



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil



Luara Corrêa Sousa

**ESTRATÉGIAS PROJETUAIS ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL PARA CONSTRUÇÕES DE PEQUENO PORTE ESTRUTURADAS
EM AÇO**

Ouro Preto

2016

Luara Corrêa Sousa

**ESTRATÉGIAS PROJETUAIS ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL PARA CONSTRUÇÕES DE PEQUENO PORTE ESTRUTURADAS
EM AÇO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Construções Metálicas.

Orientador: Henor Artur de Souza

Co-orientadora: Arlene Maria Cunha Sarmanho

Ouro Preto

2016

S725e

Sousa, Luara Correa.

Estratégias projetuais associadas ao desenvolvimento sustentável para construções de pequeno porte estruturadas em aço [manuscrito] / Luara Correa Sousa. - 2016.

282f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construções Metálicas.

1. Projeto arquitetônico - Planejamento. 2. Estruturas metálicas. 3. Edificações - Pequeno porte. 4. Desenvolvimento sustentável. I. Souza, Henor Artur de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 624.014

**ESTRATÉGIAS PROJETUAIS ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL PARA CONSTRUÇÕES DE PEQUENO PORTE
ESTRUTURADAS EM AÇO**

AUTORA: LUARA CORRÊA SOUSA

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 19 de dezembro de 2016, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Honor Artur de Souza, D. Sc. – UFOP (Presidente)



Prof. Arlene Maria Cunha Sarmanho, D. Sc. – UFOP



Prof. Marcelo da Rocha Silveira, D. Sc. – UFRJ



Prof. Eliana Ferreira Nunes, D. Sc. – Izabela Hendrix

DEDICATÓRIA

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial ao Ezequiel pelo companheirismo e carinho durante este processo de aprendizado e superação.

RESUMO

A construção civil é uma das áreas mais impactantes no meio ambiente, principalmente devido aos materiais e práticas utilizadas, como materiais que geram grande volume de resíduos nas obras, bem como questões culturais de pouco ou nenhum reaproveitamento destes. O setor contribui fortemente para a degradação ambiental e com a crescente aplicação da estrutura metálica nas construções enxerga-se um nicho de disseminação da sustentabilidade, já que o material representa um novo modo de construir e o desenvolvimento de novas tecnologias que levem mais em consideração o impacto ambiental. Ao se aplicar os conceitos de sustentabilidade às construções de pequeno porte torna-se possível aproximar a sustentabilidade ao alcance de uma parcela maior de pessoas, de forma que com o passar do tempo as questões ambientais sejam parte essencial dos processos de projeto em geral e não somente de grandes empreendimentos ou construções isoladas. Associar estratégias de sustentabilidade ao uso da estrutura metálica nas construções de pequeno porte é um avanço em relação ao modo de pensar a arquitetura e a vivência dos espaços, bem como a relação do usuário com as questões econômicas, ecológicas e sociais envolvidas no processo construtivo. Em um primeiro momento é realizada uma pesquisa bibliográfica e investigação teórica e documental relacionada à estrutura metálica, processo de projeto e sustentabilidade. Posteriormente são feitos estudos de caso com pesquisa de campo junto a escritórios sobre o processo de projeto, em especial de construções de pequeno porte estruturadas em aço com envolvimento de aspectos da sustentabilidade. Por fim são propostas estratégias projetuais que englobam as questões abordadas e que contribuem para difundir o uso da estrutura metálica nas construções de pequeno porte, para a minimização de danos ecológicos e sociais e criam maiores subsídios teóricos aos profissionais da área.

Palavras chave: Processo de projeto arquitetônico. Estruturas metálicas. Edificações de pequeno porte. Desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The construction industry is one of the most impressive areas in the environment, mainly due to the used materials and practices, such as materials that generate large volumes of waste in the construction site, as well as some cultural issues or reuse any of these. The industry strongly contributes to environmental degradation and the growing application of steel structure in construction is observed a niche dissemination of sustainability, since the material is a new way of building and development of new technologies that take more account of the environmental impact. When applying the sustainability concepts to small buildings it becomes possible to approach sustainability within the reach of a larger portion of people, so that over time the environmental issues are an essential part of the overall design process and not only large enterprises or isolated buildings. To associate sustainability strategies to use the metal structure in small buildings is an improvement over the way of thinking about architecture and living spaces, as well as the user's relationship with economic, ecological and social issues involved in construction process. At first it made a bibliographic research and theoretical and documentary research related to the metal structure, design and sustainability process. Later were made case studies with field research in the offices of the design process, especially small buildings structured steel with involvement of aspects of sustainability. Finally, project strategies are proposed that encompass the issues addressed and that contribute to diffuse the use of the metallic structure in small buildings, to minimize ecological and social damages and create greater theoretical subsidies to the professionals of the area.

Key words: the Process of architectural design. Metal structures. Buildings of small size. Sustainable development.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	3
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Considerações iniciais.....	15
1.2 Problematização.....	17
1.3 Objetivos.....	19
1.4 Justificativa e Relevância.....	20
1.5 Processo metodológico.....	21
1.6 Estruturação da pesquisa.....	22
2 REVISÃO DO CONTEXTO DE PROCESSO DE PROJETO.....	23
2.1 Aspectos Históricos.....	24
2.1.1 <i>No Mundo</i>	25
2.1.2 <i>No Brasil</i>	36
2.2 Conceitos de Projeto.....	40
2.3 Gerenciamento do Processo de Projeto.....	46
2.3.1 <i>Projeto Sequencial</i>	54
2.3.2 <i>Projeto Simultâneo</i>	57
2.3.3 <i>Transformação-Fluxo-Valor</i>	63
2.4 Racionalização no Projeto Arquitetônico.....	66
2.4.1 <i>Inovações Tecnológicas na Construção</i>	69
2.4.2 <i>Processo de Construção</i>	74
2.5 Processo de Projeto e as Edificações Estruturadas em Aço.....	78
2.6 Processo de Projeto e a Sustentabilidade.....	81

3	EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE ESTRUTURADAS EM AÇO.....	98
3.1	Histórico das Construções Metálicas no Brasil.....	98
3.1.1	<i>Produção do Aço.....</i>	101
3.2	Por que Edifícios de Pequeno Porte?.....	104
3.3	Processos de Produção de Edificações de Pequeno Porte Estruturadas em Aço.....	107
3.3.1	<i>O Processo de Produção.....</i>	111
3.3.2	<i>O Processo de Projeto.....</i>	114
4	ARQUITETURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	120
4.1	Conceituação de Sustentabilidade.....	120
4.2	Arquitetura Sustentável.....	125
4.3	O Desenvolvimento Sustentável e o Aço.....	138
4.4	Impacto Ambiental na Construção Civil.....	146
4.5	Estratégias para Preservação Ambiental na Construção Civil.....	148
4.5.1	<i>Agenda 21 para a Construção Sustentável.....</i>	152
4.5.2	<i>Agenda 21 Brasileira.....</i>	154
4.6	Métodos de Avaliação da Sustentabilidade na Construção Civil.....	157
5	ESTUDOS DE CASO.....	160
5.1	Composição da Pesquisa.....	160
5.2	Contribuições de Profissionais Atuantes em Belo Horizonte, MG.....	161
5.2.1	<i>Compreensão dos Resultados.....</i>	162
5.2.1.1	<i>Estrutura Organizacional do Escritório.....</i>	163
5.2.1.2	<i>Processo de Projeto.....</i>	164
5.2.1.3	<i>Impressões Sobre a Situação Atual do Mercado.....</i>	170
5.2.1.4	<i>Desenvolvimento Sustentável.....</i>	171
5.3	Estudo de Caso 1: Edificação de Pequeno Porte Estruturada em Aço.....	173
5.4	Estudo de Caso 2: Edificação de Pequeno Porte Estruturada em Aço e Associada ao Desenvolvimento Sustentável.....	182
5.5	Conclusão dos Estudos de Caso.....	196

6 ESTRATÉGIAS DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE ESTRUTURADAS EM AÇO ASSOCIADAS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	198
6.1 Formação de Equipes Multidisciplinares.....	200
6.2 Coordenação.....	200
6.3 Compreensão das Necessidades do Cliente.....	201
6.4 Compatibilização de Projetos.....	202
6.5 Padronização de Informações.....	203
6.6 Projeto de Produção.....	203
6.7 Supervisão do Processo de Produção.....	204
6.8 Racionalidade e Coordenação Modular.....	204
6.9 Escolha do Local da Obra.....	205
6.10 Implantação Sustentável do Projeto.....	205
6.11 Paisagismo.....	206
6.12 Prezar pelos Pedestres e Meios de Transporte Alternativos.....	207
6.13 Escolha Adequada de Materiais.....	207
6.14 Uso Racional dos Recursos Naturais.....	208
6.15 Reutilização de Materiais.....	210
6.16 Eficiência Energética.....	211
6.17 Aquecimento Solar.....	214
6.18 Proteções Solares.....	215
6.19 Maximização da Iluminação Natural.....	215
6.20 Conforto Acústico.....	216
6.21 Conforto Térmico.....	217
6.22 Conforto Luminoso.....	217
6.23 Recuperação e Reciclagem.....	218
6.24 Conter Emissão de Substâncias Prejudiciais à Camada de Ozônio.....	220
6.25 Etapa de Construção.....	220
6.26 Gestão de Resíduos.....	221
6.27 Flexibilidade.....	222
6.28 Qualidade Urbana.....	222
6.29 Aspectos Sociais.....	224
6.30 Aspectos Econômicos.....	228

6.31 Aspectos Ambientais.....	228
6.32 Manutenção da Edificação.....	228
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	229
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	232
APÊNDICE A – Aspectos Históricos do Desenvolvimento Sustentável.....	245
APÊNDICE B – O Conforto Humano.....	250
APÊNDICE C – Sistemas de Certificação Verde.....	261
Apêndice C.1 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).....	261
Apêndice C.2 AQUA.....	266
Apêndice C.3 LBC (Living Building Challenge).....	271
Apêndice C.4 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).....	273
Apêndice C.5 Selo CASA AZUL.....	274
APÊNDICE D – Roteiro de Questionário para Entrevistas.....	278

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.1: Impactos ambientais.....	19
--------------------------------------	----

CAPÍTULO 2

Figura 2.1: Templo Jônico Erecteion, Atenas (421-405).....	26
Figura 2.2: Abóbadas góticas na igreja de Saint-Séverin de Paris.....	29
Figura 2.3: Catedral de Santa Maria del Fiore.....	31
Figura 2.4: Palácio de Cristal.....	33
Figura 2.5: Interior do Palácio de Cristal.....	34
Figura 2.6: Construção em pau-a-pique rústica.....	37
Figura 2.7: Taipal e pilão.....	38
Figura 2.8: Adobe. Confeção e assentamento.....	38
Figura 2.9: Processo intelectual de projeto.....	44
Figura 2.10: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.....	50
Figura 2.11: Diagrama esquemático do processo de projeto convencional.....	55
Figura 2.12: Esquema genérico de um processo sequencial de desenvolvimento do projeto de edifícios – participação dos agentes.....	56
Figura 2.13: Comparação do desenvolvimento de produto em Engenharia Sequencial e em Engenharia Simultânea.....	59
Figura 2.14: Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios.....	63
Figura 2.15: Processo de produção como transformação que pode ser dividido em subprocessos.....	64
Figura 2.16: Processo de produção como fluxo. As etapas na cor branca são as que geram valor.....	65
Figura 2.17: Processo de produção como geração de valor.....	65
Figura 2.18: Subdivisões do módulo de 600mm.....	68
Figura 2.19: Inovações no produto edificações ao longo do tempo.....	73
Figura 2.20: Fases do processo de projeto e atividades de compatibilização e análise crítica de projetos.....	77

Figura 2.21: Ciclo produtivo do subprocesso de projeto da estrutura metálica.....	80
Figura 2.22: Representação sistêmica da gestão de um produto.....	83
Figura 2.23: Relações no processo de produção de um edifício.....	86
Figura 2.24: Inserção horizontal da sustentabilidade no processo de produção de um edifício.....	87
Figura 2.25: Inserção vertical da sustentabilidade no processo de produção de um edifício.....	88
Figura 2.26: Impactos durante o ciclo de vida de um sistema projetado.....	93

CAPÍTULO 3

Figura 3.1: Biblioteca Nacional em construção.....	100
Figura 3.2: Fluxo simplificado de produção do aço.....	101
Figura 3.3: Fluxo Básico do Processo de Produção.....	106
Figura 3.4: Perfis utilizados como colunas.....	109
Figura 3.5: Perfis utilizados como vigas.....	110
Figura 3.6: Perfis utilizados como contraventamento.....	111
Figura 3.7: Processo de Produção da Estrutura Metálica.....	112
Figura 3.8: Diagrama com etapas presentes no projeto arquitetônico, projeto estrutural e projeto econômico financeiro.....	115

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Dimensões da sustentabilidade.....	124
Figura 4.2: Um esboço do conceito de engenharia tempo de vida.....	137
Figura 4.3: O reuso, remanufaturamento e reciclagem.....	140
Figura 4.4: Central Telefônica, Indianápolis – EUA (1930).....	142
Figura 4.5: Processo do cenário 1.....	144
Figura 4.6: Processo do cenário 2.....	145
Figura 4.7: City Hall.....	151

CAPÍTULO 5

Figura 5.1: Casa Serrana.....	174
Figura 5.2: Modelos de representação da Casa Serrana.....	175

Figura 5.3: Implantação da Casa Serrana.....	175
Figura 5.4: Corte da Casa Serrana.....	176
Figura 5.5: Corte da Casa Serrana.....	176
Figura 5.6: Pavimento térreo.....	177
Figura 5.7: Primeiro pavimento.....	178
Figura 5.8: Escritório.....	178
Figura 5.9: Terceiro pavimento.....	179
Figura 5.10: Mirante em balanço.....	180
Figura 5.11: Volumetria da edificação com a ligação entre a passarela e o terreno.....	180
Figura 5.12: Loja Tetum.....	183
Figura 5.13: Árvore preexistente no terreno.....	184
Figura 5.14: Portas de bambu deslizantes.....	185
Figura 5.15: Estrutura metálica aparente.....	187
Figura 5.16: Diferença de altura de vigas.....	188
Figura 5.17: Estrutura metálica parafusada.....	189
Figura 5.18: Iluminação natural do ambiente interno.....	193
Figura 5.19: Ventilação cruzada do ambiente interno.....	194
Figura 5.20: Vegetação junto ao muro de divisa.....	195

CAPÍTULO 6

Figura 6.1: Estratégias projetuais para edificações de pequeno porte estruturadas em aço e sustentáveis.....	199
--	-----

APÊNDICE B

Figura AB.1: Zoneamento bioclimático brasileiro.....	251
Figura AB.2: Ventilação por ação dos ventos.....	255

APÊNDICE C

Figura AC.1: Registro por categorias LEED.....	265
Figura AC.2: Registros e certificações LEED no Brasil.....	265

Figura AC.3: Perfil mínimo de desempenho para certificação.....	267
Figura AC.4: Perfil mínimo de desempenho para certificação.....	269
Figura AC.5: Esferas de avaliação do LBC.....	272

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1: Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas – edifícios residenciais.....	90
Tabela 2.2: Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas – edifícios comerciais.....	91

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1: Uma visão geral dos requisitos de engenharia de tempo de vida.	136
Tabela 4.2: Plataforma das 21 ações prioritárias.....	156
Tabela 4.3: Critérios para avaliação da sustentabilidade arquitetura (peso relativo entre parênteses).....	158

CAPÍTULO 6

Tabela 6.1: Estratégias para o favorecimento da iluminação natural e artificial.....	216
Tabela 6.2: Resíduos de construção civil em concreto e alvenaria.....	219

APÊNDICE C

Tabela AC.1: Beneficiados e benefícios do AQUA – HQE.....	270
Tabela AC.2: Critérios, categorias e classificação do Selo Casa Azul....	272

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o uso de estruturas metálicas está associado, em sua maioria, a grandes construções, edifícios de andares múltiplos ou obras de grande porte, como prédios e pontes ou quando se adota a estrutura metálica como partido estético. Segundo Castro (2005, p.1), “é notório que por uma questão de escala os sistemas industrializados tenham melhor escoadouro em edificações de maior porte, onde a padronização e a repetição de materiais diluem mais facilmente os custos de fabricação.” Justifica-se o maior uso da estrutura metálica em grandes empreendimentos pela possibilidade de vencimento de grandes vãos, pela capacidade de resistência a grandes carregamentos, rapidez de montagem e execução, bem como a economia de tempo e limpeza do campo de obras. Há ainda uma resistência entre os profissionais e clientes em implementar novos materiais nas construções, principalmente na estrutura, seja por comodidade ou por questões culturais e de tradição de construção com determinadas soluções estruturais.

Diversos autores e pesquisadores afirmam a importância da estrutura metálica no cenário da construção sustentável. A possibilidade de montagem e desmontagem, portanto reutilização é um dos fatores determinantes, além de uma construção mais limpa, com menos resíduos e entulhos mostram uma evolução no campo da construção civil. Dessa forma o impacto ambiental a ser originado pela construção deve ser pensado desde a fase de projeto da edificação, a fim de se minimizar a degradação ambiental.

Dentre as diversas áreas, a construção civil é uma das mais impactantes no meio ambiente, principalmente devido aos materiais e práticas utilizadas, como materiais que geram grande volume de resíduos nas obras, bem como questões culturais de pouco ou nenhum reaproveitamento destes. O setor da construção colabora para a degradação ambiental e o uso da estrutura metálica nas obras aponta uma forma de associação da sustentabilidade ao processo construtivo, pois o aço pode ser relacionado a novas formas de construir.

1.1 Considerações iniciais

O uso restrito da estrutura metálica em edificações de pequeno porte é comumente justificado por dificuldade de transporte da estrutura, necessidade de

mão de obra especializada e preço elevado das peças. Outra problemática relacionada às construções estruturadas em aço é o aparecimento recorrente de patologias originadas na fase de projeto.

Para Bauermann (2002), todas as patologias são em sua essência patologias de projeto, o que faz com que a atividade de projeto tenha extrema importância, não apenas durante a fase de concepção do edifício, mas também durante sua execução e uso, pois decisões tomadas em fase de projeto acarretam consequências mesmo que posteriores à construção do edifício.

Outra dificuldade existente para a ampliação do uso da estrutura em aço nas construções de pequeno porte é o despreparo dos profissionais, em especial dos arquitetos que muitas vezes não têm o domínio do processo de projeto. Como mostra Borsato (2009, p.7), “[...] a falta de conhecimento dos princípios determinantes na concepção da estrutura metálica pelo arquiteto é um dos fatores que influencia a pouca utilização deste material”.

O que se constata a partir de observação de campo e pesquisas bibliográficas é que a construção civil brasileira está cada vez mais racionalizada e avançada tecnicamente. Neste cenário a estrutura metálica assume um papel de extrema relevância, devido a vários fatores, como o bom desempenho de esforços de tração e compressão.

O processo de projeto é definidor do resultado final da edificação. As concepções adotadas no início desse processo podem impactar todo o processo de construção. Tendo em vista condicionantes ambientais, a finalidade da edificação, as necessidades dos clientes, o ciclo de vida, a legislação e as normas técnicas e garantindo a compatibilidade dos projetos envolvidos em um empreendimento, suas chances de sucesso são maiores, principalmente com o uso de tecnologias como a estrutura em aço.

A associação do desenvolvimento sustentável às construções de pequeno porte permite aproximar a sustentabilidade ao alcance de uma parcela maior de pessoas, de modo que as questões ambientais sejam incorporadas ao processo de projeto de edificações em geral e não somente a grandes empreendimentos.

