,8	1000	1.071.910	15,35
Plástico	64	70	4.480	0,06
Sobras de madeira	4.713	140	659.820	9,45
Sucata metálica	826	925	764.050	10,94
Papel/Papelão	487,1	40	19.484	0,28
Resíduo ambulatorial	2,1	76	159,6	0,002
Gesso	323	1.800	581.400	8,32
Total	24.542	6.576	20.672.103,6	295,95

* Valores utilizados pela Construtora para preenchimento do Inventário de Resíduos.

Entre os resíduos gerados, o mais representativo foi o entulho que correspondeu a 84,7% do total. Todo o montante desse resíduo foi posteriormente destinado a áreas licenciadas como material de aterro. O segundo tipo de resíduo com a maior geração foram os resíduos não recicláveis, que são principalmente compostos por resíduos orgânicos, embalagens de alimentos e resíduos de banheiro com 5,2%, seguido pela sucata metálica com 3,7%, madeira com 3,2% e gesso com 2,8%. Os demais somados corresponderam a 0,4% (figura 2). Notou-se uma preocupação com os resíduos perigosos (solo contaminado, latas de tintas, material com óleo, etc.), que embora tenham representado um pequeno percentual do índice total, foram devidamente encaminhados a locais licenciados.

No total, foram gerados 295,95 kg/m² de resíduos na obra.

O entulho foi o resíduo mais gerado na obra. O alto índice pode ser atribuído aos constantes retrabalhos verificados na obra, gerando um grande desperdício de material. A sucata metálica apresentou um índice relativamente alto, como pode ser observado na tabela 8, o que pode estar relacionado ao desperdício causado pela falta de organização no armazenamento dos aços estruturais verificada na obra. Os demais percentuais apresentaram valores dentro dos usuais comparados a outros estudos.

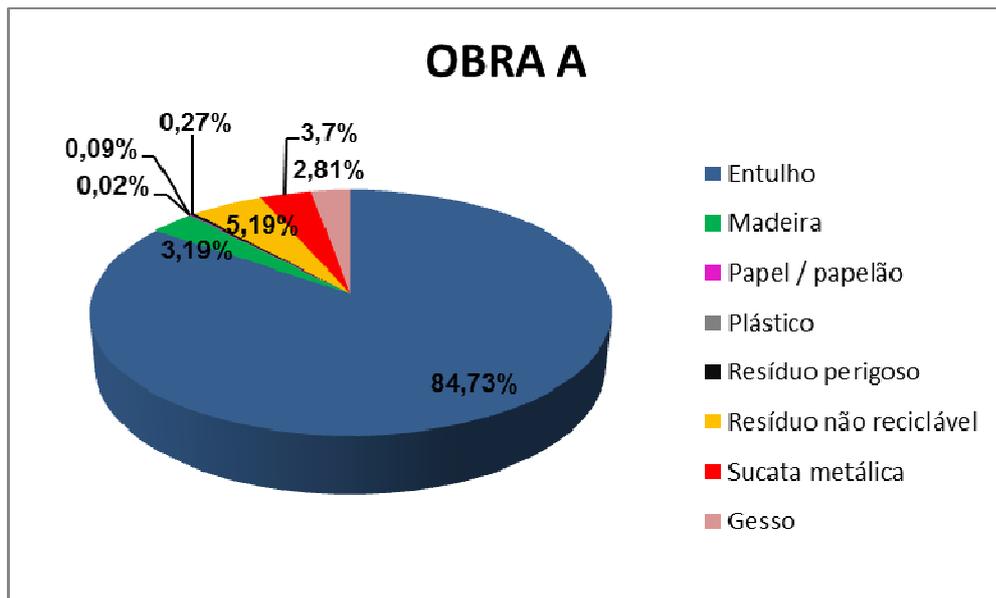


Figura 2 – Geração de resíduos sólidos na obra A.

4.1.2 Obra B

A obra B (sem certificação) compreende a readaptação de prédios existentes para novas funções e a construção de novos prédios, com uma área total a ser construída de 41.607 m². No entanto até o fim de junho/2011 apenas 55% da obra havia sido concluída, ou seja, 22.883,85 m². Assim sendo, a estimativa da massa total de resíduos/área foi extrapolada para essa área, a fim de gerar informações mais coerentes. A tabela 9 apresenta os dados da geração de resíduos nessa obra.

Tabela 9 – Geração de resíduos na obra B.

Resíduo	Volume (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)*	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
Entulho	2.873,3	1.100	3.160.674	138,12
Vidro	5,0	1.000	5.000	0,22
Resíduo perigoso	0,24	925	220	0,01
Resíduo não reciclável	827	500	413.500	18,07
Plástico	65	70	4.550	0,20
Sobras de madeira	382	140	53.982	2,36
Sucata metálica	40,4	925	37.360	1,63
Papel / papelão	40,0	40	1.600	0,07
Total	4.232,94	4.700	3.676.886	160,68

* Valores utilizados pela Construtora para preenchimento do Inventário de Resíduos.

Entre os resíduos gerados, os mais representativos foram o entulho que correspondeu a 86% do total, seguido pelos resíduos não recicláveis (resíduos orgânicos, embalagens de alimentos e resíduos de banheiro) com 11,2%, madeira com 1,5% e sucata metálica com 1,0%. Os demais somados corresponderam a 0,3% (figura 3). O elevado percentual do entulho pode ser atribuído às demolições das edificações e estruturas existentes no local para readaptação das mesmas ou construção de novas, como parte do projeto da obra. Todo o montante desse resíduo foi posteriormente destinado a áreas licenciadas como material de aterro. O índice dos demais resíduos ficou dentro dos valores usuais comparados a outros estudos. No total, foram gerados 160,68 kg/m² de resíduos na obra.

É importante destacar que essa obra ainda encontra-se em andamento, podendo haver uma mudança na composição dos resíduos ao longo das suas etapas até a fase de conclusão da obra.

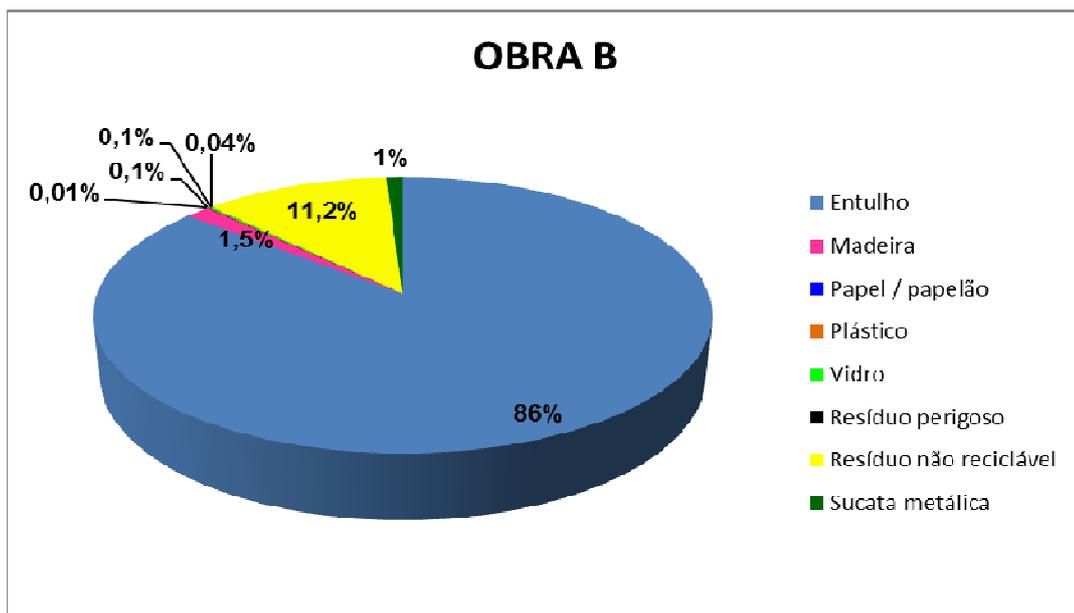


Figura 3 – Geração de resíduos sólidos na obra B.

4.1.3 Obra C

A obra C implantou práticas para obtenção da certificação LEED e compreende a construção de aproximadamente 200 laboratórios de pesquisa, com uma área total construída de 130.000 m². Essa obra já se encontrava concluída no

fim do período em que os dados foram analisados (junho/2011). A tabela 10 apresenta os dados da geração de resíduos nessa obra.

Tabela 10 – Geração de resíduos na obra C.

Resíduo	Volume (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)*	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
Entulho	4.511	1.100	4.962.870	38,18
Vidro	20	1.000	20.000	0,15
Resíduo perigoso	1123	925	1.038.775	7,99
Resíduo não reciclável	6.988	500	3.494.400	26,88
Plástico	2.357	70	164.990	1,27
Sobras de madeira	13.299	140	1.861.860	14,32
Sucata metálica	3.967	925	3.669.475	28,23
Papel/papelão	1.546	40	61.840	0,48
Resíduo Ambulatorial	5,2	76	394,9	0,003
Gesso	125	1.800	225.000	1,73
Total	33.942,2	4.700	15.499.605	119,23

* Valores utilizados pela Construtora para preenchimento do Inventário de Resíduos.

Entre os resíduos gerados nessa obra, houve uma distribuição mais homogênea, sendo os mais representativos o entulho que correspondeu a 32% do total, seguido pela sucata metálica com 23,7%, resíduos não recicláveis com 22,5%, madeira com 12%, gesso com 1,5% e plástico com 1,1%. Os demais somados corresponderam a 0,5% (figura 4). No total, foram gerados 119,23 kg/m² de resíduos.

O entulho foi o resíduo mais gerado, sendo destinado a áreas licenciadas como material de aterro. O índice da sucata metálica esteve muito próximo do entulho. Este resultado pode ser atribuído à composição metálica na estrutura e na cobertura da edificação, que gerou sobras.

O índice elevado do resíduo não reciclável pode ser atribuído ao grande número de funcionários no período de pico da obra, gerando um volume considerável de sobras de comida e suas embalagens e resíduos de banheiro. Os demais resíduos apresentaram resultados dentro do usual comparados a outros estudos.

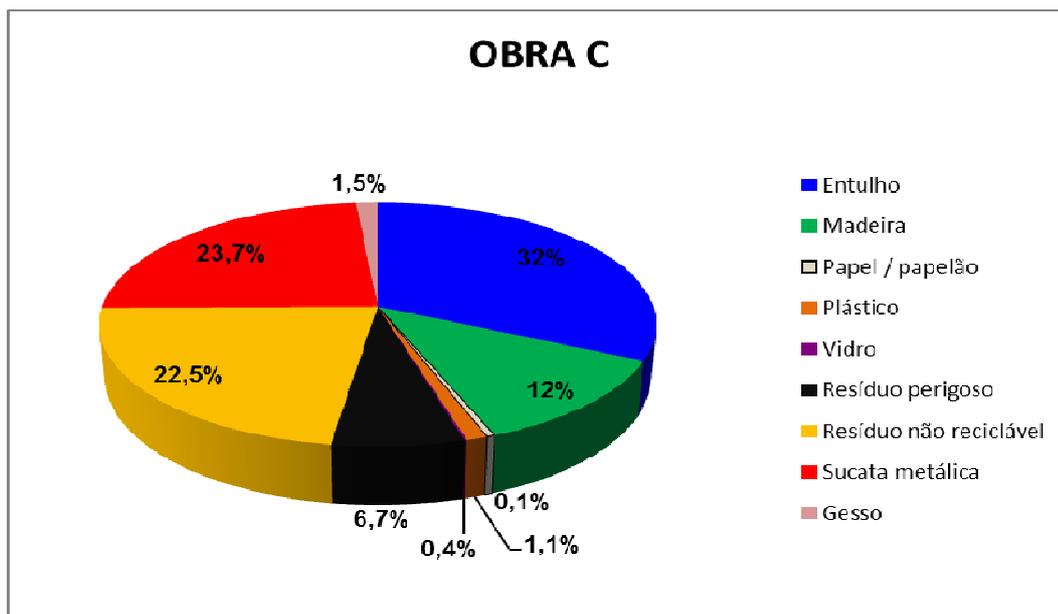


Figura 4 – Geração de resíduos sólidos na obra C.

4.1.4 Obra D

A obra D também implantou práticas para obtenção da certificação LEED e compreende a construção de um edifício de escritórios, com uma área total construída de 24.605 m². No entanto, até o fim de junho/2011 apenas 8% da área havia sido concluída, ou seja, 2.186,50 m². Dessa forma a análise dos dados será dimensionada para essa área e não para área total a ser construída, a fim de gerar informações mais coerentes. Os dados da geração de resíduos na obra estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 – Geração de resíduos na obra D.

