

## **Monografia**

# **"ANÁLISE DE DECISÕES PROJETUAIS QUE RESULTEM NA REDUÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL"**

Autor: André de Oliveira Pinto

Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Outubro/2012

André de Oliveira Pinto

**"ANÁLISE DE DECISÕES PROJETUAIS QUE RESULTEM NA REDUÇÃO  
DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Construção sustentável

Orientador: Prof. Aldo Giuntini de Magalhães

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2012

P659a Pinto, André de Oliveira.  
Análise de decisões projetuais que resultem na redução de resíduos da construção civil [manuscrito] / André de Oliveira Pinto. – 2012. 67 f., enc.: il.

Orientador: Aldo Giuntini de Magalhães.

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da UFMG.

Bibliografia: f.64-67.

1. Construção civil. 2. Projeto arquitetônico. 3. Arquitetura sustentável. I. Magalhães, Aldo Giuntini. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia III. Título.

CDU: 69

*“A arte da construção é assim, despida dos seus  
ornamentos, pura e simplesmente uma produção  
geométrica do espírito humano.”*

*Hegel*



## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, em especial meus pais, por sempre acreditar e contribuir para meu êxito.

À Associação de Ex-Alunos da Escola de Engenharia da UFMG e Fundação Christiano Ottoni, pelas oportunidades oferecidas e pelas muitas portas abertas.

À Arquiteta Camila Zyngier, pela experiência acadêmica compartilhada.

Ao Arquiteto Augusto Ribeiro, pela perene parceria acadêmica e profissional.

A todos os amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS.....	11
2.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	11
2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1 <i>Processo Evolutivo da Técnica</i> .....	13
3.2 <i>Processos Construtivos e Geração de Resíduos</i> .....	21
3.3 <i>Resolução CONAMA nº 307/2002</i> .....	29
3.4 <i>Análise do Ciclo de Vida e Certificação</i> .....	31
3.5 <i>Gestão, Compatibilização e Coordenação de Projetos</i> .....	35
4 METODOLOGIA ADOTADA.....	40
4.1 <i>Caracterização do Tema Abordado</i> .....	40
4.2 <i>Procedimentos e Instrumentos Utilizados</i> .....	41
4.3 <i>Tratamento de Informações</i> .....	42
5 ANÁLISE DE DECISÕES PROJETUAIS.....	43
5.1 <i>Análise Histórica</i> .....	43
5.2 <i>Análise de Sist. Construtivos e Fontes de Geração de Resíduos</i> .....	44
5.3 <i>Análise da Legislação Atual</i> .....	47
5.4 <i>Análise do Ciclo de Vida e Certificação</i> .....	47
5.5 <i>Análise da Gestão, Compatibilização e Coordenação de Projetos</i> .....	47
6 ESTUDO DE CASO.....	49
6.1 <i>Justificativa do Estudo de Caso</i> .....	49

6.2 Caracterização do Objeto de Estudo .....	50
6.3 Aplicabilidade de conceitos estudados.....	56
6.3.1 Aplicabilidade do conceito “Processos Construtivos e Geração de Resíduos” .....	56
6.3.2 Aplicabilidade dos conceitos da “Resolução CONAMA nº 307/2002” .....	57
6.3.3 Aplicabilidade dos conceitos de “ACV e Certificação” .....	57
6.3.4 Aplicabilidade dos conceitos de “Gestão, Compatibilização e Coordenação de Projetos” .....	58
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	60
8 BIBLIOGRAFIA .....	62
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Casas das Guildas na Grand Place de Bruxelas, Bélgica.....	14
FIGURA 2: Torre Eiffel em Paris para a Exposição Universal de 1889 .....	15
FIGURA 3: Vista aérea de Barcelona evidenciando o Plan Cerdá .....	16
FIGURA 4: Residência de Victor Horta projetada em 1898 em Bruxelas .....	17
FIGURA 5: Pórtico de estação de metrô de Paris, de Hector Guimard .....	18
FIGURA 6: Ed. da Bauhaus - Dessau, projeto de Walter Gropius, 1925 .....	19
FIGURA 7: Unité d’Habitation de Berlin, projetado por Le Corbusier em 1958 .....	20
FIGURA 8: Geração de resíduos em reconfiguração de espaço edificado a novas realidades.....	23
FIGURA 9: Execução de alvenaria na obra .....	30
FIGURA 10: Interação entre as etapas de uma metodologia ACV .....	35
FIGURA 11: Esquema de variáveis entre a entrada e saída de uma fase do ciclo de vida de um produto .....	35
FIGURA 12: Potencial de influência no custo final do empreendimento e suas fases .....	39
FIGURA 13: Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo das atividades demonstrando o efeito de um maior “investimento na fase de projeto .....	39
FIGURA 14: Os arranjos das equipes de projeto: tradicional e multidisciplinar .....	40
FIGURA 15: Fontes de retroalimentação do projeto .....	41
FIGURA 16: Projeto de Modulação – Planta de 1ª Fiada .....	48

FIGURA 17: Fluxograma de desenvolvimento típico de um projeto desenvolvido na empresa estudada .....	57
--	----

### **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1 – Índices de perdas verificados na construção de um edifício .....	24
TABELA 2 – Perdas (%) em Processos Construtivos Convencionais .....	24
TABELA 3 – Apresentação dos pré-moldados propostos para o estudo.....	28

## **LISTA DE NOTAÇÕES, ABREVIATURAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACV – Análise do Ciclo de Vida

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

ECO92 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA – Environmental Protection Agency

FJP – Fundação João Pinheiro

GBC – Green Building Challenge

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ISO – International Standard Organization

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

MMA – Ministério do Meio Ambiente

PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat

PDCA – Ciclo Plan, Do, Check, Act

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PGRSCC – Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil

PVC – Policloreto de Vinila

RCCs – Resíduos da Construção Civil

RIMA – Relatórios de Impacto Ambiental

SINDUSCON-MG - Sindicato da Ind. da Construção Civil do Estado de Minas

Gerais

SLU-BH – Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte

## **RESUMO**

Este trabalho expõe a relação entre decisões tomadas na fase de projetos de edificações e a geração de resíduos de construção civil com o objetivo de aproximar a atividade de uma prática mais sustentável. Trata-se da análise que se vale de um apanhado histórico da racionalização da construção a partir da Revolução Industrial para expor mecanismos contemporâneos de racionalização aplicados à prática projetual. Pretende mostrar a possibilidade que o projeto tem de influir na redução da produção de resíduos sólidos da construção. A pesquisa traz à luz uma compilação de técnicas comprovadamente eficazes para minimizar resíduos da construção aplicáveis ao ofício dos profissionais de projeto. As técnicas incluem Sistemas Construtivos Alternativos, Adequação à Legislação Ambiental, Análise do Ciclo de Vida, Certificação, e Gestão/Compatibilização de Projetos. Através da análise das práticas estudadas e aplicação prática em estudo de caso, há a expectativa da diminuição da emissão dos RCCs além da evolução contínua do ato de projetar.

Palavras chave: sustentabilidade, gestão de resíduos, projeto arquitetônico.



## 1 INTRODUÇÃO

Até a crise do petróleo dos anos 70 do século XX, a indústria considerava uma produção baseada em recursos infinitos. Deparando-se com cenários de escassez de recursos naturais e degradação ambiental, deu-se conta da necessidade de um pensamento sustentável no desenvolvimento humano. Nos últimos quarenta anos houve a consolidação paulatina do pensamento sustentável, inclusive na construção civil, ganhando formalidade internacional com o Relatório Brundtland (1987), a Rio-92 e o documento produzido por ela, a Agenda 21. No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente instituiu a partir de 1996, através da Agenda 21 Brasileira e das resoluções do CONAMA, medidas para adequar a sociedade ao desenvolvimento sustentável.

Tendo em vista a condição atual de atividade com alto índice de desperdício e geração de resíduos, a construção civil passou a ser alvo de medidas visando incremento na sustentabilidade de seus procedimentos. Exemplo disto é a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que preconiza princípios básicos de redução da geração, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final de resíduos, hierarquizados nesta ordem. Tendo em vista esta hierarquização, esta monografia se aterá ao mais importante destes princípios: a redução.

A adequação da construção civil às políticas citadas acima é de suma importância para o desenvolvimento sustentável da nação. Justifica-se tal adequação à presença de tecnologia disponível e viabilidade econômica para fazê-lo.

A metodologia consiste em avaliar as soluções adotadas na fase de projeto – em especial o projeto arquitetônico – e planejamento de uma obra civil, que tenham como resultado reduzir os resíduos da construção. Ao fim da avaliação um estudo de caso propõe uma aplicação prática de conceitos pesquisados.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Como objetivo principal, esta monografia se presta a analisar de forma técnica e acadêmica, decisões tomadas na fase de projeto e planejamento do processo construtivo, que resultem na redução da geração de resíduos da construção civil. A finalidade deste trabalho consiste em ser um documento de registro para aproximar a prática da construção civil atual de uma condição de prática sustentável através do enfoque nos três R's da gestão de resíduos: *Reduzir, Reutilizar e Reciclar*. Sendo o primeiro deles o mais importante nesta hierarquia: *Reduzir*.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Discutir a evolução da construção civil no exercício de seu papel na indústria da produção do habitat.
- Discorrer sobre o caminho do pensamento sustentável durante o século XX aplicado à construção civil.

- Enfocar a adoção de práticas sustentáveis ligadas à gestão de resíduos na construção e a importância de serem adotadas nas fases de projeto e planejamento.
- Analisar o resultado das decisões projetuais na redução da geração de resíduos da construção e sua aplicabilidade na indústria da construção civil.
- Através de estudo de caso, avaliar a importância da adoção de medidas, ainda em fase de projeto arquitetônico na redução de resíduos e conseqüente contribuição para a sustentabilidade das construções.

### **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Para entender a relação entre processos construtivos e a geração de resíduos na fase de projeto, é necessária a compreensão da evolução do pensamento construtivo doravante denominado processo evolutivo da técnica, sobretudo na Era Moderna.

Compreender o cenário atual do Brasil no que diz respeito à construção sustentável e definir termos como “resíduo” e “desperdício”, auxiliarão a discorrer sobre como ferramentas tais como Análise do Ciclo de Vida (ACV), certificação e gestão e compatibilização de projetos têm a possibilidade de contribuir para a redução da geração de resíduos da construção civil ainda na fase de projetos.

### 3.1 Processo evolutivo da técnica

“A arquitetura do Neoclassicismo parece ter surgido de duas evoluções diferentes, mas interrelacionadas, que transformam radicalmente a relação entre o homem e a natureza. A primeira foi um súbito aumento da capacidade humana de exercer controle sobre a natureza, que em meados do século XVII já começara a extrapolar as fronteiras técnicas do Renascimento. A segunda foi uma mudança fundamental na natureza da consciência humana, em resposta às grandes transformações que ocorriam na sociedade e que deram origem a uma nova formação cultural igualmente apropriada aos estilos de vida da aristocracia decadente e da burguesia ascendente.”

(FRAMPTON, 2000, pag. 3)

Este excerto da obra de Frampton resume a ruptura gradual sofrida pelos paradigmas da sociedade ocidental nos duzentos anos que sucederam o Renascimento. A alternância da classe dominante da aristocracia para a burguesia e o impulsionamento no processo produtivo proporcionado pela Revolução Industrial refletiram profundamente na produção do habitat e conseqüentemente da construção civil. Reflexo deste processo na arquitetura é o conjunto arquitetônico da Grande Praça de Bruxelas, na Bélgica, onde os edifícios das Guildas, ou Corporações de Ofício em estilo Renascentista Flamengo dividem espaço com a Casa do Rei e a Câmara Municipal, numa clara demonstração de ascensão de poder da classe burguesa (FIGURA 1).



