

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

ALESSANDRA CARDOSO BERTOL
ANDRÉIA RAFFLER
JAQUELINE PIMENTEL DOS SANTOS

**ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL E AS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2013

ALESSANDRA CARDOSO BERTOL
ANDRÉIA RAFFLER
JAQUELINE PIMENTEL DOS SANTOS

ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE A GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E AS CARACTERÍSTICAS DAS OBRAS

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Projeto Final 2, do Curso Superior de Engenharia de Produção Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Curitiba, sede Ecoville, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. André Nagalli

CURITIBA

2013

RESUMO

BERTOL, Alessandra Cardoso; RAFFLER, Andréia e SANTOS, Jaqueline Pimentel dos. Análise da correlação entre a geração de resíduos da construção civil e as características das obras. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Produção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

O presente trabalho apresenta uma análise das relações existentes entre os métodos construtivos e características de obras na cidade de Curitiba e o volume de resíduos sólidos gerados durante as etapas construtivas. Na sequência do trabalho são apresentadas as principais citações da literatura, referentes a legislação, gestão e gerenciamento de resíduos de construção civil. Na metodologia, definem-se os passos que adotados para a coleta e processamento de dados para a análise das relações supracitadas. São apresentadas e discutidas as relações entre geração de resíduos segundo suas classes, de acordo com o tipo de fundação, estrutura e vedação utilizada nas obras, o impacto da existência ou não de certificações de qualidade na geração de resíduos e as relações existentes entre o volume de resíduos gerado e a área construída, número de pavimentos da obra, tempo de duração e quantidade de funcionários. Estas relações são apresentadas com gráficos e textos explicativos. Finalmente, são expressas as considerações finais das autoras.

Palavras-chave: RCD, RCC, geração de resíduos, resíduos da construção civil.

ABSTRACT

BERTOL, Alessandra Cardoso, RAFFLER, Andréia e SANTOS Jaqueline Pimentel dos, Analysis of Correlation Between Works Characteristics and Construction Waste Generation. Academic Department of Civil Construction. The Federal University of Technology – Paraná. Curitiba, 2013.

Good waste management on construction sites goes through a proper prognosis of waste generation. This prognosis is influenced by the works characteristics, as area, constructive method, number of employees, training level, etc. but how much is this influence is not very known. The objective of this study is to investigate the correlation between the amount of construction waste generated on construction sites and their constructive aspects/features. Through the research results it is possible to infer that even the same builder company, acting through different teams, presents significant differences in the management procedures (and waste generation, consequently) in their works. This is due mainly to the absence of effective waste management or standardization of procedures for waste management on construction sites.

Keywords: RCD, RCC, waste generation, construction waste.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Volume de resíduos (m^3) <i>versus</i> Classe de resíduo	38
Gráfico 2: Percentual de Resíduos por Classe de resíduos	40
Gráfico 3: Parcela média de resíduos por Classe de resíduos.....	41
Gráfico 4: Volume de resíduos por área construída (m^3/m^2) <i>versus</i> Classe de resíduos	42
Gráfico 5: Parcela dos tipos de fundação utilizados entre as obras analisadas	44
Gráfico 6: Volume de resíduos <i>versus</i> Tipo de fundação.....	45
Gráfico 7: Parcela do tipo de estrutura entre as obras analisadas	47
Gráfico 8: Volume de resíduos / Área construída <i>versus</i> Tipo de estrutura	48
Gráfico 9: Volume de resíduos Classes A e B / Área construída <i>versus</i> Tipo de Estrutura.....	49
Gráfico 10: Parcela dos tipos de vedação	51
Gráfico 11: Volume de resíduos / Área total construída <i>versus</i> Tipo de vedação	51
Gráfico 12: Volume de Resíduos Classe A / Área total construída <i>versus</i> Tipo de Vedação	52
Gráfico 13: Parcela de obras com certificação	54
Gráfico 14: Volume de Resíduos / Área Total Construída (m^3/m^2) <i>versus</i> Certificação	55
Gráfico 15: Volume de Resíduos / Área Total Construída (m^3/m^2) por Classes de Resíduos <i>versus</i> Certificação.....	57
Gráfico 16: Correlação do volume entre área construída, nº de pavimentos e duração da obra	58
Gráfico 17: Volume Total (m^3) <i>versus</i> Área Construída (m^2)	59
Gráfico 18: Volume Total (m^3) <i>versus</i> Duração da Obra (meses)	60
Gráfico 19: Volume Total (m^3) <i>versus</i> Nº de Pavimentos	61
Gráfico 20: Média de Funcionários <i>versus</i> Volume de Resíduos.....	61
Gráfico 21: Área Construída por mês <i>versus</i> Volume de Resíduos por Funcionário	62

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Composição média dos RCD em Natal – RN.....	16
Figura 2: Estrutura de gestão dos resíduos, conforme a Resolução CONAMA N° 307/02	19
Figura 3: Fluxograma da metodologia de pesquisa adotada.....	33
Figura 4: Relação percentual entre as Classes de resíduos para cada tipo de fundação estudada.....	46
Figura 5: Relação percentual entre as Classes de resíduos para cada tipo de estrutura estudada	50
Figura 6: Relação percentual entre as Classes de resíduos para cada tipo de vedação estudada.....	53
Figura 7: Relação entre volume de resíduos em obras com e sem certificação de qualidade.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Geração de resíduos de construção em cidades do estado de São Paulo	13
Tabela 2: Composição dos resíduos de construção e/ou demolição em diversas localidades (%).....	14
Tabela 3: Geração de resíduos por etapa de uma obra	30
Tabela 4: Etapas da obra, seus prováveis métodos construtivos e resíduos gerados.	31
Tabela 5: Resumo das obras analisadas	35
Tabela 6: Tipos de relação conforme R^2	36
Tabela 7: Média e desvio padrão do volume percentual de resíduos entre as obras	41
Tabela 8: Média e desvio padrão do volume de resíduos pela área construída entre as obras	42
Tabela 9: Índice de geração de resíduos / Área Construída	43

SUMÁRIO

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ	2
1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVOS	7
1.1.1 Objetivo Geral.....	7
1.1.2 Objetivos Específicos	7
1.2 JUSTIFICATIVAS.....	8
2 REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	9
2.1.1 Desenvolvimento Sustentável	9
2.1.2 Sustentabilidade Ambiental e a Construção Civil	10
2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	10
2.2.1 Geração de Resíduos.....	13
2.3 LEGISLAÇÃO SOBRE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	16
2.3.1 Legislação Federal	17
2.3.1.1 Conselho Nacional do Meio Ambiente e suas Resoluções	18
2.3.1.1.1 Resolução CONAMA nº307/02.....	18
2.3.1.1.2 Resolução CONAMA nº 348/04.....	20
2.3.1.1.3 Resolução CONAMA nº 431/11.....	20
2.3.1.1.4 Resolução CONAMA nº 448/12.....	20
2.3.2 Legislação Municipal	21
2.4 Normas Técnicas.....	22
2.5 SISTEMAS DE GESTÃO E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL	23
2.6 GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
2.7 ASPECTOS CONSTRUTIVOS.....	29
3 METODOLOGIA DA PESQUISA	33
3.1 COLETA INICIAL DE INFORMAÇÕES	34

3.2	COLETA DE DADOS SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS	35
3.3	PROCESSAMENTO DOS DADOS COLETADOS	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1	GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME SUAS CLASSES	37
4.2	GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME TIPO DE FUNDAÇÃO.....	43
4.3	GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME TIPO DE ESTRUTURA.....	47
4.3.1	Geração de Resíduos por Classe <i>versus</i> Tipo de Estrutura.....	48
4.4	GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME TIPO DE VEDAÇÃO	50
4.5	GERAÇÃO DE RESÍDUOS <i>VERSUS</i> CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE.....	54
4.6	Volume de Resíduos por Área Construída, Pavimentos e Duração da Obra 58	
4.7	Geração de Resíduos Conforme a Quantidade de Funcionários	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO PADRÃO PARA COLETA DE DADOS	71
	APÊNDICE 2 – PLANILHA DE PROCESSAMENTO DOS DADOS	72

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, é perceptível o aquecimento no setor da indústria da construção civil, que vem se tornando cada vez maior e mais presente nas grandes cidades, como Curitiba. A indústria da construção é conhecida por ser uma grande geradora de resíduos no processo de execução de seus produtos finais, as edificações. Ao longo do tempo, tornou-se comum a ideia de que estes resíduos são inevitáveis quando se trata de processos construtivos.

Por outro lado, assim como crescem os investimentos econômicos neste setor, cresce também a percepção e o interesse das empresas e órgãos públicos acerca dos impactos ambientais causados pela indústria da construção. Seguindo esta tendência, aumentam significativamente os incentivos no desenvolvimento de métodos de qualificação, quantificação e gerenciamento de resíduos de construção e demolição.

Surge então a necessidade de consolidar novos modelos de desenvolvimento, buscando sustentabilidade através de alternativas de utilização dos recursos existentes, orientadas por uma racionalidade ambiental, visando à preservação dos recursos naturais, bem como a correta destinação dos resíduos da construção civil. Cabe então aos empreendedores realizar um estudo no sentido de planejar a geração de resíduos, o que ainda não é prioridade. É necessário projetar e investir de forma a minimizar os descartes, escolhendo, por exemplo, métodos construtivos mais eficientes e menos poluidores, e não apenas os mais econômicos. A partir de estudos da geração atual de resíduos, pode ser possível reduzir quantidades geradas e planejar destinações adequadas para os resíduos provenientes das obras.

Financeiramente, para que seja possível prever os gastos, evitar desperdícios e atingir a excelência na gestão de resíduos de construção e demolição, é imprescindível que seja feita uma quantificação rigorosa dos resíduos gerados nos canteiros de obra.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a correlação entre a quantidade de resíduos de construção civil gerados em canteiros de obras na cidade de Curitiba, os aspectos construtivos e características específicas da construção.

1.1.2 Objetivos Específicos

A fim de se atingir este objetivo principal, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- i. Investigar as exigências legais e normativas concernentes aos resíduos da construção civil;
- ii. Selecionar obras de edificações verticais localizadas na cidade de Curitiba, com finalidade residencial, com métodos construtivos variados e que possam fornecer dados confiáveis acerca da geração de resíduos;
- iii. Listar as características das obras escolhidas, como área construída, número de pavimentos e tempo de duração;
- iv. Coletar os dados relacionados à geração de resíduos destas obras, com volumes e classificação dos materiais descartados;
- v. Confrontar os dados obtidos e avaliar a correlação entre os métodos construtivos utilizados nas obras e a geração de resíduos, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos;
- vi. Avaliar a correlação entre a geração de resíduos de construção civil e a quantidade de funcionários trabalhando no canteiro de obras;
- vii. Avaliar a correlação entre a geração de resíduos e a utilização de certificações.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Atualmente, existe uma preocupação muito grande com a escassez dos recursos naturais bem como de locais para destinação de resíduos provenientes da construção civil. Estes fatores, aliados à busca pelo desenvolvimento sustentável exigem que o setor da construção civil busque formas de reduzir seus resíduos, reutilizá-los ou reciclá-los.

Para Moreira (2010), a reciclagem pode parecer a melhor maneira encontrada para reduzir o impacto ambiental de resíduos, mas é preferível reduzir ao máximo o desperdício e reduzir assim demanda de consumo dos materiais, e dessa forma reduzir a necessidade de reciclagem.

Porém, segundo Pinto (1999), não é possível reduzir os impactos gerados pelos resíduos sólidos sem que seja constituída uma base sólida de dados, identificando precisamente as características dos componentes dos RSU (Resíduos Sólidos Urbanos), dos processos geradores e dos agentes envolvidos nas regiões das cidades.

No caso dos Resíduos da Construção Civil (RCC), para tornar possível a redução da quantidade, é preciso ter detalhes de como a atividade realizada no processo contribui para o montante final de resíduos da obra. Assim, correlacionar informações do método construtivo com seus respectivos resíduos, possibilita decisões da melhor forma de produção a ser utilizada ou então, já sabendo a quantidade a ser gerada com o método escolhido, planejar formas de reutilização e reciclagem dos resíduos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1.1 Desenvolvimento Sustentável

O termo sustentabilidade deriva do verbo *sustentar*. De acordo com Houaiss (2009), sustentar quer dizer “dar ou obter os recursos necessários à sobrevivência ou à manutenção” e “garantir e fornecer os meios necessários para a realização e continuação (de uma atividade)”, entre outros significados. A sustentabilidade se atinge por meio do desenvolvimento que une ao bem estar o equilíbrio sociocultural, econômico e ambiental (MOTTA, 2009). Tanto que, Elkington (1998) *apud* Borba (2009) define sustentabilidade como o “princípio que assegura que as ações de hoje não limitem o alcance das opções econômica, social e ambiental para as futuras gerações”.

Para que seja atingido o desenvolvimento sustentável, a preservação dos recursos naturais e uma melhor utilização destes é indispensável. A indústria tem o importante papel de incentivar a adoção de melhores práticas ambientais a fim de garantir a sustentabilidade, a partir do uso racional de matérias primas, energia e água (BORBA, 2009).

Segundo Cavalcanti (1996) *apud* Borba (2009), existe uma interdependência entre a sustentabilidade ambiental, social e econômica, sendo que uma delas não se aplica se as outras não forem implementadas. Este tripé é fundamental para que as empresas possam permanecer competitivas no mercado, assim como para a manutenção do equilíbrio funcional da sociedade, de acordo com a mesma autora.

2.1.2 Sustentabilidade Ambiental e a Construção Civil

A construção civil, para Moreira (2010), está no topo dos setores que mais causam impactos ambientais, e o volume de resíduos sólidos gerado causa grande preocupação, à medida que sua correta destinação traz altos custos para as administrações municipais.

Os RCC são gerados em alto volume, não possuem uma destinação adequada, impactam no ambiente das cidades e geram um ambiente propício para a proliferação de agentes transmissores de doenças, o que piora as condições de saneamento urbano. Além disso, há outros agravantes, como a falta de conhecimento a respeito do volume gerado, dos impactos causados por estes resíduos e dos custos sociais, inclusive de reaproveitamento deles (PINTO, 1999).

Mesmo que tardiamente conscientizado, o setor da construção civil tem agido decisivamente para que seus trabalhos agridas menos a natureza. A partir da década de 90 começaram a ser realizados estudos sistemáticos com apresentação de resultados mensuráveis, tais como a reciclagem, a redução de perdas e do uso de energia (OLIVEIRA, 2002).

De acordo com Motta (2009), atualmente a população mundial é concentrada em meios urbanos. Diversos problemas ambientais, muitos ainda desconhecidos, decorrem das alterações feitas na natureza para a construção de edificações e cidades. O que, conseqüentemente, tende a gerar maior preocupação da sociedade em relação à sustentabilidade ambiental das construções.

2.2 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para efeitos de definição, os resíduos sólidos são definidos na NBR 10004/04 da seguinte forma:

Resíduos nos estados sólido e semi sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de

esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004a).

Desde 2003, quando entrou em vigor a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a CONAMA nº 307/02, os municípios passaram a ter uma maior responsabilidade sobre o gerenciamento dos resíduos da construção civil, sendo obrigados a elaborar o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que no caso de Curitiba, foi chamado de Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e define o seguinte:

Resíduos da Construção Civil – RCC ou Resíduos da Construção e Demolição – RCD são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, entre outros, comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (CURITIBA, 2004).

Para Achillas *et al.* (2011), o volume de RCC causa grande preocupação por ser, atualmente, o maior dentre todos os resíduos gerados em áreas urbanas, além de que seus constituintes também podem ser danosos à saúde e ao meio ambiente, tais como materiais contaminantes, plásticos e derivados, entre outros. Isto traz muitas dificuldades para seu descarte correto, pois RCD quando despejados em locais impróprios, como florestas, córregos, barrancos ou em terrenos vazios, auxiliam na degradação do local, causando erosão, contaminando o solo, poços, lençóis freáticos e águas de superfície, contribuem para a ocorrência de enchentes, atraem pragas e geram riscos de incêndio, além de prejudicarem a beleza das áreas naturais.

Há ainda a dificuldades para reutilizar ou reciclar, pois o consumo energético é elevado, a legislação não estipula critérios de exigência e o gerador do resíduo, em sua grande maioria, não se preocupa com possíveis danos a serem causados, o que conseqüentemente, não o faz assumir qualquer responsabilidade sobre os resíduos gerados. Ademais, desconsiderando-se a necessidade do uso consciente e controlado de determinados resíduos, os impactos ambientais, causados pela extração da matéria-prima de fontes naturais e esgotáveis, podem ser irreversíveis (LI *et al.*, 2011).

A mudança dessa situação está na busca por novos sistemas de gestão de todos os resíduos sólidos urbanos. Para tanto será preciso o avanço de ações integradas que ataquem o conjunto dos problemas, incluindo soluções para os resíduos volumosos, que é o caso dos RCD (PINTO, 1999).

Essa mudança, citada por Pinto (1999), começou a ocorrer no ano de 2002, com a publicação da Resolução nº 307/02 do CONAMA, onde o Art. 4º diz que os geradores de resíduos deverão ter como objetivo prioritário a não geração destes, e, secundariamente, a redução, reutilização, reciclagem e disposição final.

Essa Resolução, complementada posteriormente pelas Resoluções Conama nº 431/11 e nº 448/12, também classifica os resíduos da seguinte forma:

- Classe A: resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B: resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e o gesso;
- Classe C: resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
- Classe D: resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas, demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

2.2.1 Geração de Resíduos na Construção Civil

Conforme John (2000), o setor da construção civil possui um papel gigantesco na transformação do meio em um ambiente adequado para toda a raça humana e suas complexas atividades econômicas. Nenhuma atividade realizada pelo homem dispensa um ambiente construído adequado, mesmo que seja com o mínimo de sofisticação: todos os edifícios e suas infraestruturas são um produto da construção civil. Essa relevância se reflete nos números, que mostram que o setor teve participação de 8,3% no PIB nacional em 2009 (FIESP, 2010).

Em suma, pode-se dizer que a tarefa social do setor é proporcional ao impacto ambiental por ele gerado (JOHN, 2000).

Conseqüentemente, essa extração de recursos da natureza e a transformação do meio trazem consigo outro ônus: a alta taxa de geração de resíduos, o que torna os resíduos de construção e demolição os maiores contribuidores para a poluição ambiental (LI *et al.*, 2011). Ainda há outros agravantes, e entre eles está o profundo desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam e dos custos sociais envolvidos (PINTO, 1999).

LI *et al.* (2011) relatam que, em Xangai, na China, por exemplo, estima-se que a quantidade gerada desses resíduos é de 21.100.000 toneladas/ano, que representam 45% do total de resíduos sólidos gerados.

A Tabela 1 mostra números apontados por estudos realizados em diversas cidades paulistas.

Tabela 1: Geração de resíduos de construção em cidades do estado de São Paulo

Município	Geração (ton/dia)	Participação em relação aos resíduos sólidos urbanos
São Paulo	17.240	55%
Guarulhos	1.308	50%
Diadema	458	57%
Campinas	1.800	64%
Piracicaba	620	67%
São José dos Campos	733	67%
Ribeirão Preto	1.043	70%
Jundiaí	712	62%
São José do Rio Preto	687	58%
Santo André	1.013	54%

Fonte: PINTO (2005)

Quanto à composição, segundo Achillas *et al.* (2011), os resíduos de construção e demolição incluem uma vasta gama de materiais, dependendo da sua fonte. Podem ser materiais de escavação (terra, areia, cascalho, pedras e barro), da construção e manutenção de estradas (asfalto, areia, cascalho e metais), de demolição (detritos como terra, cascalho, areia, tijolos, gesso, etc.) bem como muitos outros tipos de resíduos (madeira, plástico, papel, vidro, metal e pigmentos). Porém, quanto à origem dos resíduos gerados, Pinto (1999) descreve que há escassez de informações, desconhecendo-se a participação dos diversos agentes na produção das edificações urbanas.