Resíduo	Volume (m ³)	Peso Específico (kg/m ³)*	Massa (kg)	Índice (kg/m ²)
Entulho	897	1.100	986.700	451,27
Resíduo perigoso	6,5	925	6.012,5	2,75
Resíduo não reciclável	115,2	500	57.600	26,34
Plástico	25	70	1.750	0,80
Sobras de madeira	120	140	16.800	7,68
Sucata metálica	50	925	46.250	21,15
Papel/papelão	30,5	40	1.220	0,56
Total	1.244,2	5.200	1.116.332,5	510,56

* Valores utilizados pela Construtora para preenchimento do Inventário de Resíduos.

O entulho foi o resíduo mais gerado, correspondendo a 88,4% do total, seguido pelos resíduos não recicláveis com 5,16%, sucata metálica com 4,14% e madeira com 1,5%. Os demais somados alcançaram menos de 1% do total (figura 5). Até o fim de junho/2011, foram gerados 510,56 kg/m² de resíduos.

O elevado índice do entulho pode ser atribuído à etapa de demolição da edificação anteriormente existente no local, gerando resíduos de argamassa, concreto, blocos, cerâmica e outros que foram quantificados como entulho, conforme referenciado na tabela 7. Todo o montante desse resíduo foi posteriormente destinado a áreas licenciadas como material de aterro. Foi informado pela construtora que a etapa de demolição não foi realizada pela mesma, sendo um passivo deixado pelo Contratante. Foi relatado ainda que parte do entulho mensurado era proveniente da escavação do terreno, onde foram encontrados restos de entulho misturados ao solo. Desta forma, esta obra apresentou uma peculiaridade não tão representativa de uma obra mais tradicional.

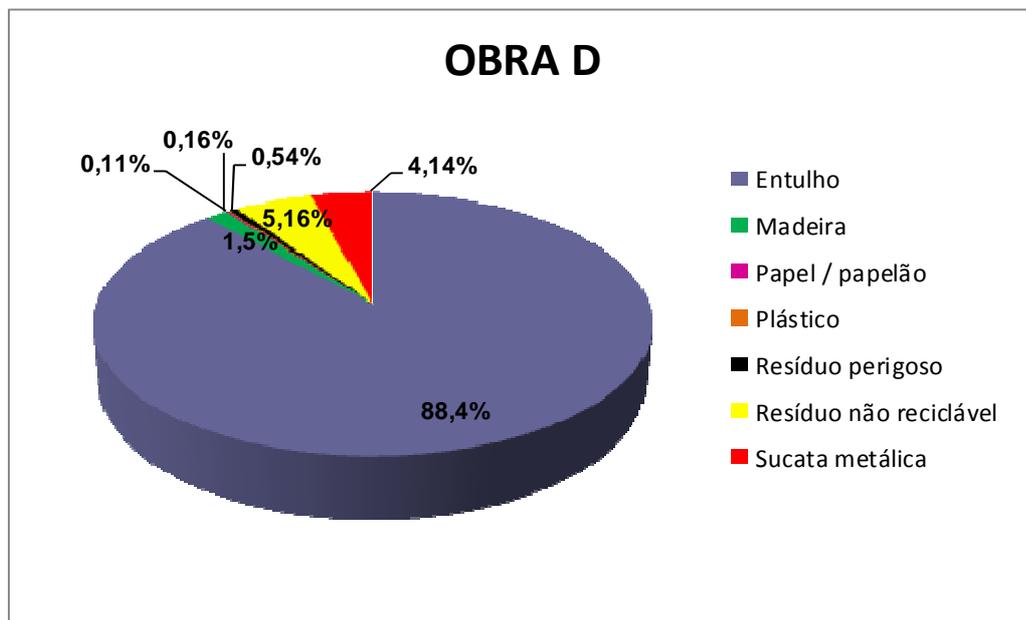


Figura 5 – Geração de resíduos sólidos na obra D.

4.1.5 Comparação entre as obras

A tabela 12 apresenta a comparação dos dados de resíduos nas quatro obras. Verifica-se que o solo de escavação foi o material mais gerado nas obras. Na

obra A o solo de escavação foi reaproveitado como material de aterro na mesma área, e por isso não está mencionado na tabela 12. Nas demais obras, o solo foi encaminhado para áreas licenciadas com a mesma finalidade. O volume gerado de solo ficou bem acima da geração dos demais resíduos. Considerando que esse solo foi reaproveitado, e que a necessidade de retirada do solo escavado se dá em função das características do terreno, e não é influenciado pela existência ou não de um sistema de gestão ambiental na obra, optou-se por desconsiderar o volume gerado desse resíduo em todas as obras, buscando uma melhor apresentação gráfica dos resultados. No entanto, ressalta-se que a gestão ambiental contribui para a garantia de uma destinação adequada desses resíduos. Essa alternativa tem sido utilizada por outros autores, como por exemplo, por Picchi (2003) para facilitar o entendimento da geração real de resíduos ao longo de todas as etapas da obra.

Tabela 12 – Índice de massa de resíduos/área encontrados nas quatro obras.

RESÍDUO	OBRA A (kg/m ²)	OBRA B (kg/m ²)	OBRA C (kg/m ²)	OBRA D (kg/m ²)
Solo de escavação	***	241,70	955,93	22.058,36
Entulho*	250,76	138,12	38,18	451,27
Madeira	9,45	2,36	14,32	7,68
Papel / papelão	0,28	0,07	0,48	0,56
Plástico	0,06	0,20	1,27	0,80
Vidro	0	0,22	0,15	0,00
Resíduo perigoso	0,79	0,01	7,99	2,75
Resíduo não reciclável**	15,35	18,07	26,88	26,34
Sucata metálica	10,94	1,63	28,23	21,15
Gesso	8,32	0	1,73	0
Ambulatorial	0,002	0	0,003	0
TOTAL 1	295,95	160,68	119,23	510,56
TOTAL 2	295,95	402,38	1.075,16	23.079,47

* Entulho = concreto + argamassa + fibrocimento + cerâmica + calça.

** Resíduo não reciclável = orgânico + heterogêneo + lixo extraordinário.

*** Não foi mensurado, pois foi reaproveitado na área da obra.

TOTAL 1: sem considerar o solo de escavação – valores usados no presente estudo.

TOTAL 2: considerando o solo de escavação.

Desconsiderando o solo, o entulho foi o resíduo mais gerado em todas as quatro obras, conforme pode ser verificado na figura 6 e na tabela 12. A sucata metálica e os resíduos não recicláveis alternaram como segundo e terceiro mais gerados após o entulho. A madeira também foi um dos resíduos mais gerados, o que pode ser atribuído a sua utilização como fôrmas para a parte estrutural da edificação.

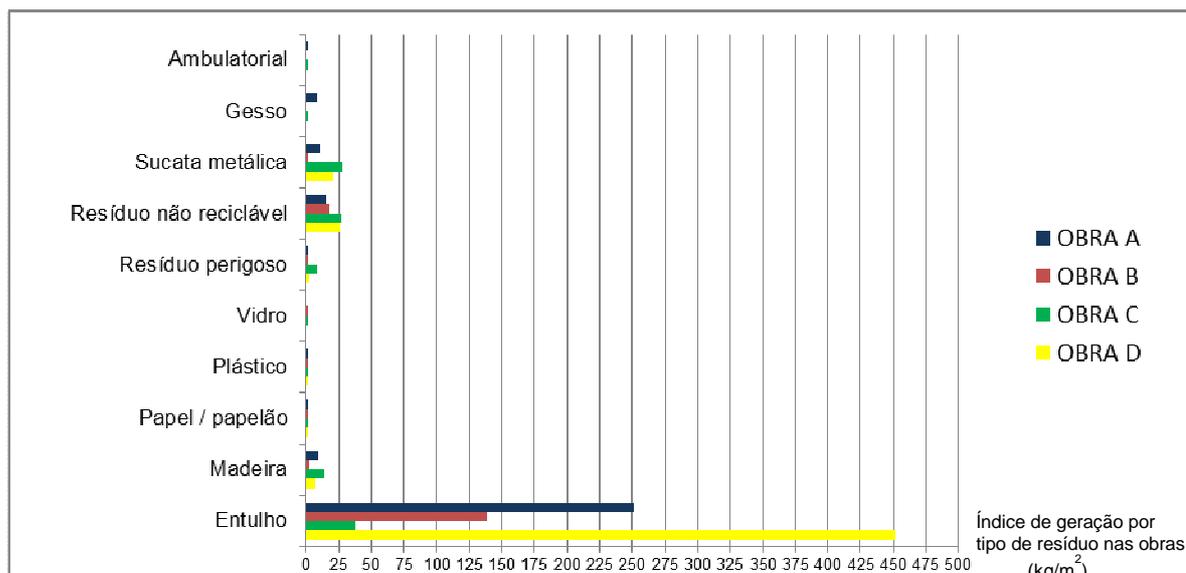


Figura 6 – Geração de cada tipo de resíduo nas quatro obras (kg/m²).

Os resíduos de papel/papelão, vidro e plástico apresentaram um pequeno índice comparado ao total (figura 6 e tabela 12), e mesmo em pequena quantidade são comercializados.

A presença de resíduos perigosos (solo contaminado, latas de tintas, material com óleo, etc.) foi relativamente baixa na composição dos resíduos gerados nas obras estudadas no presente trabalho, com exceção da obra C que apresentou um índice de 7,99 kg/m². Esse índice pode ser atribuído a um possível melhor gerenciamento desse tipo de resíduo na obra em comparação as outras três obras, visto que nas demais o índice baixo pode estar associado a uma mistura desse resíduo com outros tipos de resíduos, ou seja, a um mau gerenciamento. Apesar da baixa geração em três obras, nas visitas às obras foi verificado um armazenamento temporário em caçambas identificadas e que posteriormente, os resíduos foram destinados ao co-processamento em locais licenciados, o que foi evidenciado pelos Manifestos de Resíduos. O resíduo ambulatorial foi gerado nas quatro obras, porém até o fim dessa pesquisa apenas nas obras A e C havia sido destinado, sendo o índice gerado considerado insignificante quando comparado ao total. Destaca-se que houve uma preocupação nas obras para uma destinação adequada, sendo esses resíduos destinados ao tratamento biológico em locais licenciados.

O gesso só foi mensurado nas obras finalizadas (A e C), o que se justifica pelo fato das outras duas obras ainda não estarem na fase de acabamento durante o período estudado. Na obra A, foi um dos resíduos mais gerados e representou

mais de quatro vezes o encontrado na obra C, o que é atribuído ao elevado desperdício verificado na obra, em função de retrabalhos devido a problemas na execução dos serviços. Na obra C, a geração desse resíduo foi pequena comparada ao total, demonstrando um bom gerenciamento desse resíduo. Vale destacar que normalmente o gesso é um dos materiais com maior perda nas obras de edificação, gerando um grande problema para a sua destinação, visto que até o início de 2011 ainda era considerado um resíduo em que não havia técnica disponível para sua reciclagem, de acordo com a Resolução CONAMA nº307 (Brasil, 2002). Pesquisas foram desenvolvidas nesse sentido e concluíram que o gesso após processado pode ser usado como corretivo de solo, aditivo para compostagem, forração para animais, absorvente de óleo, para secagem de lodo de esgoto e até como insumo para a indústria cimenteira (REVISTA SUSTENTABILIDADE, 2011).

Em todas as obras estudadas no presente trabalho foi verificado através dos Manifestos de Resíduos que foram consultados nas obras e enviados ao órgão ambiental que a maior parte dos resíduos gerados foi destinada à reciclagem ou ao reaproveitamento, sendo 72% na obra A, 89% na obra B, 76% na obra C e 95% na obra D. Do restante dos resíduos gerados, os não recicláveis foram encaminhados a aterros sanitários, os perigosos destinados ao co-processamento e os ambulatoriais encaminhados ao tratamento biológico. Verificou-se mesmo nas obras que não estão em processo de obtenção da certificação LEED, uma preocupação da construtora em destinar o maior volume possível de resíduos para reciclagem em função da redução de custos comparados a destinação em aterro sanitário, devido ao valor comercial de alguns tipos de resíduos como sucata metálica, vidro, papel/papelão e plástico. Todos os resíduos gerados nas quatro obras foram destinados a locais licenciados, o que foi comprovado pelos Manifestos e pela cópia das licenças que foram disponibilizadas para consulta nas obras.