FIGURA 1 – Casas das Guildas na Grand Place de Bruxelas, Bélgica

A industrialização dos meios de produção da Revolução Industrial trouxe à construção civil novas possibilidades construtivas e estruturais, substituindo gradativamente materiais de construção antigos e artesanais por novos métodos construtivos e permitindo a economia de escala no lugar da manufatura.

Costa (2010) aponta que este processo, marcado por um caráter profundamente artesanal, usando materiais de origem natural que passavam por poucas transformações – pedra, madeira, tijolos e telhas – passou a ser pensado de forma mais racional e com materiais que passaram por algum tipo de transformação industrial, como vidro, ferro gusa e posteriormente o concreto armado. “A cidade, antes predominantemente rural, passa a ser

verdadeiro pólo industrial. No campo das habitações, moradias são construídas por especuladores visando o lucro máximo, sem preocupação com as condições de higiene e segurança.” O êxodo rural e a explosão demográfica levaram a baixos padrões de qualidade de vida dos habitantes adensados em cidades antes barrocas ou medievais e levaram alguns gestores a proporem mudanças estruturais nos grandes centros urbanos. No que tange à técnica construtiva, o desenvolvimento científico do sistema métrico, da geometria descritiva, do cálculo estrutural e os avanços na siderurgia permitiram experimentações com estruturas metálicas, que proporcionavam fechamentos mais estreitos e vãos maiores como na torre projetada por Gustave Eiffel para a Exposição Universal de 1889 (FIGURA 2).

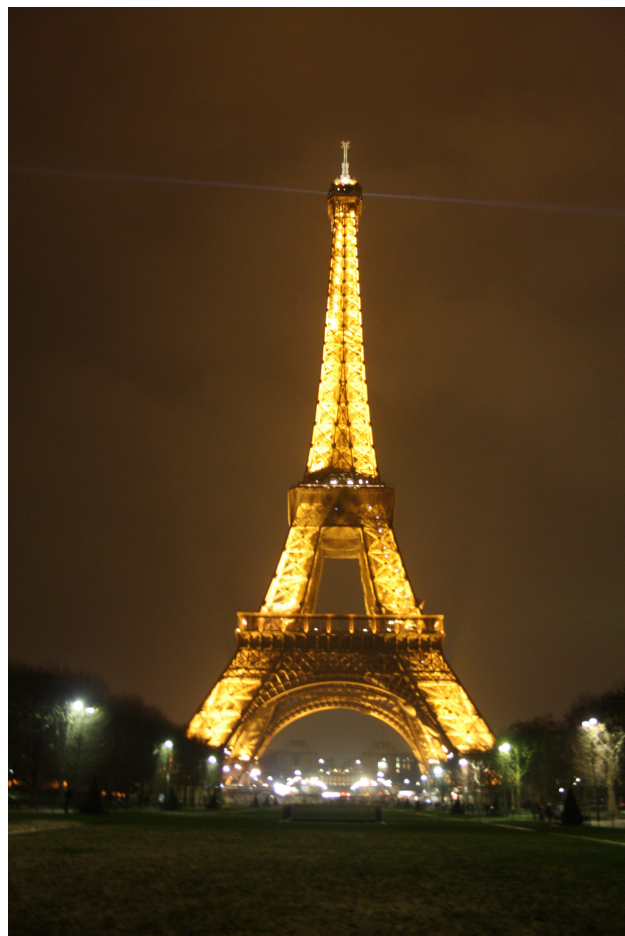


FIGURA 2 – Torre projetada por Eiffel em Paris para a Exposição Universal de 1889



Planejamentos urbanos como o de Ildefonso Cerdá (FIGURA 3) para a cidade Barcelona na Espanha (1859) visavam lograr aos habitantes uma qualidade de vida superior às ordenações geradas à revelia. Estipulou-se o tamanho de ruas, praças, quadras e edificações com o objetivo de oferecer condições melhores de moradia (HERTZBERGER, 1999).



FIGURA 03 – Vista aérea de Barcelona evidenciando o Plan Cerdá  
Fonte: HERTZBERGER, 1999, pag.122.

Outro aspecto apontado por Costa (2010) é que o contexto de renovação das cidades europeias e o desenvolvimento das técnicas construtivas permitiram aos arquitetos, engenheiros e construtores inovar na forma e tipologias construtivas, como no movimento Art Nouveau, da segunda metade do século

XIX, com expoentes como a casa de Victor Horta de 1898 em Bruxelas (FIGURA 4) e as estações de metrô de Paris de Hector Guimard (FIGURA 5).

O pensamento construtivo passa, a partir do fim do século XIX, a uma lógica cada vez mais racional, em que se destaca o trabalho do austríaco Adolf Loos, cuja obra “Ornamento é Crime” (1931) influenciou muito do pensamento posterior no sentido de racionalizar a construção de edifícios.



FIGURA 4 – Residência pessoal de Victor Horta projetada em 1898 em Bruxelas



“Sua arquitetura impressiona pela eliminação completa de todo elemento não estrutural, com volumes de alvenaria lisa, na qual eram recortadas as janelas e demais aberturas, buscando uma adequação dimensional da construção, o atendimento às suas necessidades funcionais e o uso correto dos materiais (...). Em cada elemento arquitetônico Loos entrevê um valor humano que está vinculado à avaliação experimental buscando evitar ao máximo o desperdício.”

(COSTA, 2010, pag.11)



FIGURA 5 – Pórtico de entrada de estação de metrô de Paris, de Hector Guimard

Logo, elementos arquitetônicos típicos de épocas anteriores como a ornamentação das edificações foram abandonados em função de uma racionalização das construções. Este pensamento racional influencia a vanguarda arquitetônica, e após a Primeira Guerra Mundial, é fundada na Alemanha a escola Bauhaus, com o intuito de aliar a teoria e a prática para formar profissionais que pudessem massificar a produção, então artesanal, de desde objetos do dia a dia a edifícios (FIGURA 6).



FIGURA 6 – Edifício sede da Bauhaus em Dessau, Alemanha, projetado por Walter Gropius em 1925

Ainda nas primeiras décadas do século XX este pensamento toma proporções de movimento cultural, chamado Movimento Moderno, que segundo Costa (2010), “baseia-se, principalmente, pela busca da funcionalidade, redução de



custo e produção em massa, simplificando os aspectos formais e abolindo os elementos decorativos, sendo a sua intenção estética resultante da produção industrial.”

Além de Gropius, outros pensadores contribuíram para espalhar os cânones do Movimento Moderno pelo mundo, como o arquiteto franco-suíço Le Corbusier que, através de seus projetos e publicações, influencia toda a produção do habitat até hoje, preconizando volumes simples, traçados geométricos e industrialização. Corbusier considerava a casa como uma máquina (COSTA, 2010), e a partir deste conceito concebeu as *Unités d'Habitation* – ou unidades de habitação (FIGURA 7), que elevou a industrialização e racionalização aos limites da técnica existente à época do



FIGURA 7 – *Unité d'Habitation* de Berlin, Alemanha, projetado por Le Corbusier em 1958

pós guerra europeu.

O trauma das duas Grandes Guerras do século XX levou o pensamento de arquitetos e engenheiros a convergir na produção massificada do habitat, ou na “máquina de morar” corbusiana. A corrente funcionalista que se espalhou desde então impulsionou a indústria da construção civil, que viu na diminuição de custos e aumento da produtividade uma oportunidade de ganhos mais significativos.

A partir da década de 1960, com o aumento da intervenção e regulamentação no setor da construção devido ao seu crescimento, foram introduzidos conceitos como o desempenho de edificações “focando tanto para o desempenho final requerido para os processos de negócio, quanto para o atendimento às necessidades dos usuários ao longo do ciclo de vida das construções” (OLIVEIRA, 2011, pag. 28). Já nos anos 1970, o Departamento de Moradia e Desenvolvimento Urbano do Governo dos Estados Unidos inova ao lançar um programa com o objetivo de avaliar inovações em sistemas construtivos voltado para a construção de casas, dando início, em 1977, às normas de desempenho de materiais na construção.

### **3.2 Processos Construtivos e Geração de Resíduos**

Um dos aspectos mais relevantes para a análise da geração e conseqüente gerenciamento de resíduos na construção civil atual é a definição dos processos construtivos, que definem a escolha e modo de utilização dos materiais de construção que serão usados em uma edificação. A evolução da

técnica construtiva chegou à disseminação de um sistema construtivo adotado pela sociedade brasileira em sua maioria, tanto pela disponibilidade de matéria prima, quanto pelo baixo custo absoluto dos materiais, aliado à baixa necessidade de qualificação da mão de obra.

Com algumas variações regionais devido às idiosincrasias proporcionadas pelas dimensões continentais do território brasileiro, o processo de construção de maior ocorrência país pode ser descrito como o seguinte:

“O processo construtivo mais comum no Brasil, aqui denominado *processo convencional*, se caracteriza por: estrutura de concreto armado fundida *in loco*; fechamentos em alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, reboco de argamassa de cimento, areia e água, acabamento com massa corrida e pintura; esquadrias internas e externas de alumínio, aço ou madeira; acabamento em pintura ou verniz; subcobertura em laje de concreto, pré fabricada ou moldada *in loco*; cobertura em engradamento de madeira e fechamento superior em telhas cerâmicas, metálicas, de fibrocimento ou de cimento amianto.”

(LIMA, 2006, pag. 23)

Apesar da popularidade massificada do processo convencional, Lima (2006) aponta problemas no sistema, como as demolições parciais para a instalação de sistemas embutidos (hidráulicos, elétricos, ar condicionado, etc.) e demolições de partes da edificação para quaisquer reconfigurações do espaço edificado (para adaptar a mesma a novas realidades), (FIGURA 8) como fontes

geradoras de resíduos de construção civil. Além disso, o processo construtivo convencional é, por definição, baseado na fusão de elementos construtivos mediante o uso de cimento, o que hoje inviabiliza economicamente a reutilização ou reciclagem de materiais que em princípio são recicláveis, como tubos de policloreto de vinila (PVC) por exemplo.



FIGURA 8 – Geração de resíduos em reconfiguração de espaço edificado para novas realidades

Estes problemas atribuídos ao processo convencional contribuem para o baixo desempenho ambiental do sistema, colaborando para dados alarmantes como os do SINDUSCON-MG (2005), de que mais de três mil toneladas de entulho são geradas diariamente apenas da cidade de Belo Horizonte; e de que são gerados em torno de 450 kg resíduos da construção civil por habitante por ano na cidade (SLU-BH, 2005), constituindo mais da metade dos resíduos sólidos

urbanos. O conceito de Lima (2006) para resíduo o define como “o descontrole entre fluxos de certos elementos num dado sistema, implicando na instabilidade do próprio sistema”.