A composição do RCD gerado também varia conforme a localidade da obra, devido às diversidades de tecnologia usada e de matéria-prima disponível. A madeira, por exemplo, é muito utilizada nas construções americanas e japonesas, e nem tanto nas construções europeias e brasileiras. Já o gesso é muito utilizado em construções da Europa e dos Estados Unidos, mas só agora vem sendo utilizado com maior frequência no Brasil (PINTO, 1999).

A Tabela 2 mostra a diversidade da composição dos resíduos em algumas localidades:

Tabela 2: Composição dos resíduos de construção e/ou demolição em diversas localidades (%)

(continua)

Composição Percentual	Composição dos RCD em obras brasileiras típicas	Composição típica RCD em Hong Kong	Composição típica RCD na Bélgica	Composição típica RCD em Toronto
Argamassas	64	--	--	--
Asfalto	--	2,2	--	--
Materiais asfálticos	--	--	10,2	--
Concreto	4,2	31,2	38,2	--
Alvenaria	--	--	45,2	--
Madeira	0,1	7,9	2,1	34,8
Entulho, agreg. e cerâmicos	--	--	--	24,1
Entulho	--	7,7	--	--
Blocos de concreto	0,1	0,8	--	--
Tijolos	18	5,2	--	--
Ladrilhos de concreto	0,4	--	--	--

(conclusão)

Composição Percentual	Composição dos RCD em obras brasileiras típicas	Composição típica RCD em Hong Kong	Composição típica RCD na Bélgica	Composição típica RCD em Toronto
Pedra	1,4	11,5	--	--
Areia	--	3,2	--	--
Cimento amianto	0,4	--	--	--
Gesso	--	--	0,2	--
Metais	--	3,3	0,2	7,7
Vidro	--	0,3	--	2,8
Papel cartão	--	--	--	4,3
Papel	--	--	--	3,5
Papel e orgânicos	0,2	--	--	--
Outros orgânicos	--	1,7	--	0,6
Plástico	--	--	0,4	2,5
Tubos plásticos	--	0,6	--	--
Acessórios	--	0,1	--	--
Finos	--	--	--	1,9
Outros mat. de construção	--	--	--	16,6
Solo	0,1	--	--	--
Lixo, solo e barro	--	23,8	--	--
Sucata	--	0,1	--	--
Outros	--	--	0,6	--
TOTAL	100	100	100	100

Fonte: PINTO (1999)

Conforme os dados da primeira coluna, nas obras brasileiras acontecem um processo de aproveitamento das aparas de materiais como papel, metálicos, plásticos e parte da madeira, que têm valor comercial imediato e serão encontrados nos resíduos de construção em quantidades menores que as realmente geradas (PINTO, 1999).

Já de acordo com Silva Filho (2005), 40% do entulho da construção civil é composto por solos, matéria orgânica e outros, como sacos de cimento, papel, latas de tinta e embalagens no geral. E pelas pesquisas feitas pelo autor em Natal – RN, os outros 60% apresentam a composição apresentada na Figura 1.

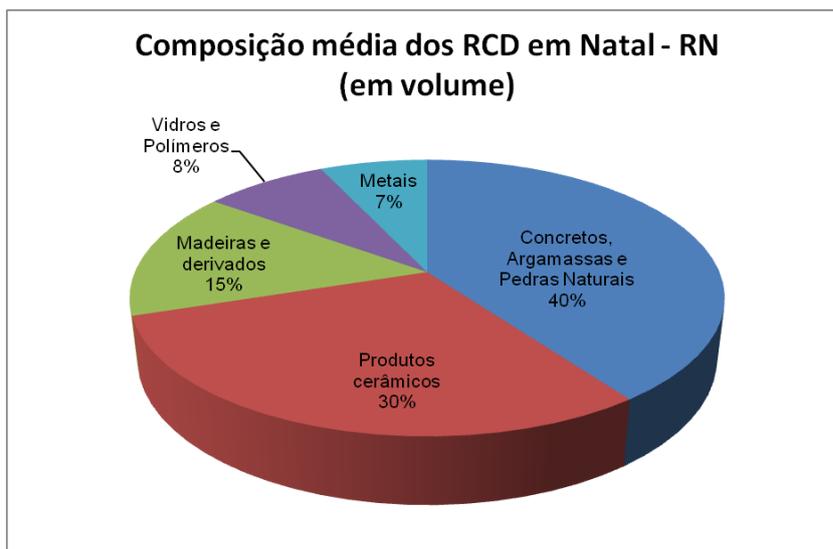


Figura 1: Composição média dos RCD em Natal – RN

Fonte: SILVA FILHO (2005)

Com uma estimativa de dados sobre percentuais de composição e tipo de resíduos, proposta por outras pesquisas já realizadas, torna-se possível a elaboração do projeto de gestão dos resíduos da obra, mesmo que ainda em fase de planejamento. Segundo Lima e Lima (2009), é importante que a concepção do projeto arquitetônico já tome decisões que levem a não geração de resíduos, como a escolha correta do material a ser usado e o sistema construtivo a ser adotado. Outra atitude que reduz a geração final de resíduo e deve ser levada em conta em fase inicial é o aperfeiçoamento do detalhamento do projeto, pois reduzirá as perdas por detalhamentos inexatos, da mesma forma que a compra desses materiais, quando feita de forma dispendiosa (LIMA; LIMA, 2009).

Para fins de estimativa, a média de resíduos produzidos nos países desenvolvidos permanece abaixo de 100Kg/m² de área construída, enquanto no Brasil esse índice pode alcançar até 300Kg/m² (NOVAES; MOURÃO, 2008).

2.3 LEGISLAÇÃO SOBRE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Como forma de auxílio à formalização das responsabilidades e atribuição de parâmetros legais para a gestão de resíduos da construção civil há uma

legislação específica responsável pela defesa do meio ambiente, a fim de amenizar os impactos ambientais eminentes (SINDUSCON-SP, 2005).

Fiori *et al.* (2006) dispõe que a gestão ambiental começou a tomar importância entre políticas públicas através da Política Nacional do Meio Ambiente, que foi decisiva para criação do capítulo sobre meio ambiente na Constituição de 1988. Tal fato fez com que a temática ambiental fosse atribuída aos empreendimentos brasileiros, dando início a um processo fundamental para a evolução do país rumo ao desenvolvimento sustentável, aumentando, conseqüentemente, a preocupação neste sentido e a importância da criação e fixação de parâmetros auxiliares para o gerenciamento ambiental.

2.3.1 Legislação Federal

A fim de estabelecer diretrizes no âmbito do meio ambiente e a respeito de resíduos sólidos, inclusive os provenientes das atividades da construção civil, a lei federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, com fundamento nos incisos VI e VII do art. 23 e do art. 235 da Constituição Federal, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama), cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental (BRASIL, 1981). Além de determinar a utilização adequada dos recursos ambientais e trata das responsabilidades civis objetivas por eventuais danos ao meio ambiente (FIORI *et al.*, 2006).

O Estatuto da Cidade, lei federal nº 10.257, promulgado em 2001, determina importantes diretrizes para o desenvolvimento sustentado dos aglomerados urbanos no país. O documento prevê a necessidade de proteção e preservação do meio ambiente natural e construído, com uma justa distribuição dos benefícios e ônus decorrentes da urbanização, exigindo que os municípios adotem políticas setoriais articuladas e sintonizadas com o seu Plano Diretor. Uma dessas políticas setoriais que pode ser destacada é a que trata da gestão dos resíduos sólidos, entre os quais se enquadram os resíduos de construção civil (BRASIL, 2001).

Em conformidade com a Constituição Federal, a lei federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 institui 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, inclusive os perigosos, sobre as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010). Esta lei ainda altera a lei federal nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe a respeito das sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências (BRASIL, 1998).

2.3.1.1 Conselho Nacional do Meio Ambiente e suas Resoluções

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Foi instituído pela Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo Decreto 99.274/90 (BRASIL, 1981).

Estabelecer normas, critérios e padrões nacionais para qualquer atividade que envolva órgãos e veículos passíveis de poluição ao meio ambiente e/ou agir contra a manutenção da qualidade do meio ambiente, agir junto com o IBAMA em ações que envolvam suas outras competências, efetuar a sistemática de monitoramento, avaliação e cumprimento das normas ambientais, bem como deliberar, sob a forma de resoluções, proposições, recomendações e moções, visando o cumprimento dos objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente são algumas das competências conferidas ao Conselho (BRASIL, 2002).

2.3.1.1.1 Resolução CONAMA nº307/02

Esta Resolução estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Atribui definições específicas para

resíduos da construção civil, geradores, agregados, reciclagem, aterro, entre outros itens afins, assim como classifica os resíduos da construção civil por classes e dispõe sobre o destino de cada uma (BRASIL, 2002).

Esta Resolução dispõe sobre a geração de resíduos, sua redução, reutilização, reciclagem e destinação final. Compete aos Municípios e ao Distrito Federal a criação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a ser utilizado como instrumento para implementação da gestão dos resíduos da construção civil. Este Plano tem como função atribuir diretrizes técnicas e procedimentos para desenvolvimento de programas e projetos municipais de gestão de resíduos, cadastro e licenciamento de áreas aptas para recebimento, triagem, armazenamento e destinação final dos resíduos, assim como seu transporte. Também é parte do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil ações de incentivo e orientação visando a reinserção dos resíduos reutilizáveis ou recicláveis e diminuição da geração dos mesmos, e fiscalização dos agentes envolvidos (BRASIL, 2002).

A Figura 2 apresenta a estrutura da gestão de resíduos da construção civil preconizada por esta Resolução:

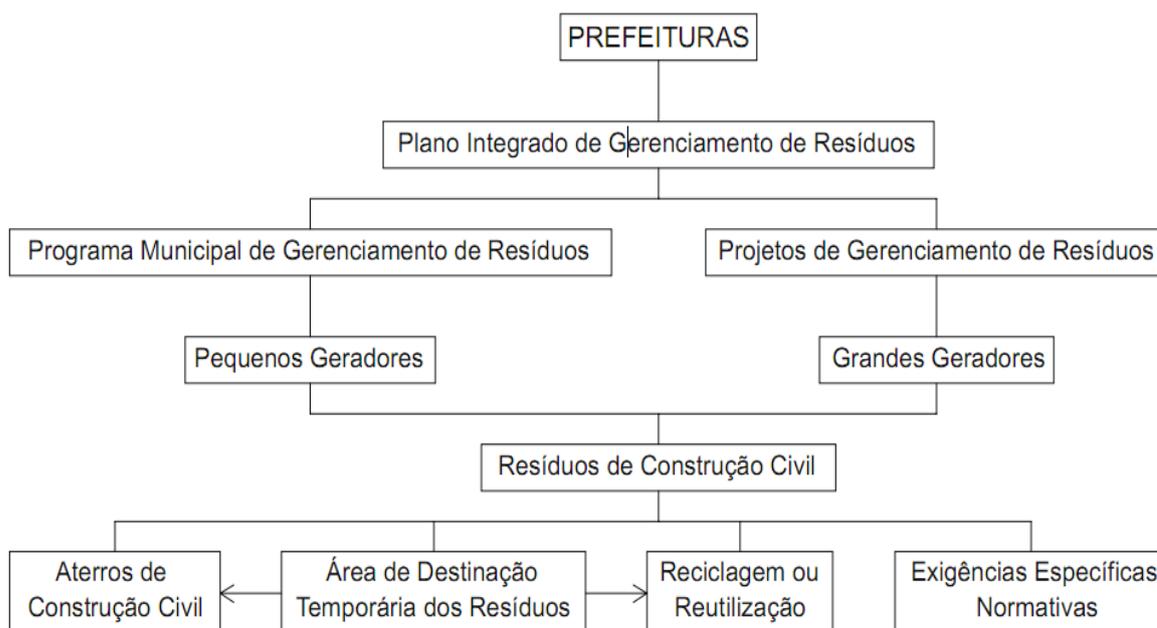


Figura 2: Estrutura de gestão dos resíduos, conforme a Resolução CONAMA Nº 307/02

Fonte: OH *et al.* (2003)

2.3.1.1.2 Resolução CONAMA nº 348/04

A Resolução em questão trata da alteração da Resolução nº 307 de 05 de julho de 2002, que não inclui o amianto em pó e outros desperdícios de amianto na classificação de resíduos. Este aditivo, considerando orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e normas específicas, inclui o amianto em sua classificação, por se tratar de um resíduo prejudicial a saúde (BRASIL, 2004).

2.3.1.1.3 Resolução CONAMA nº 431/11

Assim como a Resolução CONAMA nº 384 de 16 de agosto de 2004, esta também trata de um aditivo à Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002 que inclui o gesso na categoria de resíduos recicláveis e o retira da categoria de resíduos para os quais não foram desenvolvidas aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação (BRASIL, 2011).

2.3.1.1.4 Resolução CONAMA nº 448/12

Tal Resolução altera os artigos 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002. Dentre estas alterações, destacam-se as adequações ao estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos, bem como, a fixação do prazo máximo de doze meses para que os municípios e o Distrito Federal elaborem seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos de Construção Civil. Os Planos deverão ser implementados em cada unidade da federação em até seis meses após a sua publicação (BRASIL, 2012).

2.3.2 Legislação Municipal

Em conformidade com a Resolução CONAMA nº 307 de 05 de julho de 2002, o município de Curitiba, através do Decreto Municipal nº 1.068 / 2004, estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos gerados pela construção civil, por meio da criação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (CURITIBA, 2004).

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil é composto pelo Programa de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil que estabelece diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores (pessoas físicas ou jurídicas que geram quantidade máxima de 2,5m³ de resíduos da construção civil, durante o período de dois meses) e pelos Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), os quais devem ser implementados e criados pelos geradores, cujo objetivo é criar procedimentos necessários para o manejo e destinação adequada, conforme os parâmetros ambientais. Cabe ao gerador a responsabilidade pelo gerenciamento dos resíduos gerados nas atividades de construção em geral, consideradas as exceções estabelecidas neste Decreto (CURITIBA, 2004).

Ainda de acordo com o Decreto nº 1.068 / 2004 do Município de Curitiba/PR, é estabelecida a Portaria nº 007 / 2008, a qual institui o Relatório de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (RGCC) e dá outras providências (CURITIBA, 2008). Bem como a Portaria nº 008 / 2012 que fornece critérios para a seleção de áreas de recebimento de resíduos da construção civil classe A (CURITIBA, 2012).

Através do Decreto Municipal nº 609 de julho de 2008, foi regulamentado o modelo do Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR), no qual é conferida, às transportadoras de resíduos, a responsabilidade de relatar detalhadamente seus serviços executados, e às empresas de beneficiamento de resíduos deverão relatar mensalmente junto a SMMA o recebimento de resíduos da construção civil (CURITIBA, 2008).

Fica estabelecido que a fiscalização do correto exercício do gerenciamento de resíduos seja realizada pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA), da Secretaria da Defesa Social (SMDS) e Urbanização de

Curitiba S.A. (URBS/DIRETRAN), que a orientação e ações educativas relacionadas ao gerenciamento de resíduos da construção ficam a cargo do Município e demais agentes envolvidos, assim como o descumprimento das disposições dos Decretos mencionados é cabível de penalidades (CURITIBA, 2008).

2.4 Normas Técnicas

Com o intuito de orientar e estabelecer parâmetros e métodos sobre a gestão de resíduos da construção civil é prevista a utilização de normas técnicas regulamentadoras, que viabilizam o exercício da responsabilidade sobre o manejo e gestão destes resíduos. Para esse exercício são utilizadas as normas técnicas abaixo (ABNT, 2004):

- NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação: Principal norma, que trata da classificação dos tipos de resíduos da construção civil através da sua periculosidade e seus respectivos danos ao meio ambiente e à saúde pública bem como seu gerenciamento conforme tal classificação – (ABNT, 2004a).
- NBR 15112: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD: Esta Norma tem como objetivo definir requisitos básicos para elaboração do projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos e resíduos volumosos, além de descrever os sistemas de proteção ambiental que deverão ser utilizados em uma área de transbordo, contemplando controle de poeira, ruído, sistema de drenagem e revestimento para o piso. (ABNT, 2004b).
- NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação: Esta Norma tem como objetivo definir requisitos básicos para elaboração do projeto, implantação e operação de aterros de resíduos sólidos “classe A” e inertes, assim como visa orientar sobre a disposição dos resíduos e a futura utilização da área do aterro, bem como a proteção do meio

ambiente e saúde da população vizinha e aos trabalhadores de tais instalações – (ABNT, 2004c).

- NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação: Assim como a Norma citada acima, esta visa o mesmo, porém foca os aspectos diretamente ligados a reciclagem dos resíduos sólidos da construção “classe A” – (ABNT, 2004d).
- NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos: Estabelece critérios e procedimentos para o uso de RCD em camadas de pavimentação – (ABNT, 2004e).
- NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural; Estabelece requisitos mínimos para o emprego de agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil – (ABNT, 2004f).

2.5 SISTEMAS DE GESTÃO E CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL

A construção civil, como já mencionado, tem se tornado cada vez mais, o maior gerador de resíduos sólidos em áreas urbanas. Um ambiente que apresenta grandes volumes de resíduos representa a má gestão dos mesmos e o crescimento da degradação ambiental apresentada pela construção civil, tem levado diversas organizações, bem como o poder público, a desenvolverem métodos de melhoria sobre o setor, a fim de diminuir a geração de resíduos, assim otimizando a gestão das obras neste aspecto e conscientizando o gerador sobre seus deveres e responsabilidades ambientais (SHENA *et al.* 2012).

Segundo Motta (2009) a avaliação ambiental dentro do setor da construção civil é essencial nessa visão sobre gestão ambiental, cabendo às empresas do setor, conseqüentemente, adotar práticas de gerenciamento e

fiscalização baseadas em conceitos coerentes com o meio ambiente e a sustentabilidade.

A certificação ambiental é uma ferramenta que permite às empresas estabelecer um processo contínuo de gerenciamento de seus impactos sobre o meio ambiente, podendo ter resultados efetivos na melhoria do desempenho ambiental das empresas e constituir-se em valioso instrumento para consolidação da corresponsabilidade envolvendo as empresas e os órgãos de controle ambiental (SANTOS, 2008).

A NBR ISO 14004:2005 apresenta uma visão geral sobre os aspectos de um sistema de gestão ambiental:

A medida que aumentam as preocupações em melhorar continuamente a qualidade do meio ambiente, organizações de todos os tipos e tamanhos vêm crescentemente voltando sua atenção para os impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços. O desempenho ambiental de uma organização tem importância para suas partes interessadas, internas e externas. Atingir um sólido desempenho ambiental requer um comprometimento organizacional com uma abordagem sistemática e com a melhoria contínua de um sistema de gestão ambiental (SGA). (ABNT, 2005).

A construção civil como um grande agressor do meio ambiente, torna-se responsável pelo consumo de 21% da água tratada, 42% da eletricidade, 25% das emissões de CO₂ indiretas e 65% da geração de resíduos. Em contrapartida, construir seguindo orientações e critério de sistemas de certificação ambiental traz diversos benefícios ambientais: o consumo de energia é, em média, 30% menor; o consumo de água sofre redução de 30% a 50%; a redução da emissão de CO₂ pode alcançar 30% e da geração de resíduos varia de 50% a 90%, conforme dados do GBCB (*Green Building Council Brasil*), organização responsável pela certificação LEED (CASADO, 2011).