1.2 Problematização

Rapidez de execução, limpeza no canteiro de obras, racionalização e modulação são, dentre outras, vantagens de se construir com estrutura em aço e que devem ser aplicadas a construções de menores dimensões. É de extrema necessidade um projeto adequado e detalhado que impeça ou evite patologias. Surge então a necessidade de um método diferenciado de projeto, que parta desde a concepção até seu pleno desenvolvimento para o início das obras, levando em consideração as características físicas e de comportamento do material, preço, fornecimento, montagem e manutenção.

Há uma dificuldade em se construir em pequeno porte de forma não seriada. Ou seja, existem dificuldades em encontrar formas de aplicar de maneira satisfatória a estrutura em aço a diferentes soluções projetuais de maneira que não seja muito oneroso e acabe inviabilizando o projeto.

Como afirma Castro (2005), grande parte das patologias encontradas nas construções metálicas vêm da falta de preparo dos profissionais desde sua formação acadêmica, sendo assim, os profissionais se introduzem no mercado de maneira despreparada e trabalhando na base da tentativa e do erro, gerando maiores falhas, pois procuram aplicar à estrutura metálica conceitos utilizados na construção com outros materiais, como o concreto armado, contribuindo para a estagnação do uso do aço em estruturas de pequeno porte.

Além das patologias e problemas de projetos oriundos da falta de preparo profissional, o atraso do avanço das novas tecnologias também é uma condição derivada da dificuldade de domínio da estrutura metálica pelos arquitetos que muitas vezes desconhecem as características básicas do material e seu comportamento. Complementando as dificuldades por parte dos projetistas está a falta de afinidade e conhecimento também de materiais de fechamento originando problemas de juntas e vedações, já que os painéis nem sempre são bem resolvidos, permitindo o surgimento de patologias. É a partir do trabalho dos arquitetos que vem sendo potencializado o uso intensivo e qualitativo do aço na construção, no entanto, faz-se necessária a ampliação do conhecimento técnico dos profissionais (BORSATO, 2009, p.).

Segundo Borsato (2009), em vários aspectos o processo de projeto é ineficiente, como por exemplo, a escolha do sistema estrutural metálico após o início

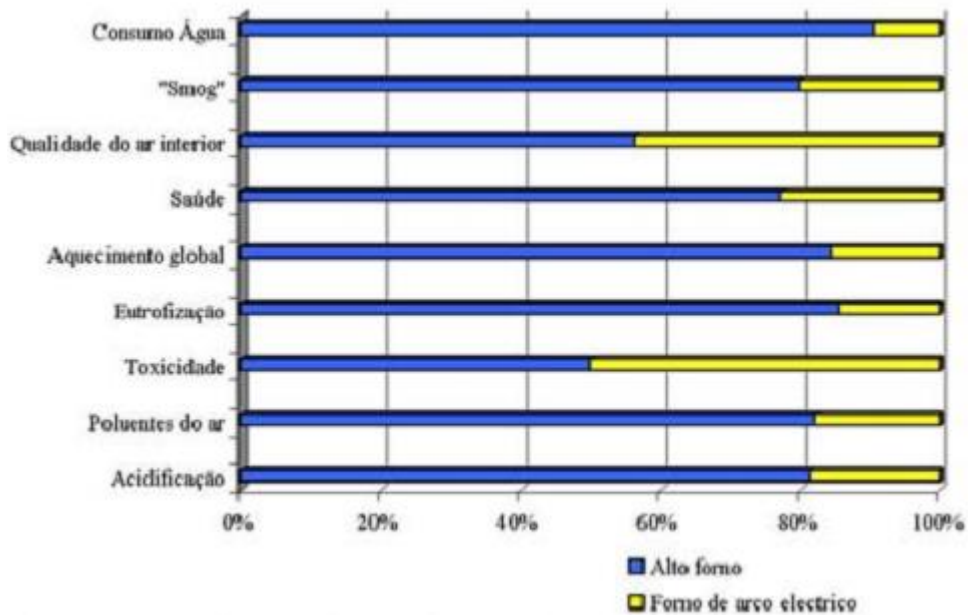
do desenvolvimento do projeto, a incompatibilidade recorrente entre estrutura e demais materiais e falhas nos detalhamentos e especificações, que acabam por diminuir a qualidade geral da construção, mostrando a necessidade de aprofundamento e maiores estudos na área do projeto de construções com estruturas metálicas.

Gervásio (2008) afirma que nos dias atuais existem basicamente dois processos de produção do aço: com uso de matérias primas como coque, calcário e minério de ferro em alto forno ou a partir de sucata em forno elétrico de arco. A maior parte do aço produzido atualmente parte do primeiro processo, aproximadamente 60%, e utiliza-se apenas 25% a 35% de aço neste processo, enquanto os aços produzidos por meio de forno elétrico de arco são feitos com cerca de 95% de reutilização de aço reciclado, sendo um processo de produção mais rápido e eficiente, inclusive em questões de consumo de energia. Conclui-se que como a produção de aço por forno elétrico de arco utiliza mais aço, acaba emitindo menos carbono, evidenciando maior eficiência ambiental. A dificuldade vem de contornar os números e ter, no Brasil, uma produção maior de aço por fornos elétricos de arco.

Na figura 1.1 mostra-se as diferentes formas de impacto ambiental e suas intensidades para cada tipo de processo produtivo do aço, evidenciando o melhor desempenho do forno elétrico de arco.

Além do impacto ambiental causado pela produção da matéria prima para a construção civil, em especial o aço, existe o impacto ambiental causado pelo processo construtivo. Direta ou indiretamente os processos construtivos em geral impactam ambientalmente em maior ou menor escala. O que se espera é reduzir este impacto com o uso de materiais recicláveis, geração de menos resíduos, sistemas construtivos mais racionalizados e que garantam que o uso da edificação seja eficiente energeticamente e ecologicamente.

Figura 2.1: Impactos ambientais.



Fonte: GERVÁSIO, 2008.

1.3 Objetivos

Desenvolver diretrizes de projeto, de forma a difundir o uso da estrutura metálica nas construções de pequeno porte, minimizando danos ecológicos e sociais e criando maiores subsídios teóricos aos profissionais da área.

Os objetivos específicos são:

- Fazer uma revisão bibliográfica acerca dos temas construções metálicas e sustentabilidade na construção civil;
- Fazer um estudo dos condicionantes para o crescimento das construções de pequeno porte estruturadas em aço;
- Identificar as limitações de se construir em edificações de pequeno porte estruturadas em aço;
- Identificar o impacto ambiental e social causado pela construção civil, especialmente em aço;
- Analisar edificações existentes de pequeno porte estruturadas em aço e que sejam certificadas;
- Desenvolver estratégias projetuais que procurem atender às questões anteriores.

1.4 Justificativa e relevância

Tendo em vista a restrita bibliografia sobre o tema e a comprovada carência de construções metálicas de pequeno porte, devido às razões já descritas anteriormente, é urgente um estudo que levante questionamentos e busque por respostas de como implementar a construção metálica em edificações de menor porte e ainda gerando diretrizes de projeto capazes de aproveitar as vantagens da construção metálica e de forma a obter preços que possibilitem a escolha deste material. É importante levar o quadro de desenvolvimento industrial crescente da construção civil às obras de menor porte para que se atinja uma evolução por completo dos novos métodos de projetar e construir frente às grandes possibilidades que os novos materiais e tecnologias permitem.

É crescente o número de publicações sobre a sustentabilidade na construção civil e para se elevar a qualidade das edificações neste sentido é preciso entender que a sustentabilidade, assim como a escolha do sistema construtivo, deve ser levada em consideração desde a fase inicial de projeto.

A construção sustentável engloba três dimensões: ecológica, econômica e social, e segundo Gervásio (2008), uma construção sustentável deve compreender os princípios do desenvolvimento sustentável no ciclo global da construção, ou seja, de sua fase de concepção e projeto até sua demolição e gestão e destinação dos resíduos, de forma a instaurar um equilíbrio entre os ambientes natural e construído. Analisando a sustentabilidade de maneira completa no setor da construção civil, deve-se verificar ainda o processo de produção dos materiais utilizados nesta, como o processo de fabricação do aço e até o impacto que as indústrias causam no meio ambiente.

Com base em estudos já desenvolvidos relacionados às questões projetuais envolvidas nas construções metálicas e o uso da estrutura em aço em edificações de grande porte, edifícios de andares múltiplos e edificações residenciais unifamiliares, propõe-se desenvolver e aprofundar estes temas por meio de uma pesquisa voltada ao método de projeto e suas consequências na construção associando a sustentabilidade ao processo de projeto e às melhorias frente ao impacto ambiental causado pela construção civil.

1.5 Processo metodológico

Em um primeiro momento é realizada uma pesquisa bibliográfica e investigação teórica e documental relacionada à estrutura metálica, processo de projeto, impacto ambiental e sustentabilidade. Posteriormente são feitos estudos de caso com pesquisa de campo junto a escritórios sobre o processo de projeto, em especial de construções de pequeno porte estruturadas em aço e sustentabilidade envolvida nestas, visitas técnicas e entrevistas. São feitos ainda estudos de caso de projetos executados relacionados ao tema e por fim o estabelecimento de diretrizes projetuais relacionadas às questões abordadas.

A etapa de pesquisa bibliográfica consiste em:

- Pesquisa sobre o processo de projeto, incluindo histórico e ressaltando os modos de projetar com estruturas metálicas e construções sustentáveis;
- Levantamento de informações sobre construções metálicas de pequeno porte levando em consideração as características particulares deste tipo de edificação;
- Pesquisa sobre a relação da arquitetura em aço com o desenvolvimento sustentável e métodos de avaliação da sustentabilidade, identificação dos principais impactos relacionados à produção e à utilização do aço na construção civil.

As pesquisas em campo e estudos de caso envolvem:

- Dois estudos de caso, com edificação de pequeno porte estruturada em aço e edificação estruturada em aço e associada ao desenvolvimento sustentável;
- Entrevista com arquitetos autores dos projetos analisados;

A etapa de estabelecimento de diretrizes projetuais relacionadas às questões abordadas consiste em:

- Estabelecer subsídios para orientar projetistas da construção civil na tomada de decisões para elaboração de projetos de edifícios de pequeno porte mais sustentáveis estruturados em aço.

1.6 Estruturação da pesquisa

As atividades desenvolvidas na pesquisa compreendem revisão bibliográfica baseada em pesquisas científicas nacionais e internacionais e publicações pertinentes ao tema; estudos de caso desenvolvidos a partir de entrevistas semiestruturadas a fim de incluir exemplares arquitetônicos com a tipologia estudada, envolvendo o processo de projeto de cada edificação; entrevistas junto a escritórios de arquitetura e empresa especializada na fabricação, transporte e montagem de estruturas metálicas a fim de estabelecer um panorama acerca da produção de edificações de pequeno porte estruturadas em aço associadas ao desenvolvimento sustentável; e por fim a proposição de estratégias de projeto para edificações com esta tipologia.

As informações foram organizadas no trabalho respeitando a seguinte conformação: no primeiro capítulo é desenvolvida a conjuntura do tema da pesquisa, com a problematização e justificativa do tema, definição de objetivos e processo metodológico e estruturação do trabalho; no segundo capítulo é realizada uma revisão do contexto de processo de projeto abordando aspectos históricos, conceitos e modos de gerenciamento do processo de projeto associados a edificações estruturadas em aço e edificações sustentáveis; no terceiro capítulo foi abordado o histórico de edificações de pequeno porte estruturadas em aço, o processo de produção do aço e edificações com esta tipologia; no quarto capítulo trata-se da relação entre a arquitetura e o desenvolvimento sustentável adentrando na conceituação de sustentabilidade, seus aspectos históricos, o conforto humano, a proximidade entre o desenvolvimento sustentável e o aço e métodos de avaliação da sustentabilidade na construção civil; no quinto capítulo são desenvolvidos estudos de caso acerca de edificações de pequeno porte estruturadas em aço e uma edificação sustentável; no sexto capítulo são propostas estratégias de projeto de edificações de pequeno porte estruturadas em aço associadas ao desenvolvimento sustentável; por fim são apresentadas as considerações finais, as referências e os apêndices.

2 REVISÃO DO CONTEXTO DE PROCESSO DE PROJETO

Existem muitos autores que tratam do processo de projeto e sua importância no resultado final da construção. As pesquisas acerca do tema exploram as fases de projeto, a importância da compatibilização de projetos, as patologias que podem surgir deste, dentre outras diretrizes. No entanto, observa-se que grande parte do conhecimento adquirido por meio de pesquisas ainda permanece apenas no meio acadêmico. Na prática de escritórios e de profissionais da área encontram-se em geral soluções projetuais com repetidos erros e falta de detalhamento, qualificação e padronização.

Bauermann (2002, p. 27) esclarece que o custo do projeto vem sendo relativamente pequeno, principalmente se comparado à sua porcentagem em relação à obra como um todo, resultando no encobrimento de seu valor efetivo. Assim o projeto vem sendo negligenciado no processo de construção, o que faz com que a busca pela qualidade e a técnica não seja incentivada ou mesmo valorizada. No entanto a falta de incentivo e reconhecimento não são os únicos motivos para os problemas de projeto. Há também despreparo dos profissionais que não buscam por novas soluções e aplicações de novos materiais, falta de planejamento projetual, gerando problemas posteriores, retrabalho e custos adicionais devido a falhas ou mudanças no projeto.

O cenário atual da prática de projeto mostra profissionais trabalhando isoladamente ou com o mínimo de compartilhamento de informações essencialmente necessárias à construção da edificação com outros profissionais. De forma que o arquiteto, em geral, fica confinado à tela do computador, com pouco conhecimento prático da obra, minimizando seu potencial a apenas criar com um distanciamento prejudicial ao próprio profissional e à sua arquitetura. Pelas palavras de Minto (2009, p. 10) percebe-se que o profissional “está sujeito às previsibilidades que, por muitas vezes, acabam por castrar sua capacidade imaginativa (...) e da devida munição intuitiva do profissional”. Para que o homem assuma seu olhar crítico acerca do espaço, do objeto, ou o que quer que seja, deve deixar clara sua incompletude para que possa descobrir algo novo, um detalhe, uma solução, para aí sim, provocar transformações. Deve se descobrir incompleto enquanto ser para em seguida avançar em descobertas particulares e encontrar melhores soluções para problemas já resolvidos ou não. Desta forma o autor mostra a contradição que surge

na atuação profissional dos arquitetos: de um lado tem-se que se adequar às demandas do mercado, às indicações de materiais e processos construtivos usuais e de outro lado não há a verdadeira liberdade para se encontrar incompleto, pois já está tudo praticamente pronto, indicado e aplicado em molde pré-definidos.

De maneira alguma há a rejeição aos avanços construtivos e às inovações já alcançadas, tão menos às práticas de projeto e construção tradicionais e ainda hoje completamente atuais. O que é ressaltado é justamente a importância de se procurar novas soluções, de encontrar formas de melhorar algo que se assume satisfatório e permitir o exercício da criatividade e da concepção de maneira plena e a necessidade de se estar livre para que a percepção do autor crie soluções a partir dos problemas, garantindo ao arquiteto um permanente aprendizado e renovação.

É importante ressaltar a necessidade de uma adaptação contínua e que para isso são criadas ferramentas que direcionam e auxiliam a construção de um produto, ou seja, “elementos reguladores, ou então modelos que regulamentem e direcionem o artista na realização de seus trabalhos. Como por exemplo, a criação de ‘ordens’, manuais ou tratados”. (MINTO, 2009, p. 24).

É compreensível que em determinados pontos históricos existam conjuntos de normativas ou indicações de como se construir, por anseio de se obter um resultado arquitetônico adequado à realidade e às práticas vigentes, muitas vezes por sistematização de informações, de maneira a prevenir soluções indesejáveis por algum grupo que pretenda que a arquitetura tenha um determinado resultado.

2.1 Aspectos Históricos

Uma revisão histórica dos processos de projeto no globo é essencial para compreender os rumos que o ato de criação de construções tomou ao longo da história. Entender como o Brasil participou de todo este processo é de suma importância para estimar o atual processo de projeto e as mudanças necessárias para que se busque sempre aprimorar os métodos utilizados em busca de melhores resultados e diminuição de problemas decorrentes desta fase de planejamento.

2.1.1 No Mundo

Os primeiros indícios de arquitetura são de cavernas no sul da França e de grupos indígenas americanos. No entanto as primeiras evidências encontradas de um planejamento e transferência de informações da construção que se tem indícios, mesmo que poucos são da época do Antigo Império Egípcio, pois é onde se manifesta comprovadamente pela primeira vez uma tradição sem desvios, que era transmitida do mestre ao seu discípulo e posteriormente do discípulo aos copistas, a qual vincula a arte atual, como afirma Gombrich (1979). As grandes construções como as pirâmides eram obras de arquitetos, considerados naquele tempo seres iluminados, segundo Minto (2009), que acompanhavam todo o processo de concepção até a finalização da obra, mostrando que desde séculos atrás a atuação do arquiteto está essencialmente voltada tanto ao projeto como à construção.

Minto (2009) afirma que da mesma forma, mas por motivos diferentes, a civilização da cultura Helenística na Grécia também não deixou muito material para que se possam estudar profundamente os processos de projeto da época, enquanto os egípcios, ao que se sabe, não deixaram muitas informações por questões de segurança e proteção, já que se tratavam basicamente de obras para personalidades líderes e poderosas. As construções feitas por essa civilização eram baseadas em “ordens”, criadas para guiar a ação do projetista e construtor e representavam uma visão de mundo direcionada à natureza e ao homem, deixando clara a diferenciação de classes sociais, política ou religiosa, em outras palavras, as colunas eram associadas a poder, autoridade e soberania. O objetivo é que as ordens deixassem clara a função da construção e seu valor para a sociedade. Neste momento o campo de trabalho para os construtores era vasto, por incluir obras militares, obras privadas e até templos de adoração, como o de Erecteion, em Atenas (Figura 2.1).

Figura 2.1: Templo Jônico Erecteion, Atenas (421-405).



Fonte: LAWRENCE, 1998.

Os arquitetos gregos, segundo Barreiros (2011), elaboravam projetos que compreendiam desde estudos de topografia, adaptação do edifício ao relevo, cálculos de medidas e proporções rigorosamente estabelecidas e elaboração de maquetes em madeira ou terracota para aprovação final. Sempre seguindo os ideais de proporção, harmonia e perfeição. Sendo o exemplar máximo de sua arquitetura e portanto de prática detalhada de projeto, os templos, seguiam um caráter fortemente estético por se tratarem da morada dos deuses.

Entre 500 e 400 a.C. houve uma mudança de percepção da arte, que passou a ser considerada bela. Deixou de servir apenas para adoração religiosa ou política e passou a ser contemplada apenas por ser arte. Neste contexto os artífices ganham destaque na sociedade.

Já no Império Romano, século I d.C., surge a necessidade de se executarem grande número de obras em um amplo território devido às conquistas feitas. Foi um tempo de expressivo avanço tecnológico no campo da construção civil, por se observar muitas obras de infraestrutura não só para abastecimento dos novos núcleos populacionais, mas também em busca de conforto, como aquedutos para

banhos públicos, arenas, estradas, edificações religiosas e políticas. Um exemplo de modificação foi a implantação de arcos como recurso estrutural para os edifícios, permitindo a invenção de novas soluções construtivas, como os tetos abobadados. A importância das construções não era apenas relacionada ao bem estar e acessibilidade, mas também era deixar claras as conquistas obtidas e a grandiosidade do Império Romano. (MINTO, 2009). Por consequência os profissionais da construção e os projetos em si ganharam respeito e importância no cenário da época.