Este processo, também denominado modelo linear de produção (COUTO NETO, 2007 *apud* CARNEIRO *et. al.*, 2001), representa um grande passivo ambiental por gerar resíduos não só durante sua produção (TABELAS 1 e 2), mas também durante seu uso e principalmente ao final de sua vida útil. O mesmo autor ainda aponta a falta de processos construtivos racionalizados e/ou industrializados no mercado brasileiro e perdas previstas em projeto como itens que suscitam o desperdício, que define como “uma característica

TABELA 1 – Índices de perdas verificados na construção de um edifício  
Fonte: COUTO NETO, 2007 *apud* PINTO, 1989a

Material	Desperdício (% em massa)	
	Real	Usual
Aço	26,19	20,00
Areia	39,02	15,00
Argamassa colante	86,68	10,00
Azulejos	9,55	10,00
Cal Hidratada	101,94	15,00
Cerâmica de piso	7,32	10,00
Cimento	33,11	15,00
Concreto usinado	1,34	5,00
Componentes de vedação	12,73	5,00
Madeiras em geral	47,75	15,00

TABELA 2 – Perdas (%) em Processos Construtivos Convencionais  
Fonte: MAGALHÃES, 2010 *apud* ZORDAN, 2002

Materiais	Perda Média
Concreto usinado	9%
Aço	11%
Blocos e tijolos	13%

marcante na construção civil e pode ser conceituado como tudo aquilo que se gasta para executar algum serviço, mas que não agrega valor ao mesmo, ou seja, tudo que se gasta além do estritamente necessário.” Ainda segundo Lima, este desperdício pode ser descrito na construção civil como quatro tipos principais:

- Materiais: decorrente da má seleção de fornecedores, deficiências na etapa de projeto, ou erros na aquisição, recebimento e armazenamento de materiais, ou ainda após a ocupação da edificação, na necessidade de manutenção ou reparos;
- Mão de obra: decorrente da ausência de políticas de recursos humanos e da baixa qualificação de pessoal;
- Tempo: incremento do tempo gasto em cada etapa da execução de serviços no canteiro de obras, reflexo de falta de planejamento e organização;
- Financeiro: consequência dos três tipos de desperdício apontados.

Lima (2006) aborda o interessante conceito da “Obsolescência Programada” na construção civil, que antes era aplicado apenas ao processo produtivo geral. Segundo ele, a redução do tempo médio de vida de uma edificação nas últimas décadas foi motivada pela intenção da indústria de construir com mais freqüência e pelas mudanças graduais da relação do homem com o espaço.

Esta lógica torna o produto da construção obsoleto em um menor espaço de tempo, e a necessidade de adaptar construções existentes ou edificar novas, acelera o processo de geração de resíduos ao findar precocemente a vida útil



de uma edificação, apontando para um dos fatores que mais contribui para a geração de resíduos: o descarte da edificação.

Tendo em vista a atual situação brasileira de desigualdade social, comprovada por dados como o do Ministério das Cidades em parceria com a Fundação João Pinheiro (FJP) com base na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/IBGE) datada de 2007, o déficit habitacional no Brasil foi calculado em 6,273 milhões de moradias (RODRIGUES, 2009).

Dentre os vários programas que visaram solucionar este déficit que já existiram no país, o mais recente é o “Programa Minha Casa Minha Vida”, que aliou o poder público, a iniciativa privada e grandes agentes financiadores, num esforço que motivou um desenvolvimento de alguns sistemas construtivos até então pouco explorados em larga escala no país. Além de programas de moradia, a alta competitividade no mercado da construção civil demanda soluções que “melhorem a eficiência do processo, eliminando etapas construtivas, minimizando interferências entre os subsistemas e elevando a qualidade do produto final” (CORRÊA E MAMEDE, 2006, pag. 1).

Um denominador comum nos sistemas de construção racionalizados é a modulação. Este conceito está associado à rapidez de execução, controle de qualidade, coordenação modular e diminuição de improvisos e desperdícios. Corrêa e Mamede (2006, pag. 1) definem a coordenação modular como “um instrumento destinado a organizar harmonicamente as dimensões dos componentes, produzidos como unidades independentes, com os projetos

arquitetônicos, tendo como objetivo principal a racionalização da construção, do projeto à execução”.

Pretende-se aqui estudar um sistema construtivo alternativo ao convencional, visando proporcionar uma análise comparativa entre eles. Um dos sistemas mais difundidos no Brasil atualmente quando considerada a construção de moradia em larga escala é a alvenaria estrutural autoportante, que pode ser tecnicamente definido da seguinte maneira:

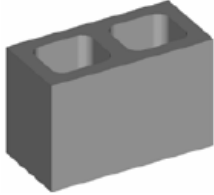
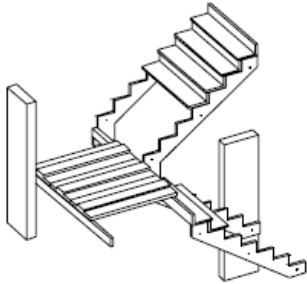
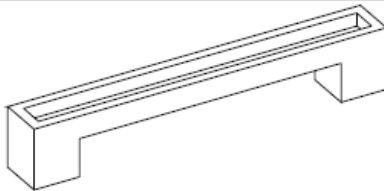
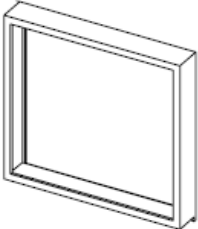
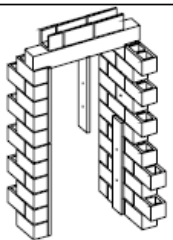
“A alvenaria é uma entidade fundamental que arranja os elementos que irão compor a estrutura. Os componentes principais da alvenaria estrutural são os blocos, a argamassa, grautes e armaduras, e seu principal conceito estrutural é a capacidade de transmitir ações através de tensões de compressão. (...) Este sistema dispensa o uso de vigas e pilares, que conduzem as cargas de maneira concentrada, a sua constituição por blocos resistentes a compressão permite a distribuição das cargas, transmitindo o seu peso próprio, o peso das lajes e dos pavimentos superiores até a fundação.”

(RODRIGUES, 2009 *apud* RAMALHO E CORRÊA, 2003, pag. 7)

Quando comparado ao processo convencional de concreto armado, a alvenaria estrutural pode gerar uma economia de até 30% quando considerados os custos de obra na maior parte dos tipos de edifícios (RODRIGUES, 2009 *apud* DUARTE, 1999); e ao se considerar a estrutura de maneira isolada esta economia pode atingir 38% (RODRIGUES, 2009 *apud* SINHÁ, 2002). A economia permitida pelo sistema se deve em grande parte à

modulação do mesmo, com base nas dimensões das unidades pré-moldadas (TABELA 3).

TABELA 3 – Apresentação dos pré-moldados propostos para o estudo.  
Fonte: CORRÊA E MAMEDE, 2006.

Pré-moldado	Aplicação Vantajosa	Ilustração
Blocos de concreto	Constituem as paredes estruturais das edificações em alvenaria estrutural. Podem reduzir o custo de edificações de até 10 pavimentos (sem transição) em torno de 20 a 40%.	
Escadas	Minimizam os transtornos de execução de escadas no local, com vantagens quanto ao manuseio, compatibilidade com a capacidade do ser humano, rapidez e simplificação de execução. As paredes estruturais suportam o peso das escadas pré-moldadas.	
Verga	Além da função estrutural, também promovem o ajuste dimensional altimétrico das aberturas de portas. Permitem o assentamento ininterrupto dos blocos.	
Contra-marcos	Regulam o vão das aberturas, são assentados durante a elevação da alvenaria representando terminalidade do serviço e melhoram o desempenho de estanqueidade das esquadrias.	
Peças de ajuste dimensional	Promovem a coordenação modular entre os componentes com dimensões incompatíveis, sem necessitar de enchimentos e conseqüentes perdas de materiais, racionalizando o processo.	

Segundo Rodrigues (2009), o conhecimento de algumas características inerentes ao sistema de alvenaria estrutural pode garantir essa economia quando previstos em fase de projeto, como a simplificação do projeto arquitetônico prevendo a modulação dos blocos, respeitando-se configurações padronizadas empregando um mínimo de componentes e elementos; também é desejada a simetria entre as unidades habitacionais, visando evitar a concentração de carregamentos em determinadas regiões da edificação. No que diz respeito ao projeto hidráulico, a concentração das áreas molhadas das unidades possibilita a utilização de *shafts*, ou “espaços deixados nas lajes ou no meio das paredes, em toda extensão vertical do edifício, para o posicionamento das instalações hidrossanitárias” (RODRIGUES, 2009, pag. 26), além de diminuir os caminhamentos horizontais das tubulações, que ocorrem entre a laje e o forro do pavimento inferior. Em relação ao projeto elétrico, o sistema possibilita “a passagem dos eletrodutos pelos blocos vazados das paredes. Sua execução é facilitada também pela préinstalação dos caixilhos elétricos nos blocos estruturais” (RODRIGUES, 2009, pag. 37) (FIGURA 09).

Destacam-se algumas restrições do sistema como “o arranjo espacial das paredes e a necessidade de amarração entre as unidades, impossibilidade de remoção das paredes estruturais e a limitação das dimensões das aberturas e sacadas” (RODRIGUES, 2009). Este fator contribui de maneira negativa no desempenho ambiental da edificação, sendo impossível adaptá-la a novas realidades, levando a edificação invariavelmente ao descarte.



FIGURA 09 – Execução da alvenaria na obra  
Fonte: COSTA, 2010.

### **3.3 Resolução CONAMA nº 307/2002**

Num cenário de insustentabilidade da construção civil, e tendo em vista a necessidade de se regulamentar a atividade no que tange à geração de resíduos, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publica em 2002 a Resolução nº. 307, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Através desta resolução, o CONAMA objetiva regulamentar a construção civil através da “implementação de diretrizes para a efetiva redução dos impactos

ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção” e da exigência de Projetos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGRSCC), que visa imbuir a construção civil em larga escala no país de uma posição de prática com menor geração e maior reutilização e reciclagem de resíduos.

Dentre as etapas que deverão ser previstas no PGRSCC, destacam-se a Caracterização, Triagem, Acondicionamento, Transporte e Destinação.

O Art. 3º desta resolução trata de classificar os tipos de resíduos de construção civil com o intuito de melhorar a viabilidade de seu gerenciamento:

“Os resíduos da construção civil deverão ser classificados, para efeito desta Resolução, da seguinte forma:

I – Classe A: são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:

- a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras e infra estrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
- b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto;
- c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré moldadas em concreto (blocos, tubos, meio fios, etc.)

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

III – Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;

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

(CONAMA, 2002)

Além da Resolução 307 do CONAMA que trata da gestão de resíduos no âmbito federal, existem leis municipais que tratam da questão de resíduos sólidos da construção civil, tais como a “Lei Municipal Nº. 7.277, de 17 de janeiro de 1997, que estabeleceu o licenciamento ambiental nos limites do município de Belo Horizonte, definindo que empreendimentos de impacto têm sua construção, ampliação, instalação e funcionamento vinculados à obtenção de licença ambiental junto à administração municipal” e a “Lei Municipal Nº. 8.357, de 29 de abril de 2002, que estabeleceu o controle nas atividades de coleta por produtor, com a finalidade de segregar e permitir a posterior reciclagem de resíduos específicos, entre os quais os RCCs.” (MAGALHÃES, 2010).

Trata-se de intervenções legislativas que visam à gestão de resíduos da construção civil oriundas das várias esferas governamentais.

### **3.4 Análise do Ciclo de Vida e Certificação**

Segundo Lima (2006), “o conceito de Análise do Ciclo de Vida, ou *Life Cycle Assessment* (ACV), surgiu na década de 1990, como parte das estratégias de avaliação dos impactos ambientais de produtos industriais desenvolvidas para o cumprimento das metas estabelecidas na conferência mundial ECO92”. A ACV de um produto deverá englobar as fases de: extração de matéria prima, fabricação do produto, embalagem e distribuição, uso / reuso / manutenção / descarte / reciclagem e gerenciamento de resíduos. Ao analisar todas as fases citadas, a ACV se utiliza da estratégia conhecida como “berço ao túmulo” – *from cradle to grave*.