O primeiro sistema de avaliação ambiental de construções foi lançado em 1990, na Inglaterra. Este sistema chama-se BREEAM, ou *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*. A partir de então, diversas literaturas foram publicadas e outros sistemas foram criados: em 1999 foi criado o americano LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), em 2002 o francês HQE (*Haute Qualité Environnementale*) e o japonês CasBee (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*). Apenas em 2007 chega ao Brasil o sistema americano para certificação de construções “verdes”, a partir da criação do GBCBrasil (*Green Building Council Brasil*) e em 2008 surge o primeiro

selo brasileiro, chamado AQUA (Alta Qualidade Ambiental), que teve como base o sistema francês (MOTTA, 2009).

Casado (2011) diz que, para os empreendimentos que desejam adquirir a certificação LEED existem diversos pré-requisitos, ligados não somente à gestão de resíduos. É necessário também estar atento ao tipo de terreno, sua localização e o entorno, uso de água, qualidade do ar dentro da edificação, eficiência do uso de energia. Estas medidas garantem que ocorra preservação do meio ambiente antes, durante e após a conclusão da obra.

Coelho (2010) diz que há, também, a preocupação em elaborar um projeto sustentável, o que não se resume apenas em planejamento econômico e racionalização do uso de água e energia elétrica para ajudar o meio-ambiente. Sustentabilidade tem um aspecto muito mais amplo e inclui preocupações com a continuidade da empresa investidora e, principalmente, o bem-estar do morador, do usuário e da comunidade do entorno do empreendimento.

Atualmente, existem diversos métodos e sistemas de certificação ambiental. Há inclusive, normas regulamentadoras a fim de estabelecer certificação ambiental tanto no âmbito da construção civil e resíduos provenientes de suas atividades quanto da gestão ambiental como um todo, conforme Aulicino (2008). E entre normas, sistemas e métodos nacionais e internacionais, destacam-se abaixo alguns dos mais utilizados e visados no Brasil:

- NBR ISO 14001: é uma norma, pertencente a ISO 14000, que é um conjunto de normas internacionais desenvolvidas pela *International Organization for Standardization* (ISO), as quais estabelecem diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro de empresas. Esta norma especifica os requisitos relativos a um Sistema de Gestão Ambiental, orientando as organizações a estabelecer e avaliar a eficácia dos procedimentos destinados a definir políticas e objetivos ambientais, atingir a conformidade com eles e demonstrá-los a terceiros. Esta Norma define os componentes de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e especifica critérios para implementação e aprimoramento. Apresenta orientações sobre como as organizações devem aplicar, melhorar e realizar a manutenção de um sistema de gestão ambiental. O SGA tem como um de seus principais objetivos, capacitar uma organização a atender a seus

objetivos ambientais, previamente estabelecidos, e assegurar o cumprimento das exigências nacionais e/ou internacionais (ABNT, 2005).

A fim de padronizar o sistema de gestão ambiental da empresa, a ISO 14001 estabelece requisitos básicos, cujos a organização deve apresentar para obter certificação, tais como: política ambiental, aspectos e impactos ambientais, objetivos e metas, planejamento, análises críticas, entre outros (ABNT, 2004).

- PBPQ-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat): é um programa do Governo Federal para cumprimento dos compromissos firmados pelo Brasil quando da assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Habitat II/1996) (PBPQ-H, 2009). Os principais objetivos do Programa é garantir a organização do setor da construção civil em torno de dois fatores: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização da produção. Para promover estas melhorias e modernizações, foi estabelecida uma série de ações, entre as quais se destacam: avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão de obra, normalização técnica, avaliação de tecnologias inovadoras, informação ao consumidor e promoção da comunicação entre os setores envolvidos (MANSEAU, 2005).

- LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*): Criado pelo *U.S. Green Building Council* (GBC), o LEED é um sistema de certificação e orientação ambiental de edificações de uso geral e específico e atualmente é o selo de qualidade ambiental (selo verde) de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado em todo o mundo, inclusive no Brasil (LEED, 2012).

Para receber o selo verde a construção deve atender alguns pré-requisitos que são obrigatórios e garantem um desempenho mínimo necessário a estes empreendimentos. Além disso, devem respeitar a vários outros critérios que valem pontos e, conforme o atendimento mínimo da pontuação possível, a empresa obtém o selo nível básico, que ainda pode ser prata, ouro ou platina dependendo do desempenho da construção, que deverá levar estes critérios em consideração desde a

escolha do local do empreendimento, desenvolvimento do projeto e construção em si (LEED, 2012).

- AQUA (Alta Qualidade Ambiental): é um processo de gestão total de projetos de construção civil a fim de obter Alta Qualidade Ambiental em empreendimentos de construção no Brasil, assim como faz o LEED, porém este internacionalmente. A demonstração da qualidade para seus clientes, investidores e demais partes interessadas é realizada por meio da certificação. A certificação e a marca Processo AQUA são concedidas pela Fundação Vanzolini, com base em auditorias presenciais independentes. O AQUA é o primeiro selo que levou em conta as especificidades do Brasil para elaborar seus critérios que avaliam a gestão ambiental das obras e as especificidades técnicas e arquitetônicas. O referencial técnico dessa marca é uma adaptação da certificação francesa *Démarche HQE* (VAZOLINI, 2010).

Vanzolini (2010) diz que a implementação de dois elementos fundamentais, citados abaixo, estrutura esta certificação e devem ser apresentados pelo empreendimento interessado em adquirir o selo:

- Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE): define a qualidade ambiental desejada e a sua aplicação para o edifício, assim como permite gerenciar o conjunto dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção.
- Qualidade Ambiental do Edifício (QAE): estrutura-se em 14 categorias (conjuntos de preocupações) subdivididas em diversos itens, desde a criação de um canteiro de obras com baixo impacto ambiental até a gestão dos resíduos e o conforto acústico interno da edificação, por exemplo. Sempre visando gerenciar os impactos sobre o ambiente exterior como um todo e promover um espaço interior sadio e confortável.

2.6 GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A Resolução Nº 307/02 do CONAMA direciona os procedimentos a serem adotados para a gestão de resíduos da construção civil. Segundo esta resolução:

Gerenciamento de resíduos: é o sistema de gestão que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos, incluindo planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos e recursos para desenvolver e implementar as ações necessárias ao cumprimento das etapas previstas em programas e planos (CONAMA, 2002).

Para Brasil (2002), o principal foco dos geradores de resíduo deve ser não gerar resíduos. Caso não seja possível, deve-se reduzir a geração, reutilizar os resíduos gerados, reciclá-los e somente em último caso dar a eles uma destinação final. O transporte, a reciclagem e a destinação final destes resíduos, devem ser feitos por empresas devidamente licenciadas nos órgãos competentes.

Pinto (1999) sugere que é necessária a ruptura com falta de eficácia da Gestão Corretiva. O autor propõe uma Gestão Diferenciada, que visa a máxima captação dos resíduos gerados, a reciclagem dos resíduos captados e a alteração dos procedimentos usuais e da cultura do canteiro de obras.

De acordo com Guerra (2009), é preciso atuar globalmente numa obra para reduzir a geração de resíduos. Isto é feito a partir do projeto, com a modulação da alvenaria e dos acabamentos, reaproveitamento de fôrmas e escolha de sistemas prediais adequados, passando pelos fornecedores, serviços terceirizados e contratados até a equipe de execução da obra em si, por meio da conscientização destes envolvidos. A redução da quantidade de resíduos diminui os gastos com matéria prima, reduz a necessidade de trabalho para gerenciar este passivo e diminui a sua disposição no meio ambiente e consome menos recursos naturais.

Cada obra deve criar um Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), no qual devem constar os procedimentos adotados para o manejo e a destinação correta dos resíduos gerados (BRASIL, 2002).

Uma das principais etapas do processo de gerenciamento de resíduos é fazer uma previsão da geração de cada tipo de detrito, já que cada um necessita de um tratamento específico (NAGALLI, 2012). Esta previsão deve constar também no PGRCC de cada obra, para que a partir dela possam ser criados os procedimentos

de coleta, triagem, acondicionamento, transporte e destinação adequada dos resíduos.

O gerador é responsável por selecionar locais adequados para destinação e empresas para realizar o transporte dos resíduos.

No canteiro de obras, a separação deve acontecer de forma dinâmica, pois os resíduos gerados diferem muito de acordo com a etapa construtiva. Esta separação pode ocorrer no momento da geração, em cada estação de trabalho, ou então em uma área específica para este fim. Independente do momento em que isto ocorrer, deve existir um controle rigoroso, pois se houver contaminação entre diferentes classes de resíduos, pode-se tornar inviável o tratamento destes (GUERRA, 2009). Para tanto, deve haver um espaço adequado para o acondicionamento temporário de cada tipo de resíduo na obra, pois assim não há a contaminação destes e é possível que sejam destinados e tratados corretamente. Os operários da obra devem receber treinamentos periódicos para que sejam motivados a colaborar com a separação dos RCC em todas as etapas construtivas, independente do seu grau de envolvimento.

2.7 ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Durante a construção, um processo que deve ocorrer é a identificação e a caracterização dos RCC a serem gerados, pois facilita o desenvolvimento de processos de reciclagem e reutilização dos materiais. Essa caracterização deve ser feita ainda por etapa construtiva da obra, pois estabelece uma relação entre a geração de RCC e o cronograma, o que facilita o planejamento das atitudes a serem tomadas no decorrer do tempo (LIMA; LIMA, 2009).

A Tabela 3 identifica os resíduos a serem gerados em cada etapa da obra de um edifício residencial.

Tabela 3: Geração de resíduos por etapa de uma obra

FASE DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS
Limpeza do Terreno	Solos Rochas, Vegetação, Galhos
Montagem do Canteiro	Blocos Cerâmicos, Concreto (areia, brita) Madeiras
Fundações	Solos Rochas Madeiras Sucata de Ferro, Fôrmas Plásticas
Alvenaria	Blocos Cerâmicos, Blocos de Concreto, Argamassa Papel, Plástico
Instalações Hidrossanitárias	Blocos Cerâmicos PVC
Instalações Elétricas	Blocos Cerâmicos Conduítes, Mangueira, Fio de Cobre
Reboco Interno/Externo	Argamassa
Revestimentos	Pisos e Azulejos Cerâmicos Piso Laminado de Madeira, Papel, Papelão, Plástico
Forro de Gesso	Placas de Gesso Acartonado
Pinturas	Tintas, Seladoras, Vernizes, Texturas
Coberturas	Madeiras Cacos de Telhas de Fibrocimento

Fonte: Valotto (2007)

Em termos quantitativos, as perdas físicas de materiais possuem índices elevados e são variáveis de obra para obra, e esse levantamento torna-se mais produtivo quando é feito por etapa da construção. Por exemplo, os materiais básicos usados na moldagem e produção intermediárias apresentam maiores volumes de perda, materiais usados na estrutura apresentam valores mais baixos que os de revestimento, e as perdas nos sistemas prediais não são desprezíveis (SOUZA, 2005). Segundo Gaede (2008), esses materiais básicos (argamassas) possuem alta variabilidade nos valores de perdas, havendo obras com desempenhos louváveis e obras em situações preocupantes, e o principal fator responsável é a sobresspesura das argamassas, seguido da variabilidade da dosagem (GAEDE, 2008).

Já materiais simples, que são aqueles que podem ser utilizados diretamente no serviço em execução (como o concreto, os blocos de alvenaria, o aço, etc.), possuem valores menores para as perdas. Elas acontecem, por exemplo, principalmente devido a quantitativos equivocados, no caso do concreto ou projeto arquitetônico mal elaborado, no caso de revestimentos cerâmicos (GAEDE, 2008).

Devem ser avaliados também os processos construtivos empregados em cada etapa da obra. No geral, as principais etapas estão listadas abaixo, bem como alguns métodos construtivos mais usuais para cada uma delas e os principais resíduos gerados.

Tabela 4: Etapas da obra, seus prováveis métodos construtivos e resíduos gerados.

(continua)

Etapa da Obra	Método Construtivo	Resíduos Prováveis
Fundações Profundas	Tubulões	Concreto, aço
	Estaca metálica	Recortes/sobras de aço
	Estaca pré-moldada de concreto	-
	Tipo Franki	Aço, Concreto, Areia, Brita
	Tipo Strauss	Aço, Concreto
	Hélice Contínua	Concreto, aço
	Estacas-raíz	Concreto, Lama bentonítica, aço
Fundações Superficiais	Parede diafragma	Concreto, Lama bentonítica, aço
	Blocos	Madeira, Aço, Concreto
	Sapatas	Madeira, Aço, Concreto
	Vigas Baldrames	Madeira, Aço, Concreto
Estrutura	Radier	Madeira, Aço, Concreto
	Concreto Armado	Madeira, Aço, Concreto, Sacos de cimento
	Concreto Pretendido	Madeira, Aço, Concreto, Sacos de cimento, bainhas plásticas engraxadas
Vedações e Divisórias	Alvenaria Estrutural	Madeira, Aço, Concreto, Blocos de concreto, sacos de cimento
	Alvenaria Convencional	Blocos Cerâmicos, Argamassa, Sacos de cimento
	Alvenaria de Blocos de Concreto	Blocos de Concreto, Argamassa, Sacos de cimento
Revestimentos Internos	Divisórias em Drywall	Gesso, perfis metálicos, embalagens de papel e plástico
	Chapisco, emboço e reboco	Argamassa, pedaços de madeira, sacos de cimento
Revestimentos Internos	Pintura	Argamassa, latas de tinta e solventes
	Azulejo/Cerâmica	Argamassa, Pedaçoes de peças quebradas, embalagens em papelão
	Gesso Liso	Argamassa, Embalagens
	Pedras	Argamassa, peças quebradas
Revestimentos Externos	Piso Laminado	Argamassa, perfis metálicos, pedaços de piso, embalagens
	Pintura	Argamassa, latas de tinta, solventes
	Textura	Argamassa, latas de massa
	Pastilhas	Argamassa, peças quebradas

(conclusão)

Etapa da Obra	Método Construtivo	Resíduos Prováveis
Instalações Elétricas	Instalações elétricas em geral	Blocos cerâmicos, Argamassa, conduítes, mangueiras, fios de cobre, bobinas de madeira
Instalações Hidrossanitárias	Instalações hidráulicas em geral	Blocos cerâmicos, argamassa, tubos de PVC
Cobertura	Estrutura Metálica	Pedaços de perfis metálicos
	Estrutura de Madeira	Pedaços de madeira
	Telha de barro	Telhas Quebradas
	Telha de Fibrocimentos	Cacos de fibrocimentos
	Laje impermeabilizada	Baldes de impermeabilizantes
	Telhado verde	Baldes de impermeabilizantes, restos de manta geotêxtil

Fonte: Autoria própria

Segundo estudos de Jaillon *et al* (2009) *apud* Pasa (2012), os processos construtivos que mais geram resíduos são (em ordem decrescente):

- Forma;
- Embalagem e proteção dos materiais;
- Finalização das diversas etapas;
- Levantamento de alvenaria;
- Montagem de andaimes;
- Trabalhos com concreto;
- Manuseio de materiais e;
- Armazenamento de materiais.

Os métodos tradicionais de construção não levam em consideração este problema e sua mudança torna-se difícil muitas vezes, pois são técnicas que já fazem parte da cultura de muitos países (JAILLON *et al*, 2009).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A sequência de atividades para a elaboração do trabalho foi:

- 1) Elaboração do capítulo introdutório e delimitação do tema;
- 2) Revisão da literatura;
- 3) Criação da metodologia da pesquisa;
- 4) Coleta de dados;
- 5) Discussão dos resultados;
- 6) Tomada de conclusões e considerações finais;

Depois de concluídas as atividades de 1 a 3, partiu-se então para a pesquisa propriamente dita. Para alcançar os objetivos propostos, primeiramente foram escolhidos quais dados seriam relevantes coletar e de que fontes estes deveriam ser extraídos. A partir desta tomada de decisão, foi elaborado o seguinte fluxograma para a sequência de atividades da pesquisa:

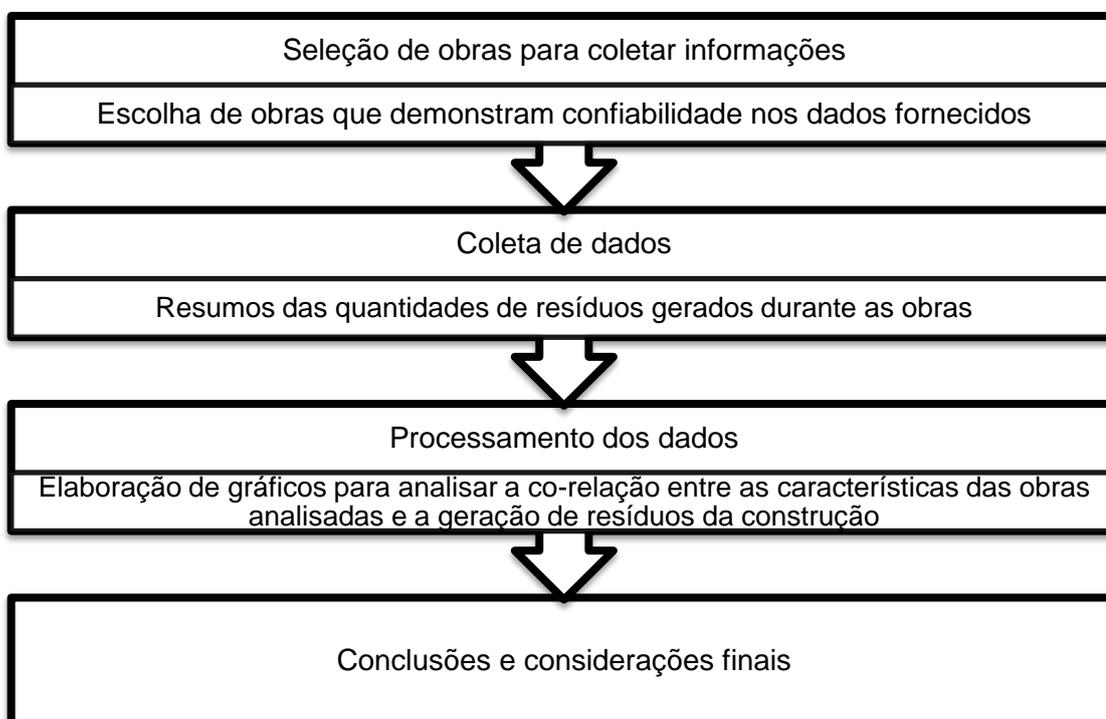


Figura 3: Fluxograma da metodologia de pesquisa adotada.

Fonte: Autoria própria

3.1 COLETA INICIAL DE INFORMAÇÕES

A seleção das obras a serem estudadas foi baseada em uma única construtora da cidade de Curitiba – PR, sendo que todas atendem a um padrão pré-estabelecido: obras verticais, de finalidade residencial e concluídas recentemente. O fato de todas terem sido executadas pela mesma construtora garante que elas possuíam os mesmos procedimentos de planejamento e execução.

Seguindo essas características, na etapa de coleta de informações, foi levada em consideração a confiabilidade dos dados que seriam fornecidos. Para isso, foi enviado a um engenheiro da obra um questionário padrão para obter informações acerca dos métodos construtivos utilizados, das características da construção e do nível de controle dos resíduos da obra. Nesse questionário consta, além dos métodos construtivos, a localização da obra, a quantidade de funcionários no canteiro, a duração da obra, a área total construída, o número de pavimentos e se a obra tem algum tipo de certificação, seja ela ambiental ou não. Um questionário padrão pode ser encontrado no Apêndice 1.

Além destas informações, é importante saber se foi feito um controle mensal da geração de resíduos na obra, pois a partir do controle da própria obra que foram obtidas as quantidades de resíduos gerados.