Um dos mais conhecidos profissionais da arquitetura da época foi *Marcus Vitruvius Pollio* (70 – 25 a.C.), autor de “*De Architectura*” (40 a.C.), obra onde deixa escrito grandes ensinamentos utilizados até os dias atuais no ensino de Arquitetura, como por exemplo as características necessárias para um bom profissional da construção (MINTO, 2009). São tratadas questões sobre como deve ser realizada a atividade de construir, influenciando fortemente o modo de projetar a partir de então. E inicia a desvinculação entre saber e fazer sem necessariamente um sobressair ao outro, mas valorizando duas vertentes essenciais para a construção. Apontou que o conhecimento técnico pode ser independente da experiência de sua aplicação prática e a divisão do trabalho começa a se constituir ganhando mais forma após o Renascimento. Para Souza Filho e Gouvinnhas (2003, p. 3) a obra de Vitruvius não representa a prática projetual de fato, “pois a prática construtiva ainda será fundamentada sobre a autoridade de modelos consagrados”, ou seja, os autores assumem o conceito de projeto como o de criação original a partir de uma situação insatisfatória e não necessariamente a criação partindo de um determinado padrão.

Minto (2009) aponta que naquele tempo existiam “firmas” que hoje poderiam ser comparadas a empreiteiras, que competiam pela construção dos edifícios e o “collegium”, uma espécie de sindicato, agia como um grupo de profissionais capacitados a trocar informações e assegurar condições mais adequadas de trabalho e de difusão do conhecimento, conformando certa organização desta classe trabalhadora.

Após a queda do Império Romano veio a Idade das Trevas, assim nomeada por se tratar de um período em que a população se viu no “escuro”, sem acesso à informação nem ao conhecimento devido às guerras e destruição que as pessoas em geral sofreram. Em 311 d.C. o imperador Constantino “estabeleceu a ‘Igreja Cristã como um poder do Estado’” (MINTO, 2009, p.39), fato que modificou o

panorama geral da sociedade e conseqüentemente o modo de construir da época. Muitos registros históricos deste tempo foram perdidos. O pouco que se tem de material deste tempo evidencia que os projetos giravam em torno da Igreja.

Durante o período medieval (entre os séculos VI e VIII) não se utilizavam mão de obra escrava como nas épocas anteriores, de forma que os trabalhadores da construção eram contratados e os materiais eram aplicados de maneira racional, pois havia uma nova situação social e econômica em transição envolvida em cada obra. Segundo as afirmações de Minto (2009), conclui-se que a situação do arquiteto neste contexto era intermediária entre planejador-supervisor e mestre-construtor e a partir disso é possível imaginar que o processo de projeto estivesse também em fase de mutação. Só a partir dos anos 800 d.C. as cidades europeias se consolidam de fato, possibilitando o surgimento de construções de maior porte, como mosteiros e abadias, ou mesmo construções menores como basílicas, modificando a conformação dos espaços. Com o passar do tempo os processos construtivos foram sendo aprimorados como, por exemplo, as abóbodas de catedrais, que a princípio eram executadas por meio do empilhamento de pedras sobre uma base de madeira, sobrecarregando as paredes laterais e passaram a ser construídas nervuras entre pilares e depois era feito o preenchimento da cobertura. (MINTO, 2009), como mostrado na figura 2.2 com as abóbodas nervuradas da igreja de Saint-Séverin em Paris.

A arquitetura Gótica, que surgiu na França Setentrional, caracteriza-se por uma mutação na arquitetura tradicionalmente conhecida. As igrejas e catedrais passam a ser mais altas e as obras se tornam mais leves devido a aperfeiçoamentos na estrutura, como a implantação do arco ogival que complementa as armações e a resistência final nas construções e do arcobotante que se tornou uma solução de abertura mais alta que as esquadrias permitiam anteriormente pela da união de dois arcos na parte superior. Neste momento a mão de obra era barata, mas os materiais bastante caros, fazendo com que os arquitetos, sendo os gerenciadores da obra, procurassem por soluções que alcançassem os mesmos resultados com a racionalização de materiais. O processo de projeto passa a requerer mais detalhamento e o arquiteto é aquele que “projeta, pensa a tecnologia para se construir, racionaliza o canteiro e a obra inteira em função da melhor relação entre consumo de material e uso de mão de obra”, ou seja, a função do arquiteto é projetar e construir, sem dissociação destas atividades. (MINTO, 2009, p. 45).

Figura 2.2: Abóbadas góticas na igreja de Saint-Séverin de Paris.



Fonte: BONNEFOY, 2007.

Segundo Minto, (2009), a diferenciação e separação entre ato de projetar e construir surge na Renascença, nos séculos XIV e XV na Itália, quando houve uma supervalorização do clássico, que se tornou referência de belo e de qualidade para os italianos. A perspectiva renascentista se opõe e rompe com a estética gótica e preza pela proporção clássica, relação áurea, geometria e pela forma. O projeto deve ser feito seguindo tratados e normas, que valiam não só para os arquitetos da época, mas também para os que viessem posteriormente, de maneira que existiam elementos reguladores da arquitetura. Há um resgate das regras sugeridas por Vitrúvio e de certa forma há uma valorização do arquiteto em detrimento dos que construía, segundo afirma Alberti (1988) em suas diretrizes “*De re Aedificatoria*”, os encarregados de executar os desenhos dos arquitetos eram meros “instrumentos para os arquitetos”. Foi um momento de grande produção literária na área da construção e de difusão e troca de conhecimentos.

“É quando se observa o surgimento da técnica moderna, quando amadurece a mentalidade que se alimenta tanto do saber fazer da técnica como do saber teórico das ciências, e que culminará com o aparecimento da tecnologia. A tecnologia, por sua vez, consolidará a antecipação da atividade de planejamento sobre a técnica. É a valorização da racionalização sobre a experimentação. Com o estabelecimento da tecnologia, é que teremos o estabelecimento categórico da atividade de projeto como prática de planejamento desvinculada do fazer.” (SOUZA FILHO; GOUVINHAS, 2003, p. 3).

Os arquitetos se tornam mais estudiosos da ciência e da natureza, se dedicando com mais enfoque a questões teóricas e técnicas que à prática de construção. Minto (2009) informa que os arquitetos ainda iam ao canteiro de obras, mas diferentemente da Idade Média, não vinham desta classe de trabalhadores, nem estavam a todo momento acompanhando as construções. A formação dos arquitetos deixa de ser pela prática diária na obra e passa a vir de estudos teóricos da antiguidade clássica, designando uma significativa divisão de funções na construção, onde o arquiteto cada vez mais se distancia da posição de construtor. A partir de então os arquitetos, considerados artistas, dependem de outros profissionais para resolver empasses ou problemas técnicos que surgiram com os arquétipos formais que retornaram. (MINTO, 2009)

Com o amadurecimento do saber teórico e da prática científica e tecnológica durante o Renascimento é consolidada a “antecipação do planejamento à ação”. (CASTRO, 2005, p. 16). Ou seja, a forma de pensar a edificação se modifica e a fase de projeto é mais valorizada e o planejamento se torna essencial, sendo o desenho de crucial importância para a representação correta do projeto e para a execução detalhada das edificações. Como alguns modelos da época romana não se adaptariam neste tempo foram necessárias adaptações que comprovam a nova dedicação ao processo de projeto. Filippo Brunelleschi, no século XV, representa esta transição de modo de projetar com sua obra Catedral de Santa Maria del Fiore (Figura 2.3) em Florença, na Itália por adaptar referências romanas às novas tecnologias e elementos utilizados, além da valorização da representação dos projetos. Pela obra de Brunelleschi há a clara separação entre criação e execução, demonstrando um saber imaterial e distanciado da prática na obra.

Figura 2.3: Catedral de Santa Maria del Fiore.



Fonte: ROGERS [200-?].

A princípio a função do arquiteto compreendia projetar, gerir e construir. Sua prática profissional se estendia desde a concepção até a finalização da obra, ou seja, o canteiro de obras era seu espaço de aprendizado e atuação. Apenas no renascimento o arquiteto passou a se distanciar da prática da construção para então dedicar-se prioritariamente ao conhecimento técnico-científico, por questões políticas, filosóficas e sociais, passando a ser levada em maior consideração a comprovação matemática e física de que a obra ficaria de pé do que seu conhecimento prático em si. (MINTO, 2009).

Continuamente ao Renascimento surge o Barroco, onde elementos utilizados anteriormente continuam a ser utilizados, mas sem o compromisso com a perfeição e com a proporção. É um tempo em que com a reforma protestante a igreja católica necessita conquistar os fiéis por meio de ostentação, da riqueza, do esplendor, como tradução do poder que aquele espaço e suas autoridades possuíam.

Em 1671 foi fundada na França a “*Académie Royale d’Architecture*”, pelo Rei Louis XIV, a primeira instituição de ensino de arquitetura e que prezava pela estética, grandeza e magnitude, configurando grandes avanços no campo da arquitetura, mas perpetuando o distanciamento entre arquiteto e canteiro de obras e

impossibilitando o aprendizado por completo da dificuldade da concepção na arquitetura e o conhecimento da condição do trabalhador da construção civil. (MINTO, 2009). O olhar do arquiteto se torna distante e mutilado da realidade que deve mostrar como funciona a divisão do trabalho, as etapas da construção, as dificuldades ou mesmo os saberes acumulados por gerações.

No século XVIII surge a figura do engenheiro no campo da construção. Anteriormente eles se dedicavam à construção de máquinas e então se tornam parceiros dos arquitetos, principalmente na construção de infraestrutura urbana. De maneira natural o projeto passa a ser dividido entre os profissionais segundo suas habilitações. O ensino matemático e o avanço técnico possibilitou que não fosse mais necessário ir à obra para aprender a construir. (MINTO, 2009). A segurança e estabilidade da construção poderiam ser calculadas e asseguradas por meio de equações.

Com o acontecimento da Revolução Industrial “[...] o projeto começa a ser a forma tecnológica de estudo e desenvolvimento dos produtos e sua execução.” (FABRÍCIO, 2002, p. 109). Há um amadurecimento em relação à ciência e às tecnologias que permite maior complexidade aos produtos, que por sua vez demandavam instruções de produção e detalhamentos. A partir de então está instaurada a prática de projeto, bem como a divisão de atividades não só entre criação e execução, mas também entre projetistas de diferentes áreas.

No século XIX a dinâmica de crescimento das cidades se acelera e os espaços passam a seguir novas conformações e demandar novas necessidades, como com o crescimento da sociedade burguesa surge um novo mercado de construção. Segundo Minto (2009), com o aumento do número de obras, materiais e relações de trabalho fica cada vez mais difícil gerenciar todos os processos da construção. Surgem também novas tipologias, como o teatro, o mercado, biblioteca, exposições, edifícios públicos, entre outros. Como estratégia para lidar com os novos rumos que a construção tomava foram criados manuais com basicamente dois objetivos: catalogação das tipologias existentes e domínio das técnicas construtivas da época. O processo de projeto se torna mais complexo por poder se desdobrar em diversos tipos de edifício, com um número maior de possibilidades tanto de materiais quanto de profissionais para divisão do trabalho. Os manuais se tornam uma espécie de legislação urbanística a ser seguida e que garantia regras na relação cliente e arquiteto.

Posteriormente, durante os períodos românico e eclético o arquiteto tem autonomia estilística, passando a responder às demandas e problemas de maneira pessoal e particular. Já no final do século XIX havia um número maior de escolas de arquitetura e seus egressos estariam aptos a projetar diante a demanda crescente. Como informa Minto (2009, p. 53), “com o aperfeiçoamento do conhecimento empírico das estruturas e com o conhecimento dos cálculos para o dimensionamento das construções, foi possível experimentar novas possibilidades, como novos materiais”. Neste contexto o ferro passou a ser estudado e sua utilização para estruturas ganhou expressividade, como na construção do Palácio de Cristal no Porto em Portugal (Figuras 2.4 e 2.5).

Figura 2.4: Palácio de Cristal.



Fonte: SILVA, 2012.

Figura 2.5: Interior do Palácio de Cristal.



Fonte: SILVA, 2012.

A arquitetura moderna trouxe grande renovação no aspecto formal sem, no entanto, modificar de maneira drástica o processo de projeto. Quando houve uma análise crítica da forma de projetar, a reestruturação da metodologia de projeto foi voltada ao processo intelectual da projeção, como afirmam Souza Filho e Gouvinhas (2003). A produção permaneceu pautada nas especialidades dos projetistas, marcando mais uma época de afastamento entre arquiteto e a produção completa das edificações.

“No movimento moderno, a descrição dos parâmetros projetuais se torna ainda mais difícil frente à complexidade e frente ao problema da fundamentação de uma teoria geral da projeção e da definição geral da matéria operável da arquitetura. No que diz respeito à história, ou ao uso de regras clássicas de proporções, os arquitetos do movimento moderno mantiveram uma postura de adoção de princípios como forma de releitura e de crítica, tal como no maneirismo”. (MINTO, 2009, p. 54).

Do século XIX vieram avanços tecnológicos como o uso do ferro e do vidro na construção, no entanto muito ainda surgiu no século posterior e o impacto na arquitetura e no modo de projetar não poderia ser desprezado. O ensino da prática

de projeto nas instituições, apesar das novidades tecnológicas e maquinário, permanecia com o distanciamento entre projetar e a prática real da construção.

Paralelamente na Inglaterra, desde o final do século XIX, o escritor e crítico de arte John Ruskin, inicia uma nova forma de encarar a sociedade da época, que valorizava a manufatura e o modo de produção alienante ao trabalhador. Para ele beleza das coisas, inclusive da arquitetura estava na sua forma de produção despretenciosa e inventiva. Willin Morris, seguidor de Ruskin, inicia o movimento “*Arts and Crafts*”, que valorizava o fazer manual e artesanal. Posicionamentos semelhantes eram discutidos em outros lugares acerca do uso da criatividade ao se projetar e a condenação da reprodução de modelos pré-existentes apenas pela cópia de maneira impensada.

Em via oposta ao ensino puramente teórico das escolas de arquitetura, as escolas de arte, como a Bauhaus na Alemanha, promoviam o ensino também nas oficinas e promoviam a importância da prática na formação profissional. Segundo Minto (2009), foi uma importante fase de reconstrução social e econômica, tendo em vista a formação de profissionais da arte que se adequassem à nova realidade em uma escola voltada à arquitetura, escultura e pintura, como a Escola de Artes e Ofícios, dirigida por Walter Gropius. Esta onda de ideias revolucionárias se estendeu pela Inglaterra e Alemanha, como já foi citado, e ainda pela Itália com o Futurismo, Holanda com o De Stijl, pela França com o Cubismo, e os grandes personagens da arquitetura americana como Frank Lloyd Wright e Ludwig Mies van der Rohe.

A prática de projeto surge com o desenvolvimento do conhecimento científico e das tecnologias, com a divisão social do trabalho e a crescente complexidade das relações e atividades sociais. Com o passar do tempo o processo de projeto foi sendo melhor estudado e passou-se a separar o ato de criar do ato de executar e a utilizar o desenho como ferramenta para representar o projeto. (FABRICIO, 2002).

Como é possível perceber, em cada época a arquitetura está relacionada ao que é considerado mais importante na sociedade. No Egito está associada à figura dos faraós, durante o Império Romano às construções militares, na Idade Média está associada à Igreja e assim por diante. Atualmente a arquitetura, em especial a ocidental, expressa a circulação e consumo do capital, possuindo um caráter midiático, em que se valoriza o entretenimento, o ineditismo e o acesso à informação e ao financeiro.

2.1.2 No Brasil

Ao conhecer parte da forma de projetar no contexto histórico mundial é interessante formar um paralelo entre o Brasil e o exterior, em busca de avaliar as influências sofridas, contribuições para o quadro atual e informações sobre o que ocorria no país nesta época.

Sabe-se que o Brasil antes da colonização já possuía expressão arquitetônica própria e que refletia a cultura e costumes dos povos indígenas que habitavam todo o território que após o ano de 1500 se tornaria colônia portuguesa. Há pouca informação sobre o modo de projetar das tribos, já que desde a chegada dos portugueses, não houve grande preocupação em preservar os costumes tradicionais do local. De modo geral, o que se observa de heranças culturais e bibliografia básica é que as construções eram feitas coletivamente e como forma de abrigo e proteção contra intempéries e animais. Não havia a figura de um construtor específico, tão menos relatos escritos de como se dava a criação das edificações, de forma que muita informação valiosa se perdeu, principalmente pela dificuldade de comunicação e extinção de povos após a “descoberta” do Brasil.

As ocas indígenas eram construídas com emaranhados de cipós, raízes, troncos de madeira e palha e podiam comportar até cerca de cem moradores. Logo com a chegada dos portugueses o modo de construção indígena e seus conhecimentos de como trabalhar com os materiais locais foram fundamentais para a segurança e o estabelecimento dos mesmos na floresta (CASTRO, 2005).

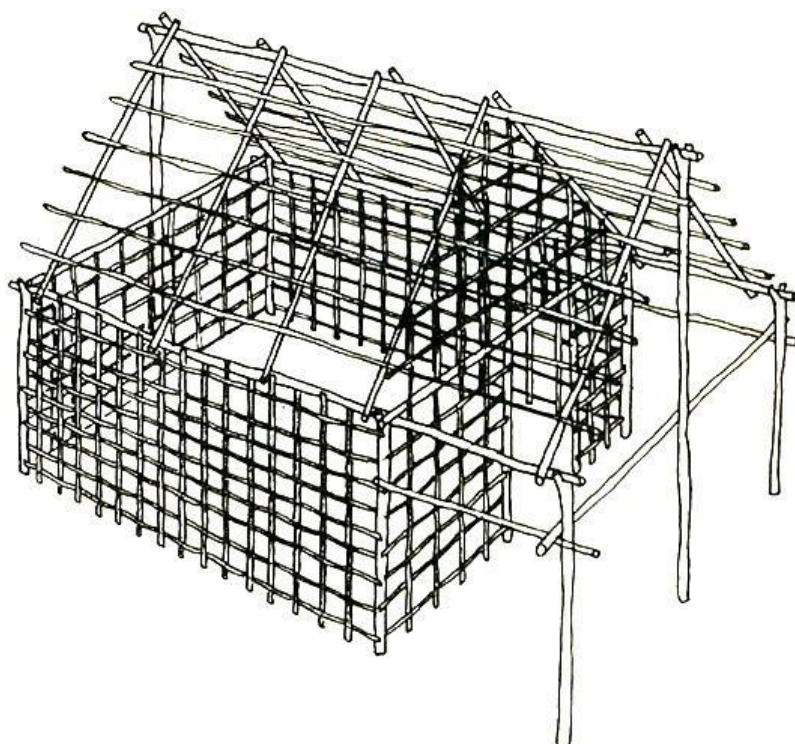
Com o passar do tempo as embarcações portuguesas chegaram trazendo poucos construtores, dentre eles mestres de obras, arquitetos e estudiosos de arte que marcaram o território com os primeiros exemplares da arquitetura da colonização. Castro (2005) explica que no início do século XVI, os jesuítas iniciaram a utilização da terra nas construções por ser extremamente abundante no território brasileiro. Seguidamente o método construtivo da taipa, já muito conhecida pelos portugueses foi aplicado no novo continente como taipa de mão e como taipa de pilão.

A taipa de mão (Figura 2.6), também conhecida como pau-a-pique, consiste em aplicar camadas de barro com as próprias mãos sobre uma malha trançada de cipós e madeira ou bambu, formando as paredes da edificação. A taipa de pilão (Figura 2.7) foi utilizada principalmente em grandes construções, como igrejas e

edificações nobres, por formar paredes mais espessas. O método construtivo trata-se de aplicar camadas de barro entre formas de madeira colocadas de forma a definir a espessura da parede. Após a aplicação do barro o mesmo é compactado com pilões de madeira ou pedra e quando a primeira camada seca continua-se subindo as paredes. Além da taipa, outro método construtivo com barro é o adobe (Figura 2.8), um tijolo cru feito com barro, capim, esterco e outros materiais naturais que potencializavam a capacidade construtiva do barro.