O aspecto da ACV elucidado por Lima (2006) que mais se aplica ao assunto abordado neste trabalho é sua aplicação a uma edificação, em que se começaria a analisar desde a extração de matéria prima para a fabricação de materiais construtivos, transporte, produção, construção, uso e demolição do edifício, deposição do entulho e reciclagem do mesmo; i.e. demonstrar o desempenho ambiental de um produto em suas condições típicas de fabricação, utilização e descarte. O autor justifica a complexidade deste processo pelo grande volume de dados requeridos.

Apesar de muitas metodologias de ACV existentes, o autor aponta algumas etapas principais como recorrentes em algumas instituições respeitadas pela



normalização de ACV, como a *International Standard Organization* – ISO e a *Environmental Protection Agency* – EPA (FIGURAS 10 e 11). São elas segundo Lima (2006):

- Escopo: etapa inicial qualitativa da elaboração de uma ACV. Define propósitos, parâmetros utilizados, limites e fronteiras do estudo;
- Inventário: levantamento de dados quantitativos de entrada e saída de materiais, energia e emissão de poluentes em cada fase do ciclo de vida. Pode ser feito independentemente como Inventário do Ciclo de Vida;
- Análise dos Impactos Ambientais: classificação, caracterização e ponderação das informações do inventário, agrupados em indicadores de tendência;
- Interpretação: retroalimentação do sistema definida pela comparação do Inventário e Análise com o Escopo proposto.

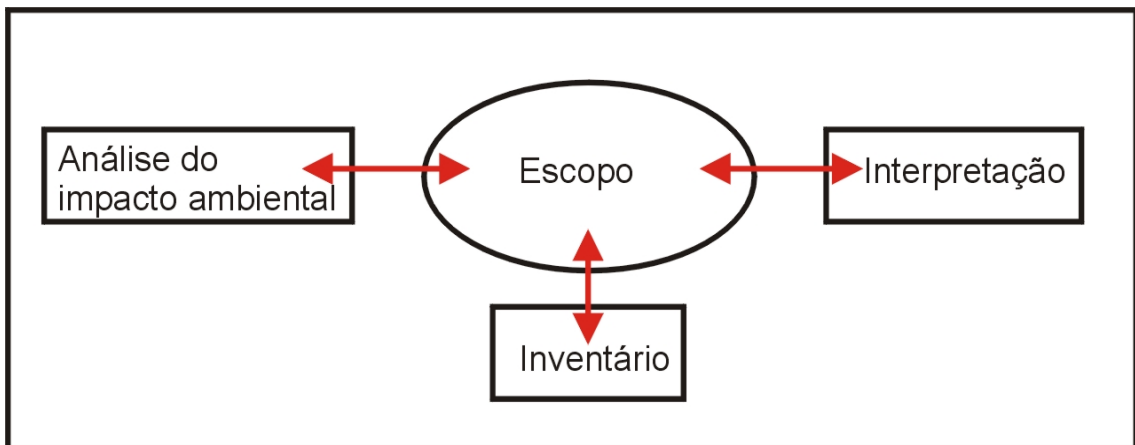


FIGURA 10 – Interação entre as etapas de uma metodologia ACV  
 Fonte: LIMA, 2006 *apud* SETAC, 1993).

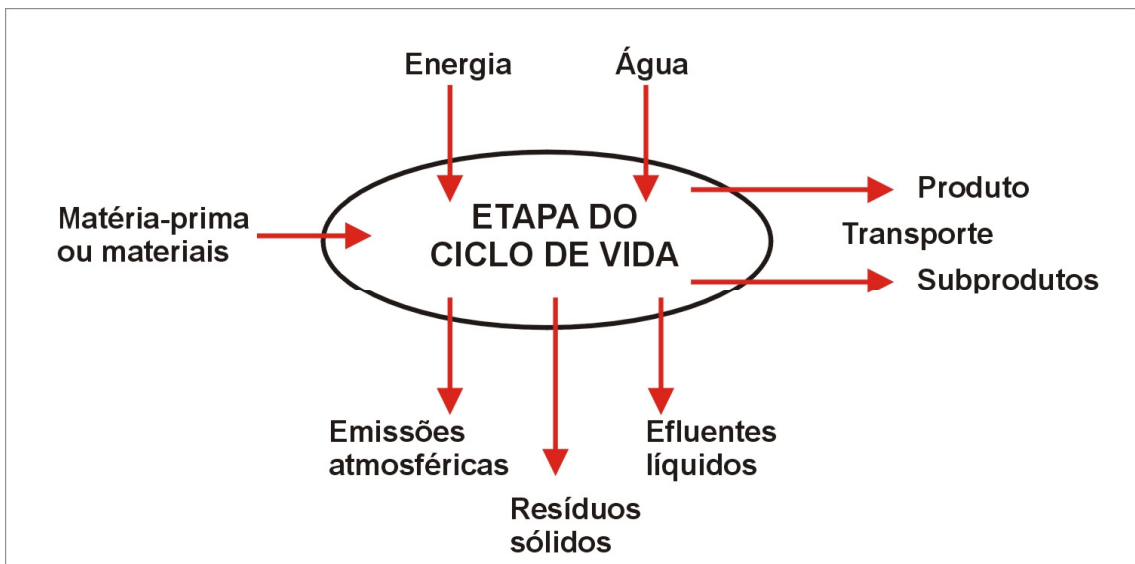


FIGURA 11 – Esquema de variáveis entre a entrada e saída de uma fase do ciclo de vida de um produto  
 Fonte: LIMA, 2006 *apud* SETAC, 1993).

Lima (2006) relaciona a metodologia de ACV à “necessidade de adequação das empresas a novas realidades [...] e adotar sistemas de gestão, que procuram o controle dos impactos de seu processo produtivo sobre o meio ambiente”, o que levou os sistemas de gestão ambiental a serem regidos por entidades que superam a esfera empresarial. Além da ISO, o autor relaciona outras organizações que certificam empresas quanto a adequações às normas ambientais mais especificamente voltadas para a construção civil, como LEED,

GBC e BREEAM, citando também o advento do termo *Green Building* como definição de edifícios ecologicamente orientados.

A ACV, por possibilitar a especificação de produtos de melhor desempenho ambiental sobre os quais já tenham sido realizados os procedimentos acima descritos, contribui para a melhoria na gestão de resíduos ainda na fase de projeto.

No âmbito nacional, além da criação da NBR ISO 9001, as autoridades competentes tem se valido do Estudo de Impacto Ambiental – EIA, via de regra associados aos Relatórios de Impacto Ambiental – RIMA como ferramenta de licenciamento ambiental de empreendimentos imobiliários de maior escala. Lima (2006) ressalta que “tão importante quanto estudar o ‘impacto potencial’ de um empreendimento imobiliário, é analisá-lo em todo o seu ciclo de vida, para que se possa ter uma compreensão total da relação da atividade produtiva da construção civil com o meio ambiente”, apontando a falta de indicadores como razão principal para o status embrionário da existência de edifícios ecológicos no país.

Recentemente a importância de mecanismos de certificação permeou a esfera governamental. Exemplo disso é o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), cujo objetivo é “elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, contribuindo para ampliar o acesso da moradia para a população de menor

renda” ([www.cidades.gov.br/pbqp-h/pbqp\\_apresentacao.php](http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/pbqp_apresentacao.php), acessado em 25/09/2012). Além de capacitar empresas para produzir moradias e combater o déficit habitacional do país, o PBQP-H contribui para o gerenciamento de resíduos da construção civil:

“O programa determina metas de redução e, eventualmente, a eliminação dos resíduos no canteiro de obras. Isso pode ocorrer tanto por meio de procedimentos de qualidade dentro do processo construtivo convencional, quanto por meio da substituição desse processo por outros, que possuem a característica da montagem no canteiro de obras, em vez da fusão de componentes construtivos.”

(LIMA, 2006, pag. 36 e 37)

Ainda sobre a relação entre certificação e geração de resíduos, Couto Neto (2007) atribui a baixa produtividade da construção civil, entre outros fatores, à deficiência no planejamento e no gerenciamento de projetos. O autor ainda cita o exemplo de uma média construtora da cidade de São Paulo que, ao se certificar na ISO 9002, constatou um incremento de 100% na produtividade e um decréscimo na perda de materiais de 30% para 8%.

### **3.5 Gestão, Compatibilização e Coordenação de Projetos**

Permeando não só as práticas construtivas, mas também de projeto, o conceito de qualidade e excelência de processos ganhou força nos anos 90 com os chamados Sistemas de Gestão de Qualidade (SGQ), além da exigência de certificações como as já mencionadas NBR ISO 9001 e PBQP-H.

“Para garantir a qualidade do produto final, no caso da edificação, é fundamental a compatibilização no processo de projeto. A falha nesta etapa provoca uma maior quantidade de erros e de retrabalho na obra gerando grande desperdício. Atualmente pode-se perceber uma grande preocupação por parte das empresas pelo desenvolvimento do projeto, pois as modificações feitas ainda na fase do ‘papel’ são muito mais simples e baratas do que executar as alterações durante a obra.”

(COSTA, 2010, pag. 16)

Num primeiro momento, Costa (2010) evidencia o caráter econômico da compatibilização de projetos, como a maior capacidade de se influenciar no custo final de um empreendimento dependendo da etapa em que for realizado (FIGURA 12). Também é evidenciada a relação do investimento realizado na fase de projeto de um empreendimento (FIGURA 13) e o custo das atividades desenvolvidas ao longo da realização do mesmo, denotando uma latente redução geral de custos mensais do empreendimento em uma situação de maior investimento na fase de projeto, já combatendo um dos conceitos de desperdício definidos por Couto Neto (2007), o desperdício financeiro.

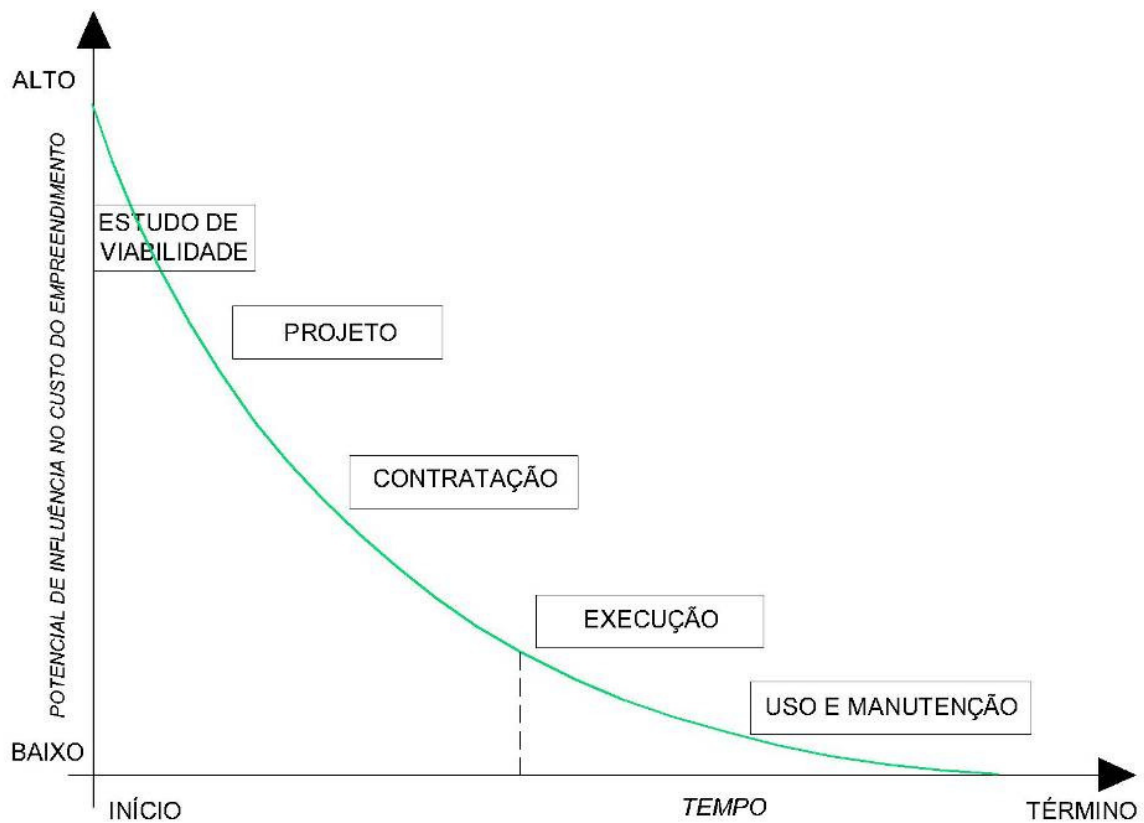


FIGURA 12 – Potencial de influência no custo final do empreendimento e suas fases  
 Fonte: COSTA, 2010 *apud* MELHADO, 2005.