Inicialmente, foram obtidos dados referentes a 24 obras, e, após a etapa de consolidação dos dados recebidos, 10 obras foram definidas como aparentemente confiáveis. As obras que apresentaram dados incompletos, como a falta de separação de resíduos, ou visualmente destoantes das outras não foram utilizadas, pois foi considerado que não havia um controle criterioso da saída de resíduos. Considerou-se como visualmente destoante, por exemplo, informações de que só foi gerada uma caçamba de resíduos (5m³) Classe A em toda a obra.

Na tabela 5 encontra-se um resumo das obras que foram analisadas, com suas áreas construídas, tempo de duração, número de pavimentos e volume total de resíduos computado.

Tabela 5: Resumo das obras analisadas

	Área Construída (m ²)	Duração da Obra (meses)	Número de Pavimentos	Volume de Resíduos (m ³)
Obra 001	33.786,00	33	40	2.237,91
Obra 002	7.907,57	18	11	1.056,50
Obra 003	15.104,95	22	11	1.023,38
Obra 004	24.345,00	12	88	294,00
Obra 005	16.480,18	18	56	655,00
Obra 006	13.885,15	18	61	800,00
Obra 007	7.512,15	16	8	542,34
Obra 008	23.397,54	24	11	933,00
Obra 009	21.778,97	25	47	594,25
Obra 010	14.983,91	26	18	1.071,00

Fonte: Autoria própria

Para as obras com mais de uma torre, o número de pavimentos representa a soma dos pavimentos da cada uma delas.

3.2 COLETA DE DADOS SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS

Após a escolha das obras possivelmente confiáveis, foram solicitadas as planilhas de controle de resíduos destas. Estes dados foram fornecidos pelo engenheiro da obra, na sua planilha de controle interno.

Foram utilizados também, quando disponibilizados, os dados fornecidos no Relatório de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, que é entregue à Secretaria Municipal de Meio Ambiente como requisito para obtenção do Certificado de Verificação e Conclusão de Obra. Neste relatório se encontra um resumo das quantidades de resíduos gerados durante a obra separados por classes e pelos tipos de material. O volume de solo retirado das obras nas etapas de escavação terraplenagem não foi considerado neste trabalho, por depender também das características do terreno e não apenas das características da obra e do projeto.

É importante destacar que nas planilhas fornecidas pelas obras constam os resíduos gerados nos processos construtivos e também dos insumos e embalagens dos materiais utilizados.

3.3 PROCESSAMENTO DOS DADOS COLETADOS

A partir das respostas aos questionários e dos relatórios de quantidades de resíduos gerados de cada obra, foi realizado um processamento de forma a reunir todos os dados em uma tabela resumo, que se encontra no Apêndice 2 e, com base nesta, foram selecionados os dados que seriam confrontados em gráficos de forma a buscar as possíveis relações entre eles.

Ao se analisar os gráficos gerados, foram avaliadas as correlações entre certas características gerais das obras e se estas impactam na geração de resíduos. Estes resultados poderão subsidiar a alimentação de modelos de quantificação de resíduos, tais como o apresentado por Nagalli (2012).

O critério para avaliação das correlações foi definido de acordo com o coeficiente de correlação R^2 obtido no ajuste das curvas dos gráficos gerados através do software MSO Excel, que mede o modo de associação de duas variáveis. A Tabela 6 apresenta o grau de correlação conforme o valor deste coeficiente – R^2 .

Tabela 6: Tipos de relação conforme R^2

Relação		
Fraca	Moderada	Forte
$0,00 < R^2 < 0,33$	$0,34 < R^2 < 0,66$	$0,67 < R^2 < 1,00$

Fonte: Autoria própria

Finalmente, foram feitas considerações finais pelos autores a respeito do tema e da pesquisa realizada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a consolidação dos dados obtidos, foram gerados gráficos para buscar as relações entre geração de resíduos de construção civil e as características das obras.

É importante ressaltar que os dados da geração de resíduos não foram coletados separadamente nas diferentes etapas construtivas. Logo, os volumes utilizados para a elaboração dos gráficos são referentes a toda a obra, e não apenas à etapa ou característica construtiva discutida.

4.1 GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME SUAS CLASSES

A primeira relação analisada é da geração de resíduos nas diferentes classes, conforme a classificação da Resolução CONAMA nº 307/02.

O Gráfico 1 apresenta as dez obras analisadas e suas respectivas quantidades totais de geração de resíduos (em volume). Vê-se que a geração de resíduos classes A e B é significativamente maior que a geração de resíduos classes C e D em todos os casos analisados.

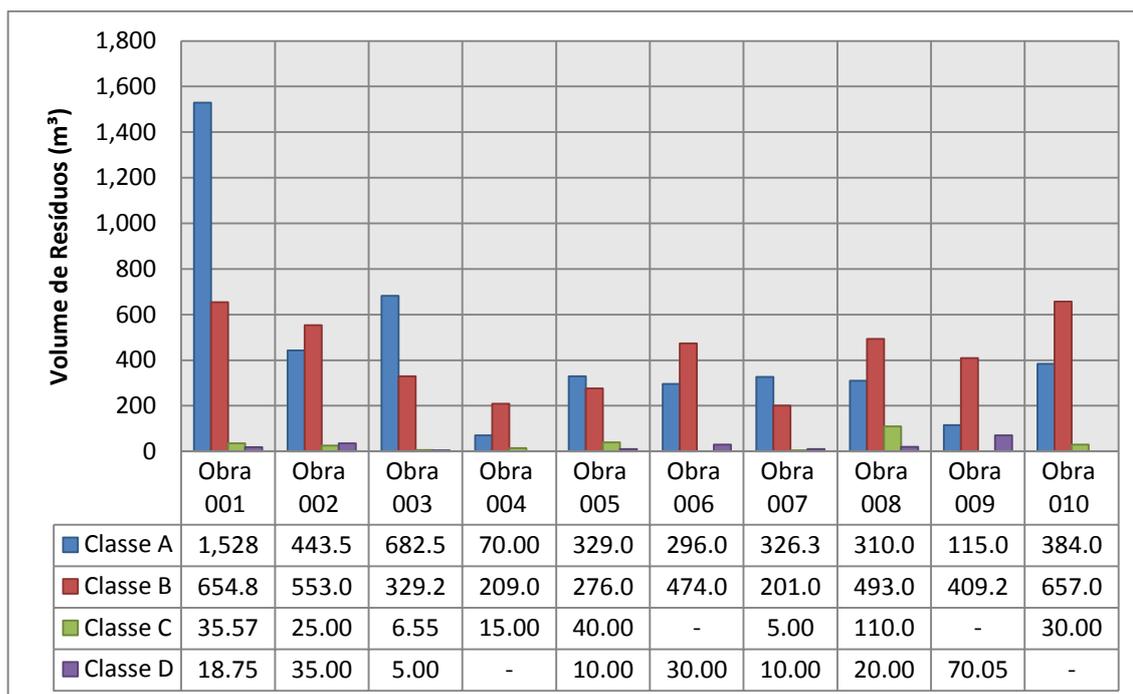


Gráfico 1: Volume de resíduos (m³) versus Classe de resíduo

Fonte: Autoria própria

A partir disso, verificam-se as correlações que podem expressar o motivo para maior geração de resíduos classes A e B frente às classes C e D e qual é a relação entre a geração de resíduos e certas características particulares das obras.

Como já descrito, os resíduos sólidos provenientes da construção civil seguem a classificação disposta pela Resolução do CONAMA nº 307/02, que categoriza como resíduos classe A aqueles reutilizáveis ou recicláveis como agregados de construção, tais como argamassas e concretos, placas pré-moldadas, entre outros, inclusive solos provenientes de terraplanagem. Já os classificados como B são os resíduos recicláveis para outros fins, como plásticos, papéis, metais, vidros, madeiras e gesso.

Em 2011 foi publicada a Resolução CONAMA nº 431. Esta resolução apresenta alterações em relação à resolução nº 307/02, estabelecendo nova classificação para o gesso. As obras analisadas tiveram seu sistema de gerenciamento, e conseqüentemente seus dados classificados com base apenas na Resolução de 2002, pois todas tiveram início anterior a 2011. Além disso, foi informado pelos engenheiros das obras que aqueles que tentaram adequar o gerenciamento de resíduos à nova classificação tiveram dificuldades para encontrar destinações para os resíduos de gesso em consonância com a Resolução mais recente, ou seja, destinar os resíduos de gesso para reciclagem.

O item 2.2.1 deste trabalho mostra que grande parte dos resíduos gerados em uma obra é proveniente das sobras dos materiais utilizados e suas embalagens, que, em sua maioria, resulta em resíduos das classes A e B. Atribui-se a menor geração de resíduos de classes C e D por estes serem gerados a partir de materiais que cuja reciclabilidade (técnica ou economicamente) é menor como, por exemplo, resíduos perigosos e/ou contaminados com tintas e óleos, sendo estes utilizados em menor escala com relação aos restos de argamassas, cerâmicas, madeira e aço, além de que o volume físico real destes resíduos é menor do que os de classe A.

Outro ponto a ser considerado em relação aos resíduos classes C e D, é que usualmente há maior cuidado com a questão do desperdício já que os materiais que dão origem a estes resíduos costuma ser mais caros que os materiais geradores de resíduos classes A e B. Outro aspecto que corrobora à menor geração de resíduos classes C e D é que a disposição final destes resíduos costuma ter custo relativamente elevado quando comparado aos resíduos classes A e B, o que de certo modo pode induzir as construtoras a omitir sua geração (eventualmente distorcendo os dados do gerenciamento) e, em tese, extraviar estes resíduos para destinos não regulares.

A partir dos volumes expressos no Gráfico 1, é possível obter o percentual de resíduos separados por classe, apresentados no Gráfico 2. Neste gráfico, o eixo vertical está em escala logarítmica, para que seja possível visualizar as linhas que representam o percentual de resíduos classes C e D, que são significativamente menores que os percentuais das classes A e B.

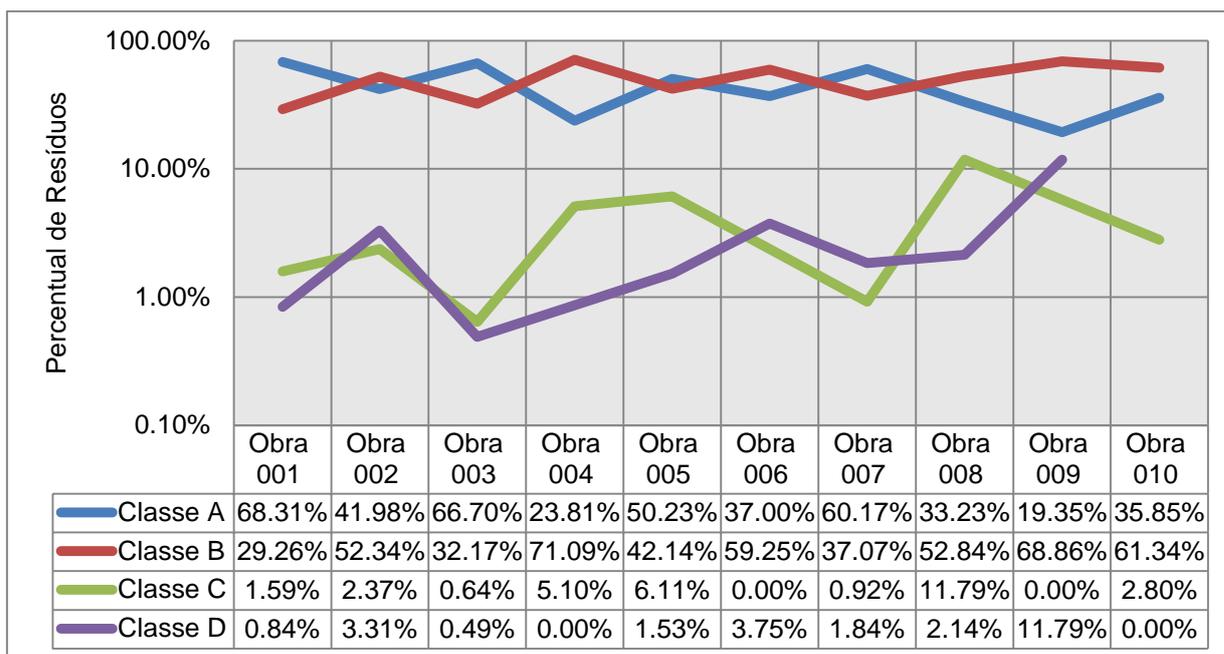


Gráfico 2: Percentual de Resíduos por Classe de resíduos

Fonte: Autoria própria

De maneira geral, torna-se possível então afirmar que os dados coletados demonstram-se proporcionais, analisando cada classe e obra separadamente. É possível verificar que há proporcionalidade entre as médias de resíduos das obras 001, 003 e 007, que para os resíduos de classe A é em torno de 65%, para classe B de 33% e de 1% para as classes C e D. O mesmo ocorre com as obras 002, 006, 008 e 010, cuja média de resíduos Classe A é em torno de 37%, de classe B é próximo de 56%. Já para a classe C, há semelhança apenas entre obras 002 e 010, em que o percentual de resíduos classe C é próximo a 3%, porém é muito diferente nas obras 006 e 008: 0% e 11,79% respectivamente. Com relação aos resíduos classe D, há proximidade nas médias das obras 002, 006 e 008, em torno de 3%. Já na obra 010, não foi contabilizada a geração de resíduo desta classe. A análise destes valores sugere que é difícil o prognóstico de resíduos em obras.

O Gráfico 3 apresenta a média percentual do volume de resíduos gerados por classe em relação ao total de volume gerado, considerando todas as obras analisadas.

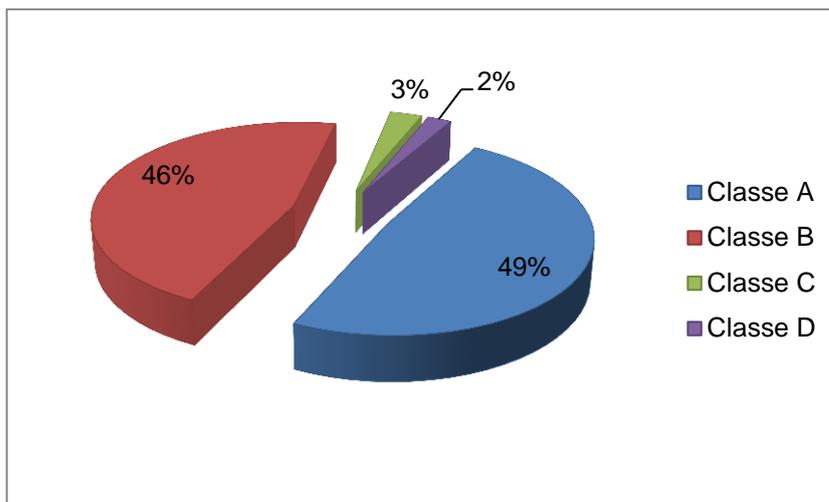


Gráfico 3: Parcela média de resíduos por Classe de resíduos

Fonte: Autoria própria

Ao analisar o desvio padrão das médias de resíduos gerados em cada classe nas obras, percebe-se que há uma grande amplitude nos valores, o que pode ser verificado na Tabela 7, e tende a fortalecer ideia de que é difícil fazer um prognóstico preciso de resíduos em obras.

É importante ressaltar que não foram considerados os volumes de solo retirado nas escavações das obras, então os valores para Classe A referem-se apenas aos resíduos gerados nas demais etapas construtivas.

Tabela 7: Média e desvio padrão do volume percentual de resíduos entre as obras

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Média (%)	43,66%	50,64%	3,13%	2,57%
Desvio Padrão	17,18%	14,91%	3,67%	3,48%

Fonte: Autoria própria

Nota-se que o desvio padrão da média de resíduos classes C e D aproxima-se da média. Como é possível ver no Gráfico 1, nas obras 006 e 009 não foi contabilizada a saída de resíduo classe C e nas obras 009 e 010 não foi contabilizada a saída de resíduo classe D, o que reforça a ideia já apresentada de que o gerenciamento destes resíduos é feito de maneira diferente dos demais.

No Gráfico 4, está expressa a relação do volume de resíduos por classes pela área total construída das obras analisadas.

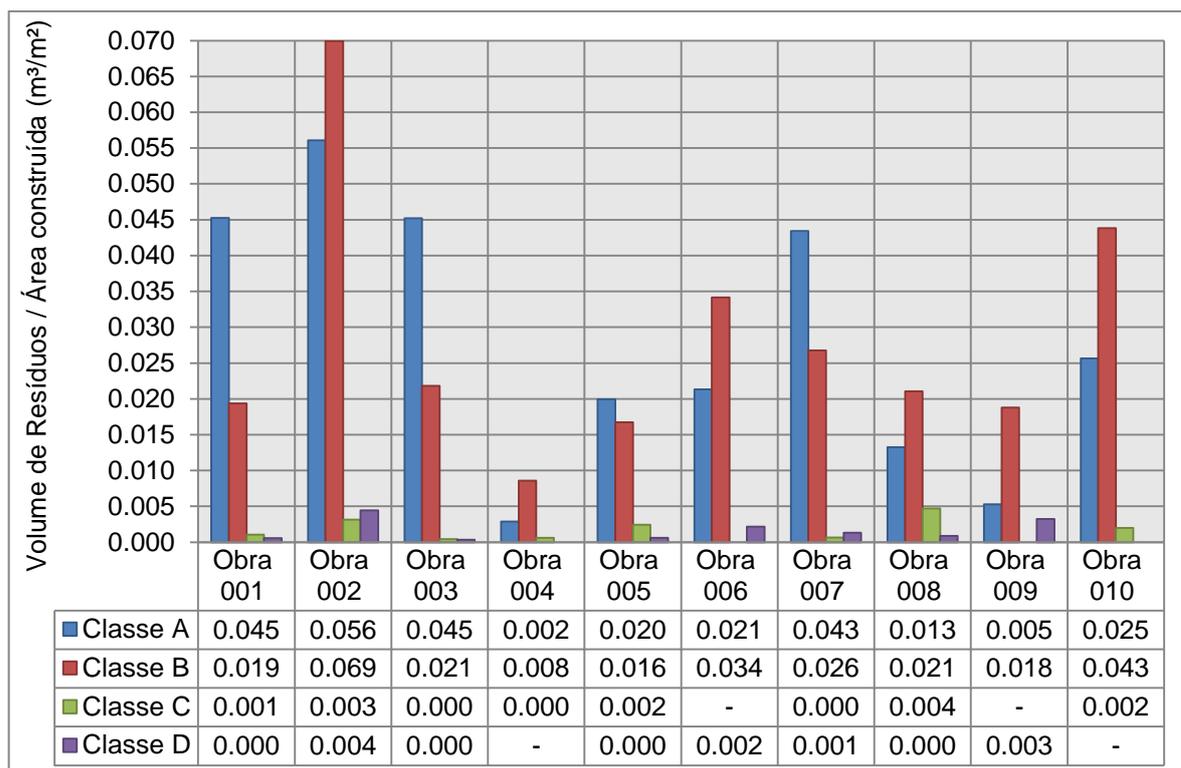


Gráfico 4: Volume de resíduos por área construída (m^3/m^2) versus Classe de resíduos

Fonte: Autoria própria

Pela análise do Gráfico 4 percebe-se que, dentro das classes, a relação volume de resíduos pela área construída é relativamente próxima, o que levou à construção da Tabela 8.

Tabela 8: Média e desvio padrão do volume de resíduos pela área construída (m^3/m^2) entre as obras

	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Média	0,028	0,028	0,002	0,001
Desvio Padrão	0,019	0,018	0,002	0,001

Fonte: Autoria própria

Da mesma forma que na Tabela 7, fica visível na Tabela 8 que o desvio padrão é próximo da média para a classe D e, neste caso, é igual à média para a classe C. Já o desvio padrão para as classes A e B é próximo um do outro, o que pode sugerir que o controle de resíduos classes C e D é menor que os demais.