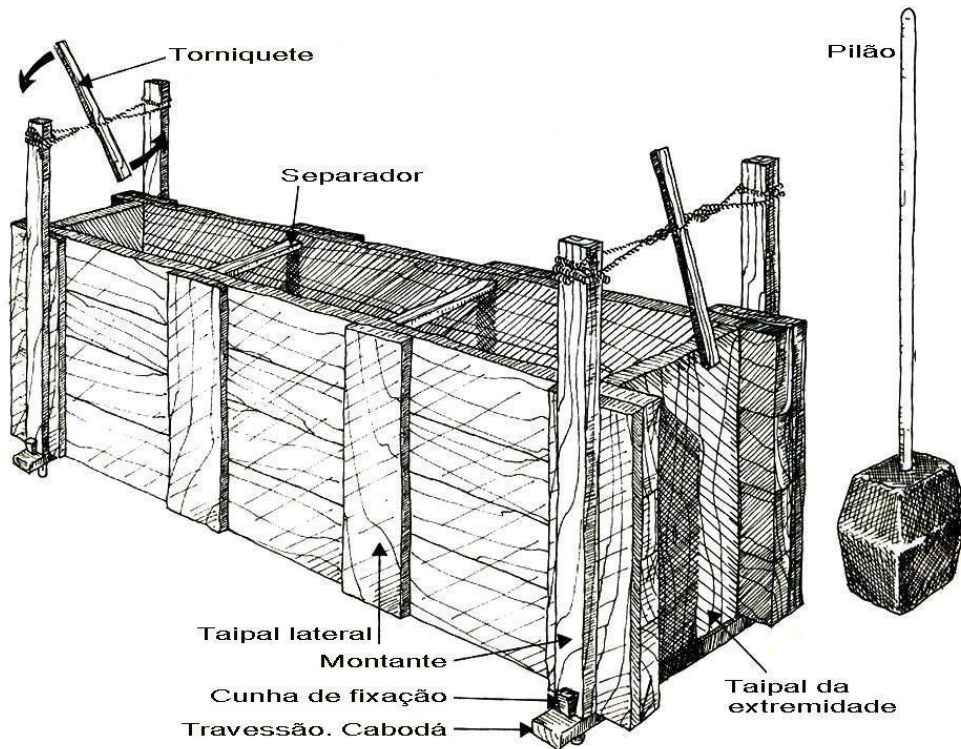
Minto (2009) afirma que era necessário cobrir a maior área possível do território em busca de riquezas e como medida de proteção das terras dominadas, de forma que o número de construções militares, em geral com o uso de pedra, foi impulsionado por construtores de fortificações, em geral egressos da “Aula de Fortificação e Arquitetura Militar” fundada por D. João VI em Lisboa.

Figura 2.6: Construção em pau-a-pique rústica.



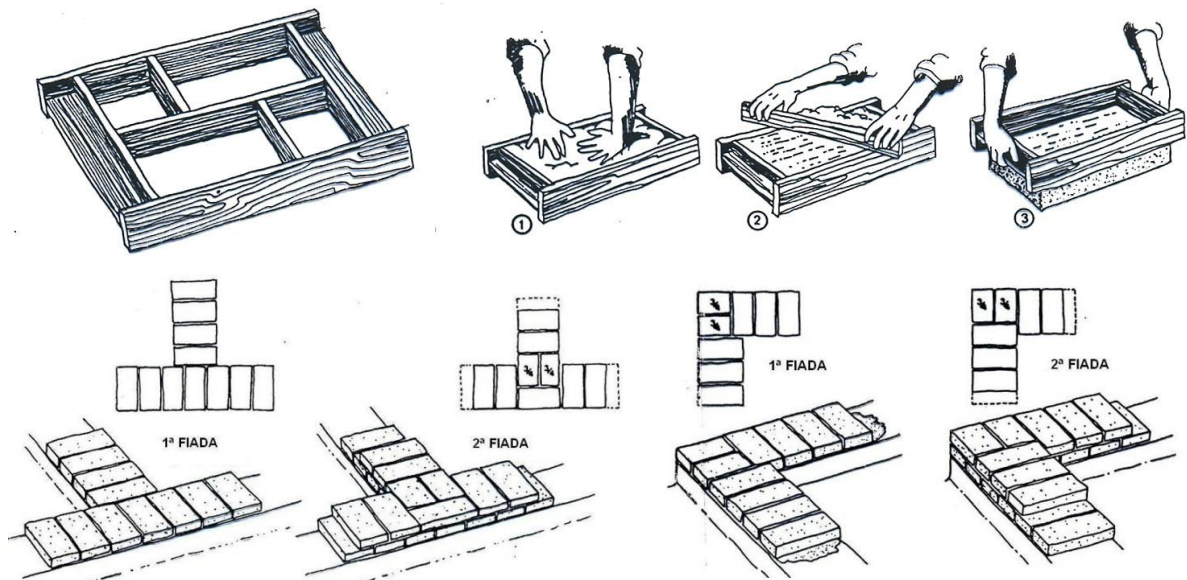
Fonte: Imagem BARDOU, 1981 apud COLIN, 2010.

Figura 2.7: Taipal e pilão.



Fonte: Imagem BARDOU, 1981 apud COLIN, 2010.

Figura 2.8: Adobe. Confeção e assentamento.



Fonte: Imagem BARDOU, 1981 apud COLIN, 2010.

Segundo Minto (2009), somente com a vinda da família real é instalada no Brasil a Missão Artística Francesa, em 1816, que formava profissionais capazes de garantir a monumentalidade, nobreza e grandeza do Império. De maneira geral o

processo de projeto não modificou muito do aplicado em Portugal, já que as instituições de ensino se espelhavam na forma de construir e projetar da Europa.

Com o passar dos anos vão sendo fundadas academias de fortificação, artilharia, arquitetura e desenho no Brasil. Na medida em que o tempo foi passando o número de escolas foi crescendo e as que já existiam se desenvolveram, mas até o século XIX o foco das construções permanecia nas obras militares, mas foram surgindo aos poucos estilos já utilizados na Europa, como o neoclássico e o ecletismo. Como afirma Castro (2005, p. 56), “nesta época as tecnologias em concreto e ferro fundido começam a tomar corpo nas edificações, porém, sendo considerados materiais de segunda categoria, ficavam recobertos por camadas de argamassas ou alvenaria de tijolos”.

A industrialização e a racionalidade do processo construtivo passaram a fazer parte dos projetos no Brasil em busca de uma arquitetura nacionalista, principalmente a partir da década de 1920. Já na década de 1940 o país passa por um período de prosperidade econômica após a Segunda Guerra Mundial incentivando o setor industrial. A atividade siderúrgica tem início em 1946 com a Companhia Siderúrgica Nacional (CASTRO, 2005). Em meados do século XX o concreto armado ganha grande expressão arquitetônica e gradativamente a estrutura metálica vai conquistando espaço na construção brasileira, principalmente em obras de grande porte e edifícios de andares múltiplos.

A partir da década de 1930 surgiram as instituições pioneiras de ensino de arquitetura e urbanismo no Brasil, como a Escola de Arquitetura de Belo Horizonte, em 1930, a Faculdade Nacional de Arquitetura no Rio de Janeiro, em 1946 e a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, em 1948. Sendo a última representante da inovação do ensino na prática da arquitetura, por valorizar a arquitetura seriada, de maneira quase manufaturada e que convinha mais com a demanda habitacional daquele tempo (MINTO, 2009). Neste momento há um repensar da arquitetura e o projeto passa a ter uma função não só de criação, mas também de responsável social pela conformação da cidade. Foi durante este período que se consolidou a separação entre o ensino de arquitetura e engenharia no país.

Minto (2009) comenta que após o Golpe Militar de 64 e por volta da década de 1970 para alavancar o desenvolvimento aumentou-se o investimento em infraestrutura e conseqüentemente cresce também a demanda por profissionais, de

forma que o número de faculdades de arquitetura sobe rapidamente. Com o passar do tempo surgem mais escolas de arquitetura e com a flexibilização das leis de ensino ocorre um sucateamento da aprendizagem que perdura até os dias atuais.

Conseqüentemente o arquiteto, de maneira geral, não possui uma formação sólida, principalmente no que diz respeito à prática construtiva, que permita sua ação profissional de maneira plena e responsável.

No tocante à preocupação ambiental, somente nos últimos anos se observa maiores esforços em busca de construções sustentáveis e projetos focados neste contexto.

2.2 Conceitos de Projeto

Focando neste estudo a atividade do arquiteto e o projeto de edificações, percebe-se a necessidade de esclarecer o conceito de projeto, que pode ser entendido como o percurso entre a idealização e a execução da obra. No entanto, não existe um único método de projetar, tão menos um processo específico de projeto, tendo em vista que o ato de projetar é pessoal e individual, mesmo quando realizado em equipe. Porém, sabendo que o processo de projeto tem como objetivo final um produto específico, é importante destacar a necessidade de objetividade e metas claras para que se cumpram os propósitos determinados apesar dos imprevistos e eventualidades aos quais o projeto está sujeito por se tratar de um ato criativo.

Como foi visto durante a história da arquitetura a definição do exercício projetual vai sendo modificada e adaptada às diferentes condições sociais e culturais. Hoje e há algum tempo o projeto passa por uma fase de ressignificação e remodelação. Não se sabe exatamente como deve ser a atividade de projeto frente a novas tecnologias e a um mercado cada vez mais rapidamente mutável. A visão de projeto como atividade puramente intelectual, como vem sendo encarada, vai sendo questionada e o papel do arquiteto, além de criar, vai ganhando abertura para uma posição mais gerencial e sistemática.

Brandão (2008, p. 24) explora a definição de processo de projeto, que é tradicionalmente compreendido pela dualidade entre idealização e representação como conceitos complementares de forma que “a idealização seria um modo de acesso ao mundo verdadeiro, enquanto a representação se daria no mundo

contingente”; e afirma que sob esta ótica não se poderia pensar em processo, já que o entendimento que se passa é de que as ideias simplesmente surgem ao arquiteto. Outra atitude comumente encontrada, segundo o autor, é a prefiguração, a partir da qual os arquitetos projetam antes de considerar condicionantes de forma, sem reflexão ou embasamento, valorizando na maioria dos casos a “genialidade” do arquiteto. Em sua pesquisa são levantados questionamentos acerca da forma de projetar recorrente e sobre como passar a encarar o processo de projeto como um processo de pesquisa, a partir do qual as soluções surgem.

Brandão (2008) mostra que um projeto pode ser concebido pela junção da ideia e do método, e passa a ser visto como o conjunto de procedimentos que fazem surgir algo de onde nada existia. Deste modo, deixando de lado a visão metafísica do ato de projetar e se atendo às demandas, necessidades e fatores limitadores sem que, no entanto, a ideia seja encarada como dispensável.

Por conseguinte, as estratégias projetuais surgem durante o processo de projeto e são particulares a cada tipologia de construção, cliente, topografia, clima, legislação, orçamento, entre outros. É possível perceber que não há um método específico de se projetar e tão pouco um método correto. Existe uma infinidade de formas de projetar, em que os métodos já utilizados anteriormente passam a ser uma base para posteriores modificações e adequações de modos de concepção projetual.

O autor expõe que um método é como uma sequência de passos a serem seguidos para se atingir um objetivo pré-determinado e que quando não se dispõe de um método não há uma solução definida a ser atingida. Por outro lado, na ausência de método o resultado é imprevisível e não há determinação sobre o próximo passo a ser dado.

Logo, a o ato de projetar e a criação podem ser baseadas em uma série de métodos e ao mesmo tempo não seguir obrigatoriamente nenhum deles, de maneira que surjam resultados variados, mas que permitam um planejamento de ações e facilitação do planejamento do processo de construção e coordenação das atividades. Em suma, o projeto tem o caráter inventivo e de pesquisa e ao mesmo tempo pode ser baseado em um ou mais métodos em busca de maior qualidade final do produto ao se pensar nas fases de coordenação e planejamento.

O projeto arquitetônico traz soluções de problemas e pode se desdobrar em vários resultados, influenciando diferentes campos, como o espaço, a sociedade e a

economia, pois o ato de construir altera o espaço e por consequência afeta, mesmo que minimamente, a sociedade do entorno, sem contar as atividades sociais envolvidas do processo de construir e os recursos financeiros envolvidos em qualquer empreendimento.

O ideal é que o projeto seja desenvolvido com o menor número possível de situações imprevistas, de forma que elas sejam previstas e por isso deve-se projetar visando disponibilidade de materiais e recursos, mudanças de programa e todas as possibilidades de erro para que estes sejam sanados antes mesmo de ocorrerem. E para tanto, deve-se conhecer os processos no canteiro de obras e as demandas exigidas pelos usuários da futura edificação.

Na literatura são encontradas variadas definições de projeto e algumas das conceituações serão apresentadas com o propósito de contribuir com o estudo em diversos contextos.

A norma NBR 13531 (ABNT, 1995, p.2) e a norma NBR 13532 (ABNT, 1995, p.3) definem o projeto de edificações respectivamente como o “conjunto de elementos definidos e articulados em conformidade com os princípios e as técnicas da arquitetura e da engenharia” e:

“Determinação e representação prévias (desenhos e textos) da configuração arquitetônica de edificação, concebida mediante a coordenação e a orientação geral dos projetos dos elementos da edificação, das instalações prediais, dos componentes construtivos e dos materiais de construção”. NBR 13532 (ABNT, 1995, p.3)

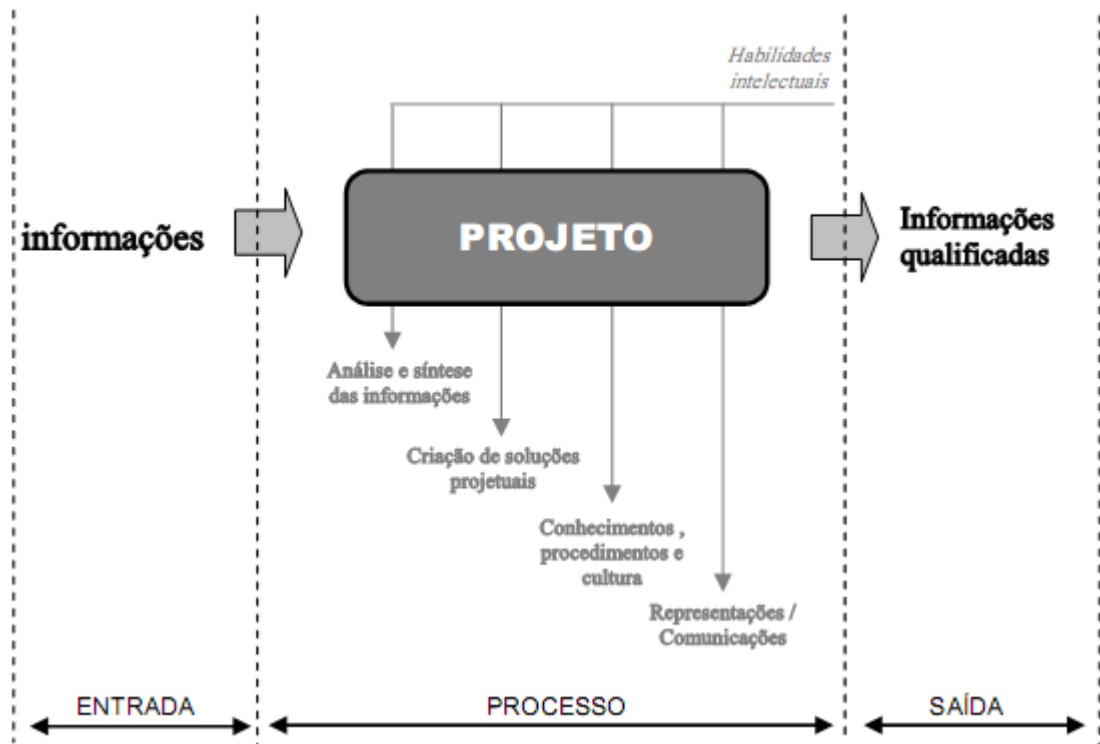
A Norma supracitada ainda distingue as etapas do projeto de arquitetura em:

- Levantamento de dados: informações de referência, como orientação geográfica, vizinhança imediata, levantamento topográfico e legislações;
- Programa de necessidades: estabelecido a partir das necessidades o cliente e das possibilidades de cada empreendimento;
- Estudo de viabilidade: escolha de metodologia adequada a se empregar, soluções alternativas e recomendações;
- Estudo preliminar: caracterização geral da concepção adotada, indicação de tecnologias adequadas à utilização;

- Anteprojeto ou de pré-execução: informações técnicas relativas à edificação, seus elementos e componentes construtivos, incluindo desenhos, textos, detalhamentos e memorial descritivo;
- Projeto legal: informações suficientes e necessárias para o atendimento das exigências legais para os procedimentos de análise e aprovação da construção;
- Projeto básico (opcional): inclui as mesmas especificações do anteprojeto além de recursos audiovisuais, maquetes, fotografias e outros;
- Projeto para execução: projeto completo, incluindo desenhos, detalhamentos, textos, memorial descritivo, especificações e descrição quantitativa de componentes construtivos.

Fabricio (2002, p. 118) conceitua o projeto como um processo intelectual que não apenas transforma, mas também cria informações e que é “mediado por uma série de faculdades humanas, pelo conhecimento e por determinadas ‘técnicas’, sendo orientado à concepção (...) e à formulação de soluções de forma a antecipar um produto e sua obra”. Na figura 2.9 tem-se um esquema do processo cognitivo de projeto, no qual existe uma entrada de informações por parte do cliente e do próprio projetista, o desenvolvimento do projeto e a saída de informações tratadas e qualificadas objetivando a satisfação do cliente. Durante o desenvolvimento do projeto o profissional manipula suas habilidades intelectuais processando as informações e elaborando soluções para os problemas por meio de conhecimentos profissionais, pessoais e culturais e da criatividade. Segundo o autor o processo de projeto compreende uma evolução das soluções para as questões levantadas em cada caso e durante todo o fluxo do projeto cada etapa passada não possui rupturas, já que trata-se de um amadurecimento do ato de projetar e do projeto em questão.

Figura 2.9: Processo intelectual de projeto.



Fonte: FABRICIO, 2002.

Em um primeiro momento o objetivo é compreender os problemas a serem solucionados e em seguida são estudadas e propostas soluções que serão desenvolvidas à medida que o projeto é aprimorado para, por fim, serem produzidos os detalhamentos. O conhecimento sobre técnicas de criação e solução de problemas do profissional envolvido no processo de projeto é definidor do desfecho da solução e podem ser utilizadas ferramentas de auxílio como softwares (FABRICIO, 2002).

Para Melhado e Agopyan (1995, p.2) o projeto pode ser encarado como produto, mas também sob a ótica do processo, no caso a “atividade de construir”, extrapolando a visão do produto ou da sua função. Dentro da esfera de processo, pode ser visto como informação, de natureza tecnológica, ou puramente gerencial, auxiliando no planejamento e programação das ações de execução. Para os autores o projeto fundamentalmente agrega valor e qualidade ao produto buscando interesses em comum ao empreendedor ao projetista, ao construtor e ao usuário, “atuando a favor da evolução tecnológica e da qualidade dos produtos”.

Castro (2005, p.16) também ressalta a importância do entendimento do projeto como produto e como processo, onde, no primeiro caso, trata-se da

efetivação da atividade, a forma final do projeto. Já o projeto como processo pode ser entendido como o ato de desenvolver a atividade, ou seja, uma ação ou tarefa. Fontenelle e Melhado (2002) apresentam outra definição de projeto como “projeto da produção”, de forma que o produto é completamente planejado no papel e não existe a possibilidade de se modificar ou alterar qualquer detalhe durante a execução.