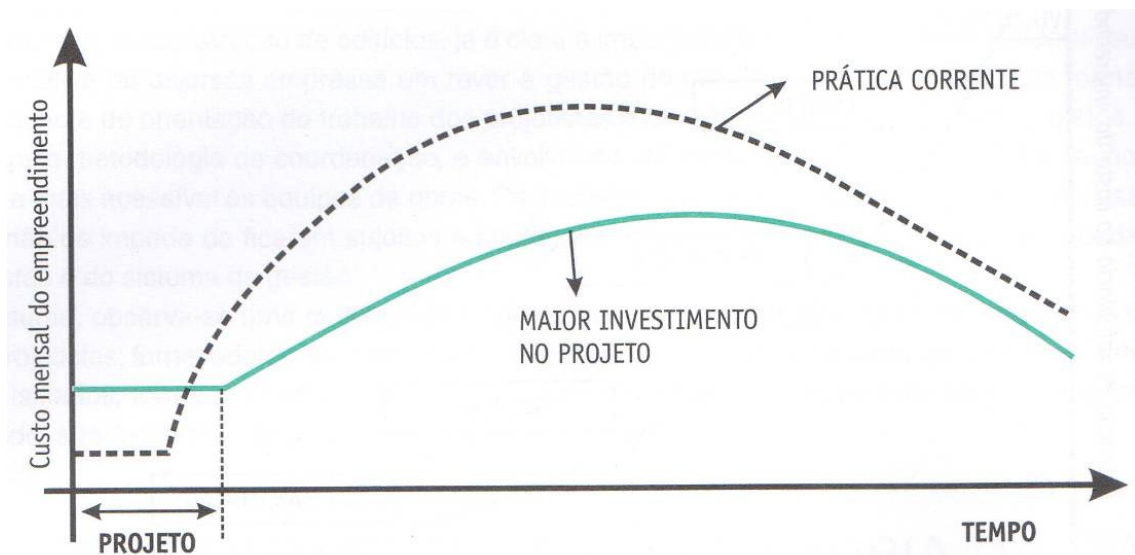


FIGURA 13 – Relação entre o tempo de desenvolvimento de um empreendimento e o custo das atividades demonstrando o efeito de um maior “investimento na fase de projeto”  
 Fonte: COSTA, 2010 *apud* MELHADO, 2005.

Costa (2010) ainda relaciona as etapas de projeto e os agentes responsáveis por elas, frisando a importância de que elas estejam desenvolvidas e compatibilizadas para que a obra seja viabilizada (FIGURA 14). Definido este contexto, afirma-se que a gestão e a coordenação de projetos são cruciais

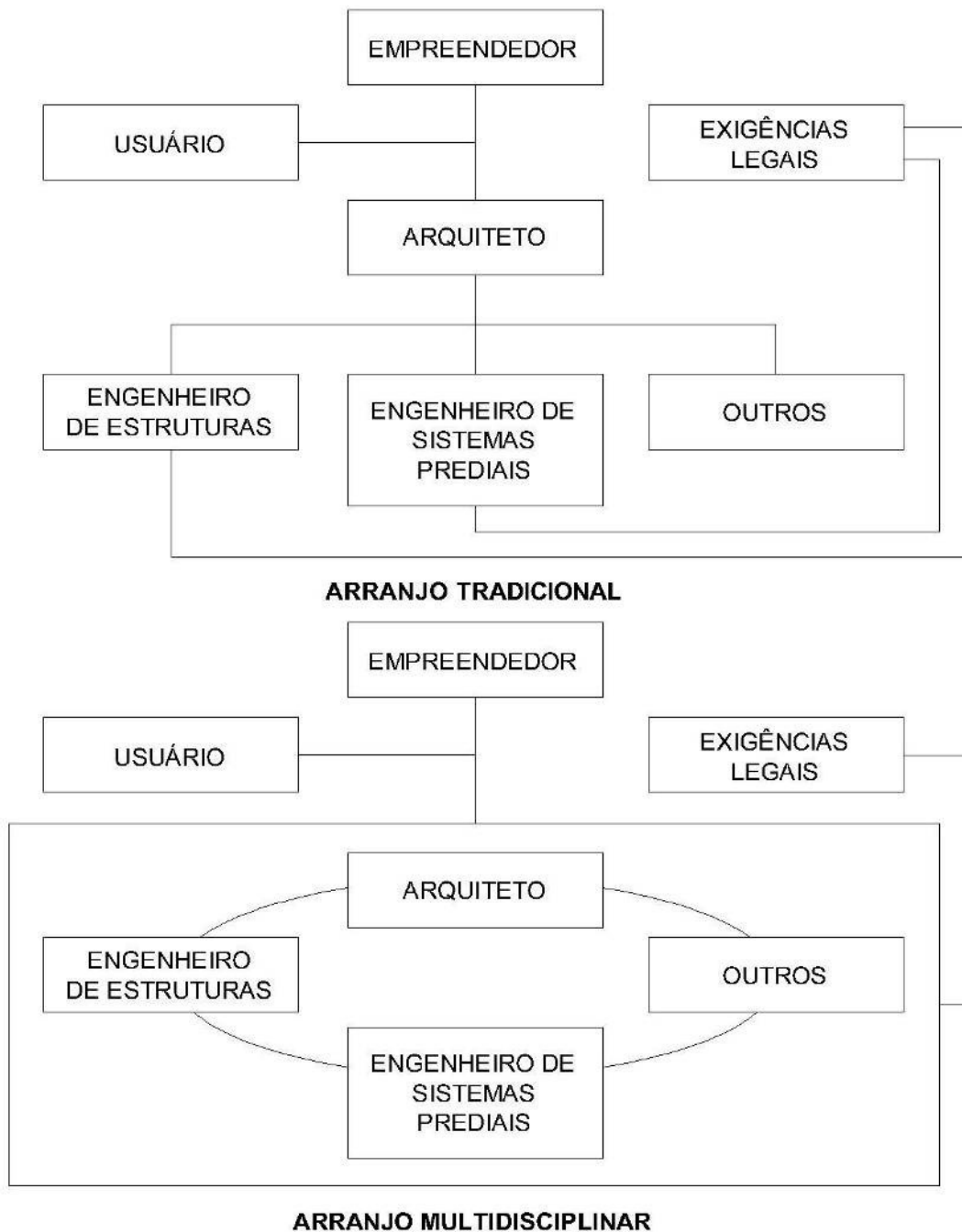


FIGURA 14 – Os arranjos das equipes de projeto: tradicional e multidisciplinar  
 Fonte: COSTA, 2010, p.16 *apud* MELHADO, 2005.

para que haja a compatibilização destas disciplinas. Neste sentido poderá ser feita a comparação entre um arranjo tradicional / linear de equipes de projeto e um arranjo multidisciplinar / cíclico.

Ainda em relação ao processo de compatibilização, a autora discorre sobre as fontes de retroalimentação do projeto, em que a etapa de “entrega final” do projeto, cujo produto é o “*as built*”, funciona como a etapa de “*check*” num ciclo PDCA, visando à melhoria contínua do processo de projeto (FIGURA 15).

“Nesta busca pela elaboração e execução do produto final, os processos de análise, padronização e logística são muito importantes, outro aspecto de grande relevância é que quanto mais eficiente for a compatibilização de projetos menor será o retrabalho e maior será a redução de resíduos na obra. Hoje em dia, apesar das empresas, de uma forma geral, conseguirem reduzir o percentual de resíduos, eles ainda são uma realidade, sendo necessários estudos que proporcionem uma ampliação de seu uso.”

(COSTA, 2010, pag. 27)

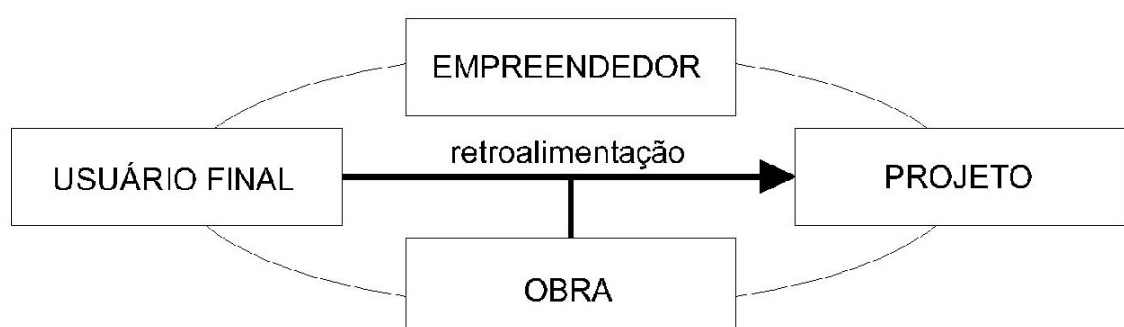


FIGURA 15 – Fontes de retroalimentação do projeto  
Fonte: COSTA, 2010.



Reiterando a afirmação de Melhado (2005, pag. 59) de que “... o arquiteto se distancia cada vez mais do conhecimento das técnicas construtivas e do próprio canteiro de obras, e não recebe formação quanto aos aspectos de gestão envolvidos na coordenação de projetos”, faz-se necessária a busca posterior à graduação de conhecimento mais avançado em tais áreas de modo a garantir o desempenho ambiental nos empreendimentos em que se envolve.

## **4 METODOLOGIA ADOTADA**

### **4.1 Caracterização do Tema Abordado**

Dentre os assuntos abordados neste trabalho, destaca-se a problemática da atual estrutura organizacional da práxis da construção civil, em especial a observada na cidade de Belo Horizonte. O exercício arraigado do processo construtivo convencional é considerado como responsável pela condição insustentável de desperdício de materiais, tempo e mão de obra, ocasionando além de perdas financeiras aos empreendedores e construtoras, um significativo passivo ambiental metropolitano.

Escassez de matéria prima e degradação do meio ambiente são as conseqüências mais imediatas percebidas no exercício da construção civil quando não são aplicados conceitos de gestão e aprimoramento contínuo na fase de projeto dos empreendimentos.

A mutação do *Zeitgeist* na produção industrial iniciada nas últimas décadas do século XX é decorrente da evolução do pensamento sustentável e só recentemente inicia a contagiar a prática da construção civil. O atraso nesta

mutação é ainda maior quando considerado o contexto da produção brasileira do habitat. Temas como racionalização e industrialização da construção, ainda que distantes da popularização nos canteiros de obra brasileiros, já são prática corrente em países desenvolvidos, onde a restrição de mão de obra e do uso de matéria prima aliados a um exigente foco na viabilidade econômica de empreendimentos de construção civil e a conseqüente regulamentação institucional existem há mais tempo, induzindo uma adequação do setor.