Diversas relações expostas neste trabalho serão feitas entre o volume total de resíduos gerado durante a obra dividido pela área total construída, reduzindo

assim os desvios que poderiam ser ocasionados pela diferença de tamanhos (em área construída) das obras.

Na Tabela 9 é possível observar o índice de geração de resíduo por área construída de cada uma das obras.

Tabela 9: Índice de geração de resíduos / Área Construída

Obra	Vol. total de Resíduos (m ³)	Área total construída (m ²)	Volume de Resíduos/ Área construída (m ³ /m ²)
001	2.237,91	33.786,00	0,066
002	1.056,50	7.907,57	0,134
003	1.023,38	15.104,95	0,068
004	294,00	24.345,00	0,012
005	655,00	16.480,18	0,040
006	800,00	13.885,15	0,058
007	542,34	7.512,15	0,072
008	933,00	23.397,54	0,040
009	594,25	21.778,97	0,027
010	1.071,00	14.983,91	0,071
	9.207,38	179.181,42	0,051

Fonte: Autoria Própria

De acordo com Pinto (2004), os resíduos de construção pesam em média 1.300 kg/m³. Sendo assim, o índice 0,051m³/m³ obtido das obras analisadas pode ser convertido para 66,3 kg/m². Pode-se comparar o valor obtido com o índice de geração de resíduos citado por Novaes e Mourão (2008), de 100 a 300kg/m².

Neste caso, no geral, as obras avaliadas apresentaram um índice de geração abaixo do esperado para as obras brasileiras, segundo Novaes e Mourão (2008).

4.2 GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME TIPO DE FUNDAÇÃO

Dentro de todos os dados coletados obtém-se a parcela do tipo de fundação que as obras analisadas utilizaram.

Das dez obras analisadas, duas possuem fundação mista (uma com estaca escavada e sapata e outra com estaca escavada e parede diafragma), cinco

possuem fundação com hélice contínua, duas com estaca escavada e uma obra com estaca cravada, conforme o percentual apresentado no Gráfico 5.

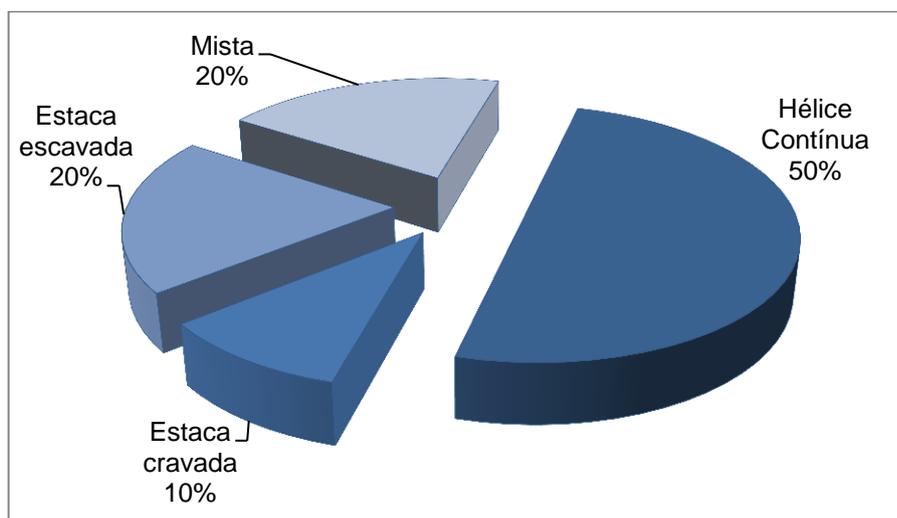


Gráfico 5: Parcela dos tipos de fundação utilizados entre as obras analisadas

Fonte: Autoria própria

A correlação com o volume total de resíduos serve para orientar sobre a influência que o método construtivo das fundações tem sobre a geração de resíduos,

No Gráfico 6 observa-se o volume médio de resíduos gerados por área construída *versus* o tipo da fundação da obra. Nota-se que a fundação do tipo estaca cravada é a que gerou a maior quantidade de resíduos por metro quadrado construído. Entretanto como foi analisada apenas uma obra com fundação do tipo estaca cravada não é possível afirmar definitivamente que seja este o método de fundação que mais gera resíduos, pois como se trata de apenas um dado, este pode não exprimir a correlação deste tipo de fundação com a efetiva geração de resíduos.

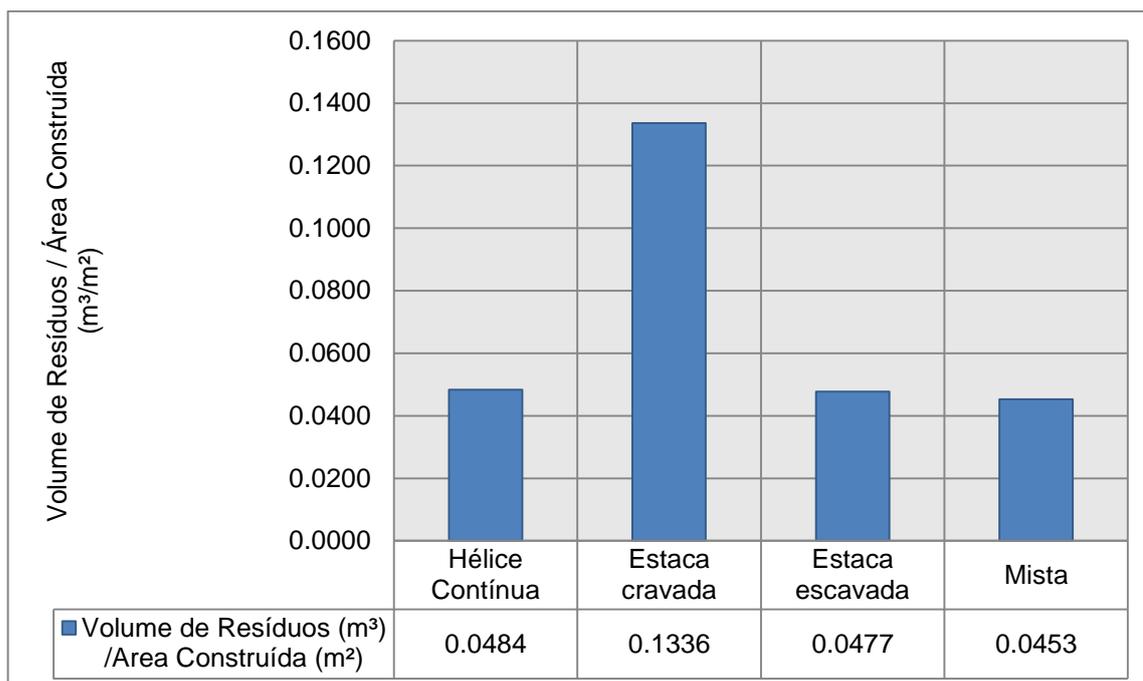


Gráfico 6: Volume de resíduos versus Tipo de fundação

Fonte: A autoria própria

É visível que o volume por metro quadrado construído é bastante próximo, entre 0,0453 e 0,0484, exceto para obras com fundação em estaca cravada. Como apenas uma das obras analisadas utilizou fundação em estaca cravada, pode-se sugerir que este comportamento mostra que o tipo de fundação executada não interfere de maneira impactante na geração de resíduos.

A Figura 4 apresenta a relação entre a geração de resíduos e o tipo de fundação para cada classe de resíduo. Nota-se que há uma diferença significativa nos volumes de resíduos gerados por cada classe dentre os métodos construtivos analisados. Ou seja, dependendo do tipo da fundação, a distribuição dos resíduos por classe muda.

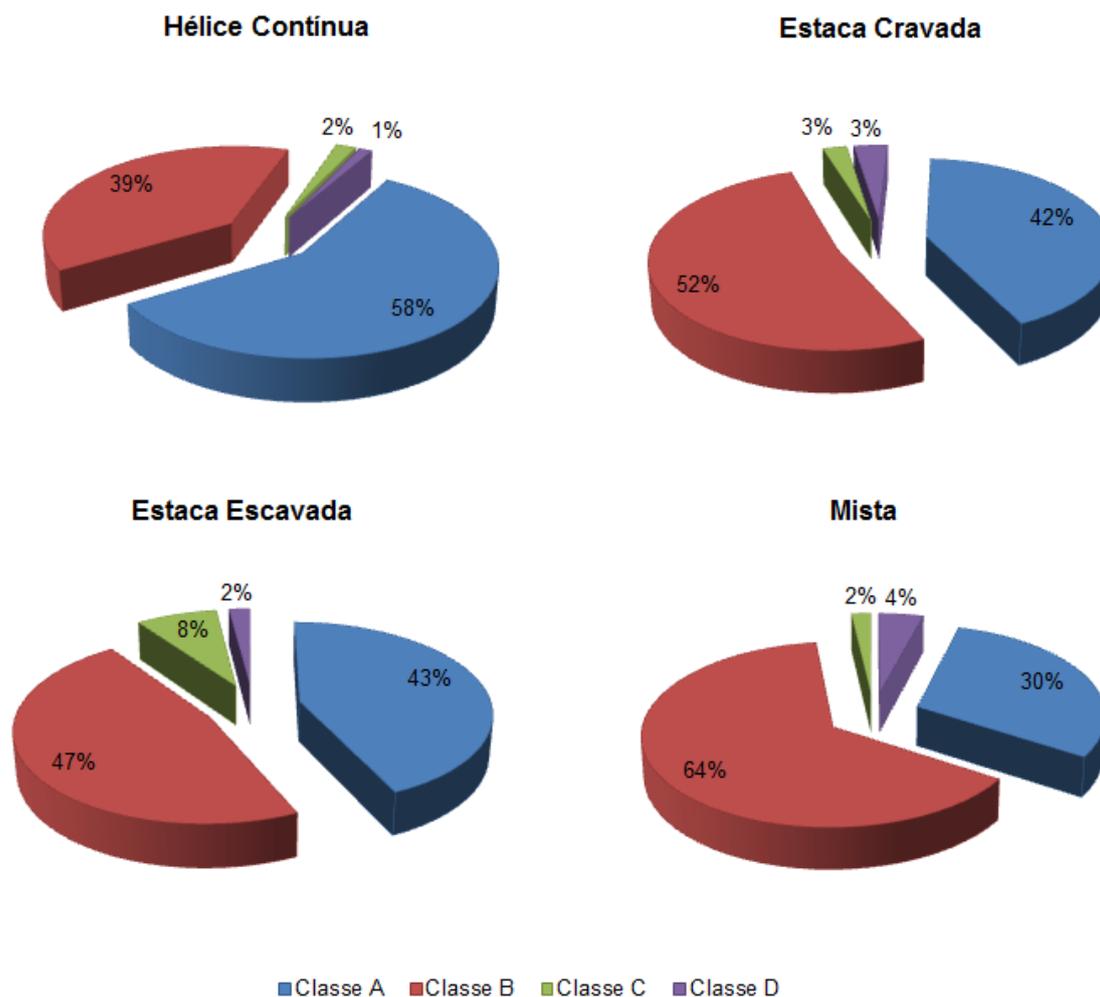


Figura 4: Relação percentual entre as Classes de resíduos para cada tipo de fundação estudada

Fonte: Autoria própria

Ainda analisando a Figura 4, verifica-se que nas obras com fundação do tipo hélice contínua, a geração de resíduos classe A é maior que nas outras. Nas obras com fundação mista, a geração de resíduos classe B é maior, com relação às outras obras.

Resíduos classificados como C, segundo a Resolução CONAMA nº 307/02, são aqueles que não possuem tecnologias para reciclagem ou reutilização. Os materiais que geram estes resíduos dificilmente são utilizados em processos de fundação.

A fundação do tipo mista apresentou a maior geração de resíduos classe D. Pode-se creditar isso à utilização de parede diafragma e estaca escavada, pois neste métodos construtivos se usa lama bentonítica, o que pode acarretar uma maior geração de resíduos deste tipo.

Em suma não é possível chegar a uma conclusão mais precisa e/ou crítica sobre a relação entre fundação e volume total de resíduos gerados na obra, pois não foram analisadas as quantidades de resíduos por cada etapa da obra separadamente.

4.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME TIPO DE ESTRUTURA

Das dez obras analisadas, sete foram projetadas com estrutura convencional e três com alvenaria estrutural. Por estrutura convencional, entende-se aquela executada em concreto armado, com fôrmas de madeira e escoramento metálico. O concreto utilizado em todas as obras analisadas é usinado. A porcentagem de área construída das obras com cada um destes métodos construtivo pode ser observada no Gráfico 7.

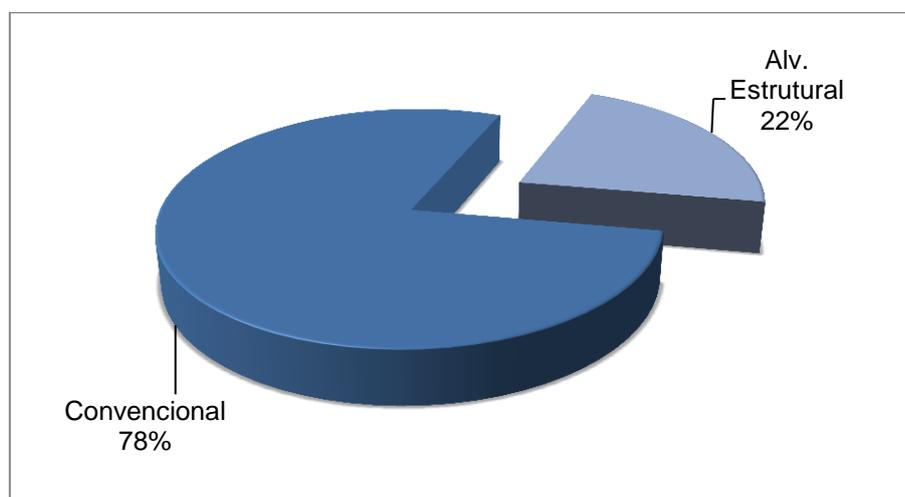


Gráfico 7: Parcela do tipo de estrutura entre as obras analisadas

Fonte: Autoria própria

Foi feita uma relação entre o volume total de resíduos e a área construída nas obras com os dois tipos de estrutura. Esta relação pode ser vista no Gráfico 8.

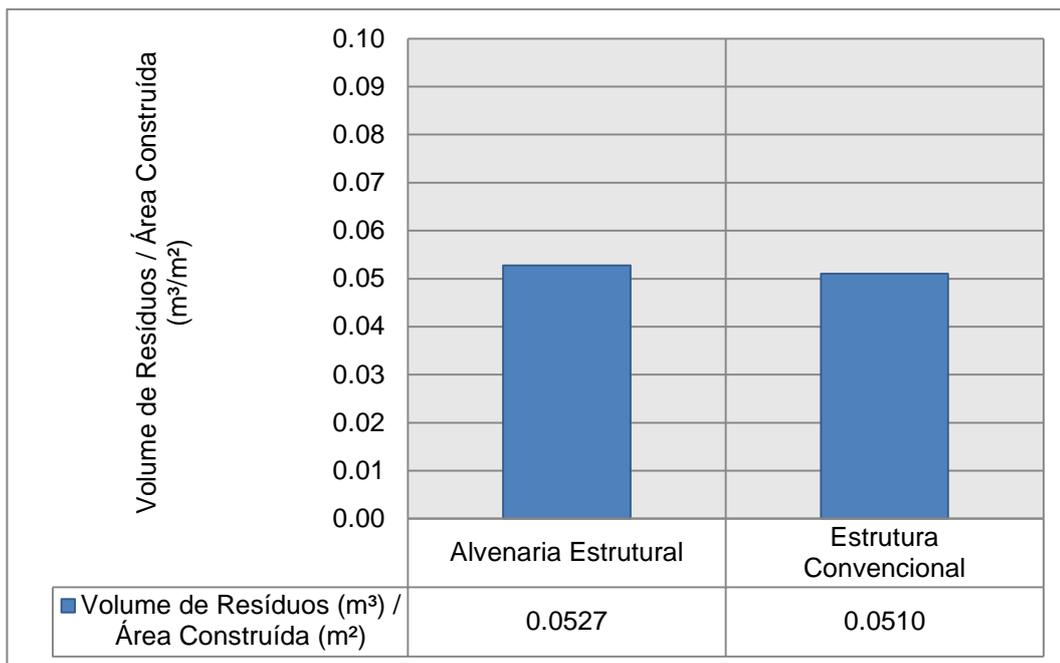


Gráfico 8: Volume de resíduos / Área construída versus Tipo de estrutura

Fonte: Autoria própria

Analisando o Gráfico 8, percebe-se que não há uma diferença significativa entre a geração global de resíduos por área construída nas obras analisadas com estrutura convencional e de alvenaria estrutural. Em outras palavras, pode-se suportar a tese de que o tipo de estrutura não interfere significativamente na geração total de resíduos de uma obra. Complementarmente, pode-se afirmar que é possível estabelecer um índice de correlação entre o volume total de resíduos de uma obra e sua área total construída da ordem de $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Este indicador pode ser de grande valia tanto no prognóstico de resíduos de uma obra, durante a fase de planejamento, quando na verificação/adequação dos critérios de planejamento.

4.3.1 Geração de Resíduos por Classe versus Tipo de Estrutura

Para obter uma relação mais específica, foi elaborado o Gráfico 9, que relaciona o volume gerado de resíduos das classes A e B por área construída com o tipo de estrutura.

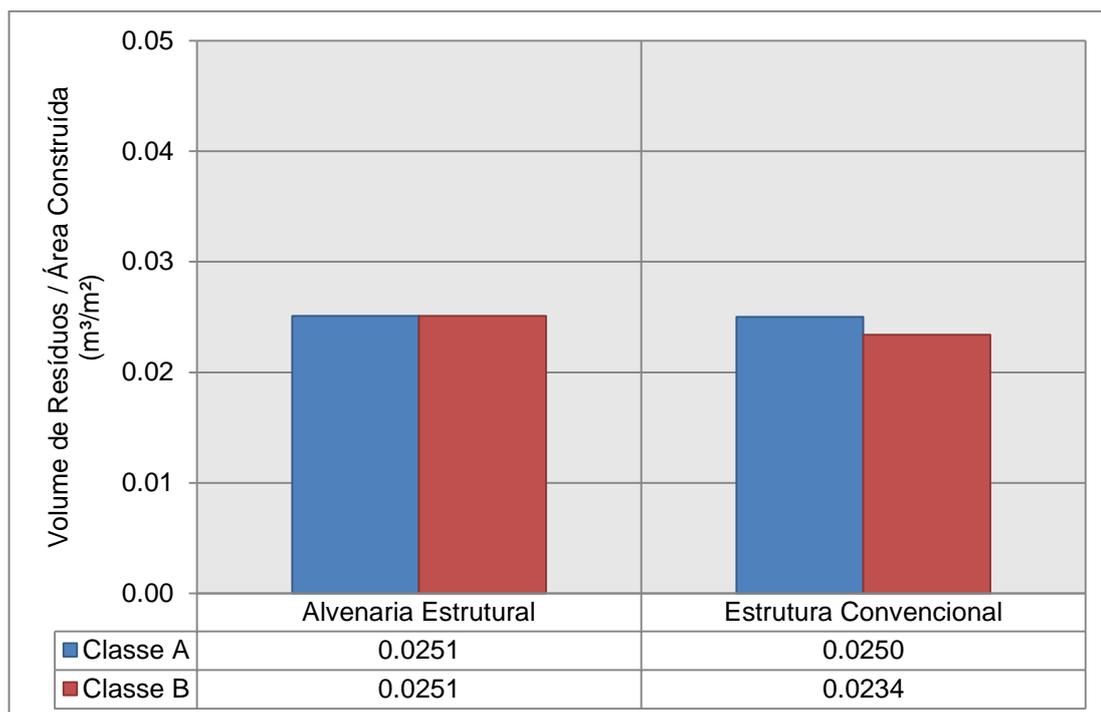


Gráfico 9: Volume de resíduos Classes A e B / Área construída versus Tipo de Estrutura

Fonte: Autoria própria

Optou-se por fazer esta análise com as duas classes de resíduos supracitadas por representarem os resíduos proporcionalmente mais gerados durante a execução da estrutura. Cabe ressaltar que, dentre os resíduos da classe A, não está incluso o solo retirado em escavação.