O projeto como processo estratégico atende às necessidades e exigências do empreendimento e é, portanto, voltado ao produto final. Já o projeto como processo operacional é referente aos processos que geram o produto, como apontam Melhado e Agopyan (1995). Os autores se prendem à segunda definição e preconizam o acompanhamento de diretrizes tecnológicas e seleção de alternativas para a melhor solução projetual, seguindo princípios de racionalização e construtibilidade de acordo com um conjunto adquiridas ao longo da execução de várias obras. Ressaltam ainda que a atividade de projeto não termina quando é feita a entrega do projeto à obra, tendo em vista que existem imprevisibilidades e tomadas de decisões que são avaliadas durante a execução, e por isso a permanência da equipe de projetos ao longo desta fase é primordial.

Seja entendido como serviço e como produto, o projeto deve ser submetido a mecanismos de garantia de qualidade. De acordo com os conceitos colocados anteriormente, o projeto deve ser entendido como parte de um processo maior, que leva ao produto final, ou seja, à edificação. Sendo assim, a procura pela qualidade exige planejamento e coordenação de todas as etapas.

Na prática o projeto, como é hoje desenvolvido, se trata de indicações de como se deve construir e, em geral, o ponto final do trabalho do arquiteto, deixando de lado o conceito de instrução para que o arquiteto, juntamente com os construtores, desenvolva a obra. Ao se analisar a colocação de Artigas (2004, p. 205) “arquitetura é obra feita”, é possível perceber que o potencial do arquiteto é bem maior que o que está compreendido apenas na fase de projeto. O arquiteto não precisa estar presente em todo o procedimento da obra, mas sim dominar e conhecer o que acontece durante a construção.

2.3 Gerenciamento do Processo de Projeto

Com a competição de mercado cada vez maior e a necessidade de se obter um produto em um menor espaço de tempo fizeram com que a indústria contemporânea se preparasse para ampliar sua produtividade, reduzir custos, minimizar os impactos ambientais e garantir a satisfação dos clientes. O avanço tecnológico também contribui para o desenvolvimento das comunicações e permite que elas se desenvolvam de maneira mais eficiente e se adaptassem com maior facilidade às exigências mercadológicas.

Este cenário levou profissionais da arquitetura a buscar novos métodos e rever seu processo de projeto. O que antes era centralizado no fazer do arquiteto, incluindo neste contexto todas as fases de projeto, passa a ser terceirizado. Os escritórios que a princípio criam o projeto e os projetos complementares passam a contratar outros profissionais para desenvolverem os projetos complementares a partir do projeto arquitetônico pré-estabelecido. O problema com esta nova conduta é manter a qualidade do trabalho oferecido ao cliente. Não é uma questão de inaptidão dos novos profissionais e projetistas inseridos no processo de projeto, mas sim de compatibilização dos projetos. Talvez por uma questão de pouco tempo de adequação de um novo sistema organizacional do processo de projeto ainda existam falhas recorrentes desta fase de trabalho.

Diversos autores definem o processo de projeto de edificações de maneiras distintas e com diversas abordagens e subdivisões. Não há um consenso em relação a estas subdivisões, tampouco em relação ao conteúdo das atividades. A justificativa encontrada foi de que o processo de projeto é complexo e envolve fatores múltiplos em cada perfil de empreendimento. A tomada de decisões ocorre em diferentes níveis dependendo do grau de detalhamento do projeto é muitas vezes desenvolvido com alto grau de incerteza. Cada tipo de empreendimento exige a condução de tarefas de maneira diferenciada e neste trabalho tratar-se-á de algumas definições de processo de projeto e suas respectivas caracterizações e subdivisões.

“O Processo de Projeto envolve todas as decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, indo da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa das necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da

produção, o projeto 'as built' e a avaliação da satisfação dos usuários com o produto." (FABRICIO, 2002, p. 75)

Seguindo esta definição, o processo de projeto não se limita apenas à fase de concepção, mas se estende até a entrega da obra ao cliente, incluindo o parecer do mesmo em relação ao atendimento de suas exigências estabelecidas inicialmente durante a elaboração do programa de necessidades, e incluindo os projetos complementares, a coordenação e o planejamento da obra.

De acordo com Fabricio (2002), os principais serviços e atividades do processo de projeto são a concepção do negócio e desenvolvimento do programa, que envolvem análises de viabilidade construtivas e econômicas, necessidades e demandas do cliente e legislação; os projetos do produto, não só os projetos arquitetônico e estrutural, mas também todos os projetos complementares necessários em cada caso; a orçamentação, que determina os custos parciais e totais da obra; os projetos para produção, envolvendo a definição de procedimentos e etapas de trabalho, ferramentas, materiais, entre outros; o projeto "as built", responsável pelo acompanhamento da obra e cumprimento dos projetos; e os serviços associados, que podem ser contratados ou executados pela construtora, como análise de pós-ocupação, assistência técnica e consultorias.

Segundo o mesmo autor, o programa do empreendimento aborda, em geral, três tipos de requisitos: metas de negócio, que se referem à valorização de mercado, custos, velocidade de venda e rentabilidade; requisitos funcionais, espaciais e operacionais que orientam o projeto; e requisitos de caráter construtivo, como qualidade, prazos e custos da obra.

O processo de projeto deve ser analisado sob duas perspectivas: do ponto de vista intelectual, baseado no processo de criação e na tomada de decisões, onde os projetistas sugerem soluções e alternativas para um determinado problema (BAUERMANN, 2002); e do ponto de vista do gerenciamento de operações, responsável pelo controle das interfaces, compatibilização e gestão das ações (CASTRO, 2005, p.19). É importante lembrar a relevância da relação entre os dois pontos de vista, uma vez que quanto mais interligadas as partes e áreas do projeto, menor a probabilidade de erros e adequações futuras.

É preciso controlar o processo de projeto e o gerenciamento de todo o curso até o produto final passa pela figura de um coordenador para que as fases do

projeto e da obra sejam seguidas de maneira adequada e integrada e detalhada, incluindo o uso de ferramentas digitais atualizadas que aprimorem o trabalho nas etapas de concepção, desenvolvimento e construção.

Castro (2005) compila algumas atribuições do coordenador determinadas por Fabrício (2002) e Fontenelle e Melhado (2002):

- Garantir a objetividade do processo e definir os parâmetros a serem seguidos;
- Incentivar e gerenciar a troca de informações entre os especialistas;
- Promover a compatibilização dos projetos;
- Garantir a coerência das soluções em projeto e o modo de produção;
- Controlar e garantir a qualidade do projeto;
- Gerenciar as etapas de desenvolvimento do projeto para que sejam executadas conforme os parâmetros estabelecidos, como custos, prazos, especificações técnicas, entre outros.

Buscando um entendimento geral da função do coordenador do processo de projeto encontra-se a atribuição da responsabilidade pela concretização do empreendimento e o gerenciamento do processo de projeto do mesmo com o intuito de dominar o fluxo de informações de cada etapa e garantir que as mesmas percorram todas as áreas correlacionadas ao projeto e certificar a eficiência de toda a produção. As ações do coordenador dirigem-se ao atendimento das necessidades do cliente e ao atendimento das especificações do projeto visando qualidade e a satisfação do usuário.

Fontenelle e Melhado (2002) propuseram um fluxo-base para o desenvolvimento do processo de projeto constituído de seis etapas: planejamento estratégico, planejamento do empreendimento, concepção do produto, anteprojeto do empreendimento, projeto legal e projeto executivo.

A primeira etapa é o planejamento estratégico do empreendimento, na qual é feita a escolha do perfil do empreendimento e são estabelecidas as metas a serem desenvolvidas e as estratégias para o seu cumprimento. Após a definição estratégica dá-se início ao planejamento do empreendimento com a escolha de terreno, verificações de potencialidades e análises de viabilidade da obra em um determinado local até a concretização da compra do terreno. A partir de então é iniciada a concepção do produto, começando com o esclarecimento e entendimento das necessidades do cliente, elaboração do programa de necessidades, produção

de soluções arquitetônicas preliminares e estudos de formas culminando na aprovação do estudo preliminar de arquitetura.

No anteprojeto do empreendimento destacam-se as definições estruturais e construtivas, dão-se início aos estudos de projetos complementares e a compatibilização dos projetos do produto e o projeto de produção, além de esclarecimentos sobre questões econômicas e orçamentárias do projeto. Com a aprovação do anteprojeto arquitetônico as atividades seguem em direção da aprovação do projeto legal junto aos órgãos responsáveis. A equipe de promoção do empreendimento passa a divulgar e vender unidades, realizando o lançamento comercial da obra. Por fim, no projeto executivo é feita a compatibilização entre as soluções de todos os projetistas, detalhamentos, especificações, memorial descritivo e a representação final do produto, incluindo o projeto para produção para o início das obras.

Segundo os autores, em todas as etapas acima existe um ponto de sustentação de todo o processo e que assegura a eficiência do projeto: a necessidade de sistematização de informações, especialmente com relação à caracterização do produto, e à escolha das tecnologias a serem adotadas no processo de produção.

Bauermann (2002) estuda o processo de construção e o divide em etapas, de planejamento, projeto, suprimentos, execução e operação e manutenção. Cada etapa é de fundamental importância para um produto final adequado ao que tenha sido solicitado. O planejamento do empreendimento abrange pesquisas de viabilidade, insumos, mão de obra, atendimento das necessidades do cliente, níveis elevados de qualidade e trata-se da definição de estratégias a seguir durante o ciclo de vida do processo de construção, incluindo projetos que ocorrem de maneira concomitante. O projeto determina o cumprimento do programa definido junto ao cliente e a resolução dos problemas com uso de planos e conceitos que serão a referência norteadora até o final do processo de construção. Os suprimentos são adquiridos a partir das definições originadas pelo projeto, incluindo detalhamentos, e determinadas na fase de planejamento. A execução ocorre quando se tem os insumos necessários à construção e precede a fase de operação da edificação. Nesta etapa existe um acompanhamento por parte dos gestores e desenvolvimento dos serviços contratados, gerenciamento de equipe e está intimamente associada às etapas de planejamento e projeto. A operação e a manutenção da edificação são

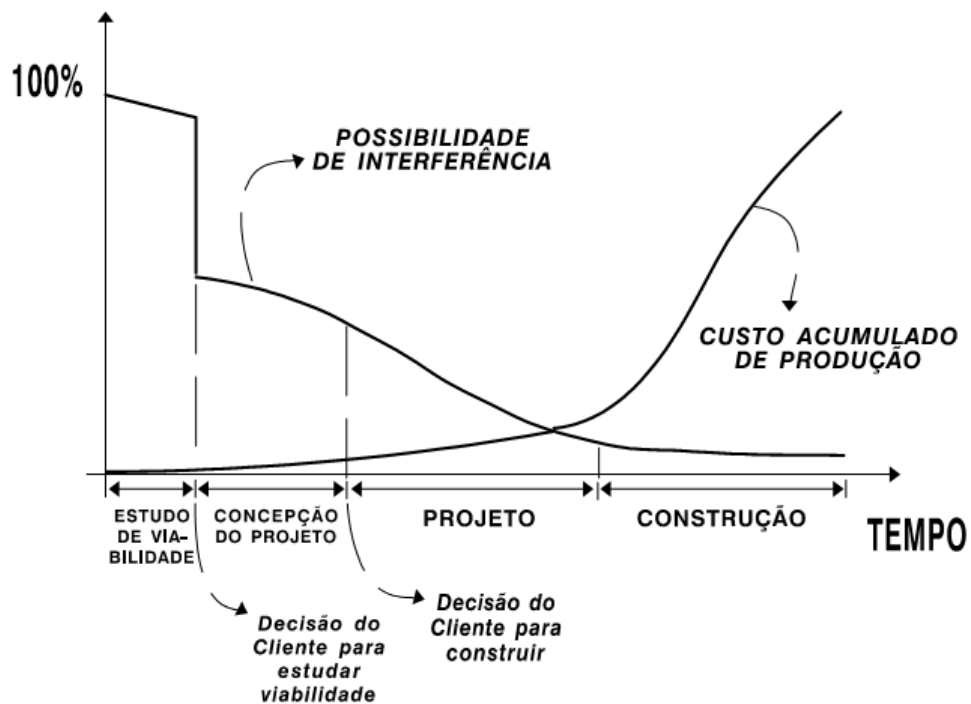
atividades posteriores à conclusão da obra. Tratam-se do monitoramento funcional do edifício e da resolução de problemas de origem construtiva.

O domínio da técnica construtiva por parte das construtoras e projetistas é elementar para a qualidade de suas atividades produtivas. No entanto, há ainda uma precariedade deste domínio técnico devido à ausência de conhecimento formal e sobre a sequência de atividades do processo de produção. Como consequência há falta de controle de qualidade e as tomadas de decisões a cargo do saber prático dos operários (FABRICIO, 2002). Todavia vem sendo criadas certificações de qualidade e normas técnicas a fim de garantir a qualidade dos processos de produção.

Fabrício (2002) aponta que os projetos das edificações brasileiras são, em sua maioria, desenvolvidos por empresas contratadas por construtoras e que muitas vezes o critério estabelecido para a contratação é o preço, em detrimento da qualidade e sem levar em conta a integração entre os projetos e o sistema de produção. O autor mostra ainda como a fase de projeto é em geral encarada como custo quando na verdade trata-se de investimento, de acordo com o apresentado na figura 2.10.

A importância da valorização da fase de projeto no processo de produção de edificações será reforçada ao longo da pesquisa por diversos autores. A maioria mostra que o investimento na fase de projeto acarreta maior eficiência para a fase de construção, envolvendo tomada de decisões, diminuição de erros, compatibilização de projetos e detalhamentos mais acertada e clareza de informações. É na etapa de projeto que são feitas as principais definições estratégicas do empreendimento relacionadas aos custos de produção e ao aumento de qualidade final do produto (FABRICIO, 2002).

Figura 2.10: Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento de edifício ao longo de suas fases.



Fonte: HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992 apud MELHADO; AGOPYAN, 1995.

De acordo com Fontenelle e Melhado (2000), no contexto brasileiro, a dificuldade na tomada de decisões relacionadas às características do produto, e às tecnologias construtivas a serem adotadas, principalmente nas etapas iniciais da fase de projeto, aumenta a possibilidade de erros e retrabalho e desperdício, refletindo negativamente sobre a qualidade do produto final. Indo contra essa tendência, os autores identificaram os tipos de informação a serem reguladas nas etapas iniciais do processo, a partir do enfoque cliente-fornecedor interno, e quais os principais pontos de decisão interdisciplinares. A forma encontrada para melhorar a gestão do processo de projeto foi estabelecer um fluxo-base onde estivessem definidos os objetivos e atividades característicos de cada etapa a fim de nivelar o entendimento dos participantes das diversas áreas do projeto. “Para tanto, acredita-se que isso só será conseguido com a sistematização, no seio da empresa construtora, de um banco de tecnologia construtiva, que registrará e atualizará, organizadamente, o seu “know-how” construtivo” (FONTENELLE; MELHADO, 2000. P. 5).

Para a fase de planejamento do empreendimento existem diversos agentes e suas respectivas atividades e resultados que são de interesse de outros participantes da produção. Existem informações de interesse a todos os participantes do processo de projeto, como:

- Tipologia do produto;
- Prospecção do terreno;
- Análise de viabilidade técnica, econômica e comercial;
- Aprovação para compra de terreno;
- Estratégia de produção em cada segmento;
- Análise da documentação de terrenos;
- Desenvolvimento de estudos de massa para as tipologias definidas nos terrenos disponíveis;
- Desenvolvimento da concepção geral da edificação;
- Análise geológica;
- Sondagem preliminar;
- Análise visual e de condições de vizinhança;
- Pesquisa de mercado;
- Análise jurídica da documentação de cada terreno;
- Restrições quanto a serviços públicos e infraestrutura nos terrenos disponíveis.

Em relação aos agentes e às atividades em comum desenvolvidas por eles, foram especificados os principais pontos de interdisciplinaridade:

- Agente da promoção/ Agente da produção: estimativa de custos globais de produção para cada tipologia; prazos estimados para todas as fases do empreendimento.
- Agente da promoção/ Arquiteto: definição de tipologia de produto e caracterização do perfil da demanda; confirmação das dimensões do terreno; análise de implicações de possíveis discrepâncias nas dimensões do terreno.
- Agente da promoção/ Projetistas de fundações e solos: viabilidade de subsolos, sustentação de taludes.
- Agente da promoção/ Consultores: situação jurídica de cada terreno.
- Agente da produção/ Projetistas de fundações e solos: custo estimado de soluções para as possíveis restrições geológicas.

- Agente da produção/ Consultores: custos estimados de soluções das restrições de infraestrutura identificadas.
- Arquiteto/ Projetistas de fundações e solos: viabilidade e restrições para implantação de subsolos, sustentação de taludes e contenções.
- Arquiteto/ Consultores: influência das restrições de infraestrutura sobre as tipologias de produto e implantação no terreno, como reservatórios e tratamento esgoto.

Os autores destacam que o coordenador de projetos não deve ser entendido como o interdisciplinar de todas as áreas, apesar de sua função já elucidada, pois seu papel no processo de projeto é de gerenciar. Eles optaram por representar os vários pontos de interesse e interdisciplinaridade de cada área e não personificar a figura do coordenador de projetos como o personagem direto do processo de projeto.

Ainda sobre o processo de projetos e suas etapas, a fase de concepção arquitetônica é comumente o estágio considerado pré-requisito para o início de outros projetos como o estrutural e de instalações. Fabricio (2002) aponta que é habitual que o projeto arquitetônico ocorra separado do desenvolvimento do projeto como um todo, como já elucidado anteriormente, fazendo com que a atuação do arquiteto tenha pouca interação com os demais projetistas e com o canteiro de obras e fazendo com que somente após a conclusão, ou quase, do projeto arquitetônico é feita a contratação de outros projetistas.

A forma como o processo de projeto acontece atualmente decorre de uma evolução histórica de conhecimentos e tecnologias que se tornaram mais complexos e promoveram a especialização de profissionais e surgimento de novas áreas de trabalho anteriormente pouco ou nunca aplicadas no processo de projeto, como o projeto de produção. A crescente valorização da qualidade do produto final fez com que as empresas melhorassem seu processo de produção e focassem na satisfação do cliente como um dos pontos fundamentais para o sucesso do empreendimento.

Parte do sucesso do produto final deve-se à crescente especialização profissional de projetistas e demais envolvidos na obra. No entanto, as diferentes formações podem ocasionar problemas de comunicação e de compreensão dos elementos do projeto e à medida que surgem novas áreas e mais profissionais atuando em um mesmo projeto a comunicação eficiente se faz necessária.

A integração entre as equipes de trabalho e um grupo envolvido e motivado, mesmo contendo subgrupos em sua organização, minimizam problemas motivados pela heterogeneidade de áreas de trabalho, como incompatibilidade de informações e atrasos entre a conclusão de uma etapa e início de outra. A salvaguarda dos dados básicos de projeto, das necessidades do cliente e a manutenção do andamento do fluxo de informações que são elementares para vários projetos aumentam as chances de sucesso do empreendimento.

Uma breve revisão acerca dos modelos de processo de projeto mais utilizados é um embasamento para que se entenda a forma como se dá a mudança da maneira de se projetar e o porquê de tais transformações.

2.3.1 Projeto Sequencial

Castro (2005, p.21) afirma que quando se analisa o mercado de construções de pequeno porte, o conceito de processo de projeto sequencial é ainda bastante entranhado, se comparado aos grandes centros competitivos. O projeto sequencial abordado pela autora pode ser entendido como o modo mais convencional e tradicional de processo de projeto, onde a transformação ocorre de forma linear, deixando de eliminar do processo atividades que não acrescentem valor ao produto. As informações fornecidas pelo cliente e por dados técnicos e teóricos constituem a primeira etapa. Em seguida os projetos são desenvolvidos e tem-se a terceira etapa, onde os projetos estão concluídos e as necessidades dos clientes satisfeitas.