#### **4.2 Procedimentos e Instrumentos Utilizados**

Ao tomar a prática do profissional de projetos, mais especificamente do projeto arquitetônico, como ponto de partida desta monografia, buscou-se o levantamento de informações e técnicas que de alguma forma auxiliassem na minimização da geração de resíduos de construção civil.

Pelo fato de que não foi considerada quantificável uma relação como decisões projetuais e minimização da geração de resíduos devido ao caráter ainda abstrato e subjetivo da mesma, decidiu-se por uma análise qualitativa como forma de abordagem do problema e dos procedimentos pesquisados. Quanto ao objetivo da pesquisa, a mesma se ateve ao aprofundamento do conhecimento da realidade em questão, objetivando identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de fenômenos, aproximando este trabalho de uma pesquisa explicativa.

Inicialmente, a pesquisa de práticas e técnicas construtivas que visassem à redução da emissão de resíduos partiu de fontes de pesquisa acadêmica,

como trabalhos de graduação e pós graduação tanto indicados pelo professor orientador, como disponíveis em portais de pesquisa *online* de instituições nacionais de ensino superior, além da consulta em literatura técnica, de dados que pudessem contribuir com o tema.

Após o estudo do conteúdo selecionado, foi escolhida a porção dos dados de cada trabalho ou livro considerada relevante para a discussão do tema. A importância dada ao tema por cada autor e a recorrência destes temas nos diversos trabalhos pesquisados norteou a seleção de assuntos que foram abordados nesta monografia. Citações e excertos do conteúdo pesquisado, somados a comentários e contribuições da experiência pessoal compõe a revisão bibliográfica desta monografia.

### **4.3 Tratamento de Informações**

Num primeiro momento buscou-se referenciar o assunto abordado na evolução da construção civil, considerando a Revolução Industrial e suas conseqüências e condicionantes como a ascensão da burguesia, caracterizando o princípio da Indústria da Construção. O histórico tratado na revisão bibliográfica passa pelo processo evolutivo da técnica, dos materiais e pensamento construtivo, conduzindo a um entendimento da situação atual do tema.

Até a conclusão do processo evolutivo, temos um embasamento histórico do tema, o que levou à pesquisa de um panorama da produção do habitat no Brasil. Para tanto, houve a necessidade de se descrever o processo construtivo convencional no país, apontando a geração de resíduos ocorrente

nas fases do sistema. Dados quantitativos de órgãos competentes foram citados para complementar o panorama da relação entre a construção civil e a geração de RCCs. Para atuar sobre os focos de geração, foi necessário definir certos termos chave como *resíduo* e *desperdício*.

O passo seguinte foi pesquisar um sistema construtivo alternativo ao convencional, visando detectar soluções que reduzam a emissão de resíduos quando comparado ao sistema convencional, como foi o caso da alvenaria estrutural. Além de sistemas construtivos, foram abordados temas constatados como recorrentes em diversas fontes da literatura disponível no âmbito da redução da geração de resíduos, como a Análise do Ciclo de Vida (ACV), a Certificação (tanto de empresas quanto de empreendimentos), a compatibilização de projetos e a gestão de resíduos, sempre destacando a possibilidade de se aplicar cada tema na fase de projeto dos empreendimentos.

A seguir os temas pesquisados serão aplicados em um estudo de caso, em que uma empresa de arquitetura terá seu processo de projeto esmiuçado, avaliando-se a aplicabilidade dos conceitos estudados em sua cadeia produtiva.

## **5 ANÁLISE DAS DECISÕES PROJETAIS**

### **5.1 Análise Histórica**

A análise do processo evolutivo da técnica construtiva mostra que, ao longo da história, a tecnologia da construção evolui conforme os cânones e valores

defendidos pela sociedade influenciados pelo contexto histórico. A edificação do habitat assim como outras tipologias, de edifícios residenciais, comerciais e institucionais ao projeto urbano, depende da disponibilidade de tecnologia, recursos e legislações aplicáveis, influenciando decisões de projeto.

Como exemplo desta interpretação histórica, podemos citar o atual pensamento sustentável da construção civil, que foi suscitado por uma conjuntura de insustentabilidade das atividades humanas no final do século XX, o que motivou restrições legislativas e consequente desenvolvimento da tecnologia.

## **5.2 Análise de Sistemas Construtivos e Fontes de Geração de Resíduos**

Não só a disponibilidade de uma tecnologia, mas a ocorrência e viabilidade econômica da mesma no mercado fomentam decisões de projeto a favor de seu uso.

O processo construtivo analisado da alvenaria estrutural autoportante é o sistema construtivo mais aplicado em larga escala depois do sistema convencional de construção, daí a opção por este como análise de sistema construtivo alternativo ao predominante. Ele apresenta desvantagens como a impossibilidade de flexibilização dos layouts internos e externos da edificação decorrente da função estrutural de transmissão vertical de cargas das alvenarias internas e externas. Estas características identificadas como desvantagens levam à impossibilidade de alteração de vãos e disposição das

paredes da edificação, ocasionando duas situações geradoras de grande quantidade de resíduos:

- Criação da demanda de construção de uma maior quantidade de imóveis e tipologias, decorrentes da necessidade mudança do usuário para outro imóvel quando novas necessidades de uso ocorrem, tornando edificações obsoletas com pouco tempo de uso (edifícios inflexíveis ou obsolescência programada);
- O cenário extremo deste sistema construtivo poderá até mesmo ocasionar o descarte do edifício, fonte de geração de grande volume de resíduos de construção civil (RCCs).








Apesar deste forte apelo negativo do sistema, as peculiaridades inerentes como ausência de fôrmas, modulação da paginação de paredes (FIGURA 16) e facilidade de instalações prediais são vantagens observadas que induzem à economia de tempo, mão de obra e desperdício de materiais, o que resulta em economia de recursos financeiros e minimização da geração de resíduos.

Ao final da análise, o sistema construtivo nomeado alvenaria estrutural autoportante pode ser analisada como um bom sistema construtivo a ser escolhido na fase de projetos, quando considerado sua capacidade de geração de resíduos nas fases de projeto, planejamento e execução de obra. Já nas fases de utilização e descarte, seu desempenho é prejudicado pela considerável geração de resíduos e impossibilidade de flexibilização do mesmo.








Esta análise do sistema construtivo poderia se estender a outros sistemas disponíveis no mercado, como forma de se selecionar técnicas construtivas de menor geração de resíduos para serem especificadas na fase de projeto da edificação.

LEGENDA:

BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAIS UTILIZADOS NA 1A. FIADA

-  BLOCO CONCRETO ESTRUTURAL 14x19x29
-  BLOCO CONCRETO ESTRUTURAL 14x19x34
-  BLOCO CONCRETO ESTRUTURAL 14x19x44
-  \*COMPENSADOR DE CONCRETO (14x19x9)
-  \*COMPENSADOR DE CONCRETO (14x19x4,5)
- \* COMPENSADORES EXTRAÍDOS DO BLOCO SECCIONAVEL 14x19x09
-  MEIO BLOCO DE CONCRETO (14x19x19)
-  BLOCO CONCRETO (14x19x14)
-  MICROCONCRETO

BLOCOS DE CONCRETO VEDAÇÃO UTILIZADOS NA 1A. FIADA

-  BLOCO CONCRETO DE VEDAÇÃO 9x19x39
-  BLOCO CONCRETO DE VEDAÇÃO 9x19x19
-  TUBULAÇÃO QUE SOBE
-  TUBULAÇÃO QUE DESCE
-  PRUMADA
-  NÚMERO DA PAREDE  
ESP. DA PAREDE
-  PRÉMOLDADO

NOTAS:

- PARA SIMBOLOGIA VER PROJETO ELÉTRICO , TELEFONE E INSTALAÇÕES ESPECIAIS
- AS MEDIDAS REFEREM-SE AS FACES DAS ALVENARIAS
- PARA MEDIDAS (COTAS PARCIAIS)NÃO ACUMULADAS VER ELEVADOES

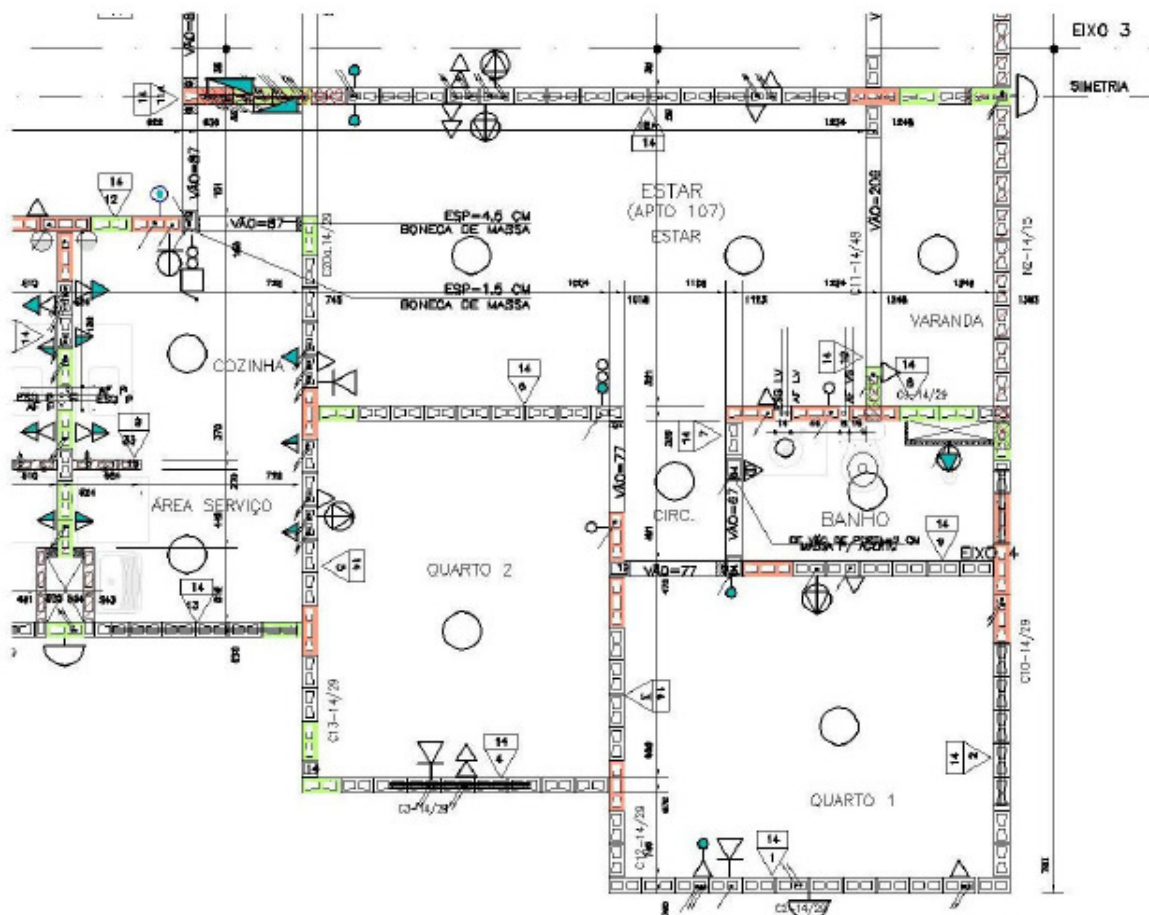


FIGURA 16 – Projeto de Modulação – Planta de 1ª Fiada  
Fonte: COSTA, 2010.