Verificou-se neste gráfico que esta relação é muito próxima, da ordem de 0,025 m³/m² nas obras com diferentes métodos construtivos, tanto para resíduos classe A quanto para resíduos classe B.

Já com relação a todas as classes de resíduos, vêem-se na Figura 5 as porcentagens de cada uma delas em relação às obras em alvenaria estrutural e em estrutura convencional.

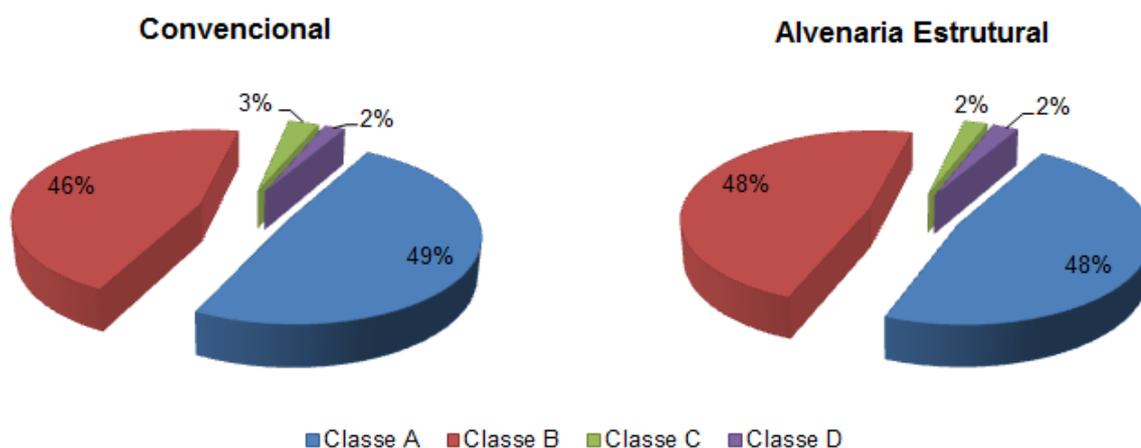


Figura 5: Relação percentual entre as Classes de resíduos para cada tipo de estrutura estudada

Fonte: Autoria própria

Após analisar os gráficos nº 8 e 9 e a Figura 5, constata-se que a relação entre o método construtivo utilizado na execução de estrutura e a geração de resíduos das diferentes classes é aproximadamente igual. Com isso, é possível sustentar que os índices de $0,05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de resíduos em geral e $0,025 \text{ m}^3/\text{m}^2$ de resíduos de classes A e B podem auxiliar na verificação e adequação de PGRCC.

4.4 GERAÇÃO DE RESÍDUOS CONFORME TIPO DE VEDAÇÃO

Dentre as dez obras questão, a vedação de três delas foi feita em blocos cerâmicos, três em blocos de concreto, outras três eram com vedação mista de bloco cerâmico e gesso acartonado e uma delas era mista com bloco cerâmico, gesso acartonado e bloco sical, como se vê, em porcentagem, no Gráfico 10.

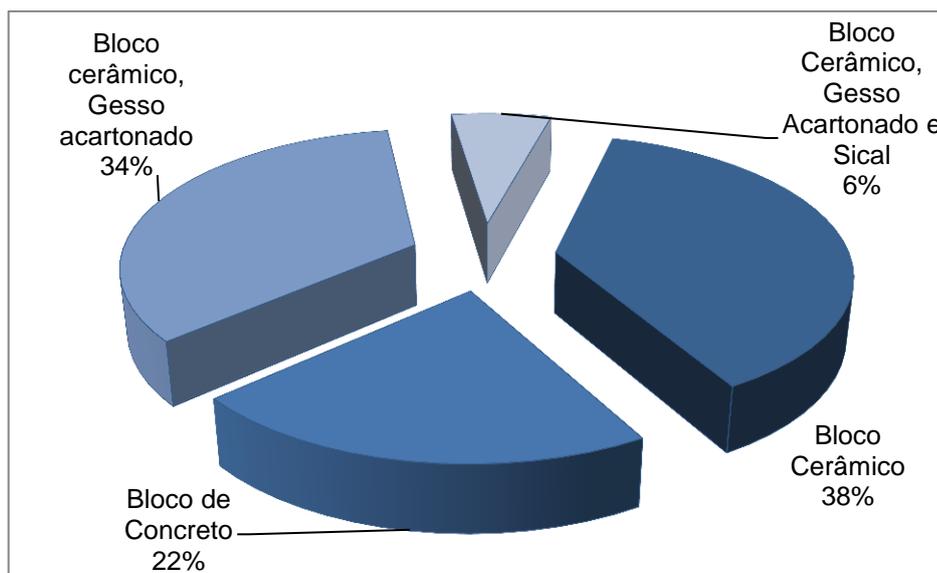


Gráfico 10: Parcela dos tipos de vedação

Fonte: Autoria própria

O Gráfico 11 mostra o volume de resíduo gerado por metro quadrado de obra construída, para cada tipo de vedação.

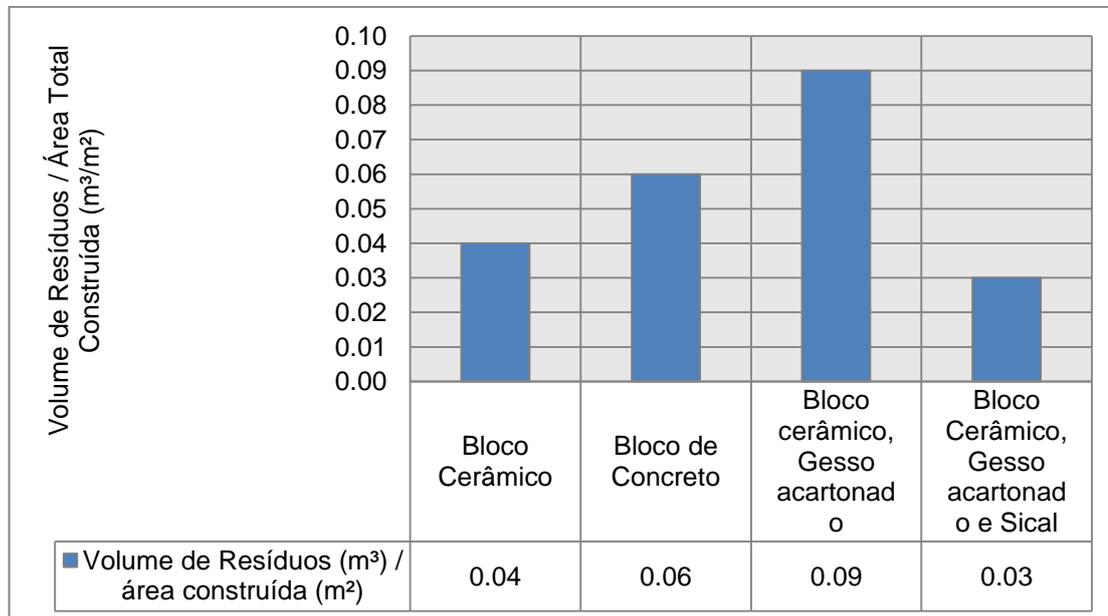


Gráfico 11: Volume de resíduos / Área total construída versus Tipo de vedação

Fonte: Autoria própria

O Gráfico 11 mostra que, para as obras analisadas, a maior proporção resíduo/área construída se deu nas obras com vedação mista com bloco cerâmico e gesso acartonado (igual a 0,09 m³/m²), e a geração de resíduos nas obras com

bloco cerâmico foi a segunda menor (igual a 0,04 m³/m²) dentre os quatro métodos construtivos.

Na busca de alguma relação mais explícita entre o método construtivo de vedação e a geração de resíduos, o Gráfico 10 foi elaborado novamente, agora considerando apenas os resíduos da classe A (Gráfico 12), que é a classificação dos resíduos de blocos cerâmicos e de concreto (caliça).

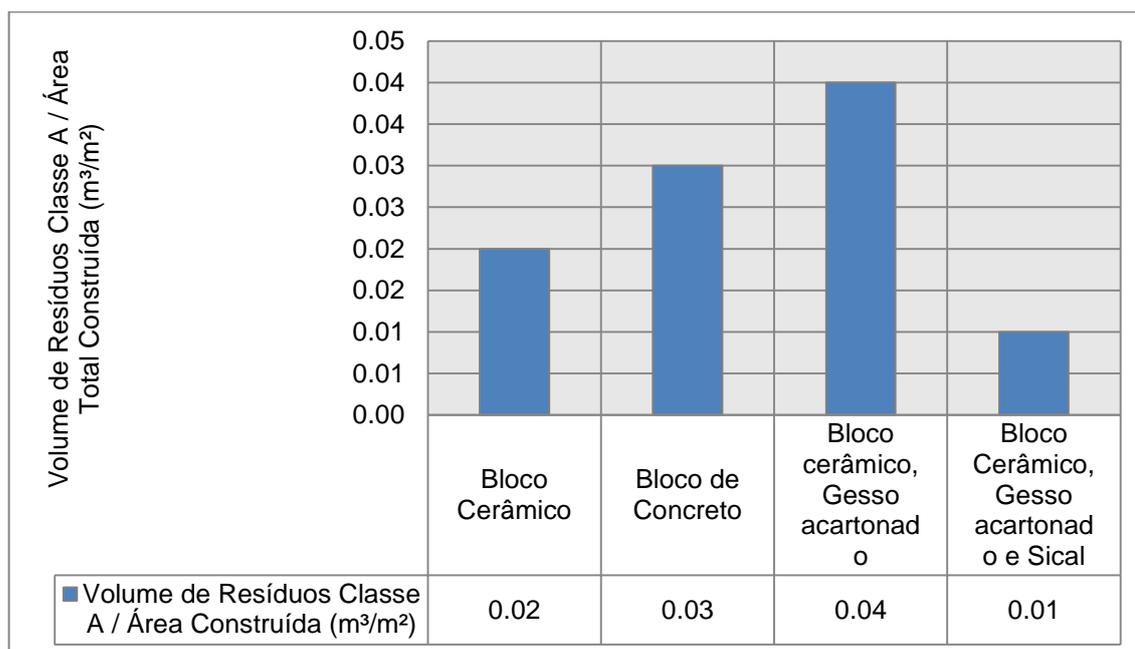


Gráfico 12: Volume de Resíduos Classe A / Área total construída versus Tipo de Vedação

Fonte: Autoria própria

Ao comparar os Gráficos 11 e 12, verifica-se que não há mudança significativa nas relações ao analisar-se o volume total de resíduo ou apenas o volume dos resíduos classe A. Desta observação pode-se concluir que a geração de resíduos classe A em uma é diretamente proporcional ao volume total de resíduos gerados em uma obra, na medida em que os indicadores de correlação, a grosso modo, variaram na escala 2:1 (Gráficos 11 x Gráfico 12).

Outra maneira de se observar as relações entre cada tipo de vedação está representada na Figura 6, que exhibe a porcentagem de resíduo gerado para cada classe, nos métodos construtivos em questão.

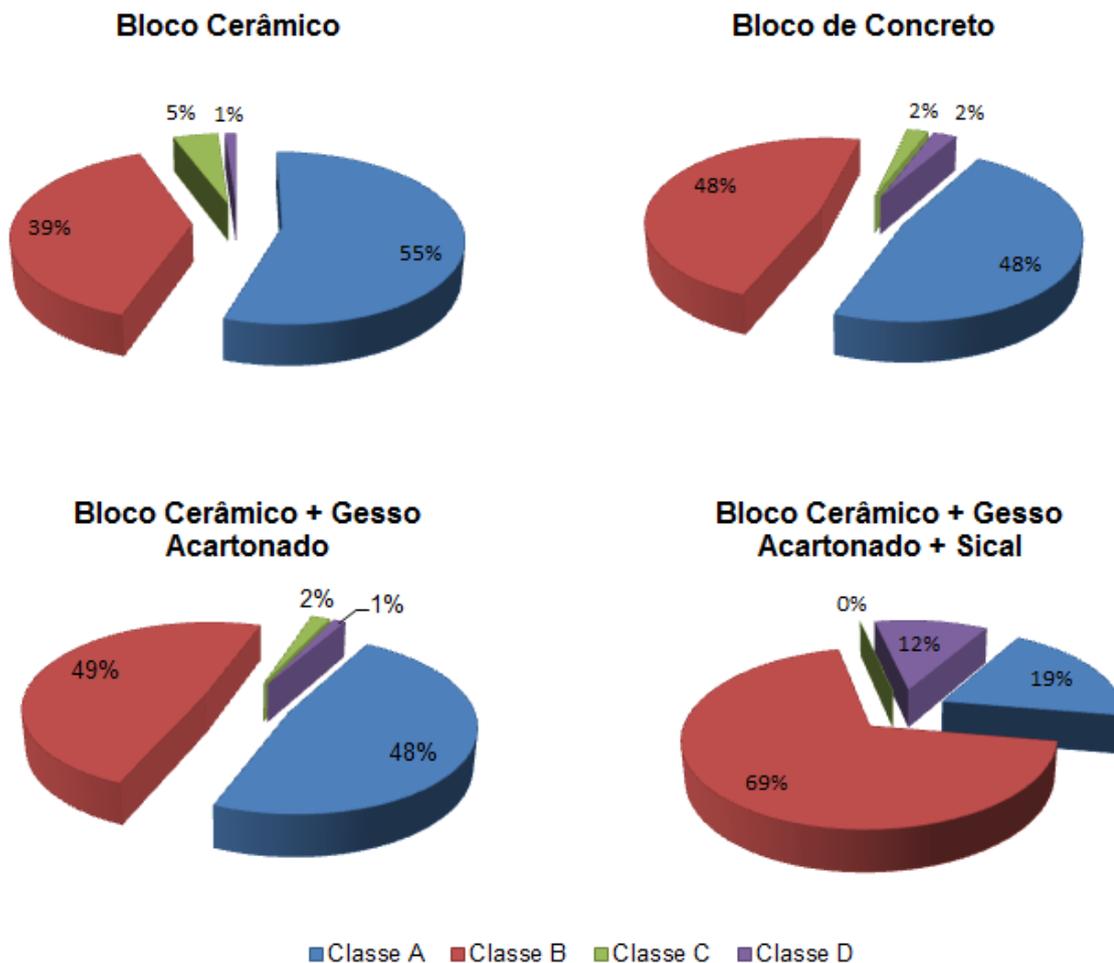


Figura 6: Relação percentual entre as Classes de resíduos para cada tipo de vedação estudada
Fonte: Autoria própria

Os gráficos exibidos da Figura 6 mostram que, efetivamente, o método construtivo da vedação tem influência direta sobre o volume e a característica/tipo dos resíduos gerados pelas obras, isso porque as proporções entre o volume de resíduo gerado por cada classe variam de forma significativa ao mudar o material aplicado na vedação. Cita-se como exemplo o resíduo classe B, que variou de 39% quando a vedação era cerâmica para 69% quando esta era composta pela associação de bloco cerâmico + gesso acartonado + sical. Outro item exibido pela figura é a tendência de que as obras com vedação cerâmica possuem em gerar mais resíduo classe A que as obras que adotam outro tipo de vedação.

Entretanto, não se pode afirmar com propriedade qual o grau dessas relações, pois os dados que estruturam este trabalho não são detalhados de forma suficiente a gerar tais tipos de análises. Para tanto, seria necessária a separação dos resíduos não apenas por classe, mas por material, ou ainda a distribuição

destes no cronograma da obra, para que fosse possível o confronto dos dados de volume de resíduo por cada etapa construtiva.

4.5 GERAÇÃO DE RESÍDUOS *VERSUS* CERTIFICAÇÕES DE QUALIDADE

Foram analisadas obras com e sem certificações de qualidade e meio ambiente, de forma a buscar a influência que estas teriam sobre a geração de resíduos de uma obra. Dentre as dez obras analisadas, sete possuíam certificações de qualidade e três não possuíam nenhuma certificação. O percentual pode ser observado no Gráfico 13.

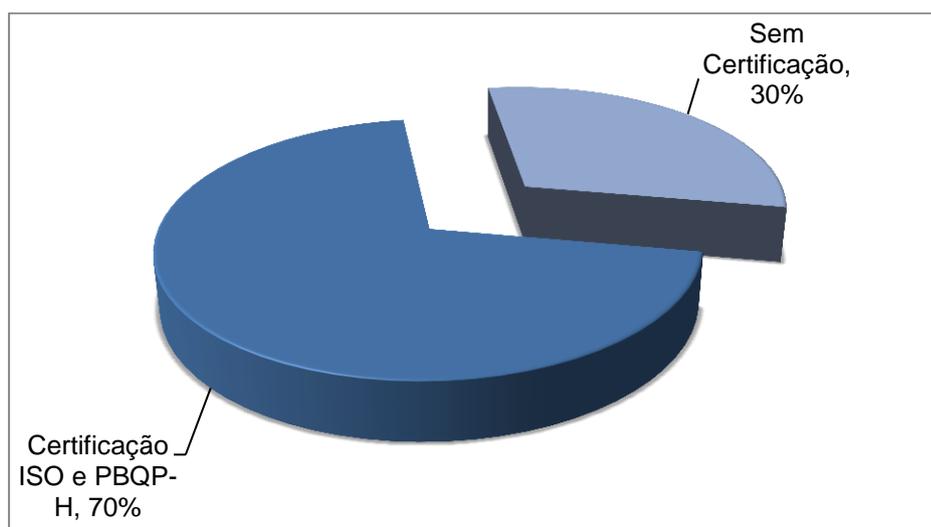


Gráfico 13: Parcela de obras com certificação

Fonte: Autoria própria

O Gráfico 14 relaciona a quantidade total de resíduos gerada (por metro quadrado de obra construído) e a existência ou não da certificação. Nele, verifica-se que a média do volume de resíduos por metro quadrado entre obras com PBQP-H e ISO9001 é aproximadamente 45% menor que as obras sem estes.