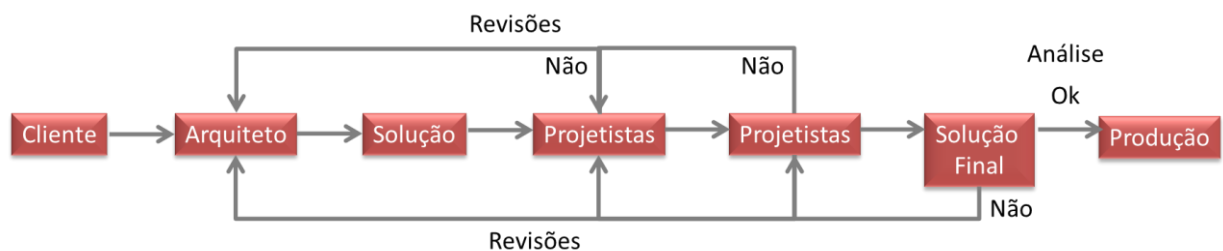
No referido processo de projeto não são consideradas as relações existentes entre as etapas, de forma que não existe integração entre todos os setores e a dissociação arbitrária entre o projeto e a execução (SOUZA FILHO; GOUVINHAS, 2003). Além de provocar em muitos casos retrabalho e patologias construtivas oriundas da fase de projeto como já foram abordados anteriormente.

A aplicação do conceito de projeto convencional neste trabalho será baseada no modo de projetar preponderante na indústria desde a segunda guerra mundial até os anos 1980 (BAUERMAN, 2002). Neste modelo há a transformação das solicitações e necessidades do cliente em um produto final, o projeto. É permitida a divisão do processo de projeto em subprocessos, com projetos de diferentes especialidades.

Segundo Bauremann (2002), o projeto convencional tem como pontos principais permitir diminuição de custos quando há minimização de gastos em cada especialidade e possui valor de saída associado ao valor de entrada. No entanto existem pontos negativos relacionados ao modelo, como assumir todas as atividades como iguais, não abordar a interdependência entre as atividades e retrabalhos por erros ou incompatibilidades de projetos.

O processo de projeto convencional é caracterizado por um procedimento sequencial de atividades, onde o cliente explicita suas demandas ao arquiteto, que as traduz em um programa e por fim em uma solução projetual. A solução estabelecida pelo arquiteto é encaminhada a projetistas especializados em cada área necessária ao desenvolvimento do projeto, como estrutural, de instalações, de incêndio, entre outros. Este processo é sujeito a revisões e podem ocorrer ciclos de reformulações e adequações do projeto original até que se obtenha a solução final, que é também sujeita a análise e aprovação final para que se dê início ao processo de produção (Figura 2.11). O método permite a possibilidade de erros durante a fase de execução e possíveis detalhamentos ineficientes devido à desconexão entre as etapas de projeto e produção.

Figura 2.11: Diagrama esquemático do processo de projeto convencional.

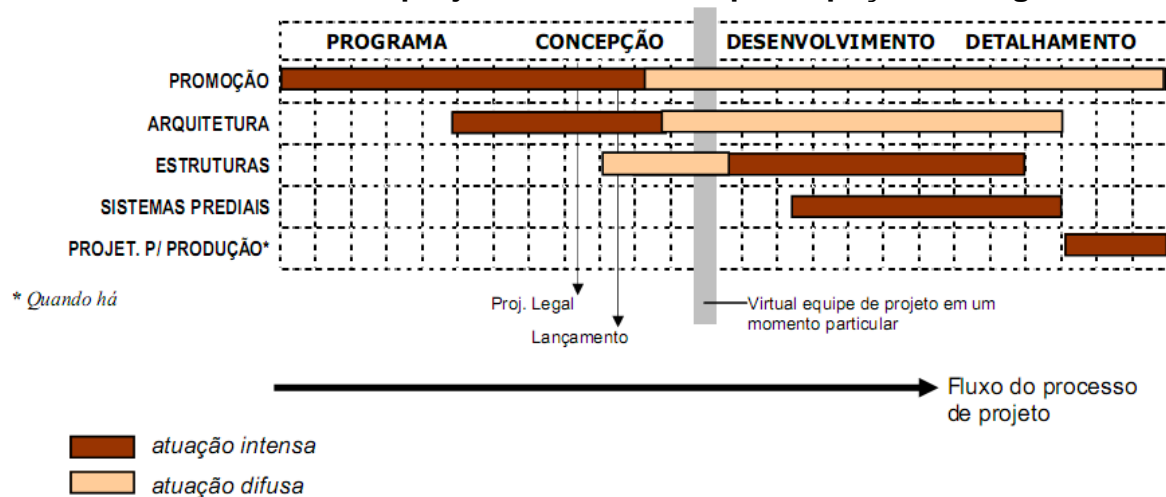


Fonte: Adaptado de BAUERMANN, 2002.

De acordo com Fabricio e Melhado (2001) no processo de projeto sequencial o desenvolvimento dos produtos, mais especificamente as edificações, ocorre de maneira fragmentada, onde os projetistas e profissionais responsáveis por cada área vão sendo convocados conforme a fase de produção, fazendo com que as equipes sejam de certa forma temporárias e variáveis. Esta solução pode gerar comunicação deficiente entre as equipes de trabalho e dificuldades para a coordenação de

produção. Na figura 2.12 indica-se a participação dos diferentes agentes em um processo de projeto convencional ou sequencial.

Figura 2.12: Esquema genérico de um processo sequencial de desenvolvimento do projeto de edifícios – participação dos agentes.



Fonte: FABRICIO; MELHADO, 2001.

Dividindo a produção de um empreendimento em cinco equipes de trabalho, têm-se os agentes de promoção do empreendimento, os projetistas de arquitetura, os projetistas de estrutura, projetistas de sistemas prediais e complementares e projetistas para produção, sendo que nem sempre os últimos estão presentes no processo de projeto. Inicialmente, com a promoção do empreendimento é estabelecido o programa, que segue pontos norteadores já abordados anteriormente, é analisada a sua viabilidade a partir das necessidades de mercado e é desenvolvida a concepção arquitetônica juntamente à equipe de projetos de arquitetura, que opera profundamente durante esta fase. Neste ponto do processo são estabelecidos os pontos principais do produto em relação aos ambientes, processos construtivos, formas e geometria. A promoção do empreendimento atua durante todo o restante do processo de projeto com a função de coordenação e verificação do cumprimento das exigências já estabelecidas. A equipe de arquitetura segue até a fase de detalhamento com atuação difusa, aferindo os demais projetos e executando alterações necessárias. Após a definição da concepção do projeto legal da edificação a equipe de projeto de estruturas elabora a concepção estrutural concomitantemente à finalização da concepção arquitetônica. O lançamento estrutural é aprovado e em seguida dá-se início ao desenvolvimento do projeto

estrutural. Os projetos complementares começam a ser desenvolvidos quando já existe a definição estrutural e arquitetônica e a equipe de projeto para produção inicia seus trabalhos secundariamente e simultaneamente aos detalhamentos. A hierarquização das atividades é verificada ao longo de todo o processo de projeto, de forma que a colaboração entre os profissionais pode ser mais complicada, provocando retrabalhos e revisões que poderiam ser evitadas ou minimizadas mediante melhor intercomunicação entre as equipes de trabalho.

Conforme Fabricio (2002) afirma, a maioria dos empreendimentos que desenvolvem projetos para produção, somente os desenvolve após a conclusão dos projetos do produto, ou da edificação, o que coíbe a interatividade com as soluções técnicas adotadas nos demais projetos.

2.3.2 Projeto Simultâneo

O conceito de projeto simultâneo foi proposto por Fabrício (2002), a partir de preceitos da engenharia simultânea, que pode ser caracterizada pela valorização do projeto em sua fase inicial, de concepção e estruturação do produto de forma que a criação deve ocorrer de modo integrado e multidisciplinar para desenvolver soluções acertadas e completas a fim de evitar modificações ao longo do processo de projeto.

Fabricio e Melhado (2000) afirmam que com a maior exigência e instabilidade do mercado, a globalização entre as empresas, pressões ecológicas e em relação à sustentabilidade, tem levado as empresas a buscar um processo de produção mais eficiente e flexível e ao desenvolvimento de produtos inovadores. Os autores indicam que sendo a construção civil um ramo com um longo e complexo ciclo de vida, é necessária uma análise crítica do processo de produção da edificação visando o melhor aproveitamento de todas as fases do ciclo. Seus estudos indicam que nas etapas iniciais do empreendimento os custos são relativamente pequenos e que há maior possibilidade de intervenções e mudanças se comparadas às etapas posteriores, de forma que a fase de concepção e projeto do edifício é estratégica para a garantia da qualidade ao longo do seu ciclo de vida. Segundo os mesmos, existem alguns condicionantes para a aplicação da engenharia simultânea na indústria de construção devido à natureza do empreendimento e a uma série de

aspectos que condicionam o setor e a aplicação de novas técnicas de produção e projeto, como:

- Grande número de profissionais envolvidos, dificultando a transmissão de informações;
- Alguns aspectos imobiliários condicionam o sucesso do edifício à capacidade de incorporar terrenos, visando a produtividade para área imobiliária;
- O longo ciclo de vida dificulta o planejamento de todas as transformações que o edifício sofrerá durante sua existência;
- As relações profissionais e contratuais são muitas vezes temporárias e pautadas pelo ciclo de empreendimentos não repetitivos;
- Os clientes interferem na gestão interna do empreendimento e na sua produção;
- Grande heterogeneidade entre os tipos de fornecedores que participam do empreendimento;
- Dificuldade de manutenção e gerenciamento de fornecedores por disposição geográfica e de mercado;
- Dificuldade e restrição de negociação com fornecedores dependendo do porte da empresa;
- Na construção civil, o canteiro de obras é sujeito a variações e intempéries.

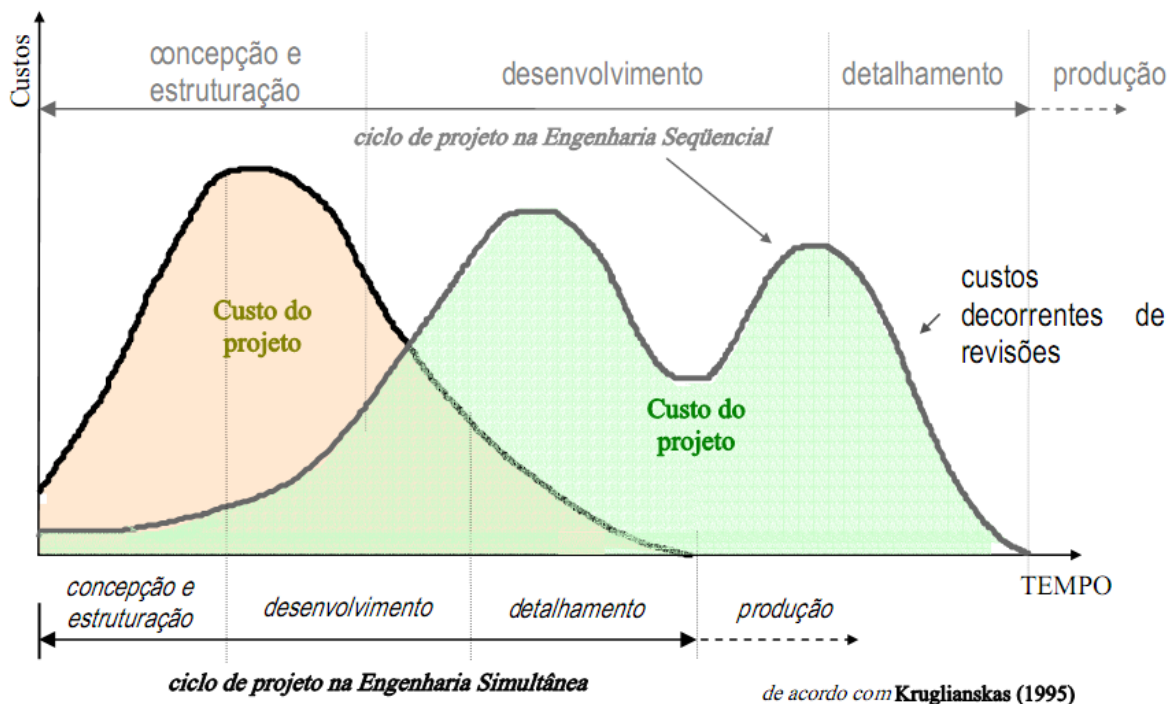
Segundo Fabricio e Melhado (2000), o desafio no setor não é precisamente desenvolver os projetos com maior agilidade, mas assegurar a qualidade e a maturidade em um projeto desenvolvido em um tempo hábil. Pode-se presumir que a aplicação da engenharia simultânea no processo de produção exija um tempo de projeto maior, mas a probabilidade de um resultado com menos erros de concepção e desenvolvimento é ainda maior, gerando rendimentos maiores ao final do empreendimento.

Diferindo do processo de projeto convencional, em que as atividades ocorrem de maneira linear gerando uma transformação das ideias em produto, o processo de projeto fundamentado na engenharia simultânea é baseado em uma visão simultânea das fases e critérios de projeto, onde a transformação ocorre a partir de fluxos, gerando valor.

Na figura 2.13 é feita uma comparação entre os ciclos de projeto na engenharia sequencial e na engenharia simultânea. Na engenharia simultânea o

custo é inicialmente mais alto, mas devido ao compartilhamento de informações e dados, o tempo gasto da concepção ao detalhamento é significativamente mais curto que o decorrente da engenharia sequencial, que acaba ocasionando mais custos ao cliente por gerar revisões. São desempenhadas simultaneamente várias funções desde o desenvolvimento até a conclusão do produto, reduzindo o tempo total da produção. Segundo Castro (2005, p.25) “o amadurecimento precoce do empreendimento de forma integrada e multidisciplinar, resguarda a necessidade de intervenções a jusante do processo, quando os custos das mudanças são mais elevados”.

Figura 2.13: Comparação do desenvolvimento de produto em Engenharia Sequencial e em Engenharia Simultânea.



Fonte: KRUGLIANSKAS, 1995 apud FABRÍCIO, 2002.

Com o processo de projeto sendo desenvolvido em etapas que acontecem paralelamente, o tempo do andamento do projeto como um todo é reduzido maximizando a eficiência do processo de produção.

A multidisciplinaridade e a comunicação entre os profissionais envolvidos facilitam o trabalho das atividades que são integradas e a consciência do ciclo de vida do produto é associada ao processo ao se planejar desde a criação, construção, uso, descarte à reutilização, sempre associando as demandas novas

tecnologias como ferramentas de apoio, introdução de inovações e ampliação da qualidade do ciclo de vida dos produtos (FABRÍCIO, 2002).

O ciclo de vida e o atendimento às demandas do cliente são pontos norteadores e na construção civil em especial o ciclo de vida é bastante longo, perdurando por décadas, e dividido em fases como projeto, construção, montagem, uso, manutenção, descarte e reabilitação.

A definição adotada neste trabalho para Projeto Simultâneo na construção civil é:

“(…) o desenvolvimento integrado das diferentes dimensões do empreendimento, envolvendo a formulação conjunta da operação imobiliária, do programa de necessidades, da concepção arquitetônica e tecnológica do edifício e do projeto para produção, realizado por meio da colaboração entre o agente promotor, a construtora e os projetistas, considerando as funções subempreiteiros e fornecedores de materiais, de forma a orientar o projeto à qualidade ao longo do ciclo de produção e uso do empreendimento.” (FABRÍCIO, 2002, p.204).

É possível constatar que com a implementação do Projeto Simultâneo ocorre por consequência uma Transformação cultural da contratação com a valorização das parcerias com os agentes, melhora na qualidade do projeto e da construção, introdução de novos métodos e tecnologias no processo produtivo e redução do prazo de execução devido a um projeto melhor detalhado e analisado (FABRÍCIO, 2002).

O autor supracitado levanta questionamentos relacionados à estrutura organizacional funcional e hierárquica nas empresas, que se mostram estagnados em comparação à prática de projeto paralelo. O modelo mais praticado é baseado em uma hierarquia de funções subordinadas a uma figura única, personificada no patrão. Esta conformação propicia o distanciamento entre as equipes de trabalho e diminui a eficiência e qualidade do processo.

A figura de um coordenador de projetos ou de produção é muito abordada por pesquisadores e apontada como primordial para garantir que ocorra eficazmente o fluxo de informações entre os profissionais envolvidos no processo de projeto. Em suas pesquisas, Fabricio (2002) que é do coordenador a função de verificação da produção e assumir a responsabilidade por todo o processo.

Os principais objetivos e benefícios da Engenharia Simultânea que podem ser encontrados também no processo de projeto simultâneo, segundo o autor, são a redução do custo através da integração projeto do produto com o projeto da produção, a diminuição do tempo de projeto, a busca pela inovação na gestão, nas técnicas construtivas e no conceito do produto e conseqüente diferenciação no mercado, o aumento da qualidade ao longo da vida útil dos produtos e o aumento de eficiência dos processos produtivos. E suas principais características são:

- Valorização da concepção e do projeto do produto;
- Valorização das parcerias entre os agentes do projeto;
- Realização de várias atividades simultaneamente;
- Multidisciplinaridade e coordenação de equipes;
- Utilização de novas tecnologias no desenvolvimento do projeto;
- Busca pela satisfação dos clientes.

Outro conceito muito reforçado na literatura é a coerência entre as soluções projetuais e a capacitação da mão-de-obra, de modo que as soluções teóricas não sejam comprometidas por uma execução inadequada. Nesse cenário, os projetos para produção são significativos para a construção das obras, tendo em vista que a partir deles se desenvolvem as soluções construtivas.

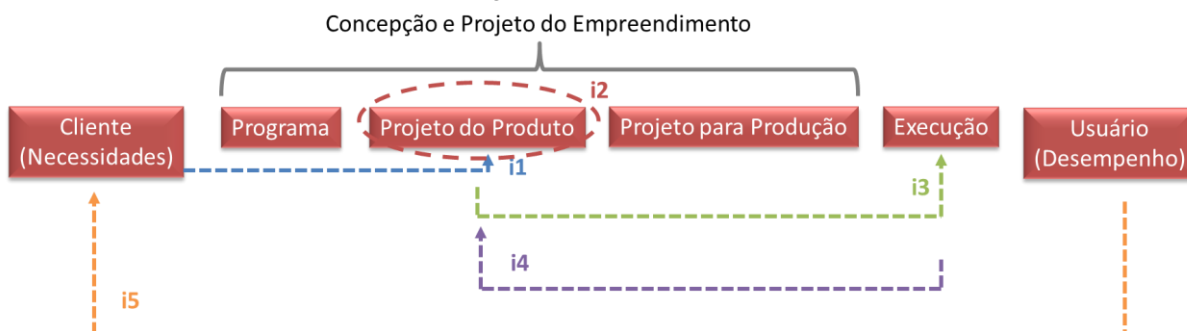
Outro ponto central do projeto simultâneo é a integração entre as decisões e criações de projeto. Para tanto, todos os agentes do empreendimento devem ser motivados no projeto e sua atuação deve ser orientada por objetivos gerais comuns. Esta lógica de ações deve permanecer ao longo de todo o empreendimento, desde o projeto até a entrega da obra e mesmo após ela, na fase de uso, operação e manutenção, agregando complexidade à atividade de gestão das múltiplas interfaces, como aponta Fabricio (2002).

À vista disto, o autor afirma que é necessário redefinir o organograma organizacional do processo de projeto de muitas empresas a fim de privilegiar a formação de equipes de projeto transversais às estruturas funcionais das várias empresas envolvidas. Uma forma de trabalho com o modelo seria garantir uma alternância da gestão do processo de projeto do empreendimento entre diferentes profissionais, em função do gênero das questões abordadas e da abrangência das decisões, e reforçar a participação de todos os envolvidos no empreendimento.