### **5.3 Análise da Legislação Atual**

Quando considerada a redução da geração de resíduos de construção civil definida na fase de projetos de um empreendimento, a legislação vigente contribui de maneira muito incipiente. Se considerada primeiramente a Resolução n. 307 / 2002 do CONAMA, que norteia legislações estaduais e municipais, pode-se afirmar que o que é definido em seus artigos é a classificação dos tipos de resíduos e suas respectivas orientações de manejo. Também disposto nesta resolução estão: a identificação dos agentes da geração de resíduos na prática da construção civil e diretrizes para realização de um PGRSCC.

Decisões projetuais que corroborariam para a redução da geração de resíduos no âmbito das regulamentações existentes só seriam eficientes se houvesse a elaboração do PGRSCC em conjunto com outros projetos – por exemplo, o projeto arquitetônico – durante a fase de projetos do empreendimento, de modo a especificar materiais e sistemas que gerem resíduos de fácil reaproveitamento ou reciclagem, uma quantidade menor de resíduos ou até mesmo evitar fontes de geração de resíduos conforme as definições da Resolução n.307/2002.

### **5.4 Análise do Ciclo de Vida e Certificação**

Dos aspectos que podem ser analisados ao se aplicar a ACV a uma edificação no âmbito de projetos, deve-se destacar a importância de se compreender o processo de realização de uma análise do ciclo de vida pelo profissional de



projetos. Uma vez que o profissional compreende esta sistemática, ele se conscientiza no sentido de se especificar sistemas construtivos e materiais de construção que possuam melhor desempenho ambiental ao se comparar a ACV de cada um deles.

Tendo em vista a complexidade da realização de uma ACV na atual conjuntura e a parca disponibilidade de materiais no mercado cuja ACV já tenha sido realizada, a especificação de sistemas e materiais de construção baseada na ACV torna-se, quando possível, subjetiva e empírica.

No que diz respeito à certificação de empresas e empreendimentos, a prática projetual demonstra melhoria comprovada na produtividade e na qualidade do produto final de empresas e empreendimentos que se submetem às diversas certificações disponíveis e suas exigências para concessão da certificação. Cabe às empresas responsáveis pelos projetos encontrar uma certificação apropriada para suas características e adequar suas práticas às exigidas pelas organizações certificadoras. As organizações em sua maioria objetivam a racionalização da construção e conseqüente redução na geração de resíduos da construção civil, daí sua contribuição constatada para o objetivo deste trabalho.

### **5.5 Análise da Gestão, Compatibilização e Coordenação de Projeto**

Parte cada vez mais integrante da prática projetual sustentável, a gestão de projetos proporciona interação entre os diversos profissionais ligados ao projeto de um empreendimento, possibilitando a previsão de conflitos ainda

nessa fase, e garantindo economia de materiais e recursos ao inibir o desperdício de materiais e mão de obra.

É comprovado o poder de se influenciar nos custos de um empreendimento quanto antes é feita a compatibilização dos projetos. Um maior investimento na fase de projetos também contribui para a redução de custos e prevenção de desperdícios ao longo da obra.

A prática corrente se constitui em uma lógica linear cujos agentes da fase de projeto deixam de participar do processo de desenvolvimento de projeto como um todo. Projetos submetidos aos processos de gestão e compatibilização se nutrem da retroalimentação do processo, quando o constante *feedback* proporcionado pela obra e pelo usuário final contribuem para o contínuo aprimoramento da prática.

Numa situação ideal, a implantação sistêmica de gestão e compatibilização de projetos culminaria na situação de coordenação de projetos, envolvendo a interação entre os diversos projetistas desde as primeiras etapas do processo de projeto.

## **6 ESTUDO DE CASO**

### **6.1 Justificativa do Estudo de Caso**

O método de estudo de caso foi o escolhido para aproximar os conceitos teóricos abordados neste trabalho à prática profissional de projetos de arquitetura atualmente disseminada no mercado belorizontino. Para tal, foi

selecionada uma micro empresa de arquitetura com pouco menos de 1 ano de atividade, cujo exercício de projeto passou por pouca padronização. Situação bastante recorrente em Belo Horizonte. A análise de sua condução de processos de projeto abre bastante espaço para incursões de práticas e técnicas que visem à redução da geração dos resíduos da construção civil em empreendimentos cujos projetos arquitetônicos tenham sido realizados por esta empresa.

## **6.2 Caracterização do Objeto de Estudo**

A caracterização do objeto de estudo segue o modelo similar ao abordado em Bandeira (2003) e Melhado (2005), identificando organograma de agentes, etapas de desenvolvimento e fluxograma de ações.

Trata-se da Aftar Arquitetura, uma empresa especializada em projetos de arquitetura, urbanismo e design, fundada em Belo Horizonte em 2011. A empresa conta com um corpo de 2 sócios-diretores e 2 estagiários funcionando em um espaço de aproximadamente 40m<sup>2</sup>. Ambos os diretores possuem graduação em Arquitetura e Urbanismo, além de serem pós graduandos em Gestão e Tecnologia da Construção Civil. Também conta com consultores externos convidados a participar em etapas específicas, ou regime de sociedade temporária em certos projetos, do começo ao fim.

Como principais serviços prestados, a empresa desenvolve, em ordem de frequência, projetos de arquitetura residencial, comercial, institucional e industrial (tanto reformas/requalificações quanto novos edifícios); estudos

conceituais de viabilidade econômica; projetos de urbanismo e projetos de *design* de interiores ou de produto. Pelo porte da empresa, seu corpo técnico ainda acumula funções administrativas, de recursos humanos, legais e contábeis.

Optou-se por descrever somente o processo de desenvolvimento dos trabalhos de arquitetura realizados pela empresa. Desta forma poderá ser avaliada a aplicabilidade dos conceitos pesquisados nesta monografia aos projetos do escritório que são destinados à execução por obra de construção civil, de modo a visar à redução da geração dos resíduos da construção civil, foco deste trabalho.

Em termos de escala, os trabalhos realizados pela empresa desde sua fundação no mês de setembro do ano de 2011 até então, variaram da pequena escala – até 200 m<sup>2</sup>, sendo mais freqüentes – até os de escala intermediária – entre 500 m<sup>2</sup> e 1.200 m<sup>2</sup>, de menor freqüência. A prática projetual segue uma lógica muitas vezes linear desde o início até o fim do desenvolvimento de projetos, contando com as seguintes etapas principais (FIGURA 17):

- Etapa 1. Captação de projetos e prospecção de clientes

A primeira etapa de um projeto. Em ocorrência decrescente, por meio de relacionamentos pessoais ou laços profissionais dos sócios estabelecidos anteriormente à fundação da empresa, indicações por meio de clientes de projetos realizados anteriormente, oferecimento de serviços a pessoas ou empresas-alvo e mais recentemente por meio de consultoria de *marketing* e

identidade visual, incluindo placas de obra, portfólios digitais ou impressos, cartões de visita, etc.

- Etapa 2. Definição de escopo e programa de necessidades para elaboração de proposta

Reunião geralmente presencial, interna ou externa ao escritório, entre o cliente e um ou os dois sócios da empresa, em que se definem os parâmetros que irão compor a proposta técnico-comercial. Ocasionalmente coincide com visitas ao local do objeto de trabalho onde já se realiza um levantamento fotográfico preliminar do mesmo.

- Etapa 3. Estudo preliminar

Tendo como base os parâmetros e escopo definidos na proposta, os diretores se valem de pesquisas de referência, vocabulário profissional e conhecimento das legislações e regulamentações construtivas para traduzir as demandas do cliente em desenhos técnicos informatizados de nível conceitual, acompanhados de simulações computadorizadas tridimensionais para melhor entendimento do cliente seja ele leigo ou versado no assunto. O desenvolvimento desta etapa na maioria das vezes envolve o trabalho dos estagiários.

- Etapa 4. Projeto Legal ou Projeto de Aprovação

Tendo o Estudo Preliminar sido aprovado pelo cliente, passa-se à fase de se adaptar o mesmo à legislação vigente e submetê-lo à aprovação dos órgãos

competentes. São parte crucial desta etapa: o profundo estudo da legislação e possíveis interferências legais, consultas e entrevistas com os órgãos governamentais para discussões sobre aprovação e reuniões os clientes para alinhar seus interesses às normativas legais. Com as definições, diretores e estagiários participam do desenvolvimento dos desenhos e documentos exigidos para deferimento do projeto.

- Etapa 5. Projeto Executivo e Detalhamento

Etapa constituída essencialmente de procedimentos que traduzam o projeto em informações que possibilitem sua execução. Nesta fase realizam-se reuniões com o cliente, fornecedores e prestadores de serviço para definição de sistemas construtivos, materiais de acabamento e procedimentos de execução. O material entregue inclui desenhos técnicos informatizados, perspectivas ilustrativas e outras representações que se façam necessárias para a correta compreensão do projeto pelo cliente e executores.

- Etapa 6. Acompanhamento de Obra e Assessoria Técnica

Realizam-se visitas periódicas preestabelecidas ou solicitadas conforme necessidade da obra. Têm como finalidade o acompanhamento das obras e a certificação de que o projeto está sendo executado conforme estabelecido na etapa anterior. Ainda é prestado o serviço de assessoria técnica aos profissionais envolvidos nos projetos complementares e na obra. Esta última, muitas vezes ocorre concomitantemente ao projeto executivo.

- Etapa 7. Relacionamento pós venda

Concluída a execução do projeto, a fase final que o mesmo percorre no processo de projeto, os diretores da empresa procuram manter o contato com cliente, visando à oportunidade de projetos futuros e indicações a possíveis novos clientes. Para isto, valem-se de avaliações informais de satisfação e publicações do projeto, além de material de divulgação como portfólio desenvolvido pela própria empresa em meio físico ou eletrônico e divulgação em sites e publicações, técnicas ou não.