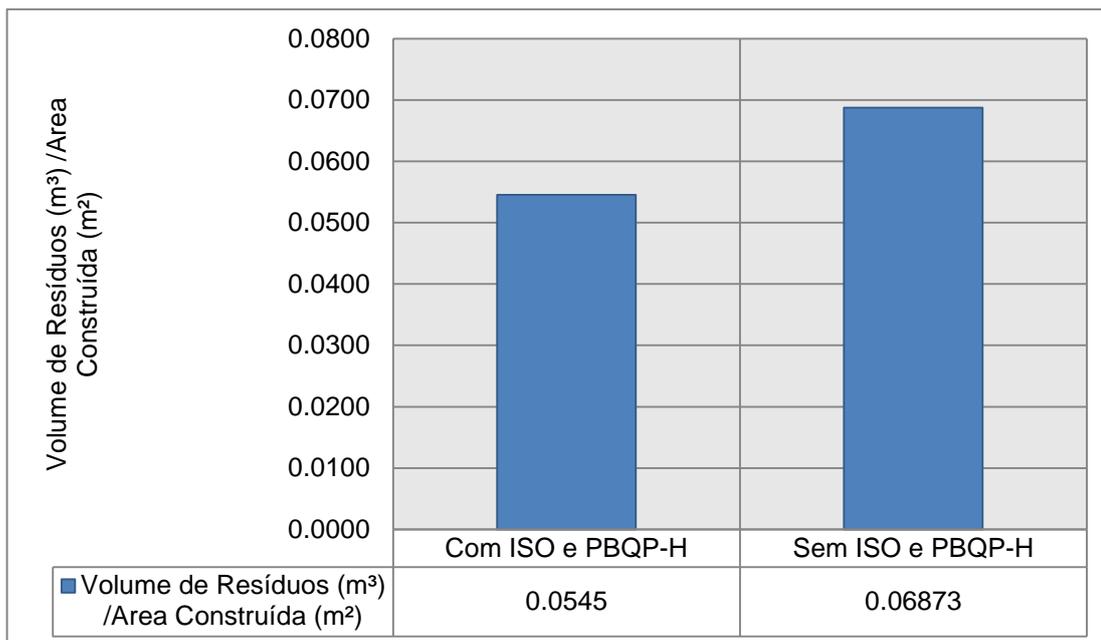


Gráfico 14: Volume de Resíduos / Área Total Construída (m^3/m^2) versus Certificação

Fonte: Autoria própria

As obras com certificação, devido às exigências das normas, têm maior controle no registro de saída de resíduos, o que sugere uma maior confiabilidade nos dados fornecidos. Os valores apresentados no Gráfico 14 exprimem que as obras sem qualquer certificação geram, proporcionalmente, um maior volume de resíduos. Uma hipótese para justificar esta relação, pode ser a de que existe mais desperdício durante as etapas construtivas nas obras que não buscam certificação, ou seja, obras certificadas tem maior controle tanto no registro de saída dos resíduos quanto na gestão dos processos executivos.

Ainda, foi realizada uma análise destas características comparando a parcela de resíduos, separados por classe, conforme Figura 7.

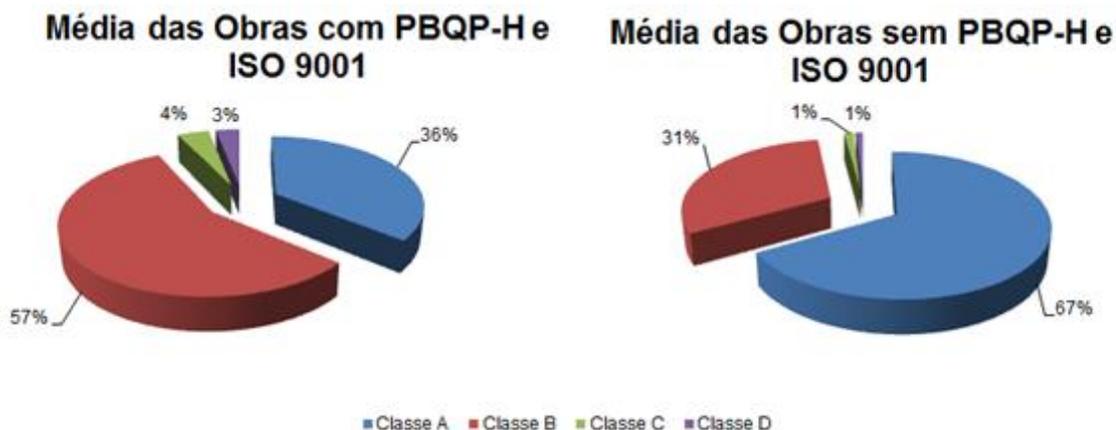


Figura 7: Relação entre volume de resíduos em obras com e sem certificação de qualidade
Fonte: Autoria própria

É visível na Figura 7 que, em média, as obras com PBQP-H e ISO9001 geram percentualmente mais resíduos classe B (57%), diferentemente das obras não certificadas, que geram mais resíduos classe A (67%). Isto também leva a acreditar que as certificações auxiliem na melhor gestão e controle de resíduos, por exemplo, o preenchimento criterioso de MTRs e a separação correta dos resíduos no canteiro de obras: a geração de maior percentual de resíduos classe A em relação à classe B sugere que obras não certificadas podem não ter tanto controle na separação dos resíduos e conseqüentemente possam dar uma destinação inadequada para estes.

Resíduos classificados como A incorporam os materiais mais utilizados nas obras, o que interfere diretamente num maior volume total, e também englobam materiais mais passíveis de confusão no momento da sua classificação na própria obra. Pode-se tomar como exemplo o caso de restos de demolição, que muitas vezes possuem diversos materiais incorporados, entre eles metal e/ou madeira, que muitas vezes não são separados corretamente para descarte.

Outra análise comparativa entre obras com e sem certificação está representada no Gráfico 15, que exhibe as quantidades de resíduos de cada classe geradas por metro quadrado construído.

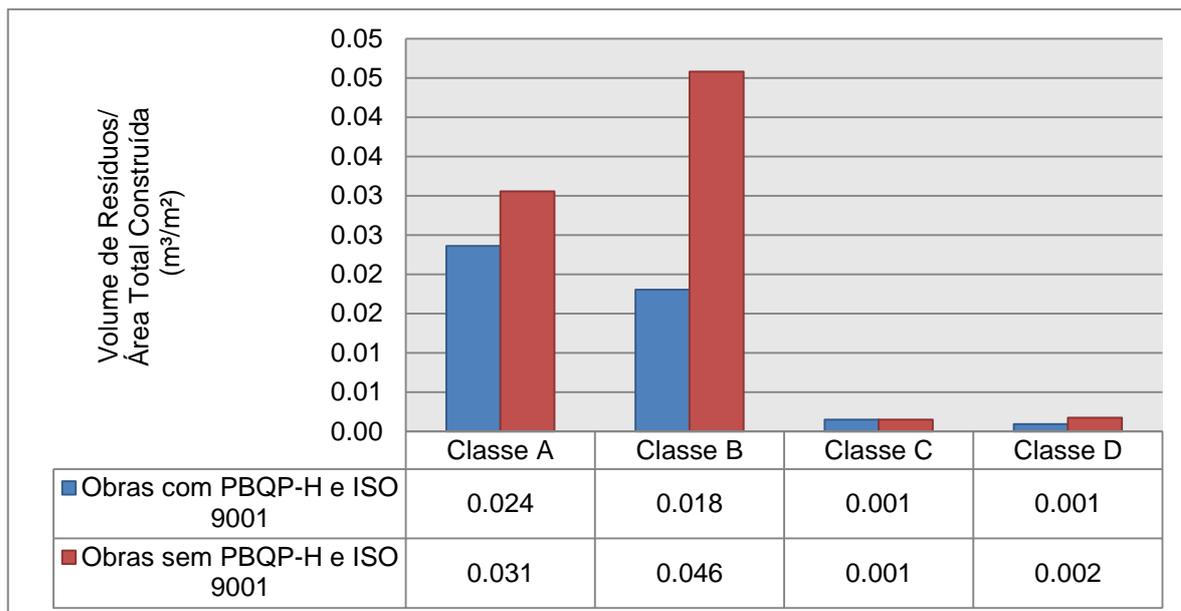


Gráfico 15: Volume de Resíduos / Área Total Construída (m^3/m^2) por Classes de Resíduos versus Certificação

Fonte: Autoria própria

Ao se observar, no Gráfico 15, a comparação entre volume de resíduos gerado por metro quadrado em cada classe de resíduos, em obras com e sem certificação, confirma-se que obras não certificadas geram mais resíduos classe A que obras certificadas: nas obras com certificação a relação é $0,024\text{m}^3/\text{m}^2$, enquanto nas obras sem certificação a relação é $0,031\text{m}^3/\text{m}^2$. Esta tendência se repete entre os resíduos classe B: enquanto nas obras certificadas a relação é $0,018\text{m}^3/\text{m}^2$, nas obras não certificadas esta relação é 2,5 vezes maior, $0,046\text{m}^3/\text{m}^2$.

Apenas entre os resíduos classes C e D não há uma discrepância significativa na relação de volume de resíduos gerado por metro quadrado construído nas obras com e sem certificação de qualidade.

Também este comportamento remete à afirmação de que, geralmente, as certificações ISO 9001 e PBQP-H fazem com que a obra receba uma gestão de resíduos mais criteriosa.

Pode-se dizer que as certificações em questão são vantajosas no que concerne ao gerenciamento dos resíduos. Elas auxiliam nas estatísticas da obra em relação a estes e mostram que possuem relação direta para com a geração e classificação correta dos mesmos.

4.6 Volume de Resíduos por Área Construída, Pavimentos e Duração da Obra

Há três séries de dados representadas no Gráfico 17, as quais relacionam o volume de resíduos gerados com a área construída, com o número de pavimentos e com o tempo de duração da obra em meses, separadamente.

A grosso modo, é possível inferir que as relações entre volume de resíduos *versus* duração da obra e volume de resíduos *versus* número de pavimentos tem relação direta entre si, pois apresentam curvas semelhantes.

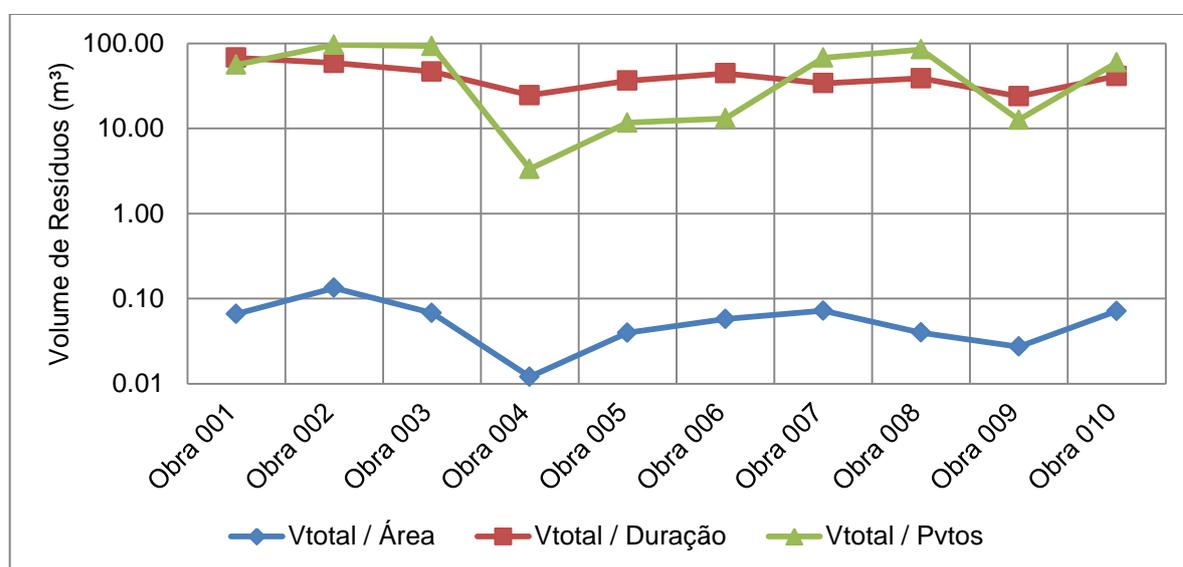


Gráfico 16: Correlação do volume entre área construída, nº de pavimentos e duração da obra

Fonte: Autoria própria

Foi investigada uma relação logarítmica, para melhor visualização dos dados e percebeu-se certa semelhança no comportamento entre tais relações com a quantidade de resíduos gerada. Feita esta análise em escala logarítmica, sugere-se que estas relações são também logarítmicas.

O Gráfico 18 traz a relação entre a área construída e o volume de resíduos gerado.

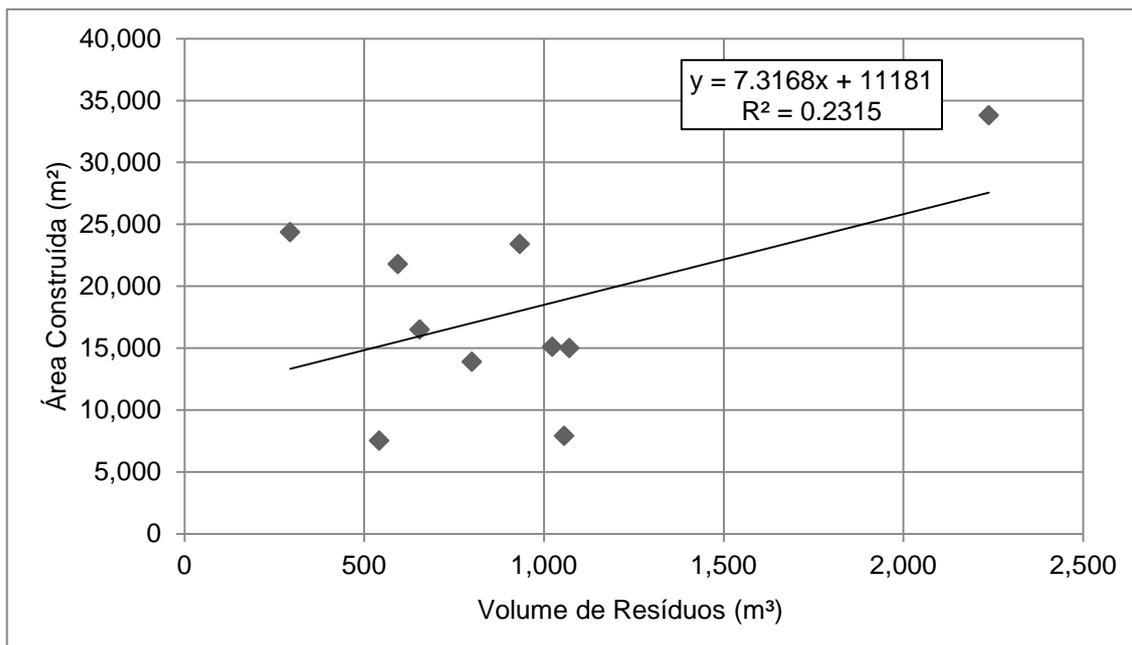


Gráfico 17: Volume Total (m³) versus Área Construída (m²)

Fonte: Autoria própria

A partir da análise do Gráfico 18, é possível depreender que a relação entre o volume total de resíduos e a área construída é fraca, conforme definição da Tabela 6: o R^2 da tendência é menor que 0,33.

Pode-se justificar esta relação fraca pelo alto desvio padrão da média dos dados obtidos, conforme já descrito anteriormente. Isto fortalece a hipótese de que é difícil obter uma relação direta entre a área das obras e o volume de resíduos, já que uma obra pequena (em área) pode ter um nível de complexidade construtiva maior de que uma obra grande. Por exemplo, uma obra com grande área construída, porém com poucas paredes internas tende a utilizar menos materiais e gerar menos resíduos que uma obra com menor área construída e muitas paredes divisórias.

Com base nisso, acredita-se que o índice citado por Novaes e Mourão (2008), que prevê o volume de resíduo a ser gerado em uma obra através de sua área construída (entre 100 e 300 Kg/m²), não seja o índice ideal para modelos de previsão, havendo assim a necessidade de obter maiores detalhes a respeito da obra para gerar uma previsão mais precisa.

A relação entre o volume de resíduos gerado e o tempo de duração de obra está exposta no Gráfico 19.

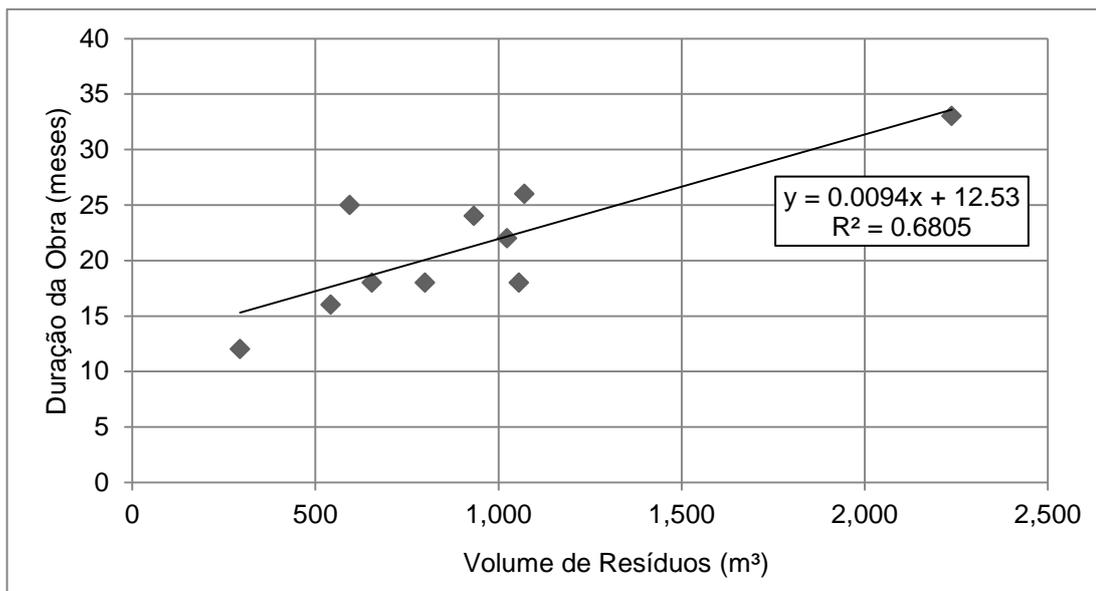


Gráfico 18: Volume Total (m³) versus Duração da Obra (meses)

Fonte: Autoria própria

A partir da análise do Gráfico 19, é possível sugerir que existe uma relação direta entre o volume total de resíduos gerados nas obras analisadas e seu cronograma. E esta correlação é dita como forte ($R^2 = 0,68$), de acordo com os limites estabelecidos na Tabela 6.

Verifica-se, analisando esta relação e da Tabela 5, que as obras com cronograma mais extenso não são, necessariamente, as com maior área construída, mas, provavelmente, são as com maior complexidade de execução, justificando assim a longa duração e maior geração de resíduos.

É possível utilizar a relação $y=0,0094x + 12,53$ (onde y é o volume de resíduos e x é o tempo previsto de duração da obra) para auxiliar na elaboração de uma estimativa da quantidade de resíduos a ser gerado numa obra.

Relacionando o volume de resíduos gerado com o número de pavimentos das obras, é obtido o Gráfico 20.

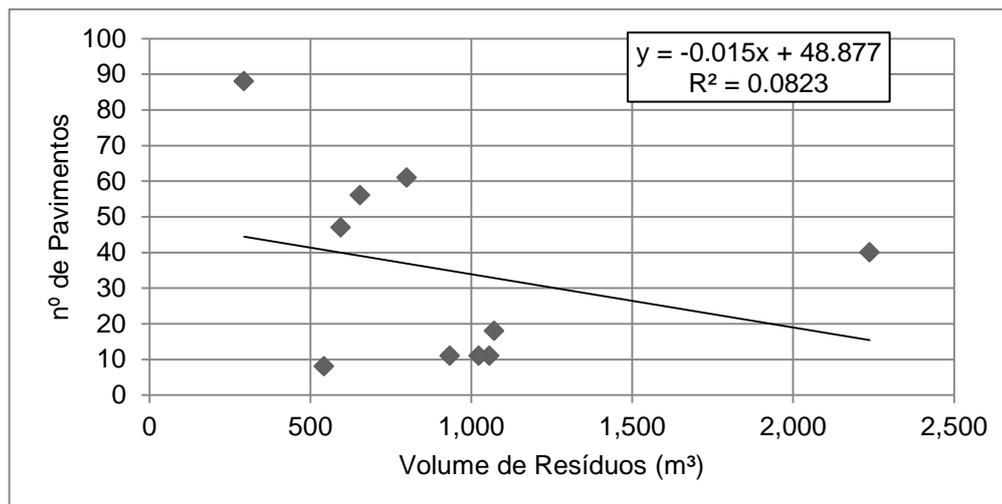


Gráfico 19: Volume Total (m³) versus Nº de Pavimentos

Fonte: Autoria própria

Com base na análise do Gráfico 20 e no fraco coeficiente de correlação ($R^2=0,08$), não é possível estabelecer uma relação direta entre volume total de resíduos gerados na obra e a quantidade de pavimentos da edificação.