Como já analisado anteriormente, no processo tradicional de projeto as interfaces existentes ocorrem de maneira unidirecional, ou seja, após a formulação ou concepção de um aspecto do projeto tem-se o ponto de partida para a etapa seguinte.

Já no processo de projeto simultâneo, existem cinco interfaces, segundo os estudos de Fabricio (2002). A primeira interface existe entre o cliente e o fomentador do empreendimento e pode ser chamada de interface com o cliente. Nela são intermediadas as reais necessidades e condições dos clientes e o desenvolvimento do projeto. É necessário o uso de técnicas de marketing e é fundamental uma relação de mais diálogo entre as decisões de programa e as de projeto. A interface entre os projetistas das diversas áreas é relacionada à coordenação da atuação dos projetistas e das diferentes disciplinas de projeto. Esta segunda interface é encarada como fundamental para garantir a coerência entre as soluções e requer a figura de um coordenador para garantir a troca de informações e mediar as divergências entre os vários projetistas. A terceira interface está associada à construtibilidade dos projetos e à elaboração dos projetos para produção, seria a interface do projeto com a produção e incentiva uma reflexão aprofundada sobre o processo de execução. A quarta interface reflete o acompanhamento da obra e a elaboração do “as built”, garantindo o feedback dos projetos e a manutenção do edifício construído. A quinta interface está relacionada ao acompanhamento do empreendimento durante a seu uso e sua manutenção para garantir a satisfação dos clientes, avaliar o desempenho e à análise de pós-ocupação da edificação (Figura 2.14).

Figura 2.14: Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios.



- i1 - interface com o mercado (programa)**
- i2 - interface entre os projetos do produto**
- i3 - interface projeto do produto – produção (projeto para produção)**
- i4 - retroalimentação execução – projeto**
- i5 - interface cliente (retroalimentação de desempenho)**

Fonte: Adaptado de FABRÍCIO, 2002.

Complementando, a implementação de novos empreendimentos, segundo o conceito de projeto simultâneo, requer que as incorporadoras, os projetistas e demais profissionais do processo de produção transformem a prática de projeto englobando algumas iniciativas, como (FABRÍCIO; MELHADO, 2000):

- Harmonização entre incorporadoras e projetistas, visando a melhoria contínua dos projetos;
- Formação de equipes multidisciplinares de projeto em busca de desenvolvimento simultâneo e integrado do produto;
- Uso da tecnologia da informação na geração de projetos, facilitando o compartilhamento de informações e a simultaneidade de intervenções dos vários especialistas envolvidos.

2.3.3 Transformação-Fluxo-Valor

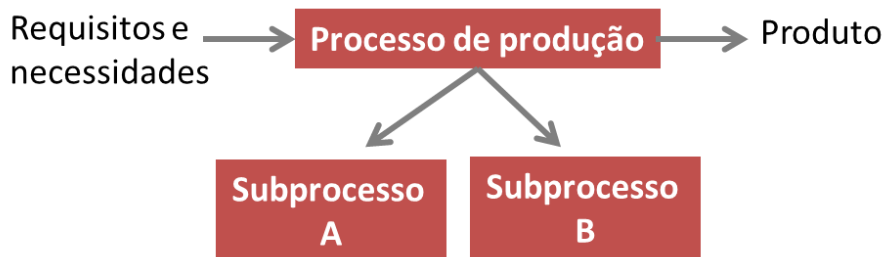
O modelo Transformação-Fluxo-Valor foi desenvolvido por Koskela (2000), com o objetivo de oferecer um novo suporte teórico para a construção e que servisse como ferramenta para novas formas de projetar. Fundamentando sua teoria nas falhas encontradas no processo de projeto convencional ou sequencial, o autor concluiu que existem atividades que não geram transformação e conseqüentemente

não geram valor e que o processo de projeto de ver relacionado às necessidades do cliente em sua totalidade e não parcialmente.

Bauermann (2002) relaciona as três visões do modelo: a transformação é referente à produção, podendo ser decomposta em transformações elementares, ou atividades que necessitam de gerenciamento, visando sempre a minimização de custos; a produção também é encarada como fluxo, possuindo etapas de não transformação, nas quais não há geração de valor, como tempos de espera e transporte, tendo como preceitos a redução de tempo ocioso, simplificação e flexibilidade; ao traduzir as necessidades do cliente em produto e garantir o cumprimento das especificações e o bom desenvolvimento do processo de produção há medição de valor por parte do cliente ao perceber que suas exigências foram atendidas.

A transformação pode ser encarada como o recebimento de necessidades por parte de um cliente, que serão convertidas em um projeto com otimização das atividades, podendo existir a divisão do processo de projeto em subprocessos (Figura 2.15).

Figura 2.15: Processo de produção como transformação que pode ser dividido em subprocessos.

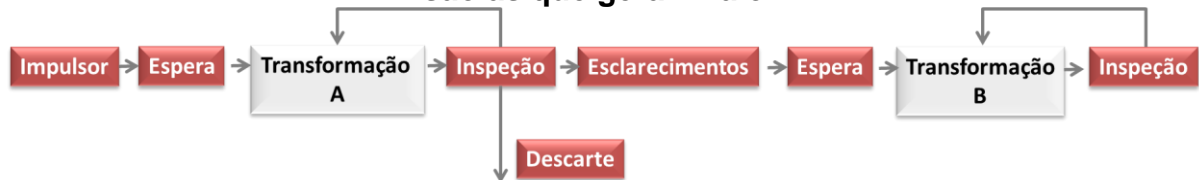


Fonte: Adaptado de KOSKELA, 2000.

O fluxo pode ser entendido como uma sucessão de atividades compreendidas em um projeto, eliminando-se as etapas desnecessárias, reduzindo desperdícios e o tempo de produção e garantindo mais eficiência a todo o processo (Figura 2.16). Como desperdícios, Koskela (2000) refere-se ao retrabalho devido a incertezas da fase de projeto, mudanças das necessidades do cliente, problemas de gestão de tarefas, falta de informações e erros de projeto; à demorada transferência de informação entre as equipes e à conseqüente espera de informações; ao trabalho desnecessário, devido à falta de especificações necessárias ao entendimento

ocasionando maiores explicações e retrabalho; além de soluções tecnológicas incompatíveis como ferramentas de projeto.

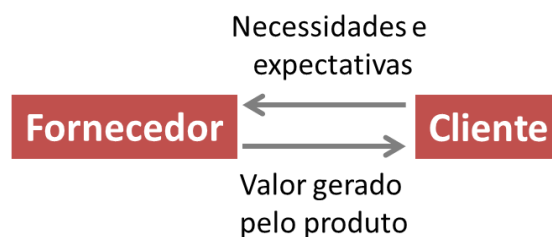
Figura 2.16: Processo de produção como fluxo. As etapas na cor branca são as que geram valor.



Fonte: Adaptado de KOSKELA, 2000.

Já o conceito de valor está relacionado à aprovação do produto por parte do cliente (Figura 2.17). O foco do processo de projeto transformação-fluxo-valor é a geração de valor para o cliente. Suas exigências são convertidas em atividades até a entrega do produto final. Em alguns casos a geração de valor não é integral, havendo falhas na transformação das necessidades em produto em consequência de falta ou perda de exigências quando existe um número muito grande de necessidades a serem cumpridas ou muitas pessoas respondendo como um único cliente, ou por perda de parte das exigências nas etapas de produção (BAUERMANN, 2002).

Figura 2.17: Processo de produção como geração de valor.



Fonte: Adaptado de KOSKELA, 2000.

No modelo, o projeto é visto como um processo de transformação, de forma que o projetista seja o agente transformador, como um processo de fluxo, em que se procura eliminar desperdícios, atividades desnecessárias e retrabalhos, ou como um processo de geração de valor, sendo a satisfação do cliente o real gerador de valor do processo de projeto.

Bauermann (2002) indica três possibilidades de perda neste processo: o não entendimento das necessidades dos clientes, perda de foco ao longo do processo ou incompatibilidade entre exigências do cliente e capacidade de produção.

Em observação simultânea das três vertentes do processo de projeto é possível reconhecer duas interferências entre elas (KOSKELA, 2000):

1. Quando a definição das exigências do cliente é deficiente pode haver interrupções no processo de transformação por mudanças de projeto;
2. O aspecto de transformação leva ao encerramento de cada etapa, assim como o aspecto de fluxo faz com que cada fase tenha uma duração específica esperada. Já o aspecto de valor objetiva encontrar a melhor solução possível no tempo disponível, de forma que para abranger os três aspectos seja necessário considerar todas as alternativas até a melhor solução surgir.

A busca pela qualidade na atividade de projeto abrange tanto o processo de produção quanto o produto. Quando existe garantia de qualidade durante o projeto – incluindo as fases de concepção, desenvolvimento e detalhamentos – é assegurada a qualidade do produto final que é o projeto concluído entregue aos clientes, com indubitável satisfação.

Melhado (2004 apud CASTRO, 2005) as falhas na qualidade dos projetos arquitetônicos das empresas estão relacionadas ao gerenciamento dos recursos humanos, à comunicação com os clientes e aos procedimentos em geral devido ao alto grau de informalidade com que são praticados.

Pode-se relacionar a busca pela qualidade no processo de projeto a um início de racionalização do mesmo. Desta forma cresce a busca por melhor desempenho de todos os profissionais envolvidos, maior agilidade nas soluções sem perda de valor e aprimoramentos provenientes de experiências passadas e atribuição de novas tecnologias ao processo de projeção.

2.4 Racionalização no Projeto Arquitetônico

Pela definição de racional que se tem do dicionário Michaelis (2009) tem-se a ação lógica ou raciocínio em oposição ao empírico, ou ainda empregar o raciocínio

para resolver problemas. Trata-se de uma operação mental que consiste em estabelecer relações entre elementos dados.

Já na arquitetura a racionalidade está associada à funcionalidade e economia de meios e de tempo, padronização de processos, na elaboração de um produto plenamente inteligível e eficiência como critério final, de maneira que a nova estética da produção industrial está associada à racionalização. A racionalidade tem na arquitetura as noções de função e de programa como alguns de seus principais difusores.

O uso de módulos na arquitetura é comum em várias épocas e estilos, incluindo o renascimento, classicismo e modernismo. O estabelecimento de uma unidade comum a partir da qual toda a construção se ergue gerou a coordenação modular, definida pela norma NBR 5706 (ABNT, 1977) como “técnica que permite relacionar as medidas de projeto com as medidas modulares por meio de um retículo espacial de referência”.

A coordenação modular norteia fases da construção como o projeto e fabricação de estruturas, fechamentos e mobiliários simplificando e barateando a produção das edificações. A malha, como também é chamado o arranjo da coordenação modular, auxilia a padronização da produção e garante maior eficiência de todo o processo produtivo. Neste universo, a coordenação modular é completamente associada à construção civil industrializada coordenando as dimensões dos elementos produzidos na fábrica com os projetos arquitetônicos.

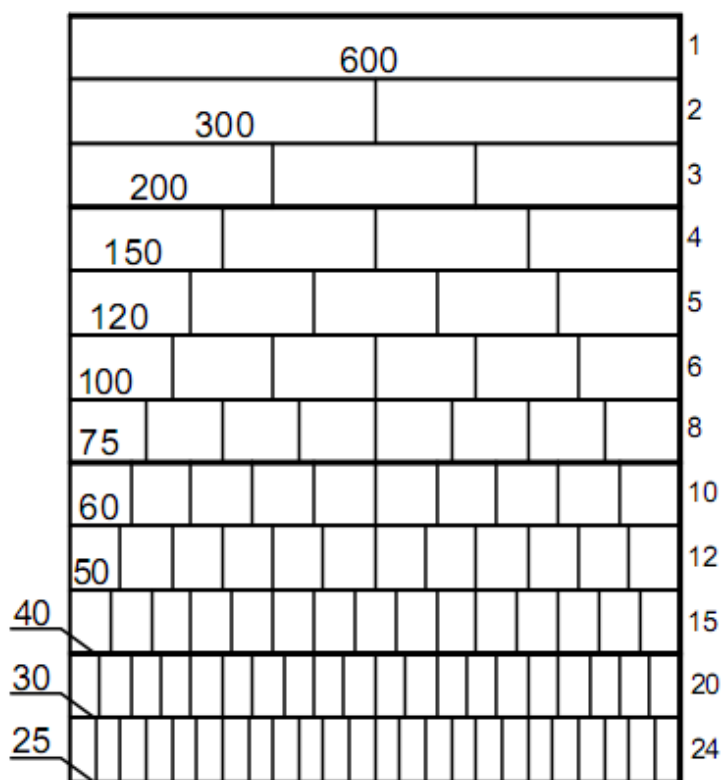
No entanto é necessário reforçar que a coordenação modular na construção civil, exige um projeto integral do edifício e uma disciplina de trabalho para que a industrialização e racionalização do processo construtivo possam ser realizadas de forma fundamental, sem erros e eficaz. Nada pode ser omitido ou deixado para estudo posterior durante a montagem. O arquiteto passa a modificar seu processo de projeto ao perceber que a questão principal não é de modulação de espaços, mas de dimensões que se relacionam com as medidas de elementos construtivos pré-fabricados, como perfis de aço e painéis de vedação (FERREIRA; BREGATTO; D’AVILA, 2008)

Ferreira, Bregatto e D’avila (2008, p.4) certificam que ao contrário do que se pode imaginar, a coordenação modular não limita a capacidade criativa de um arquiteto. “Pelo contrário, a existência dos condicionantes da coordenação modular

resulta em obras cujos valores estético-formais estarão em harmonia perfeita com os valores socioeconômicos”.

Ao se projetar e construir racionalmente sugere-se a adoção de um módulo a partir de uma dimensão fundamental, no caso da construção estruturada em aço 600mm (Figura 2.18), pois este módulo é divisor do tamanho das barras de aço de 12m e possui o número exato de vezes os números primos 2, 3 e 5, sem gerar a necessidade de fração de milímetros na fabricação ou na montagem (SANTOS, 1996 apud MANCINI, 2003).

Figura 2.18: Subdivisões do módulo de 600mm.



Fonte: SANTOS, 1996 apud MANCINI, 2003.

A racionalidade é uma das principais premissas para o uso da estrutura metálica, pois se visa o melhor aproveitamento dos materiais e a fabricação dos perfis e chapas é realizada seguindo os padrões disponíveis no mercado. A racionalização estabelece, principalmente para a construção civil, princípios de planejamento, contribui para a redução do desperdício e aumento de produtividade.

Para Borsato (2009), o fato de o projetista ponderar sobre a maneira como se dará a execução dos projetos desenvolvidos é um grande avanço no sentido de controle de qualidade e melhorar o desempenho das soluções de projetuais.

Qualquer projeto requer organização e clareza de informações, sobretudo de dimensões. A repetição de dimensões ou sua aplicação de forma proporcional e coordenada em um projeto contribui para a unidade do conceito, facilita a fabricação e montagem da estrutura, o gerenciamento de materiais por meio de equivalências e de modulação.

2.4.1 Inovações Tecnológicas na Construção

O termo “avanço tecnológico” acompanha as mais diversas áreas de atuação. Na construção civil, da perspectiva do observador, esses avanços podem parecer lentos ou até inexistentes se comparados a outras atividades. Entretanto as mudanças acontecem, e no caso do Brasil a passos lentos, pois como afirmam Rezende e Abiko (2004, p. 5), as tentativas de avanço tecnológicos na construção Brasileira “fracassaram sobretudo devido a problemas socioeconômicos e às inter-relações características do subsetor”. Ou seja, o insucesso ocorreu não apenas pelas peculiaridades do processo construtivo ou questões econômicas, mas também porque as tecnologias utilizadas não estavam evoluídas o bastante. Por conseguinte, os autores propuseram alguns fatores de fomento às inovações tecnológicas construtivas em edificações brasileiras:

- Mudanças no produto edificação: a relação entre a tecnologia construtiva e o produto é intensa e as mudanças ocorridas com a edificação, entendida como produto, eventualmente ocasionarão mudanças também em seu processo de produção, entendida como tecnologia construtiva;
- Necessidades dos clientes / usuários: quando há a exigência da realização de determinada demanda estabelecida pelo cliente, como cumprimento de prazos ou exigência de uma edificação inserida no desenvolvimento sustentável, há por consequência o desenvolvimento de novas tecnologias construtivas para atender a essas solicitações;
- Paradigma tecnológico: quando um modelo tecnológico surge ou se desenvolve ocorrem mudanças que podem influenciar a tecnologia construtiva vigente;
- Situação econômica: a tecnologia construtiva é diretamente influenciada por fatores econômicos, que podem incentivar o uso de novas técnicas ou

- embarreirar o desenvolvimento das mesmas, caso não haja condição monetária suficiente para adquirir determinados materiais ou mão-de-obra;
- Novas formas organizacionais: o gerenciamento e a organização do processo construtivo podem criar novas tecnologias à medida que vão sendo aperfeiçoadas as práticas e processos;
 - Novos materiais, componentes e insumos: o surgimento de novos materiais, em especial os industrializados, traz por consequência uma nova forma de construir e trabalhar as matérias-primas e elementos;
 - Mão-de-obra: escassez de mão-de-obra, que pode estar relacionada a fatores sociais, econômicos ou culturais, exige que apareçam novas técnicas de construção;
 - Novas ferramentas, equipamentos e máquinas: a tendência do uso de equipamentos que agilizem a obra e melhorem a qualidade faz com que novas técnicas construtivas se adequem às novas ferramentas disponíveis no mercado;
 - Perspectivas de lucro: a possibilidade de ganho de maiores lucros garante a busca e adaptação às novas tecnologias de construção, assim como a concorrência também acelera este processo;
 - Concorrência / vantagem competitiva: a necessidade de a empresa não ser “deixada para trás” no mercado, juntamente ao aumento das exigências por parte do cliente fazem com que exista a busca pela inovação.
 - Problemas ou melhorias nas tecnologias existentes: o aperfeiçoamento das novas tecnologias para solução de problemas ou melhoria de desempenho;
 - Mediadores da inovação: são agentes que criam um espaço de avaliação e discussão sobre o processo de inovação de forma neutra em relação aos fornecedores e clientes. Em geral os mediadores da inovação são representados por institutos de pesquisa ou universidades.
 - Trajetória tecnológica: a escolha de uma determinada tecnologia para uma empresa ou setor dela, bem como a razão da escolha e o processo de produção advindos dela são pontos de análise para a evolução desta tecnologia, criando-se uma trajetória tecnológica.
 - Normas / legislação: quando exigem o cumprimento de cada vez um número maior de necessidades, contribui para o avanço tecnológico na construção;

- Associações de classe: as associações de classe são importantes personagens na divulgação de novas tecnologias e para a troca de informação entre os profissionais.
- Custos para implantação da inovação: alto custo de implantação pode inibir o crescimento ou surgimento de inovações;
- Ação governamental: pode cooperar para o desenvolvimento e implantação das inovações tecnológicas construtivas ao financiar pesquisas, preparar mão-de-obra, com normalizações e como comprador e consumidor das tecnologias.

Levando o foco à inovação tecnológica da construção em aço, a multiplicação do seu uso na década de 1990, em especial em Minas Gerais, se deve à introdução da temática na formação dos profissionais de arquitetura e engenharia, ao crescimento da indústria siderúrgica e intensificação da divulgação por parte das associações de classes, pela revisão das normas de cálculo para uso de estruturas metálicas e à divulgação de obras com a estrutura em publicações acadêmicas e na mídia (REZENDE; ABIKO, 2004).

Com o mercado cada vez mais exigente e volúvel, a necessidade de se utilizar mais materiais industrializados favorece a expansão das fábricas a fim de se otimizar as construções e atender às demandas de grandes empreendimentos. À vista disso os profissionais projetistas, incorporadores e investidores procuram investir mais na padronização dos materiais e se preocupam cada vez mais com a gestão do processo não só do projeto, mas também da obra, tendendo a uma valorização crescente da indústria.