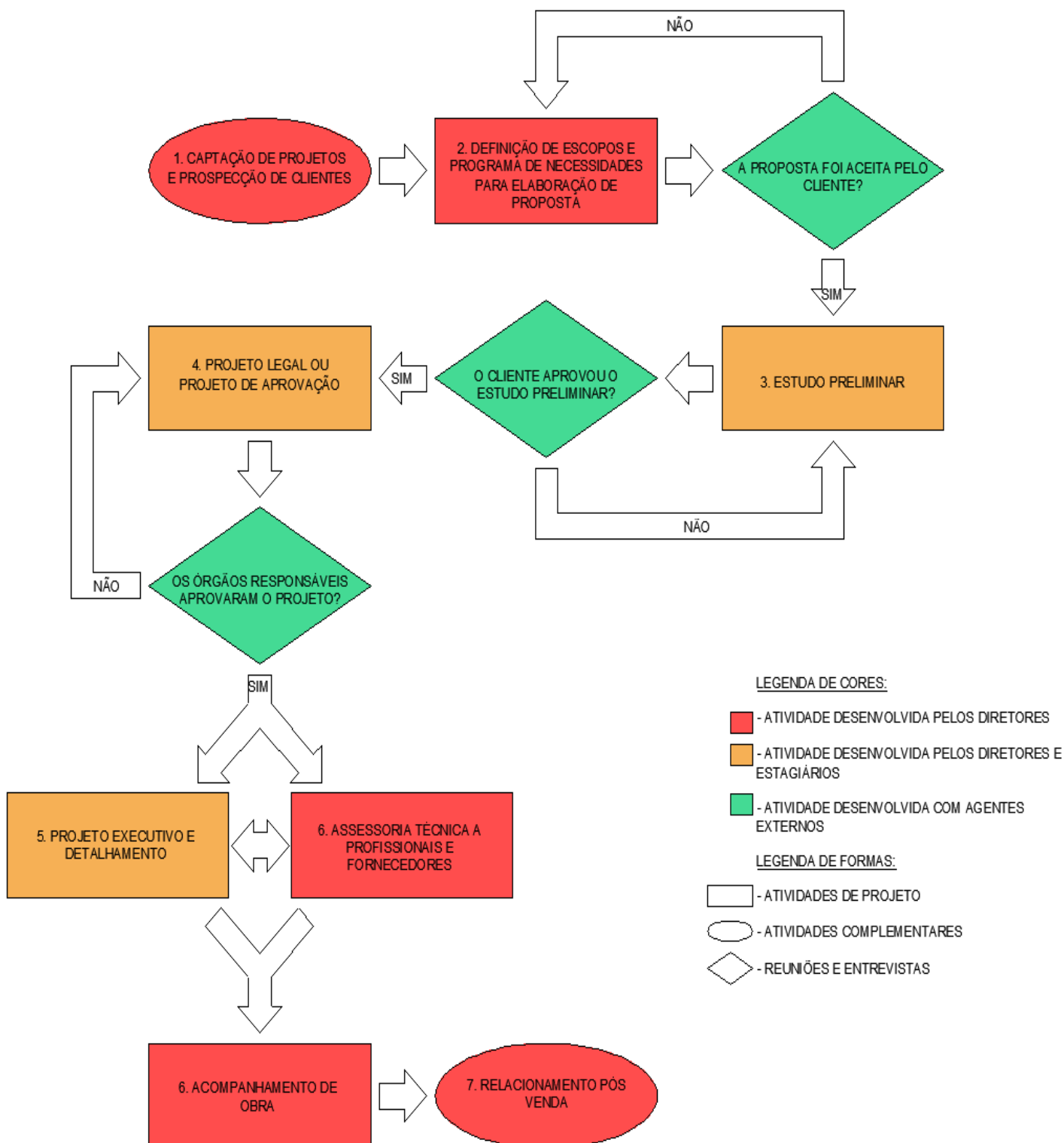


FIGURA 17 – Fluxograma de desenvolvimento típico de um projeto na empresa estudada



### **6.3 Aplicabilidade de conceitos estudados**

Definido o processo típico de um projeto de arquitetura realizado na empresa analisada, estuda-se aqui a possibilidade de se aplicarem os conceitos que foram pesquisados na revisão bibliográfica.

#### **6.3.1 Aplicabilidade do conceito “Processos Construtivos e Geração de Resíduos”**

A seleção dos sistemas construtivos a serem adotados em uma edificação se dá principalmente nas etapas 2, 3 e 5 do processo de projeto. O conhecimento prévio dos diretores da relação entre sistemas construtivos e geração de resíduos combinado às demandas dos clientes (etapa 2) acabam por orientar em nível preliminar (etapa 3) a escolha de um ou outro sistema. Durante a elaboração do projeto executivo (etapa 5), essa escolha amadurece, recebendo informações dos projetos complementares e fornecedores.

Parte já integrante do processo de projeto praticado pela empresa, a definição de sistemas construtivos atualmente ocorre de forma incompleta. Se os processos construtivos escolhidos tivessem como prioridade a redução da geração de resíduos de construção civil, aumentam as chances da obra de originar uma quantidade menor de RCCs, conforme estudado na seção 3.2 do capítulo 3 desta monografia.

### 6.3.2 Aplicabilidade dos conceitos da “Resolução CONAMA nº 307/2002”

Apesar da importância desta normativa para a construção civil, profissionais de projeto possuem pouca possibilidade de aplicação da mesma, salvo no caso em que a empresa de projetos for responsável pela elaboração do PGRSCC de empreendimentos, o que não acontece na empresa estudada. Atualmente nenhum procedimento é realizado durante o processo de projeto levando em consideração a resolução.

No objeto deste estudo de caso, a legislação pesquisada possui aplicabilidade limitada, nas etapas 5 e 6 de sua cadeia produtiva. Durante o projeto executivo (etapa 5), o conhecimento da classificação dos resíduos e orientações de manejo expostos na normativa citada permite a definição de processos construtivos que poderão ser discutidos durante a assessoria técnica a profissionais e fornecedores (etapa 6). Tal discussão permitiria definições que objetivassem a redução da geração de RCCs previstos na Resolução nº 307/2002.

### 6.3.3 Aplicabilidade dos conceitos de “ACV e Certificação”

Definida a complexidade da realização de uma ACV na revisão bibliográfica desta monografia, conclui-se que a realização de análise do ciclo de vida está além dos serviços que a empresa estudada se presta a realizar.

De forma incipiente por se tratar de uma gama bastante restrita de produtos e sistemas já analisados em seu ciclo de vida, a etapa de estudo preliminar (3) e a de projeto executivo (5) contribuiriam para a redução dos RCCs se

priorizassem a utilização de algum item de comprovado desempenho ambiental.

Quanto à certificação, a empresa estudada possui um grande potencial para adoção de sistemas de gestão que procurem o controle dos impactos de seu processo produtivo sobre o meio ambiente. Por ter sido aberta recentemente ainda não sedimentou um padrão produtivo, tornando-a mais flexível para certificação.

A tarefa se torna complexa pelo fato de que a bibliografia existente aponta que a grande maioria das instituições e mecanismos de certificação concentra seus estudos nas empresas de porte maior que o da empresa estudada. Para aplicar alguma metodologia de certificação à empresa estudada de forma sistêmica em toda sua cadeia produtiva, deverá ser adaptada uma versão de um sistema de gestão ao porte da mesma.

#### 6.3.4 Aplicabilidade dos conceitos de “Gestão, Compatibilização e Coordenação de Projetos”

A falha na compatibilização de projetos é responsável por grande quantidade de erros e retrabalho, ocasionando em grandes emissões de resíduos de construção civil. Atualmente a empresa estudada realiza a compatibilização de forma primária, ao compatibilizar o projeto arquitetônico executivo (etapa 5) aos projetos complementares como estrutural, hidráulico e elétrico.

Atuando em colaboração com a figura do coordenador de projetos, bastante incomum nos empreendimentos que a empresa se envolve, seria realizada

uma compatibilização eficiente, havendo a possibilidade de se reduzirem sensivelmente os resíduos de obra.

Conforme citado na caracterização do objeto de estudo, projetos de pequeno porte (até 200 m<sup>2</sup>) são recorrentes no trabalho da empresa. Melhado (2005) aponta que para pequenos empreendimentos a melhor figura para atuar como coordenador de projetos é o Arquiteto autor do projeto, com a justificativa de que as decisões técnicas possuem menos peso. Tendo isto em mente, é oportuno dizer que a empresa poderia atuar em grande parte de seus projetos como Coordenador de Projetos. Além de incluir um novo item nos serviços prestados pela empresa, esta atuação é comprovadamente eficiente na redução dos resíduos de construção civil.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez de conteúdo ministrado na graduação em arquitetura e urbanismo que seja voltado para a gestão de resíduos e de projetos, ou mesmo em sentido mais amplo como gestão é latente. Este fato motivou a busca pela pós graduação na área de gestão e tecnologia da construção civil e posteriormente o tema de pesquisa desta monografia. As disciplinas lecionadas durante o *Curso de Especialização em Construção Civil*, como *Gestão da Produção na Construção Civil e Sustentabilidade das Construções* forneceram os primeiros dados para que as informações desta monografia fossem reunidas.

Ao se revisar a bibliografia disponível sobre o tema, percebe-se a recorrência dos assuntos avaliados nesta monografia como Legislação Ambiental, ACV, Certificação, Gestão de Projetos/Resíduos e Sistemas Construtivos Alternativos aos predominantes. Na essência, a minimização da geração de resíduos está contida no macro tema da sustentabilidade, amplamente estudado nos dias de hoje.

Associar as técnicas e práticas pesquisadas na revisão bibliográfica à etapa de projetos de edificações mostra ser promissor para que projetistas possam guiar seu exercício profissional no sentido da minimização da geração de resíduos. Demonstrar a relevância de se projetar com pensamento sustentável é de suma importância para que num futuro próximo as grades curriculares dos cursos de graduação contemplem um conteúdo inteiramente permeado pelo tema da sustentabilidade.

Que cada vez mais profissionais da área de projetos, sejam eles arquitetos ou engenheiros, tenham mais acesso e adotem as práticas projetuais reunidas neste trabalho, aplicando-as em sua cadeia produtiva. Desta forma, futuramente, a atividade da construção civil irá se aproximar cada vez mais de uma prática não só mais produtiva como sustentável.

## 8 BIBLIOGRAFIA

AGOPYAN V.; et al. **Pesquisa: Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.** Relatório final. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998.

Disponível em:  
<<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/NVEA-5SLHDN>>.

Acesso em: 14 nov. 2011.

MOTTA, Sílvio Romero Fonseca. **Sustentabilidade na Construção Civil:** Crítica, Síntese, Modelo de Política e Gestão de Empreendimentos. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, Alex Fabiane Fares da. **Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de acordo com a Resolução CONAMA n. 307/02:** Estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2007.

Disponível em:  
<<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/FRPC-78WFYS>>.

Acesso em: 14 nov. 2011.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANDEIRA, Ana Paula Venturini. **Aplicação do Ecodesign em empresa mineira e a percepção dos funcionários:** um estudo de caso. 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2003.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº. 307**, de 05 de julho de 2002. Brasília.

CORRÊA, Márcio Roberto Silva; MAMEDE, Fabiana Cristina. Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, p. 1-27. 2006.

COSTA, Luciana Dias Martins da. **Compatibilização de projetos e gerenciamento de resíduos como condições primordiais para a sustentabilidade das construções.** 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/ISMS-8B4KP7>>.

Acesso em: 14 nov. 2011.

COUTO NETO, Alair Gonçalves. **Construção Civil Sustentável:** Avaliação da aplicação do modelo de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do SINDUSCON-MG em um canteiro de obras - um estudo de caso. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2007. Disponível em:



<<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/ENGD-7AAP9C>>.

Acesso em: 14 nov. 2011.

FRAMPTON, Kenneth. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 470 p.

HEGEL, Georg Wilhelm Fridrich. **A Arquitetura**: tradução, introdução e notas de Oliver Tolle. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 208 p.

HERTZBERGER, Herman. **Lições de Arquitetura**. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 272 p.

LIMA, Flavio Lucio Nunes de. **Proposição de metodologia de avaliação do impacto ambiental no desenvolvimento de projetos arquitetônicos**. 2006. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Núcleo de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFMG, Belo Horizonte, 2006.

LOOS, Adolf. **Ornamento e Crime**. Lisboa: Cotovia, 2006. 280p.

MAGALHÃES, Antonino Rodrigues. **Diretrizes para desenvolvimento de um programa de manutenção sustentável com gestão de resíduos sólidos no campus da Universidade Federal de Minas Gerais**. 2010. 69 f. Monografia (Especialização) - Departamento de Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2010.

MELHADO, Sílvio B. et al. **Gestão e Coordenação de Projetos de Edifícios**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. Cap. 4, p. 56-76.

OLIVEIRA, Luciana Lorena Dias de. **Avaliação de Pós-Ocupação em duas Unidades Municipais de Educação Infantil: UMEI Sol Nascente e UMEI Mangueiras.** 2011. 101 f. Monografia (Especialização) - Departamento de Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2011.

RODRIGUES, Herbert Kohl. **Alvenaria Estrutural: Métodos Construtivos.** 2009. 64 f. Monografia (Graduação) - Departamento de Escola de Engenharia, UFMG, Belo Horizonte, 2009.