Conforme pode ser verificado na figura 7, a obra C apresentou o menor índice ($119,23 \text{ kg/m}^2$) entre as obras, evidenciando um sistema de gestão ambiental eficiente, em função do processo de obtenção da certificação LEED. No entanto, a obra D apresentou o maior índice ($510,56 \text{ kg/m}^2$) das quatro obras, o que pode ser atribuído à etapa de demolição da edificação existente anteriormente. Porém, nas visitas e nos relatórios da empresa de consultoria que auxilia a construtora no processo de obtenção da certificação LEED, foi verificado que as práticas de controle de materiais (compra e estocagem), e reutilização de materiais foram

implementadas e estavam funcionando bem durante as fases iniciais da obra, de escavação e de fundação com estaca escavada.

Analisando as duas obras concluídas até o fim dessa pesquisa (A e C), nota-se uma redução no índice de massa de resíduos por metro quadrado de área construída da obra C que implantou práticas para obtenção da certificação LEED em torno de 2,5 vezes menor que a obra A. Esse resultado aponta para uma eficiência maior no gerenciamento de resíduos em obras que visam obter a certificação LEED.

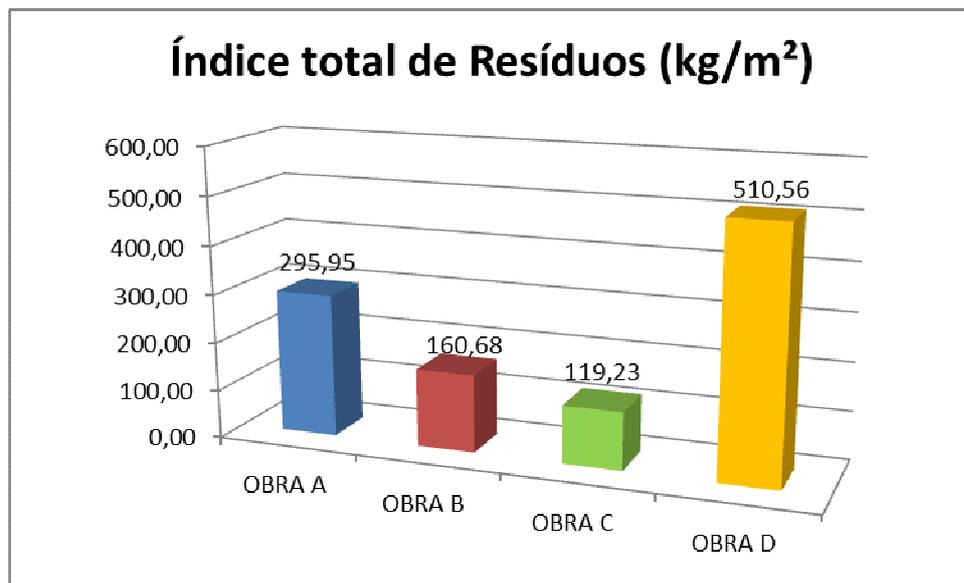


Figura 7 – Geração total de resíduos nas quatro obras (kg/m²).

Foi realizada uma análise dos dados encontrados nas quatro obras, buscando verificar uma possível relação entre o número de funcionários durante a fase de pico das obras e geração de alguns tipos de resíduos, como papel e resíduo não reciclável. Os demais resíduos não foram considerados nessa análise, uma vez que fazem parte do processo produtivo, com exceção do resíduo ambulatorial que é vinculado aos acidentes de trabalho e do plástico que está relacionado principalmente às embalagens dos materiais utilizados na obra, e que independem do número de funcionários envolvidos. Na tabela 13 são sintetizados os dados de nº de funcionários e da geração de resíduos de papel e não recicláveis em cada obra, a fim de facilitar a compreensão dos resultados.

Tabela 13 – Geração de resíduos de papel e não recicláveis (kg/m²) e n^o de funcionários nas quatro obras.

	OBRA A	OBRA B	OBRA C	OBRA D
N ^o de funcionários*	1010	400	2000	270
Resíduos de papel (kg/m ²)	0,28	0,07	0,48	0,56
Resíduos não recicláveis** (kg/m ²)	15,35	18,07	26,88	26,34

* Efetivo durante a fase de pico das obras.

** Resíduo não reciclável = orgânico + heterogêneo + lixo extraordinário.

Foi verificado na obra D que possuiu o menor efetivo (270 funcionários) entre as quatro obras, o maior índice de resíduos de papel, cuja maior contribuição é oriunda das atividades de escritório, o que pode ser relacionado ao desperdício e a um baixo reaproveitamento desse material. Comparando-se o índice de papel nas quatro obras, verificou-se que a obra C, cujo efetivo de funcionários foi o maior (2.000) entre as quatro obras, obteve o segundo maior índice, seguido das obras A e B, que apresentaram um efetivo de 1010 e 400 colaboradores, respectivamente.

Em relação aos resíduos não recicláveis, que são principalmente compostos por resíduos orgânicos, embalagens de alimentos e resíduos de banheiro, na obra C que contou com um efetivo maior de trabalhadores, foi verificado o maior índice. No entanto, não se pode caracterizar como um padrão, visto que nas demais obras o índice não apresentou relação direta com o efetivo. Na obra D que possuiu o menor número de colaboradores, verificou-se o segundo maior índice e a obra B que teve um efetivo cerca de 60% inferior à obra A, apresentou um índice mais elevado que a mesma.

4.1.6 Comparação dos dados com resultados encontrados na literatura

Buscando uma comparação dos resultados encontrados nas quatro obras com outros estudos realizados no país, são apresentados na tabela 14 os dados das obras estudadas e dos demais trabalhos.

Tabela 14 – Índice de massa de resíduos/área (kg/m²) encontrados nas quatro obras e em outros estudos.

RESÍDUO	OBRA A	OBRA B	OBRA C	OBRA D	IBAM (2001)	TOZZI (2006) ¹	MARIANO(2008)
Entulho*	250,76	138,12	38,18	451,27	276,00	41,43	15,19
Madeira	9,45	2,36	14,32	7,68	-----	0,87	16,82
Papel / papelão	0,28	0,07	0,48	0,56	-----	0,58	0,16
Plástico	0,06	0,20	1,27	0,80	-----	-----	0,04
Vidro	0,00	0,22	0,15	0,00	-----	-----	-----
Resíduo perigoso	0,79	0,01	7,99	2,75	-----	-----	-----
Resíduo não reciclável**	15,35	18,07	26,88	26,34	3,00	-----	-----
Sucata metálica	10,94	1,63	28,23	21,15	-----	-----	-----
Gesso	8,32	0,00	1,73	0,00	-----	-----	-----
Ambulatorial	0,002	0,00	0,003	0,00	-----	-----	-----
Outros	0,00	0,00	0,00	0,00	21,00	-----	1,94
TOTAL	295,95	160,68	119,23	510,56	300,00	42,89	34,15

* Entulho= concreto + argamassa + fibrocimento + cerâmica + calça

** Resíduo não reciclável = orgânico + heterogêneo + lixo extraordinário

¹ Obra 1 do estudo

---- dados não disponíveis no trabalho

Os índices totais das quatro obras estudadas comparados às referências nacionais apresentadas na tabela 14 ficaram acima do referenciado por Tozzi (2006) em uma obra de construção de um sobrado em Curitiba (PR) com um índice de $42,89 \text{ kg/m}^2$ e por Mariano (2008) em uma pesquisa sobre gerenciamento de resíduos em uma obra de construção de uma escola em Campo Largo (PR), onde o índice encontrado foi de $34,15 \text{ kg/m}^2$. É importante destacar que esses estudos mencionados foram realizados em obras de pequeno porte e, portanto, com mais facilidade para um melhor gerenciamento dos resíduos do que as obras estudadas no presente trabalho que são de grande porte.

Segundo dados do IBAM (2001), enquanto em países desenvolvidos a média do total de resíduos gerados proveniente de novas edificações encontra-se abaixo de 100 kg/m^2 , no Brasil este índice gira em torno de 300 kg/m^2 edificado. A obra A apresentou um índice (kg/m^2) muito próximo da média nacional, já a obra B apresentou um índice quase duas vezes menor de que a média, no entanto, como essa obra não está concluída e até o fim da obtenção dos dados ainda não havia iniciado a fase de acabamento, há a possibilidade do índice total após a conclusão da obra se aproximar da média nacional. Ressalta-se que a obra C que se encontra em processo de obtenção da certificação LEED apresentou um resultado ($119,23 \text{ kg/m}^2$) muito próximo da média encontrada em países desenvolvidos, demonstrando uma gestão ambiental mais eficaz no que se refere à redução da geração de resíduos, comparado com as obras que não adotam as premissas dessa certificação. A obra D foi a única que apresentou um índice ($510,56 \text{ kg/m}^2$) acima da média nacional, o que foi atribuído a fase de demolição da estrutura existente anteriormente no terreno onde foi gerado um grande volume de entulho.

Esse resíduo foi o mais gerado nas quatro obras estudadas, corroborando com o encontrado nos estudos realizados por IBAM (2001) e Tozzi (2006) mencionados na tabela 14, onde este resíduo representou, respectivamente, 92 e 96% do total de resíduos gerados. O resultado encontrado nesse trabalho também esteve de acordo com o encontrado por outro autor, Pinto (1999) em um estudo em canteiros de obras nos municípios de São Carlos e Santo André (SP), onde o entulho representou aproximadamente 98% da composição total de resíduos.

Em relação aos demais resíduos, não foram disponibilizados os dados da geração de todos os tipos de resíduos nos estudos apresentados na tabela 14, o que dificulta a comparação dos dados. No entanto, pode-se destacar que a madeira

foi um dos resíduos mais gerados nos estudos realizados por Tozzi (2006) e Mariano (2008), assim como nas obras estudadas no presente trabalho. Vale lembrar que esse resultado é atribuído à sua utilização como fôrmas para a parte estrutural da edificação e ao baixo reaproveitamento desse material na maioria das obras. Ressalta-se ainda que o resíduo de papel/papelão também foi um dos menos gerados nos estudos de Tozzi (2006) e Mariano (2008), com um baixo índice comparado ao total, mesmo resultado encontrado nas quatro obras estudadas.

Embora a maioria das obras estudadas tenha apresentado índices dentro da realidade brasileira, de uma forma geral, foi notado um desperdício de material, o que normalmente acontece em obras de grandes edificações. Segundo Bogado (1998), o conceito de desperdício é, geralmente, associado ao conceito de perdas na construção civil, porém deve-se entender como perda à ineficiência causada no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital. Essas perdas podem ocorrer em diferentes fases de um empreendimento, quais sejam: concepção, execução e utilização.

4.2 Resultado da pesquisa através de questionário

Do total de 50 questionários enviados por meio eletrônico (e-mail), cujo modelo encontra-se apêndice 1, foram recebidos de volta 47% deles, devidamente preenchidos. O restante das respostas foi obtido através do site LinkedIn. No total, foram analisados 51 questionários.

As respostas obtidas foram analisadas em percentual. Nas perguntas abertas (nº10 e 12), optou-se por considerar apenas as respostas com 3% ou mais de incidência, com o objetivo de uma melhor clareza no entendimento dos gráficos. Os dados brutos com todas as respostas, inclusive as sem ocorrência, encontram-se no apêndice 2.

Do total de respostas obtidas em relação a formação acadêmica (figura 8), 68% dos consultados são engenheiros civis, 10% arquitetos, 8% engenheiros de segurança do trabalho e 6% engenheiros mecânicos. Com um percentual inferior a 5% apareceram economistas, administradores de empresas e engenheiros eletricitas, atingindo assim o objetivo em relação ao foco dos profissionais a serem consultados.