4.7 Geração de Resíduos Conforme a Quantidade de Funcionários

O Gráfico 21 apresenta a relação entre o volume de resíduos gerado e o número médio de funcionários.

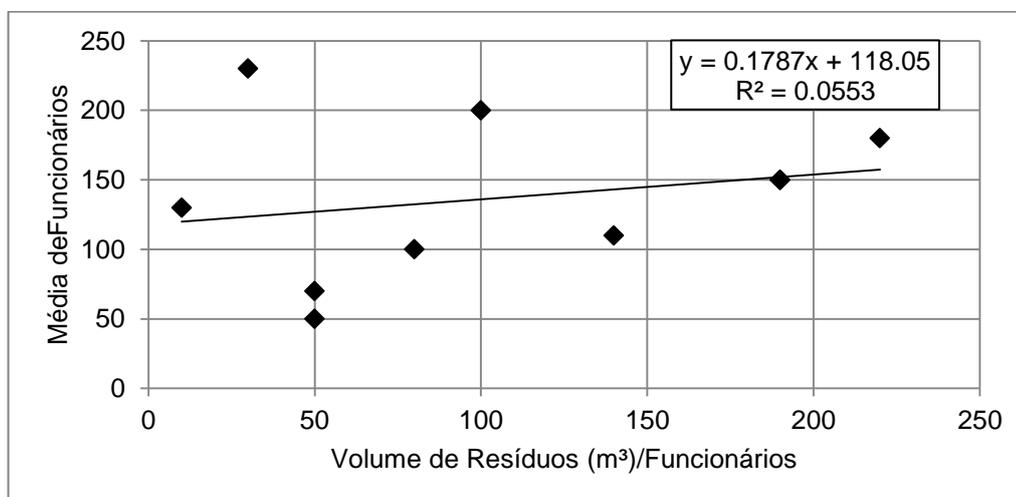


Gráfico 20: Média de Funcionários versus Volume de Resíduos

Fonte: Autoria própria

A relação existente entre o número médio de funcionários na obra e volume de resíduos gerado por funcionário, apesar de ser uma relação considerada fraca (apresenta R^2 menor que 0,33) exprime a tendência de que a quantidade de funcionários não aumenta na mesma proporção do aumento da área construída da obra. O que quer dizer que, em obras grandes (em área), a produção de cada funcionário tende a ser maior que em obras pequenas, aumentando assim o volume de resíduo gerado por cada funcionário.

O Gráfico 22 confirma essa tendência. Há uma relação moderada entre a área construída por mês e o volume de resíduos gerado por funcionário, apresentando um coeficiente R^2 igual a 0,40.

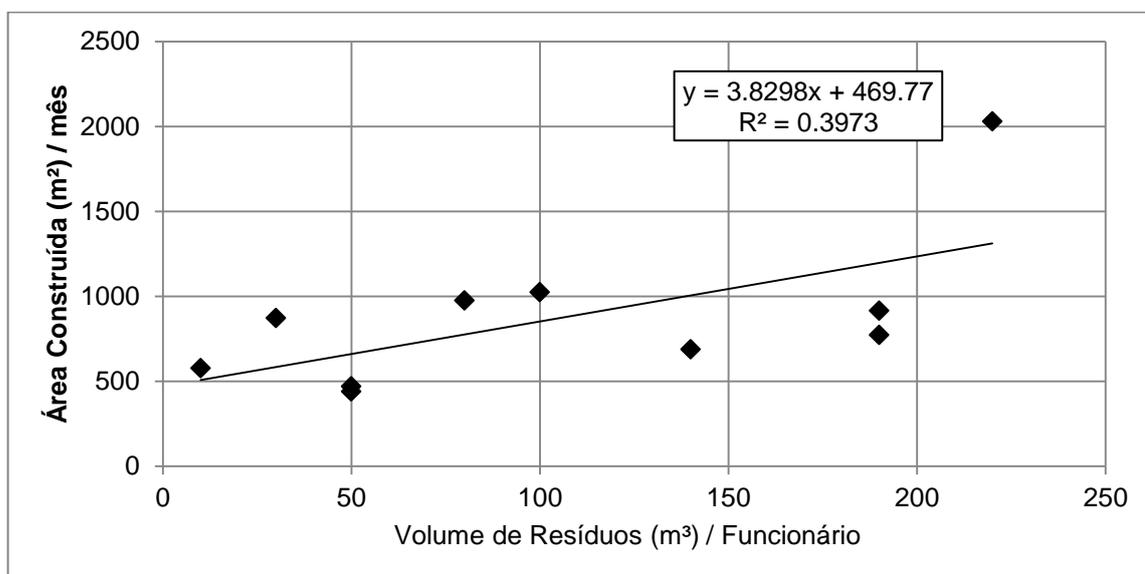


Gráfico 21: Área Construída por mês versus Volume de Resíduos por Funcionário

Fonte: Autoria própria

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo deste trabalho é fazer uma análise da correlação entre a quantidade de resíduos de construção civil gerados em um canteiro de obras, os aspectos construtivos e as características específicas de construções na cidade de Curitiba.

Por meio desta análise, pretendeu-se auxiliar os gerenciadores de obras a realizarem ou avaliarem estimativas da geração de resíduos antes do início das construções, podendo assim tomar medidas cabíveis para o planejamento da obra e a gestão dos resíduos.

As análises realizadas foram consideradas satisfatórias, apesar de que as relações tenham sido feitas com base em um número pequeno de amostras. Dentre essas relações, algumas foram consideradas fracas, moderadas ou fortes e, ainda, algumas mostraram a inexistência de correlação.

Em suma, pôde-se concluir que:

- Métodos Construtivos: há relação direta entre eles e a geração de resíduos, pois se configuram visíveis diferenças e semelhanças nas quantidades de resíduos conforme o método utilizado.
- Mão de Obra: exprime-se a tendência de que a quantidade de funcionários não aumenta na mesma proporção do aumento da área construída. Há ainda a tendência de que, nas obras com maior produção mensal (m²), o volume de resíduo que cada funcionário irá gerar seja maior.
- Certificações ISO9001 e PBQP-H: são vantajosas quanto à gestão eficaz dos resíduos e auxiliam nas estatísticas da obra em relação aos mesmos e mostram que possuem relação direta para com a geração e classificação correta de resíduos.

As relações encontradas neste trabalho podem ser de grande valia para o auxílio no prognóstico de resíduos de construções e na elaboração de Planos de Gerenciamento de Construção Civil.

REFERÊNCIAS

ACHILLAS, Ch.; BANIAS, G.; MOUSSIOPOULOS, N.; PAPAIOANNOU, I.; VLACHOKOSTAS, Ch. ***A web-based Decision Support System for the optimal management of construction and demolition waste.*** *Waste Management*, v. 31, n. 12, p. 2497-2502, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004: Resíduos Sólidos – Classificação.** Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 10004: Resíduos Sólidos - Classificação.** Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 15112: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD.** Junho, 2004b.

_____. **NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Junho, 2004c.

_____. **NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação.** Junho, 2004d.

_____. **NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos.** Junho, 2004e.

_____. **NBR 15116: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.** Junho, 2004f.

_____. **NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso.** Dezembro, 2004.

_____. **NBR ISO 14004: Sistemas de gestão ambiental – Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.** Outubro, 2005.

AULICINO, Patrícia. **Análise de Métodos de Avaliação de Sustentabilidade do Ambiente Construído: O Caso dos Conjuntos Habitacionais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

BORBA, Ana Emília de Oliveira. **Proposta de indicadores de sustentabilidade para o setor da construção civil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UPE. Recife, 2009.

BRASIL - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº307, de 05 de julho de 2002**. Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.

_____. Decreto **nº 99.274, de 6 de junho de 1990**. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/antigos/d99274.htm>. Acesso em: 3 junho 2012.

_____. Lei **nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 7 abril 2012.

_____. Lei **nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 3 junho 2012.

_____. Lei **nº 10.257, de 10 de julho de 2010**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em :

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 3 junho 2012.

_____. Lei nº **12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 3 junho 2012.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **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.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº431, de 24 de maio de 2011**: Altera o art. 3º da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Maio, 2011.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resolução nº448, de 18 de janeiro de 2012**: Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Janeiro, 2012.

CASADO, Marcos. **Green Buildings, antes tarde do que nunca**. IETEC – Instituto de Educação Tecnológica. Belo Horizonte, fev. 2009. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/595> Acesso em: 17 abr. 2012.

CAVALCANTI, Rachel N. **Desenvolvimento sustentável e mineração: Casos da Companhia Vale do Rio Doce**. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral, Departamento de Engenharia de Minas, USP. São Paulo, 1996.

COELHO, Laurimar. **Certificação Ambiental**. Revista Techne, V. 155. 2010. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/155/carimbo-verde-162886-1.asp>> Acesso em 24 de maio 2012.

COSGUN, Nilay; ESIN, Tulay. **A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey**. *Building and Environment*, v. 42, n. 4, p. 1667-1674, 2007.

CURITIBA. **Decreto nº1.068, de 18 de novembro de 2004**. Institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba e altera disposições do Decreto nº1.120/97. Curitiba, 2004.

_____. **Decreto nº 609, de 2 de julho de 2008**. Regulamenta o modelo do Manifesto de Transporte de Resíduos e dá outras providências. Curitiba, 2008.

_____. **Portaria nº 007, de 11 de março de 2008**. Institui o Relatório de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e dá outras providências. Curitiba, 2008.

_____. **Portaria nº 008, de 23 de fevereiro de 2012**. Critérios para a seleção de áreas de recebimento de resíduos da construção civil classe A. Curitiba, 2012.

FIESP. **ConstruBusiness 2010 – Brasil 2022: Planejar, construir e crescer**. São Paulo: 9º Congresso Brasileiro da Construção. 2010.

FIORI, Ana M.; JARDIM, S. S.; LARA, G. **25 Anos - A lei que implantou nossa política ambiental atinge a maturidade**. Revista Ambiente Legal, 2006. Disponível em: <http://www.revistaambientelegal.com.br/edicao02/reportagem_capa.htm>. Acesso em: 07 abril 2012.

GAEDE, Lia P. F. **Gestão dos resíduos da construção civil no Município de Vitória – ES e normas existentes**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil - Escola de Engenharia UFMG. Belo Horizonte, 2008.

GBC. **Relatório Anual do World Green Building Council (2011)**. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/?p=referencia>>. Acesso em: 07 maio 2012.

GUERRA, Jaqueline de S. **Gestão de Resíduos da Construção em Obras de Edificação**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, 2009.

HOUAISS, Antonio. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

JAILLON, L.; POON, C. S.; CHIANG, Y. H. **Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong**. *Waste Management*. n. 29, p. 309–320, 2009.

JOHN, Vanderlei. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

LI, Qi-Ming; SHEN, Li-Yin; YUAN, Fang. **Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste**. *Waste Management*, v. 31, n. 12, p. 2503-2511, 2011.

LIMA, Rosemeire. S.; LIMA, Ruy R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. Série de Publicações Temáticas do Crea-PR. Curitiba: Crea, 2009.

MANSEAU, André; SEADEN, George. **Innovation in Construction – An International Review of Public Policies**. Taylor & Francis books e-Library. Londres, 2005.

MOREIRA, Lucia H. H. **Avaliação da influência da origem e do tratamento dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição no desempenho mecânico do concreto estrutural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, USP. São Paulo, 2010.

MOTTA, Silvio R. F. **Sustentabilidade na construção civil: Crítica, síntese, modelo de política e gestão de empreendimentos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Construção Civil, UFMG. Belo Horizonte, 2009.

NAGALLI, André. **Quantitative method for estimating construction waste generation**. *The Electronic Journal of Geotechnical*, v. 17, p. 1157-1162, 2012.

NOVAES, M. V.; MOURÃO, C. A. M. A. **Manual de gestão ambiental de resíduos sólidos na construção civil**. Cooperativa de Construção Civil do Estado do Ceará, Fortaleza, 2008. 100 p.

OH, Débora Y.; GONÇALVES, Vânia C.; MIKOS, Walter L.. **Análise da situação de destinação dos resíduos sólidos oriundos da construção civil em Curitiba e Região Metropolitana**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP 2003. Ouro Preto, 2003.

OLIVEIRA, Márcio J. E. de. **Materiais descartados pelas obras de construção civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem**. Tese de Doutorado em Geociências e Meio Ambiente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista, UNESP. Rio Claro, 2002.

PASA, Carine C. M. U. **Utilização de modelo de referência para a melhoria dos processos construtivos de edificações buscando a redução da geração de resíduos no setor de construções residenciais**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

PBPQ-H. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat**. 2009. Disponível em: <<http://www.pbqp-h.com.br/>>. Acesso em 09 maio 2012.

PINHEIRO, Manuel D. **Ambiente e Construção Sustentável**. 1ª ed. Portugal: Instituto do Ambiente, 2006.

PINTO, Tarcísio de P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, USP. São Paulo, 1999.

PINTO, Francisco A. R. **Resíduos Sólidos Industriais: Caracterização e Gestão. O Caso do Estado do Ceará**. Dissertação de Mestrado em Saneamento Ambiental, UFC. Fortaleza, 2004.

SANTOS, Hosana G. **Sistema de Qualidade na Gestão Ambiental**. Dissertação de Mestrado CDS/UnB/UEFS. Brasília, 2008.

SCHNEIDER, Dan M. **Disposições Irregulares de Resíduos da Construção Civil na Cidade de São Paulo**. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da USP. São Paulo, 2003.

SHENA, Liyin; ZHANGA, Xiaoling; WU, Yuzhe. ***Application of low waste technologies for design and construction: A case study in Hong Kong***. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 5, p. 2973-2979, Hong Kong, 2012.

SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon SP**. Publicação SINDUSCON-SP. São Paulo, 2005.

SOUZA, Ubiraci E. L. de. **Como Reduzir Perdas nos Canteiros**: Manual de Gestão do Consumo de Materiais na Construção Civil. 1. ed. São Paulo: Pini, 2005.

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

VAZOLINI, Fundação. **Edifícios habitacionais - Processo AQUA**. Referencial técnico de certificação. 2010.

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO PADRÃO PARA COLETA DE DADOS

INFORMAÇÕES GERAIS DA OBRA	
Nome da Obra:	
Bairro:	
Previsão da quantidade máxima de funcionários:	
Previsão da quantidade média de funcionários:	
Previsão de duração da obra:	
É feito controle mensal de resíduos na obra?	
Comercial ou residencial:	
Público alvo comprador (classe A, B, C ou D):	
Área total construída:	
Número de pavimentos:	

CERTIFICAÇÕES			
PBQP-H		Leed	
ISO 9001		AQUA	
ISO 14001		Outro (especificar)	
Selo Azul		Nenhum	

INFORMAÇÕES RELACIONADAS AOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS APLICADOS NA OBRA			
Fundação	Estaca cravada		
	Estaca escavada		
	Hélice contínua		
	Tubulão		
	Sapata		
	Parede diafragma		
Outros (especificar)			
Revestimento externo:	Textura		
	Pastilha		
	Pintura		
	Outros (especificar)		
Estrutura	Convencional		
	Alvenaria estrutural		
	Lajes nervuradas		
	Lajes protendidas		
	Outros (especificar)		
Revestimento interno	Pintura		
	Cerâmica		
	Emboço		
	Gesso		
	Pedras		
	Piso laminado		
Outros (especificar)			
Vedações e divisórias	Blocos de concreto		
	Blocos cerâmicos		
	Gesso acartonado		
	Outros (especificar)		
Cobertura	Fibro-cimento		
	Madeira		
	Telha de barro		
	Laje impermeabilizada		
	Telhado verde		
	Metálica		
Outros (especificar)			

Observações que considerar relevantes:
--

OBS.: Os dados como nome da obra, endereço da obra e nome da construtora só serão citados no trabalho caso solicitado pelo engenheiro responsável. Caso contrário será feita uma breve descrição, sem que seja possível identificar a obra e a construtora.

APÊNDICE 2 – PLANILHA DE PROCESSAMENTO DOS DADOS

Obra	Volume de Resíduos					Características Gerais da Obra			Mão de Obra	
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Total	Área Total Construída	Duração	Nº de Pavimentos	Máximo de Funcionários	Média de Funcionários
Obra 001	1528,77 m ³	654,82 m ³	35,57 m ³	18,75 m ³	2.237,91 m ³	33.786,00 m ³	33 meses	40 pavimentos	300 Funcionários	200 Funcionários
Obra 002	443,50 m ³	553,00 m ³	25,00 m ³	35,00 m ³	1.056,50 m ³	7.907,57 m ³	18 meses	11 pavimentos	120 Funcionários	70 Funcionários
Obra 003	682,59 m ³	329,24 m ³	6,55 m ³	5,00 m ³	1.023,38 m ³	15.104,95 m ³	22 meses	11 pavimentos	250 Funcionários	110 Funcionários
Obra 004	70,00 m ³	209,00 m ³	15,00 m ³	0,00 m ³	294,00 m ³	24.345,00 m ³	12 meses	88 pavimentos	400 Funcionários	180 Funcionários
Obra 005	329,00 m ³	276,00 m ³	40,00 m ³	10,00 m ³	655,00 m ³	16.480,18 m ³	18 meses	56 pavimentos	340 Funcionários	150 Funcionários
Obra 006	296,00 m ³	474,00 m ³	0,00 m ³	30,00 m ³	800,00 m ³	13.885,15 m ³	18 meses	61 pavimentos	340 Funcionários	150 Funcionários
Obra 007	326,31 m ³	201,03 m ³	5,00 m ³	10,00 m ³	542,34 m ³	7.512,15 m ³	16 meses	8 pavimentos	100 Funcionários	50 Funcionários
Obra 008	310,00 m ³	493,00 m ³	110,00 m ³	20,00 m ³	933,00 m ³	23.397,54 m ³	24 meses	11 pavimentos	180 Funcionários	100 Funcionários
Obra 009	115,00 m ³	409,20 m ³	0,00 m ³	70,05 m ³	594,25 m ³	21.778,97 m ³	25 meses	47 pavimentos	260 Funcionários	230 Funcionários
Obra 010	384,00 m ³	657,00 m ³	30,00 m ³	0,00 m ³	1.071,00 m ³	14.983,91 m ³	26 meses	18 pavimentos	140 Funcionários	130 Funcionários

(continua)

APÊNDICE 2 – PLANILHA DE PROCESSAMENTO DOS DADOS

(conclusão)

Obra	Métodos Construtivos			Certificação			
	Fundação	Estrutura	Vedações	ISO 9001	PBQP-H	LEED	AQUA
Obra 001	Hélice Contínua	Convencional	Bloco Cerâmico	-	-	-	-
Obra 002	Estaca Cravada	Convencional	Bloco Cerâmico Gesso Acartonado	OK	OK	-	-
Obra 003	Hélice Contínua	Convencional	Bloco Cerâmico Gesso Acartonado	-	-	-	-
Obra 004	Hélice Contínua	Convencional	Bloco Cerâmico	OK	OK	-	-
Obra 005	Hélice Contínua	Alvenaria Estrutural	Bloco de Concreto	OK	OK	-	-
Obra 006	Hélice Contínua	Alvenaria Estrutural	Bloco de Concreto	OK	OK	-	-
Obra 007	Estaca Escavada	Alvenaria Estrutural	Bloco de Concreto	-	-	-	-
Obra 008	Estaca Escavada	Convencional	Bloco Cerâmico	OK	OK	-	-
Obra 009	Estaca Escavada Parede Diafragma	Convencional	Bloco Cerâmico Gesso Acartonado Sical	OK	OK	-	-
Obra 010	Estaca Escavada Sapata	Convencional	Bloco Cerâmico Gesso Acartonado	OK	OK	-	-