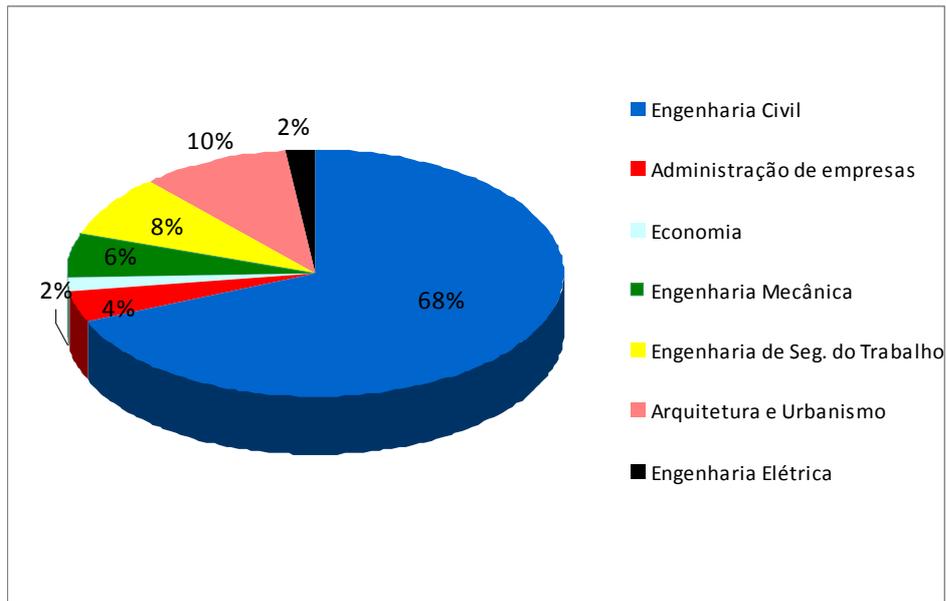


Figura 8 – Gráfico representativo das respostas à pergunta "Qual a sua a formação acadêmica?"

Do total de profissionais consultados quanto a função que ocupam (figura 9), 19% ocupam cargo de Gerente/Engenheiro de Produção (campo), 11% de Gerente/Engenheiro de Planejamento, 10% de Gerente de Contrato da Obra, 10% Engenheiro Orçamentista/Comercial, 8% de Arquiteto e 8% Gerente/Engenheiro de Projeto. Os demais profissionais que fizeram parte desta pesquisa ocupam cargos de Diretor Técnico, Gerente Técnico, Engenheiro de Segurança do Trabalho, Gerente Administrativo/Financeiro, Gerente de SMS, Engenheiro de Controle Tecnológico e Estagiário.

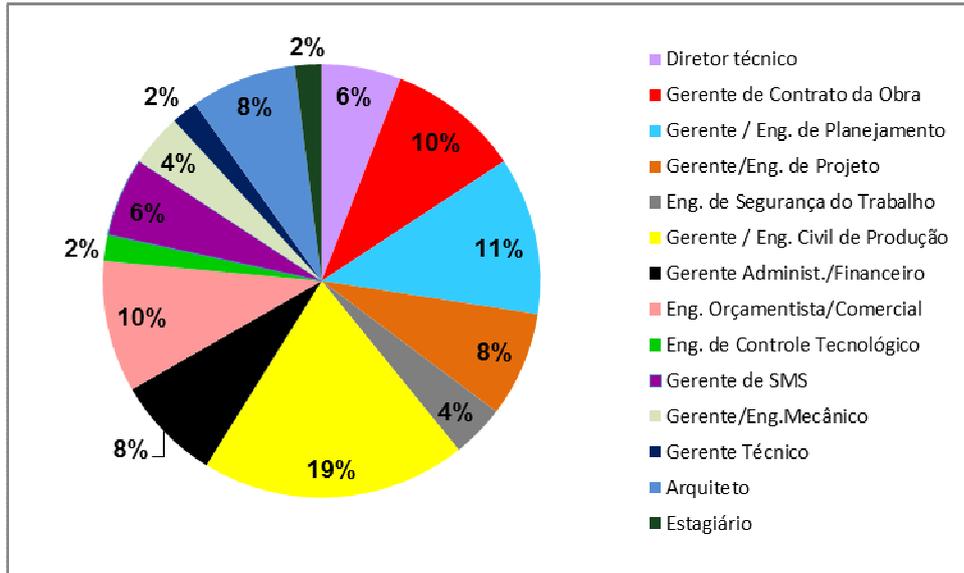


Figura 9 – Gráfico representativo das respostas à pergunta "Qual a função/cargo que exerce no emprego atual?"

Foi verificado em relação ao tempo de experiência na área (figura 10) que 45% do total de profissionais que responderam ao questionário possuem mais de 15 anos de experiência, enquanto que 25% possuem de 10 a 15 anos, 16% de 5 a 10 anos e 14% de 1 a 5 anos. Esse resultado mostra que a maioria dos profissionais tem bastante experiência na função que desempenham.

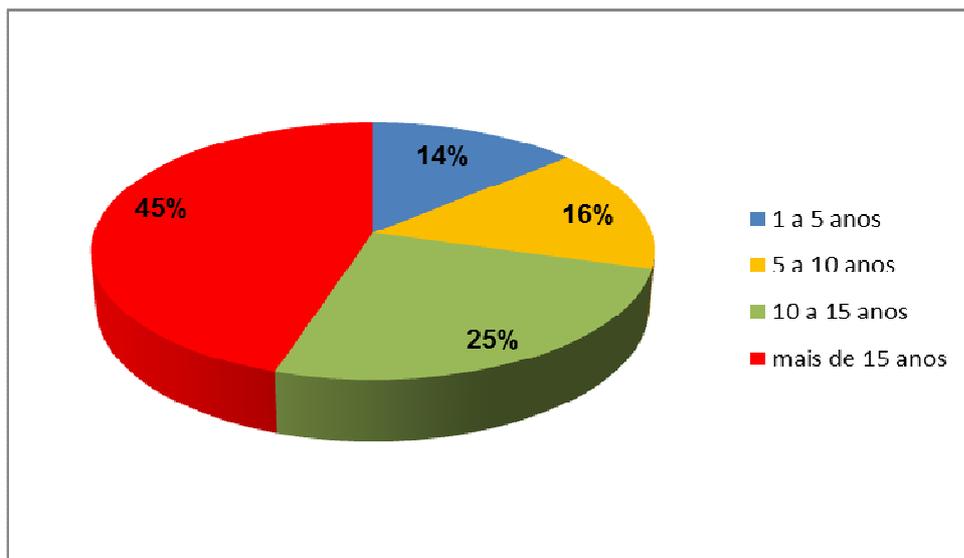


Figura 10 – Gráfico representativo das respostas à pergunta "Quanto tempo tem de experiência na sua área?"

Quando consultados sobre a aplicação de algum procedimento que faz parte do conceito de Construção Sustentável em seu trabalho, 82% respondeu sim e 18% não (figura 11). Esse elevado percentual de respostas positivas, em tese pode ser atribuído a falta de conhecimento do real conceito de construção sustentável, tendo em vista que de acordo com a literatura a construção civil de uma forma geral, não adota procedimentos de construção sustentável.

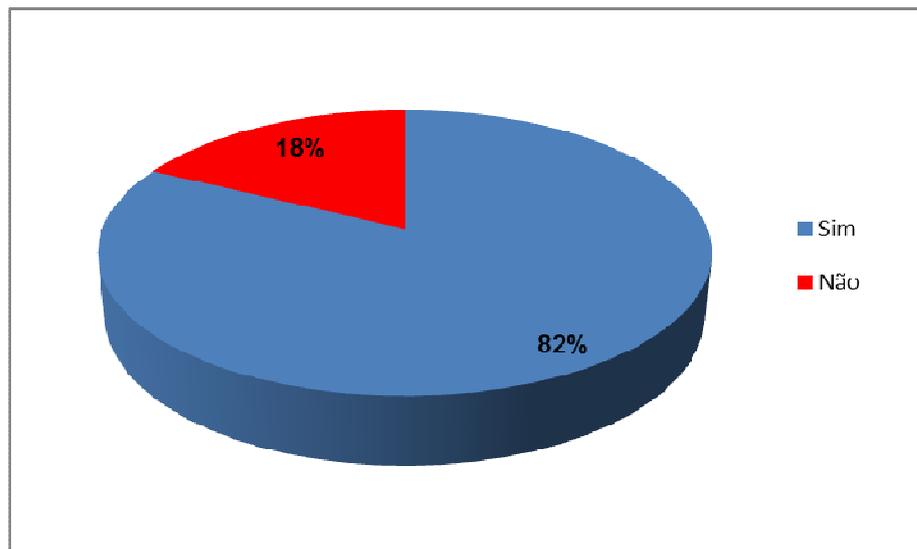


Figura 11 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Na sua atividade profissional, aplica algum procedimento que considere fazer parte do conceito de Construção Sustentável?”

Do total de consultados, 96% disseram que consideram que a implantação de práticas de Sustentabilidade Ambiental produz benefícios diretos no processo de concepção e/ou construção de edifícios, enquanto 2% disseram que não consideram e outros 2% não souberam responder (figura 12).

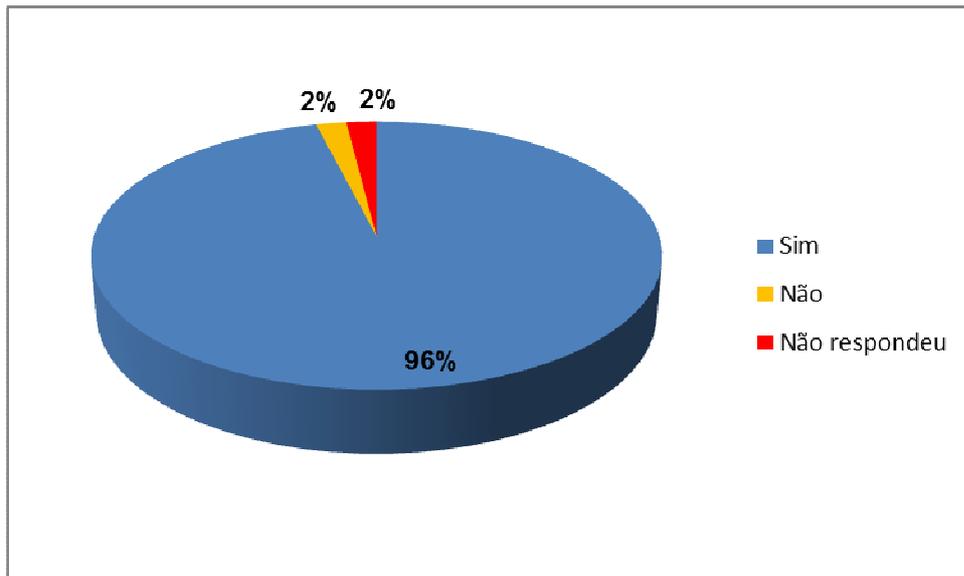


Figura 12 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Considera que a implantação de práticas de Sustentabilidade Ambiental produz benefícios diretos no processo de concepção e/ou construção de edifícios?”

No que se refere as vantagens em se aplicar sistemas de certificação ambiental, as vantagens ambientais foram citadas em 49% das respostas, as sociais em 17%, as econômicas em 14%, qualidade em 11% e o marketing em 9% das respostas (figura 13).

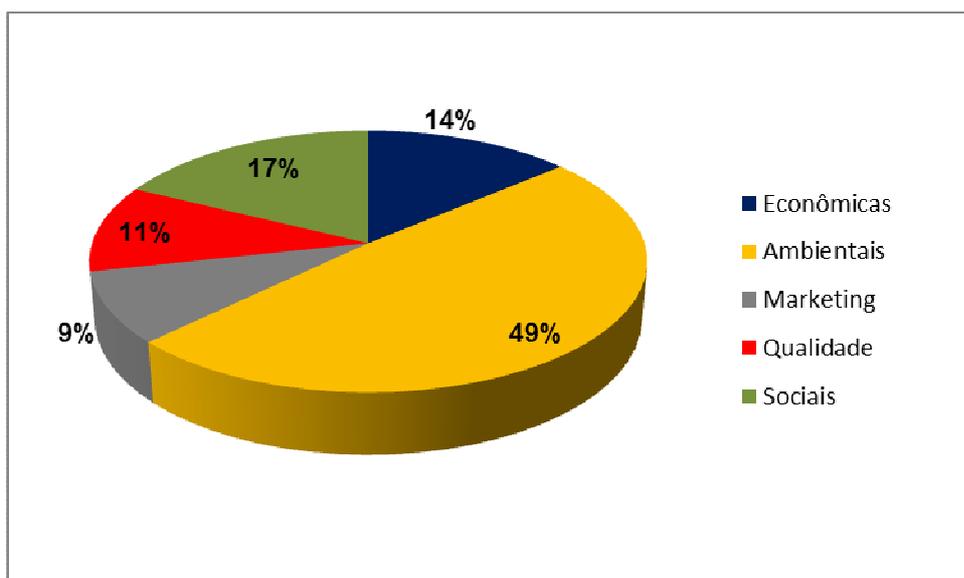


Figura 13 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quais as 2 principais vantagens existentes em se aplicar sistemas de certificação ambiental em projetos e/ou construção de edifícios?”

Em relação aos sistemas de certificação relacionados à construção sustentável, foram listados 7: BEPAC (Canadá), BREEAM (Reino Unido), LEED (EUA), CASBEE (Japão), HQE (França), LIDERA (Portugal) e NABERS (Austrália); entretanto, apenas 4 deles apareceram nas respostas (figura 14). A certificação LEED (Estados Unidos) foi a mais citada com 52% do total de respostas, seguida da certificação BREEAM (Reino Unido) com 8%, HQE (França) e LIDERA (Portugal), ambos com 2%. O não conhecimento sobre os sistemas de certificação apareceu em 22% das respostas e 14% conhecem outro sistema de certificação mais aplicável, no entanto, não mencionaram qual seria.

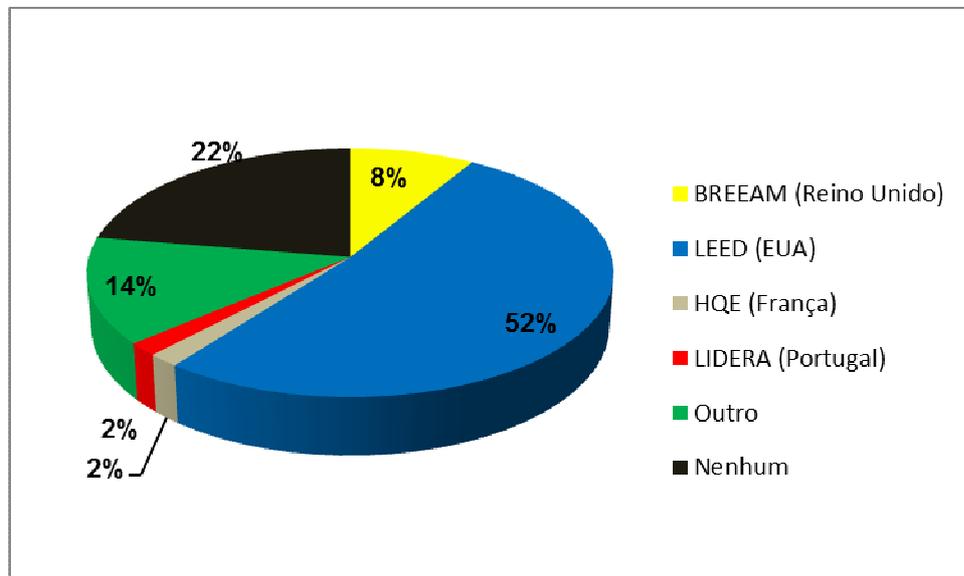


Figura 14 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Entre os sistemas de certificação indicados, assinale os que conhece e que considera serem os mais aplicáveis à Construção Sustentável?”

Perguntados sobre se a implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação contribui para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios, 80% do total de profissionais consultados respondeu que considera que sim, enquanto 20% não souberam responder (figura 15).

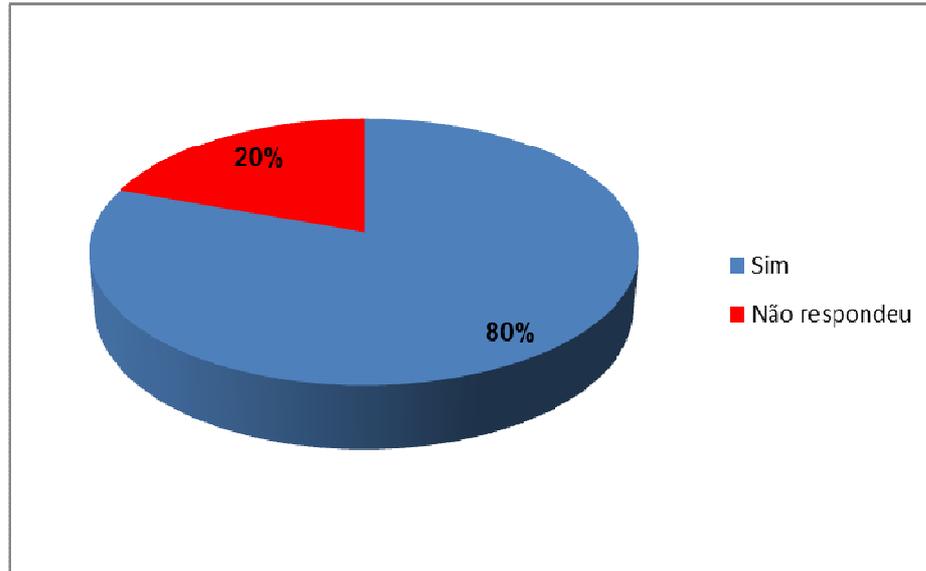


Figura 15 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Considera que a implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação (por exemplo LEED) contribui para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios?”

Quando questionados sobre quais os 3 tipos de resíduos sólidos que tem uma maior geração (volume) em uma obra de construção de edifícios (figura 16), Alguns profissionais marcaram mais de 3 opções das respostas. Portanto, como não havia uma discriminação em ordem crescente de geração de resíduos nas respostas, optou-se por somar todas as respostas, considerando como resultado final, os 3 tipos de resíduos que mais foram respondidos. Dessa forma, os resíduos de entulho com 32% das respostas foi considerado o mais gerado em termos de volume, em obras de edificação, seguido por sobras de madeira com 24% e solo de escavação com 19%. Os resíduos não recicláveis e os resíduos perigosos apareceram cada um em 7% das respostas. Gesso, resíduo orgânico, plástico, papel e sucata metálica apresentaram um percentual menor de respostas, somando juntos 11% das respostas.

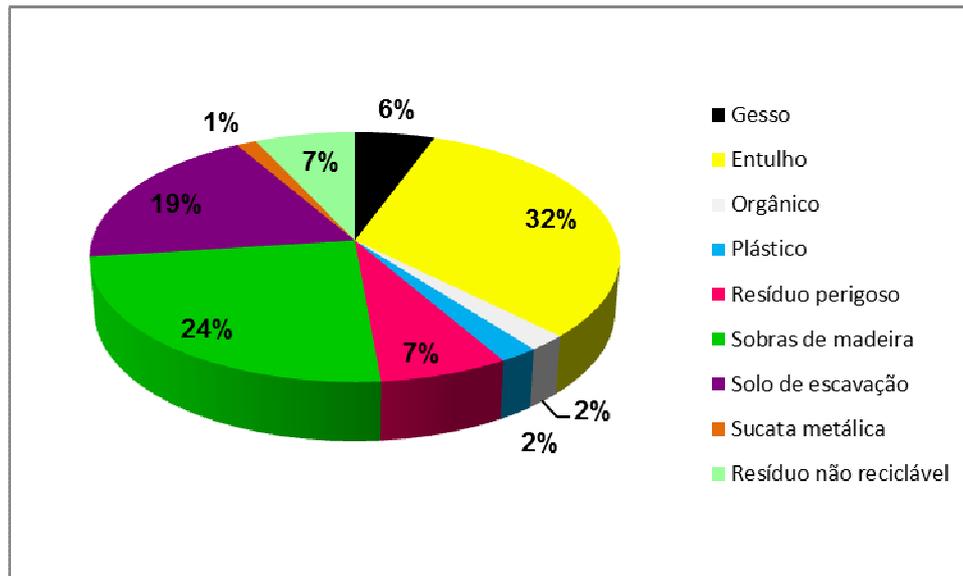


Figura 16 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quais os 3 tipos de resíduos sólidos considera ter uma maior geração (volume) em uma obra de construção de edifícios?”

Entre os benefícios da implantação de um sistema de gerenciamento de resíduos (figura 17), os mais citados foram maior reaproveitamento de resíduos com 14% das respostas, seguido por preservação do meio ambiente/ recursos naturais e redução de custos, ambos com 11%. A conscientização ambiental e a redução dos impactos ambientais foram citadas por 9% dos profissionais. Outros benefícios citados foram redução do desperdício de material, organização e limpeza da obra, destinação adequada dos resíduos, redução da geração de resíduos, melhoria nas condições de saúde dos trabalhadores, melhoria na imagem do empreendimento perante as partes interessadas e responsabilidade social.

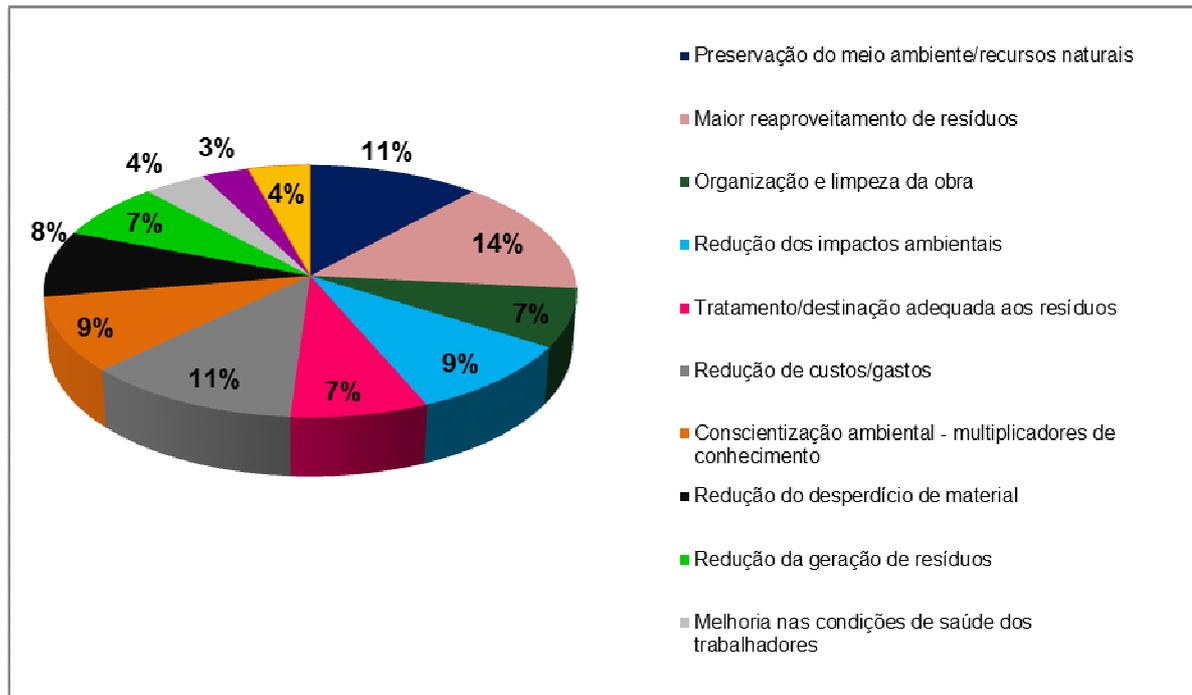


Figura 17 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Qual (is) é(são) o(s) maior(es) benefício(s) da implementação de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos para uma obra de construção de edifícios?”

Em relação as fases da obra que geram mais resíduos (figura 18), as fases de escavação, alvenaria, estrutura, acabamento e fundação foram as mais citadas. A fase de escavação foi mencionada em 29% das respostas, alvenaria em 19%, estrutura em 18%, acabamento em 17% e fundação em 11%. As demais fases da obra apresentaram percentuais baixos, somando 6% do total de respostas.

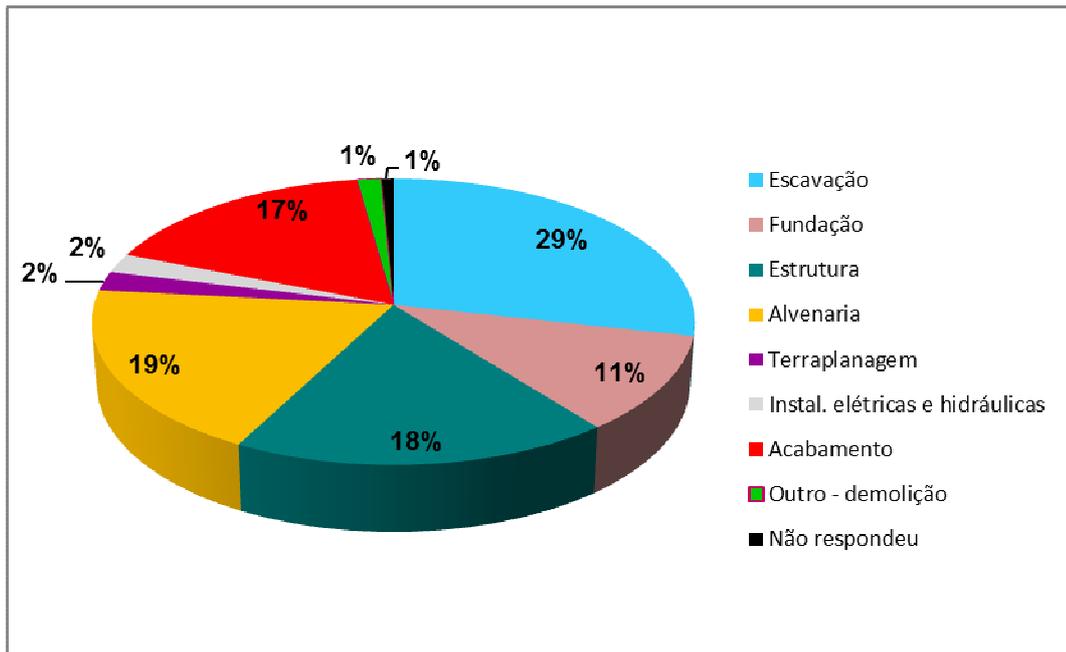


Figura 18 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Qual(is) a(s) fase(s) da obra que gera(m) mais resíduos sólidos?”

Como principais fatores que contribuem para a elevada geração de resíduos (figura 19), foram apontados especialmente a falta de planejamento (25%) e o desperdício de material (21%) seguido da falta de conscientização ambiental (13%). Os demais fatores que apareceram abaixo de 10% foram a má qualidade dos projetos, além da mão-de-obra pouco qualificada e com baixa escolaridade, utilização de métodos construtivos obsoletos, ausência de um sistema de gestão de qualidade e a deficiência na fiscalização ambiental.

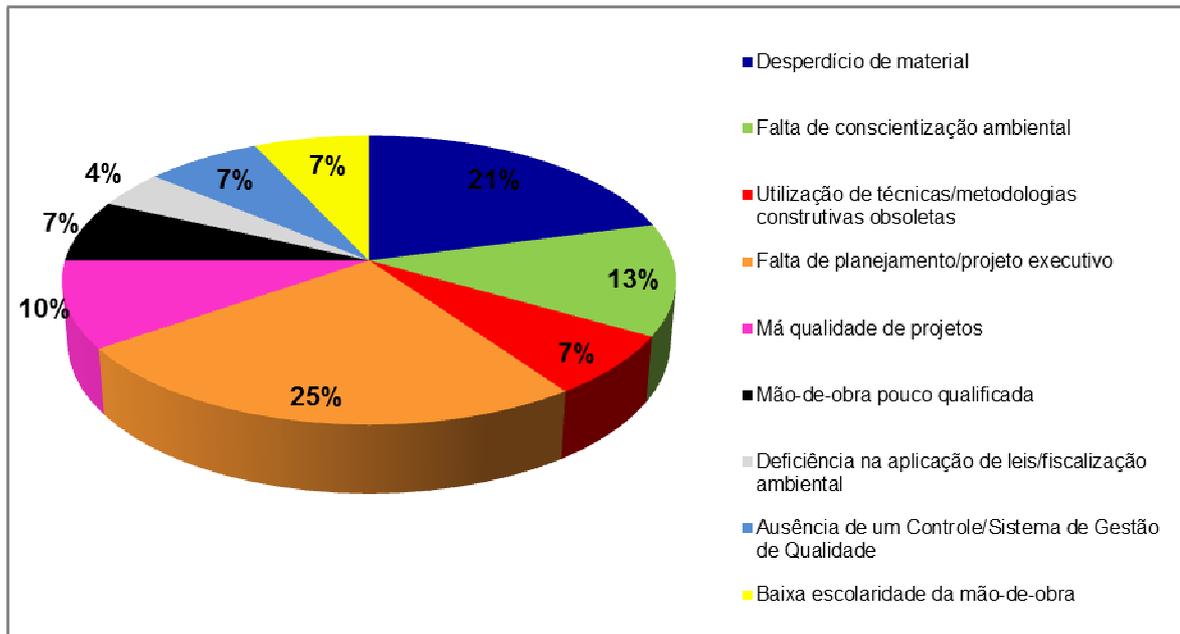


Figura 19 – Gráfico representativo das respostas à pergunta “Quais são os principais fatores que contribuem para a elevada geração de resíduos sólidos?”

4.3 Comparação do resultado da pesquisa através de questionário com a realidade encontrada nas obras estudadas

Dos profissionais consultados, a maioria ocupa cargos de liderança. Buscou-se consultar profissionais que atuassem nas áreas de Planejamento, Projeto e Execução da obra, o que foi alcançado, estando os mesmos divididos nas áreas Comercial, Diretoria e Gerência Técnica, Gerência e Engenharia de Produção (campo), Projeto e Planejamento, Gerência de Contrato da Obra e Arquitetura.

No que se refere ao tempo de experiência, 70% dos profissionais consultados possuem mais de 10 anos de experiência. Nas obras estudadas, verificou-se que as equipes possuíam profissionais menos experientes na Produção e Projeto e mais experientes como Gerentes de Planejamento e de Contrato (liderança máxima na obra).

Em relação ao conhecimento sobre sistemas de certificação relacionados à construção sustentável, o LEED o qual foi adotado em duas das obras estudadas (C e D), foi apontado como o mais conhecido, o que já era esperado tendo em vista ser a certificação nessa área mais utilizada no Brasil. A maioria dos profissionais entendem como benefícios de se aplicar os sistemas de certificação as vantagens

ambientais e sociais (figura 13), o que foi verificado nas obras C e D. No entanto, alguns profissionais consideram como principais as vantagens econômicas e o marketing, demonstrando a falta de preocupação com as questões ambientais.

A implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação foi citada pela maioria dos profissionais consultados como uma contribuição para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios, o que foi corroborado pelo resultado encontrado na obra C. Na obra D, acredita-se que o principal fator para a elevada geração de resíduos está relacionado à etapa de demolição da estrutura existente anteriormente no terreno.

Como resultado da pesquisa através do questionário, o entulho foi o resíduo com maior frequência de indicação pelos profissionais, seguido por sobras de madeira e solo de escavação. Nas obras estudadas, foi verificado que o solo foi o resíduo mais gerado seguido do entulho, resíduos não recicláveis, sucata metálica e madeira, demonstrando um certo conhecimento dos profissionais da construção civil sobre a geração de resíduos nas obras.

As fases de escavação, alvenaria, estrutura, acabamento e fundação foram as mais citadas na questão da geração de resíduos. Não foi possível realizar uma comparação com as obras estudadas, tendo em vista que duas delas não estavam concluídas e que não foram disponibilizados os cronogramas executivos de todas as obras.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa apresentou os dados da geração de resíduos em quatro obras, sendo que duas implementaram práticas para obtenção da certificação LEED. Através da análise dos resultados, foi possível verificar uma redução da geração de resíduos em uma das obras com premissas do LEED. No entanto, não foi possível relacionar essa redução com a pontuação obtida nas obras C e D na certificação LEED, uma vez que o processo de obtenção da certificação ainda não se encontrava concluído durante o período de realização do presente estudo.

Verificou-se que o solo de escavação foi o material mais gerado nas obras, sendo reaproveitado para aterro na área da obra ou encaminhado para áreas licenciadas com a mesma finalidade. O volume gerado de solo ficou bem acima da geração dos demais resíduos. Considerando que esse solo foi reaproveitado e que a necessidade de retirada do solo escavado se dá em função das características do terreno e não é influenciado pela existência ou não de um sistema de gestão ambiental na obra, optou-se por desconsiderar o volume gerado desse resíduo em todas as obras.

Desconsiderando o solo, o entulho foi o resíduo mais gerado em todas as quatro obras, seguido pela sucata metálica, resíduos não recicláveis e madeira. Os resíduos de papel/papelão, vidro e plástico apresentaram um pequeno índice comparado ao total. A presença de resíduos perigosos (solo contaminado, latas de tintas, material com óleo, etc.) foi relativamente baixa na composição dos resíduos gerados nas obras estudadas no presente trabalho, com exceção da obra C que apresentou um índice de $7,99 \text{ kg/m}^2$. Esse índice pode ser atribuído a um possível melhor gerenciamento desse resíduo.

A obra C apresentou o menor índice total de resíduos ($119,23 \text{ kg/m}^2$) entre as quatro obras, evidenciando um sistema de gestão ambiental eficiente, em função do processo de obtenção da certificação LEED. No entanto, a obra D apresentou o maior índice ($510,56 \text{ kg/m}^2$) das quatro obras, podendo esse alto índice ser atribuído à etapa de demolição da edificação existente anteriormente. Analisando as duas obras concluídas até o fim dessa pesquisa (A e C), nota-se uma redução no índice de massa de resíduos por metro quadrado de área construída da obra C que está buscando a certificação LEED em torno de 2,5 vezes do que a obra A. Esse

resultado reforça a questão de uma melhor eficiência no gerenciamento de resíduos em obras que estão em processo de obtenção da certificação LEED. No entanto, não pode ser generalizado uma vez que a unidade amostral foi pequena.

O índice total de resíduos (kg/m^2) na obra A ficou muito próxima da média nacional encontrada na literatura, já a obra B apresentou um índice quase duas vezes menor de que a média, no entanto, como essa obra não está concluída, há a possibilidade do índice total após a conclusão da obra se aproximar da média nacional. Ressalta-se que a obra C que se encontra em processo de obtenção da certificação LEED apresentou um resultado ($119,23 \text{ kg/m}^2$) muito próximo da média encontrada em países desenvolvidos, demonstrando uma gestão ambiental mais eficaz no que se refere à redução da geração de resíduos, comparado com as obras que não adotam as premissas dessa certificação. A obra D foi a única que apresentou um índice ($510,56 \text{ kg/m}^2$) acima da média nacional, o que está sendo atribuído a fase de demolição da estrutura existente anteriormente no terreno onde foi gerado um grande volume de entulho.

Na análise dos dados da geração de resíduos encontrados nas quatro obras e o número de funcionários durante a fase de pico das obras, foi verificado na obra D que possuiu o menor efetivo entre as quatro obras, o maior índice de resíduos de papel, cuja maior contribuição é oriunda das atividades de escritório. Comparando-se o índice de papel nas quatro obras, verificou-se que a obra C, cujo efetivo de funcionários foi o maior entre as obras, obteve o segundo maior índice, seguido das obras A e B, que apresentaram um efetivo de 1010 e 400 colaboradores, respectivamente. Em relação aos resíduos não recicláveis (principalmente compostos por resíduos orgânicos, embalagens de alimentos e resíduos de banheiro), na obra A que contou com o maior efetivo maior de trabalhadores, foi verificado o maior índice. No entanto, não se pode caracterizar como um padrão, visto que nas demais obras o índice não apresentou relação direta com o efetivo. Na obra D que possuiu o menor número de colaboradores, verificou-se o segundo maior índice e a obra B que teve um efetivo cerca de 60% inferior à obra A, apresentou um índice mais elevado que a mesma. Dessa forma, conclui-se que o número de funcionários na obra não pode por si só ser considerado como um fator determinante para a geração de alguns tipos de resíduos, uma vez que é altamente influenciado pelo gerenciamento desses resíduos.

Na pesquisa realizada através de questionário, em relação a formação acadêmica (figura 8) 68% dos profissionais são engenheiros civis e 10% arquitetos, o que representou a maioria. Desses, 19% ocupam cargo de Gerente/Engenheiro de Produção (campo), 11% de Gerente/Engenheiro de Planejamento, 10% de Gerente de Contrato da Obra, 10% Engenheiro Orçamentista/Comercial, 8% de Arquiteto e 8% Gerente/Engenheiro de Projeto, atingindo assim o objetivo em relação ao foco dos profissionais a serem consultados.

O LEED, certificação estudada nesse trabalho, foi apontada como a mais conhecida pelos profissionais consultados, o que já era esperado tendo em vista ser a certificação nessa área mais utilizada no Brasil.

A implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação foi citada pela maioria dos profissionais como uma contribuição para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios. Comparando com o resultado encontrado no presente estudo, essa resposta foi corroborada pelo resultado encontrado na obra C, que está em processo de obtenção da certificação LEED. Como benefícios de se aplicar os sistemas de certificação as vantagens ambientais e sociais foram as mais citadas, o que foi confirmado nas obras C e D.

O entulho foi o resíduo com maior frequência de indicação pelos profissionais nas respostas ao questionário, seguido por sobras de madeira e solo de escavação. Nas obras estudadas, foi verificado que o solo foi o resíduo mais gerado seguido do entulho, resíduos não recicláveis, sucata metálica e madeira, demonstrando um certo conhecimento dos profissionais da construção civil sobre a geração de resíduos nas obras.

Assim sendo, conclui-se que os profissionais da construção civil, de uma forma geral, apresentam um certo conhecimento quanto a construções sustentáveis e geração de resíduos em obras de edificação. No entanto, a realidade normalmente encontrada nas obras demonstra que não necessariamente o conhecimento é implementado, o que pode ser corroborado com o grande desperdício de material verificado nas obras estudadas.

Sugere-se para trabalhos futuros um estudo mais aprofundado quanto a redução da geração de resíduos em obras LEED comparado com obras tradicionais, tendo em vista que das duas obras estudadas que estão em processo de obtenção dessa certificação, uma delas encontrava-se em fase inicial e não pode ser totalmente avaliada. Além disso, as obras estudadas sem certificação não se

encontram dentro da realidade das obras tradicionais brasileiras, uma vez que contam com um diferencial, que é a presença de um setor de meio ambiente. Dessa forma, recomenda-se para trabalhos futuros um estudo entre obras tradicionais de edificações com obras com certificação LEED, a fim de buscar um resultado mais concreto sobre a influência da certificação na redução da geração de resíduos e ainda associando a geração de resíduos por etapas construtivas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004. Resíduos Sólidos: Classificação*. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15112. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD*. 2004a.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15113. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação*. 2004b.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15114. Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação*. 2004c.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos*. 2004d.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural*. 2004e.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR ISO 14001. Sistema de Gestão Ambiental*. Disponível em <http://abnt.org.br>. Acesso em 07 de agosto de 2011.
- AQUA. Alta Qualidade Ambiental. Fundação Vanzolini. Brasil, 2007. Disponível em http://www.vanzolini.org.br/conteudo-77.asp?cod_site=77&id_menu=758. Acesso em 09 de outubro de 2011.
- ALMEIDA, F. *O bom negócio da sustentabilidade*. Nova Fronteira, 2002.
- AULICINO, P. *Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: o caso dos conjuntos habitacionais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2008.
- BOGADO, J. G. M. *Aumento da Produtividade e Diminuição de Desperdícios na Construção Civil: um estudo de caso – Paraguai*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis, SC. 1998.
- BRASIL. *Decreto-Lei nº1413, de 14 de agosto de 1975*. Estabelece o controle da poluição no meio ambiente provocada por atividades industriais. Brasília, 1975.

BRASIL. *Lei nº938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, 1981.

BRASIL. *Lei nº12305, de 02 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, 2010.

BRASIL. *Protocolo de Quioto*. Ministério da Ciência e Tecnologia. 2011. Disponível em http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12425.pdf. Acesso em 12 de outubro de 2011.

BRASIL. *Procel Edifica: Eficiência Energética nas Edificações*. Ministério de Minas e Energia. Eletrobrás. Brasília, 2011a. Disponível em: <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp>. Acesso em: 21 de agosto 2011.

BRASIL. *Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat*. Ministério das Cidades. 2011b. Disponível em <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/index.php>. Acesso em 05 de outubro de 2011.

BREEAM. Building Research Establishment Environmental Assessment Method – *BREEAM Multi-Residential – Accessor Manual*. Reino Unido, 2008. Disponível em: http://www.breeam.org/filelibrary/SD5064_2_0_BREEAM_Multi-Residential_2008.pdf. Acesso em 09 de outubro de 2011.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. *Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento*. 2.ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. *Guia de Sustentabilidade na Construção*. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL. *Guia Selo Casa Azul. Boas práticas para habitação mais sustentável*. JOHN, V. M. e PRADO, R. T. A. (coord.). São Paulo: Páginas e Letras - Editora e Gráfica. 2010.

CARVALHO, J. Green Building Council quer adequar LEED à realidade brasileira. *Revista Técnica*, 2007: 62-65.

CASBEE. Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency – *CASBEE for New Construction – Technical Manual*. Japan, 2008. Disponível em: http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/download/CASBEE-NCe_2008manual.pdf. Acesso em 09 de outubro de 2011.

CEBDS. *Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em <http://www.cebds.org.br>. Último acesso em 03 de outubro de 2011.

CIB. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. *Agenda 21 on sustainable construction*. CIB Report Publication nº237. Rotterdam, 1999.

CIB. *Agenda 21 para a construção sustentável*. Tradução de: Agenda 21 on sustainable construction. CIB Report Publication 237. EDUSP-USP, São Paulo, 2000.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº35, de 7 de janeiro de 1998*: Classificação dos resíduos, para melhor gerenciamento das importações. Janeiro, 1998.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº307, de 5 de julho de 2002*: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Julho, 2002.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº348, de 16 de agosto de 2004*: Altera a Resolução CONAMA nº307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Agosto, 2004.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº431, de 24 de maio de 2011*: Altera a Resolução CONAMA nº307, de 5 de julho de 2002, estabelecendo nova classificação para o gesso. Maio, 2011.

CORRÊA, L. R. *Sustentabilidade na Construção Civil*. Monografia do Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia. UFMG. Belo Horizonte, MG. 2009.

DEGANI, C. M. *Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2003.

FILHO, J. D.; BANDEIRA, A. A.; BARRETO, I. M. C. N. e AGRA, L. G. S. A. *Avaliação da composição e quantidade dos resíduos sólidos da construção civil de Aracaju-Sergipe-Brasil*. Anais VIII Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2006.

FREITAS, I. M. *Os resíduos de construção civil no município de Araraquara/SP*. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Centro Universitário de Araraquara. UNIARA. Araraquara, SP. 2009.

GAEDE, L. P. F. *Gestão dos Resíduos da Construção Civil no Município de Vitória-ES e normas existentes*. Monografia de Conclusão de Curso de Especialização em Construção Civil. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Escola de Engenharia. UFMG. Belo Horizonte, MG. 2008.

GBC BRASIL. *Guia para uma obra mais verde*. Green Building Council Brasil. 2ª edição. CASADO, M. e FUJIHARA, M. C. (coord.). 2010.

GB TOOL. Green Building Tool – *SBTool 07*. Canadá, 2007. Disponível em: <http://www.iisbe.org/sbtool>. Acesso em 10 de outubro de 2011.

GEHLEN, J. *Construção da sustentabilidade em canteiro de obras: um estudo no DF*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília/DF. 2008.

GUERRA, J. S. *Gestão de Resíduos da Construção Civil em Obras de Edificações*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco. Recife, PE. 2009.

HQE ASSOCIATIONS. França. 2010. Disponível em <http://assohqe.org/hqe/spip.php?rubrique9>. Acesso em 03 de outubro de 2011.

IBAM. Instituto Brasileiro de Administração Municipal. *Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos*. Coord.: MONTEIRO, J. H. P. e ZVEIBIL, V. Z. Rio de Janeiro. 2001.

INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Gerenciamento de Resíduos. Disponível em <http://www.inea.rj.gov.br/fma/gerenciamento-residuos-manifesto.asp>. Acesso em 12 de outubro de 2011.

IPT. INSTITUTO BRASILEIRO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. São Paulo. 1995.

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

JOHN, V. M.; SILVA, V. G. e AGOPYAN, V. *Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro*. Encontro Nacional e I Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, RS. 2001.

LEFF, Enrique. *Saber Ambiental. Sustentabilidade, Racionalidade, Complexidade, Poder*. Vozes/PNUMA. Petrópolis, RJ. 2001.

LEED. Leadership in Energy e Environmental Design. *LEED for New Construction v.3*. U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. USA, 2009. Disponível em <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5546>. Acesso em 05 de outubro de 2011.

MARIANO, L. S. *Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil com reaproveitamento estrutural: estudo de caso de uma obra com 4.000 m²*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2008.

MOTTA, S. R. F. e AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações. *Gestão & Tecnologia de Projetos*. Vol. 4, n.1, Maio de 2009.

NABERS: National Australian Buildings Environmental Rating System – *NABERS for Home*. Austrália, 2010. Disponível em: <http://www.nabers.com.au/home.aspx>. Acesso em 11 de outubro de 2011.

NOBILE, A. A. Diretrizes para a sustentabilidade ambiental em empreendimentos habitacionais. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2009.

OLIVEIRA, R. N. Certificação Ambiental na Construção Civil - LEED. Monografia de Bacharelado em Engenharia Civil. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, SP. 2009.

PICCHI, F. A. *Sistemas da Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios*. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

PICCHI, F. A. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, Volume 03, nº 01, p. 7-23. 2003.

PICOLLI, R.; KERN, A. P.; GONZÁLEZ, M. A. e HIROTA, E. H. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. *Revista Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, jul./set. 2010.

PINHEIRO, M. D. *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente. Portugal. 2006. Disponível em http://www.lidera.info/resources/ACS_Manuel_Pinheiro.pdf. Acesso em 20 de agosto de 2011.

PINTO, T. P. *Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana*. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 1999.

REVISTA SUSTENTABILIDADE. Gesso passa ser considerado resíduo reciclável. 2011. Disponível em <http://www.revistasustentabilidade.com.br/blogs/blog-da-redacao/gesso-passa-ser-considerado-residuo-reciclavel>. Acesso em 17 de outubro de 2011.

RIO DE JANEIRO (Município). *Resolução SMAC nº387, de 24 de maio de 2005*. Disciplina apresentação de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – RCC. Rio de Janeiro. 2005.

RODRIGUES, M. C.; DUARTE, G. C.; SOUZA, M. C. R. X. e VIEIRA, P. F. J. G. *A aplicação da ferramenta de certificação Leed para avaliação de edifícios sustentáveis no Brasil*. In: Congresso Latino-Americano da Construção Metálica. São Paulo, SP. 2010.

SACHS, I. *Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond. 2002.

SANTO, H. M. I. do E. S. *Procedimentos para uma certificação da construção sustentável*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Nova de Lisboa. Portugal. 2010.

SILVA, V. G. *Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: diretrizes e base metodológica*. Tese de Doutorado em Engenharia. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2003.

SILVA, V. G. *Metodologias de Avaliação de Desempenho Ambiental de Edifícios: estado atual e discussão metodológica*. Campinas: UNICAMP, 2007. Projeto Finep 2386/04: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.

SINDUSCON-SP. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SINDUSCON-SP*. PINTO, T. P. (coord.). São Paulo, SP. 2005.

SJÖSTRÖM, C. *Durability and sustainable use of building materials*. In: Sustainable use of materials. J.W. Llewellyn e H. Davies editors. London BRE/RILEM. 1992.

SOIBELMAN, L. *As perdas materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS. Porto Alegre, RS. 1993.

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

TOZZI, R. F. *Estudo da influência do gerenciamento na geração dos resíduos da construção civil (RCC) – estudo de caso de duas obras em Curitiba/PR*. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2006.

UNDESA. United Nations Department of Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development. 2004. Disponível em http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POI_PD.htm. Acesso em 05 de outubro de 2011.

UNEP. *Building and Climate Change: Status, Challenges and Opportunities*. United Nations Environment Programme. 2007. Disponível em: <http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx0916xPA-BuildingsClimate.pdf>. Acesso em 17 de outubro de 2011.

US GREEN BUILDING COUNCIL (USGBC). *LEED (Leadership and Energy & Environmental Design): Green Building Rating System – version 3*. 2011. Disponível em www.usgbc.org. Acesso em 25 de julho de 2011.

UWAI, M. S. *Custos de implantação e operação de um sistema de coleta de pequenos volumes de RCC*. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento. Universidade Estadual de Londrina. 2009.

WBCSD. *World Business Council for Sustainable Development*. Disponível em <http://www.wbcsd.org>. Acesso em 02 de outubro de 2011.

BIBLIOGRAFIA

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. São Paulo, 202 p.. 2010.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L. de; VERAS Jr., M. S.; PORTO, M. F. do A.; NUCCI, N. L. R.; JULIANO, N. M. de A. e EIGER, S. *Introdução à Engenharia Ambiental*. Ed. Pearson Education do Brasil, 1ª edição, p.216. 2004.

CHUNG, S.S. e LO, C. H. *Evaluation sustainability in waste management: the case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong*. Resources, Conservation and Recycling, n.37, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Agenda 21 Brasileira – Bases para discussão*. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: outubro de 2011.

MONTIBELLER, G. F. Ecodesenvolvimento e Desenvolvimento Sustentável – Conceitos e Princípios. Textos de Economia, Florianópolis, v. 4, a. 1, p. 131-142. 1993.

SALSA, C. 2009. *Geração de resíduos de construção civil: desafios e soluções*. Portal EcoDebate. Disponível em <http://www.ecodebate.com>. Acesso em 18 de maio de 2010.

SILVA, V. G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. *Qualidade na construção*, São Paulo, n 25, p. 14-22. 2000.

GLOSSÁRIO

Act	Agir
American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers	Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar condicionado
American Society for Testing and Materials	Sociedade Americana para Testes e Materiais
Building Environmental Performance Assessment Criteria	CrITÉrios de AvaliaÇão do Desempenho Ambiental na ConstruÇão
Building Information Modeling	Modelagem de Informação de ConstruÇão
Building Research Establishment	Estabelecimento de Pesquisa na ConstruÇão
Building Research Establishment Environmental Assessment Method	Método de AvaliaÇão Ambiental de Estabelecimento de Pesquisa na ConstruÇão
Check	Verificar
Comprehensive Assessment System of Building Environmental Efficiency	Sistema de AvaliaÇão Abrangente de EficiênciA Ambiental na ConstruÇão
Department of Energy	Departamento de Energia
Design for environment	Projeto para o meio ambiente
Do	Fazer
Environmental Performance Index	Índice de Desempenho Ambiental
Green Building	Edifício Verde
Green Building Challenge	“Desafio” do Edifício Verde
Green Building Tool	Ferramenta do Edifício Verde
Haute qualité environnementale	Alta Qualidade Ambiental

International Council for Research and Innovation in Building and Construction	Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Edifício e na Construção
Intergovernmental Panel on Climate Change	Painel de Mudanças Climáticas da ONU
International Union for Conservation Nature	União Internacional para a Conservação da Natureza
International Initiative for Sustainable Built Environmental	Iniciativa Internacional para Ambiente Construído Sustentável
Japan Sustainability Building Consortium	Consórcio Japonês de Sustentabilidade em Edifícios
Leadership in Energy and Environmental Design	Liderança em Energia e Design Ambiental
National Australian Building environmental Rating System	Sistema Nacional Australiano de Avaliação Ambiental de Edifícios
National Institute of Standards and Technology	Instituto Nacional de Padrões e Tecnologias
Plan	Planejar
Qualité Environnementale du Bâtiment	Qualidade Ambiental da Construção
Système de Management de l'Opération	Sistema de Gestão Operacional
Stakeholders	Partes interessadas
United Nations Environment Programme	Programa Ambiental das Nações Unidas
United States Green Building Council	Conselho de Edifícios Verdes dos Estados Unidos
United States Environmental Protection Agency	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
World Business Council for Sustainable Development	Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável

APÊNDICE 1 - Questionário



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
 Centro de Tecnologia e Ciências
 Faculdade de Engenharia
 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
 Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental



PESQUISA DE MESTRADO

Mestranda: Tathiana Cardoso Pacheco
 Orientadora: Dra. Elisabeth Ritter
 Co-Orientadora: Dra. Camille Mannarino

ESTA PESQUISA TEM COMO OBJETIVO AVALIAR A PERCEPÇÃO AMBIENTAL DOS PROFISSIONAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COM FOCO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.

1) Qual a sua formação acadêmica?

Resposta:

2) Qual a função/cargo que exerce no emprego atual?

Resposta:

3) Quanto tempo tem de experiência na sua área?

1 a 5 anos

10 a 15 anos

5 a 10 anos

mais de 15 anos

4) Na sua atividade profissional, aplica algum procedimento que considere fazer parte do conceito de Construção Sustentável?

Sim

Não

5) Considera que a implantação de práticas de Sustentabilidade Ambiental produz benefícios diretos no processo de concepção e/ou construção de edifícios?

Sim

Não

6) Quais as 2 principais vantagens existentes em se aplicar sistemas de certificação ambiental em projetos e/ou construção de edifícios?

Econômicas

Qualidade

Ambientais

Sociais

Marketing

7) Entre os sistemas de certificação indicados, assinale os que conhece e que considera serem os mais aplicáveis à Construção Sustentável?

- BEPAC (Canadá) HQE (França)
 BREEAM (R. Unido) LIDERA (Portugal)
 LEED (EUA) NABERS (Austrália)
 CASBEE (Japão) Outro

8) Considera que a implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação (por exemplo LEED) contribui para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios?

- Sim Não

9) Quais os 3 tipos de resíduos sólidos considera ter uma maior geração (volume) em uma obra de construção de edifícios?

- Gesso Resíduo de saúde
 Entulho Sobras de madeira
 Orgânico Solo de escavação
 Vidro Sucata metálica
 Plástico Lixo comum (não reciclável)
 Resíduo perigoso (embalagens de óleo, tinta, solo contaminado, lâmpadas, etc..)

10) Na sua opinião, qual (is) é(são) o(s) maior(es) benefício(s) da implementação de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos para uma obra de construção de edifícios?

Resposta:

11) Na sua opinião, qual(is) a(s) fase(s) da obra que gera(m) mais resíduos sólidos?

- Escavação Terraplanagem
 Fundação Instalações elétricas e hidráulicas
 Estrutura Acabamento
 Alvenaria Outro (Especificar: _____)

12) Na sua opinião, quais são os principais fatores que contribuem para a elevada geração de resíduos sólidos?

Resposta:

APÊNDICE 2 - Respostas do Questionário

1) Qual a sua formação acadêmica?

Engenharia Civil	35
Administração de empresas	2
Economia	1
Engenharia Mecânica	3
Engenharia Civil/Segur. do Trab.	4
Arquitetura e Urbanismo	5
Engenharia Elétrica	1

2) Qual a função/cargo que exerce no emprego atual?

Diretor técnico	3
Gerente de Contrato da Obra	5
Gerente / Eng. de Planejamento	6
Gerente/Eng. de Projeto	4
Eng. de Segurança do Trabalho	2
Gerente / Eng. Civil de Produção	10
Gerente Administ./Financeiro	4
Eng. Orçamentista/Comercial	5
Eng. de Controle Tecnológico	1
Gerente de SMS	3
Gerente/Eng.Mecânico	2
Gerente Técnico	1
Arquiteto	4
Estagiário	1

3) Quanto tempo tem de experiência na sua área?

1 a 5 anos	7
5 a 10 anos	8
10 a 15 anos	13
mais de 15 anos	23

4) Na sua atividade profissional, aplica algum procedimento que considere fazer parte do conceito de Construção Sustentável?

Sim	42
Não	9

5) Considera que a implantação de práticas de Sustentabilidade Ambiental produz benefícios diretos no processo de concepção e/ou construção de edifícios?

Sim	49
Não	1
Não respondeu	1

6) Quais as 2 principais vantagens existentes em se aplicar sistemas de certificação ambiental em projetos e/ou construção de edifícios?

Econômicas	14
Ambientais	50
Marketing	9
Qualidade	11
Sociais	18

7) Entre os sistemas de certificação indicados, assinale os que conhece e que considera serem os mais aplicáveis à Construção Sustentável?

BEPAC (Canadá)	0
BREEAM (Reino Unido)	5
LEED (EUA)	30
CASBEE (Japão)	0
HQE (França)	1
LIDERA (Portugal)	1
NABERS (Austrália)	0
Outro	8
Nenhum	13

8) Considera que a implantação de práticas para atendimento à requisitos de uma certificação (por exemplo LEED) contribui para a redução da geração de resíduos sólidos nas obras de construção de edifícios?

Sim	41
Não respondeu	10

9) Quais os 3 tipos de resíduos sólidos considera ter uma maior geração (volume) em uma obra de construção de edifícios?

Gesso	8
Entulho	46
Orgânico	3
Vidro	0
Plástico	3
Resíduo perigoso	10
Resíduo de saúde	0
Sobras de madeira	35
Solo de escavação	27
Sucata metálica	2
Lixo comum (não reciclável)	10

10) Na sua opinião, qual (is) é(são) o(s) maior(es) benefício(s) da implementação de um Sistema de Gerenciamento de Resíduos para uma obra de construção de edifícios?

Preservação do meio ambiente/recursos naturais	12
Maior reaproveitamento de resíduos	15
Organização e limpeza da obra	8
Redução dos impactos ambientais	10
Tratamento/destinação adequada aos resíduos	8
Redução de custos/gastos	12
Conscientização ambiental - multiplicadores de conhecimento	10
Redução do desperdício de material	9
Sustentabilidade	2
Redução da geração de resíduos	8
Não respondeu	2
Melhoria nas condições de saúde dos trabalhadores	4
Responsabilidade social	3
Melhoria na imagem do empreendimento perante as partes interessadas - clientes, órgãos ambientais	4

11) Na sua opinião, qual(is) a(s) fase(s) da obra que mais gera(m) mais resíduos sólidos?

Escavação	39
Fundação	15
Estrutura	25
Alvenaria	26
Terraplanagem	3
Instalações elétricas e hidráulicas	3

Acabamento	23
Outro – demolição	2
Não respondeu	1

12) Na sua opinião, quais são os principais fatores que contribuem para a elevada geração de resíduos sólidos?

Desperdício de material	14
Falta de conscientização ambiental	8
Utilização de técnicas/metodologias construtivas obsoletas	5
Falta de organização nas áreas de trabalho	2
Falta de planejamento/projeto executivo	17
Ritmo acelerado da obra	1
Má qualidade de projetos	6
Retrabalhos	2
Mão-de-obra pouco qualificada	5
Falta de treinamento	2
Desconhecimento da correta destinação de resíduos	2
Falta de recursos para o Gerenciamento de Resíduos	1
Não respondeu	3
Deficiência na aplicação de leis / fiscalização ambiental	3
Ausência de um Controle/Sistema de Gestão de Qualidade	5
Constantes alterações do projeto	2
Falta de comprometimento dos envolvidos	2
Falta de local para segregação e estocagem dos resíduos	1
Baixa escolaridade da mão-de-obra	5
Falta de conhecimento no assunto dos líderes de equipe (engenheiros, mestres e	1
Má utilização dos recursos	1
Desconhecimento de novas tecnologias e materiais	2
Falta de incentivo político	2

ANEXO 1 - Modelo de Manifesto de Resíduos

① RESÍDUO		N. RESÍDUO	② QUANTIDADE	
			Toneladas /	m ³
③ ESTADO FÍSICO		④ ORIGEM		
<input type="checkbox"/> Sólido <input type="checkbox"/> Semi-sólido <input type="checkbox"/> Líquido				
⑤ ACONDICIONAMENTO		⑥ PROCEDÊNCIA		⑦ TRATAMENTO / DISPOSIÇÃO
<input type="checkbox"/> Tambor de 200 lts. <input type="checkbox"/> Sacos plásticos <input type="checkbox"/> Bombona ____ (lts) <input type="checkbox"/> Fardos <input type="checkbox"/> Caçamba <input type="checkbox"/> Ornel <input type="checkbox"/> Tanque ____ (m ³) <input type="checkbox"/> Big-bags <input type="checkbox"/> Outros, especifique: _____		<input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Restaurante <input type="checkbox"/> Shopping/Mercados <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Clubes/Hotéis <input type="checkbox"/> Hospital <input type="checkbox"/> Outros, especifique: _____		<input type="checkbox"/> Aterro Sanitário <input type="checkbox"/> Reutilização <input type="checkbox"/> Aterro Industrial <input type="checkbox"/> Incorporação <input type="checkbox"/> Tratamento Biol./Fis.-Quí. <input type="checkbox"/> Incineração <input type="checkbox"/> Co-processamento <input type="checkbox"/> Estocagem <input type="checkbox"/> Outros, especifique: _____
EMPRESA / RAZÃO SOCIAL		N. INVENTÁRIO		⑬ DATA DA ENTREGA
ENDEREÇO				
MUNICÍPIO		UF RJ	TELEFONE	N. LICENÇA FEEMA
RESPONSÁVEL PELA EXPEDIÇÃO DO RESÍDUO		CARGO		CARIMBO E ASSINATURA DO RESPONSÁVEL
EMPRESA / RAZÃO SOCIAL				⑭ DATA DO RECEBIMENTO
ENDEREÇO				
MUNICÍPIO		UF	TELEFONE	N. LICENÇA FEEMA
RESPONSÁVEL PELA EMPRESA DE TRANSPORTE		VATURA	PLACA COMPLETA	
NOME DO MOTORISTA			CERTIFICADO DO INMETRO	
				ASSINATURA DO MOTORISTA
EMPRESA / RAZÃO SOCIAL				⑮ DATA DO RECEBIMENTO
ENDEREÇO				
MUNICÍPIO		UF	TELEFONE	N. LICENÇA FEEMA
RESPONSÁVEL PELO RECEBIMENTO DO RESÍDUO		CARGO		CARIMBO E ASSINATURA DO RESPONSÁVEL

⑬ Via - Conservar com o Gerador

1107 - A