Bauermann (2002) cita algumas peculiaridades existentes apenas na indústria da construção civil: (1) caráter nômade da indústria da construção civil; (2) seus produtos são únicos e em geral não seriados; (3) grande variabilidade de materiais; (4) a produção se cumpre sob intempéries; (5) mão de obra pouco qualificada e com alta rotatividade; (6) modo de produção centralizada e não em linha; (7) pouca especificação técnica; (8) em geral o produto é único na vida do usuário; (9) baixo grau de precisão quando comparado a outros tipos de indústrias.

Mesmo com a utilização de materiais pré-fabricados na construção civil, o produto final corresponde à edificação pronta. Posto isto, na dita “indústria da construção civil” se compreende que o processo de produção engloba tanto a produção dos materiais como o processo de construção no canteiro de obras. Por

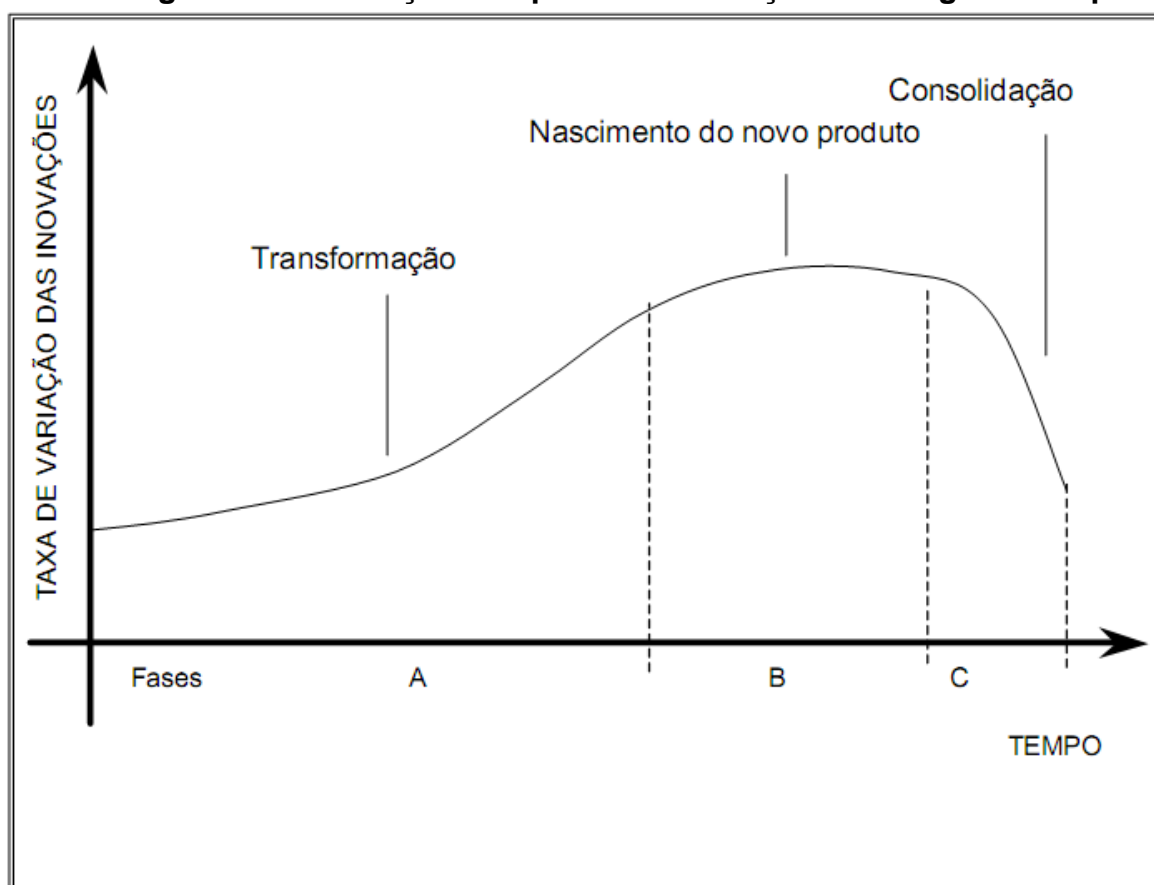
consequente, o nomadismo, a variabilidade de materiais e a unicidade dos produtos são melhor entendidos, tendo em vista que cada projeto é singular e em locais distintos. Da mesma forma se compreende, produção centralizada e sob intempéries e as condições de mão de obra disponíveis.

Na construção civil figuram-se três níveis de produção (BAUREMANN, 2002, p. 30):

- Tradicional: nível onde se encontram a maioria das empresas. São utilizados materiais tradicionais como alvenaria e sem qualquer modulação ou preocupação com a otimização;
- Racionalização: neste nível busca-se a eficiência máxima do processo de produção. Em geral dispõe-se de materiais pré-fabricados, mas que necessitam de moldagem *in loco* ou revestimentos com argamassa.
- Industrialização plena: nível em que no canteiro de obras é feita apenas a montagem de peças e elementos da edificação. Trata-se da produtividade máxima no processo construtivo.

É possível constatar a partir de observação simples de edificações em diversos locais que o produto edificação sofreu transformações ao longo do tempo. É possível constatar também que as transformações ocorreram juntamente com avanços tecnológicos na forma de se projetar e construir. Para compreender globalmente as inovações que ocorrem no processo de projeto, produção e no produto final é fundamental compreender que as inovações são inerentes ao ciclo de vida do produto e encaradas dentro de um processo evolutivo constituído de três fases, como indicado na figura 2.19.

Figura 2.19: Inovações no produto edificações ao longo do tempo.



Fonte: REZENDE, 2003 apud REZENDE; ABIKO, 2004.

Segundo Rezende e Abiko (2004) a primeira etapa é a fase de transformação, quando ocorrem mudanças de forma cada vez mais acelerada, iniciando lenta e basicamente até mudanças tecnológicas mais complexas e em menor espaço de tempo e que vão sendo gradualmente incorporados às edificações. A segunda fase é de nascimento do novo produto, na qual as soluções já encontradas são muitas vezes repetidas por se sobressaírem às demais. É, portanto, uma fase com menor avanço tecnológico que a fase de transformação. Os autores afirmam que há uma padronização tanto do design quanto da tecnologia construtiva utilizada. A terceira fase é a de consolidação do novo produto. Neste momento as escolhas de tecnologia e modo de produção já foram feitas e as mudanças ocorrem em geral nos detalhes, estando a concepção global já determinada. As tecnologias são apenas aperfeiçoadas e não há mais a introdução de novas tecnologias.

É importante salientar que as mudanças e modificações não cessam e podem dar início a uma nova fase de transformação tecnológica e de produção.

O conjunto de transformações apresentado pode ser compreendido como um ciclo de vida do produto edificação. Na fase de transformação surgem as primeiras alterações (tanto tecnológicas como formais), que começam gradativamente e se aceleram em quantidade e em qualidade. Na segunda etapa, surge o novo produto e na terceira, a sua utilização é consolidada. Com a conclusão da terceira fase, dá-se início a um novo ciclo.

O desenvolvimento da siderurgia no Brasil é outro aspecto significativo nesse processo, segundo Rezende e Abiko (2004). Pois somente se iniciou o interesse das siderúrgicas pela estrutura metálica quando começou a haver uma oferta de aço maior que a demanda. Contudo, as empresas de construções metálicas deram o primeiro impulso rumo ao desenvolvimento de tecnologias para o uso da estrutura metálica soldada. De acordo com os autores, no caso da estrutura metálica foi a construtora que promoveu a inovação, mas caso as empresas de construção metálica sejam encaradas como fornecedores e não como construtores, a inovação continuaria partindo dos fornecedores. As siderúrgicas, ou fabricantes da estrutura metálica, tiveram e continuam a ter uma grande relevância no processo de difusão da inovação tecnológica, pois atendem às construtoras, divulgam o produto por diversos meios, como congressos, palestras e publicações.

2.4.2 Processo de Construção

Ainda durante o processo de projeto é essencial dominar todo o processo de construção para o sucesso do empreendimento. Muitos autores abordam a temática do ciclo de vida e as etapas da construção como um todo. No entanto a nomenclatura das etapas varia entre os pesquisadores. De maneira geral serão abordadas nesta pesquisa as etapas abordadas por diversos autores e combinadas por Bauermann (2002): gerenciamento, planejamento, projeto, gestão de suprimentos, execução, e operação e manutenção.

O gerenciamento pode ser denominado como uma fase do projeto, mas trata-se na realidade da base ou suporte de todo o processo de projeto. É na fase de gerenciamento que se garante o sucesso da obra desde sua negociação e concepção até a conclusão, de modo que a fase de gerenciamento dura desde o início das negociações com os clientes até a entrega da edificação. O

gerenciamento engloba atividades como levantamento de dados e recursos para dar suporte ao desenvolvimento da obra, às necessidades dos trabalhadores e manutenção da qualidade e bom desempenho de cada uma das outras etapas da construção.

Segundo Koskela (1992), o gerenciamento do empreendimento é realizado pelo proprietário, enquanto o gerenciamento do projeto é feito pelo gerente de engenharia ou de projeto da obra e o gerenciamento da execução se caracteriza pela transformação do projeto detalhado em um plano de execução e fabricação, e ainda pela coordenação de controle diário dos processos no canteiro ou na fábrica.

Com o planejamento do processo de projeto as chances de sucesso do empreendimento são maiores, principalmente quando se consideram as condições atuais de grande competitividade do mercado objetivando agilidade, qualidade e desempenho. Dentre as atividades pertinentes à fase de planejamento, constam elaboração de cronogramas, prazos e metas para cada fase da construção garantindo o cumprimento das atividades dentro do período preestabelecido e facilitando a compatibilização dos projetos.

Tzortzopoulos (1999) aponta três subdivisões para o planejamento: a curto, médio e longo prazo, que são executados pelo diretor da construtora, pelo gerente de projetos e pelo coordenador de projetos, respectivamente. O planejamento a longo prazo seria representado por um cronograma financeiro e elaboraria o planejamento estratégico do empreendimento, definindo datas iniciais e finais para cada etapa do projeto e da obra. No planejamento a médio prazo seria definido o plano de execução das etapas do processo e seria realizado na conclusão de cada etapa, como pré-requisito de aprovação. E o planejamento a curto prazo definiria os planos das atividades dentro do período de poucas semanas.

A etapa de planejamento deve incluir não só prazos para o cumprimento de metas, mas também estratégias para se chegar ao objetivo final, como nomeação da equipe de trabalho, análise de necessidades e viabilidades para o empreendimento.

Em síntese a fase de projeto consiste em traduzir as necessidades do cliente na forma de um programa e desenvolver o produto cumprindo pré-requisitos funcionais, estéticos e sociais fundamentais em cada caso. Como parte do desenvolvimento do projeto está a comunicação entre as equipes de trabalho de projetos complementares, desenhistas, entre outros.

A gestão de suprimentos se refere a abastecer a equipe e o empreendimento de materiais e componentes necessários para a construção, além da elaboração da logística de fornecimento dos mesmos.

A fase de execução diz respeito à etapa de construção e operação de materiais e equipamentos até a conclusão da obra. E ainda, gerenciamento da equipe de trabalho, do canteiro de obras e de documentação necessária.

Após a execução tem-se a etapa de operação e manutenção, que garantem o monitoramento do edifício e as práticas necessárias para que o mesmo se mantenha em perfeito funcionamento.

A exigência pela qualidade dos empreendimentos por parte dos clientes tornou-se ponto crucial para a elaboração do planejamento e coordenação do processo de construção. Para a avaliação da qualidade é ordinário o uso de indicadores, que se constituem como instrumentos de apoio à tomada de decisões. “Relativos ao processo de projeto, os indicadores constituem-se em importantes instrumentos utilizados para controle e melhoria da qualidade, no sentido de permitir o seu desenvolvimento com base em dados e informações sistematizados” (NOVAES, 2000, p. 3).

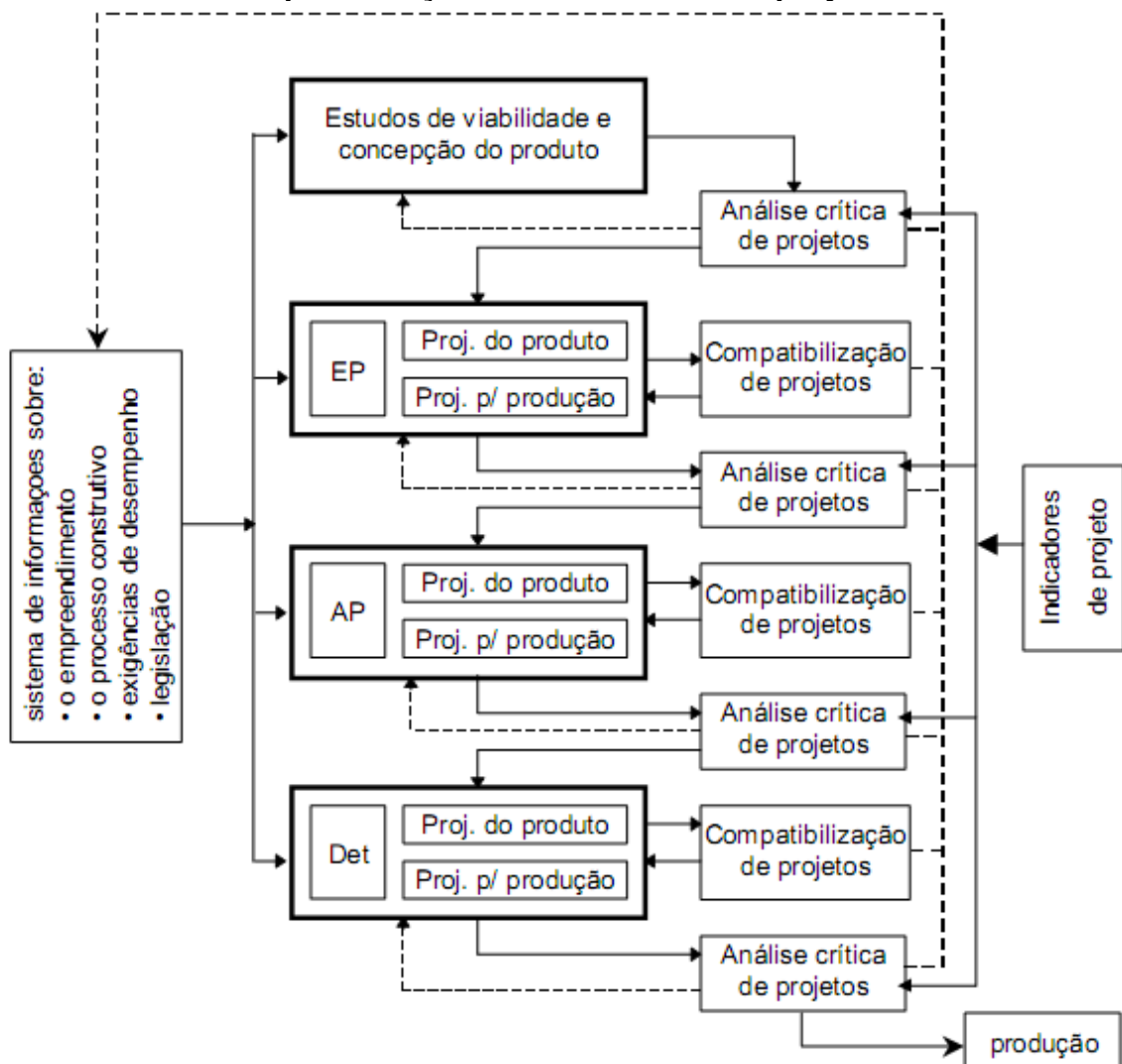
As informações utilizadas como referência para os indicadores devem ser relativizadas, devido à diversidade de instrumentos tecnológicos, tipologias de construção e de modelos de produção. No entanto, segundo Novaes (2000), nos contextos de técnica construtiva e de organização de uma empresa para tipologias de edifícios semelhantes, os dados passam a representar valores que podem ser considerados como referência para comparações, podendo ainda transformar-se em metas para a construção de edifícios.

A forma como os indicadores são aplicados leva em consideração a fase do processo de projeto e do processo de construção. Cada etapa tem como propósito o alcance de um resultado para o qual são necessários detalhamentos de atividades e informações. Isto posto, desde a concepção do edifício até os projetos para produção, a consideração dos indicadores deve prezar pelas atividades desenvolvidas em cada fase.

De acordo com Novaes (2000), a sistematização de indicadores como diretriz do processo de projeto demanda o conhecimento prévio do conjunto dos projetos de consoante com a capacidade tecnológica e organizacional do processo de produção da edificação. O autor aponta ainda que dentre os instrumentos indicadores de

qualidade, tem-se a análise crítica de projetos, que devem ser desenvolvidas nas interfaces entre as fases estudos de viabilidade-concepção do produto-projeto e projeto-produção, assim como entre as fases inerentes ao processo de projeto, como estudos preliminares, anteprojeto, projeto legal e projeto executivo. A figura 2.20 ilustra os pontos de análise crítica no processo de projeto.

Figura 2.20: Fases do processo de projeto e atividades de compatibilização e análise crítica de projetos.



Fonte: NOVAES, 2000.

O processo de projeto é encarado como um ciclo, de modo que entre cada etapa do processo de projeto deve ser realizada uma verificação mediante análise crítica para em seguida dar-se início ao projeto de produção. Inicialmente tem-se um sistema de informações sobre o empreendimento a partir do qual se desencadeiam as diferentes etapas do projeto. Uma forma de tradução dos aspectos a serem

seguidos é por meio de *check lists*, que levem os parâmetros que contribuem para a verificação dos projetos. Para Novaes (2000) o arquiteto é o principal interlocutor do empreendimento e quem deve assessorar as atividades e projeto relacionadas à concepção e à viabilidade da obra e a cada projeto a empresa e os profissionais acumulam valores como indicadores de verificação da conformidade das soluções.

2.5 Processo de Projeto e as Edificações Estruturadas em Aço

O processo construtivo em aço, diferentemente do concreto que é mais comumente utilizado no Brasil, exige maior dedicação ao processo de projeto desde a fase de concepção até o detalhamento. Por se tratar de um material industrializado, não permite modificações depois de fabricado e levado à obra. Para que se cumpra uma das grandes vantagens do uso do aço nas obras, a agilidade do processo de edificação, o tempo gasto na etapa de projeto deve ser dedicado em busca de maior detalhamento e compatibilização de projetos, sincronia de atividades, refinamento de informações conflitantes e riqueza de detalhes nos desenhos. O momento da obra se torna apenas uma execução de uma ideia e não um estágio de apuração de informações e tomada de decisões. Ao se projetar em aço não se pode apenas reaplicar os mesmos preceitos da construção em concreto armado. Novos materiais exigem novas formas de uso, de maneira que ao se projetar para o uso do aço estrutural surgem novas soluções, processos, e conseqüentemente novos resultados.

A construção civil é cada vez mais desafiada a conceber e executar cada vez mais projetos e mais rápido. A construção metálica adentra nesse cenário como uma opção não apenas viável na maioria dos casos, como também certa, já que se mostra como um produto da industrialização que é traçada como a evolução natural dos materiais construtivos. Com a competitividade de mercado e o nível de exigência dos clientes cada vez mais alto a estrutura metálica acarreta a redução do tempo de obra, sendo um ponto favorável principalmente quando se constroem edifícios comerciais que investem em uma estrutura que garante mais tempo de lucro com o funcionamento comercial iniciado antes do que seria esperado para uma obra sem estrutura metálica, porque “o faturamento antecipado e a redução dos custos indiretos favorecem a amortização da diferença entre os preços dos sistemas

construtivos, tornando a qualidade obtida no processo vantajosa” (BAUREMANN, 2002, p.75).

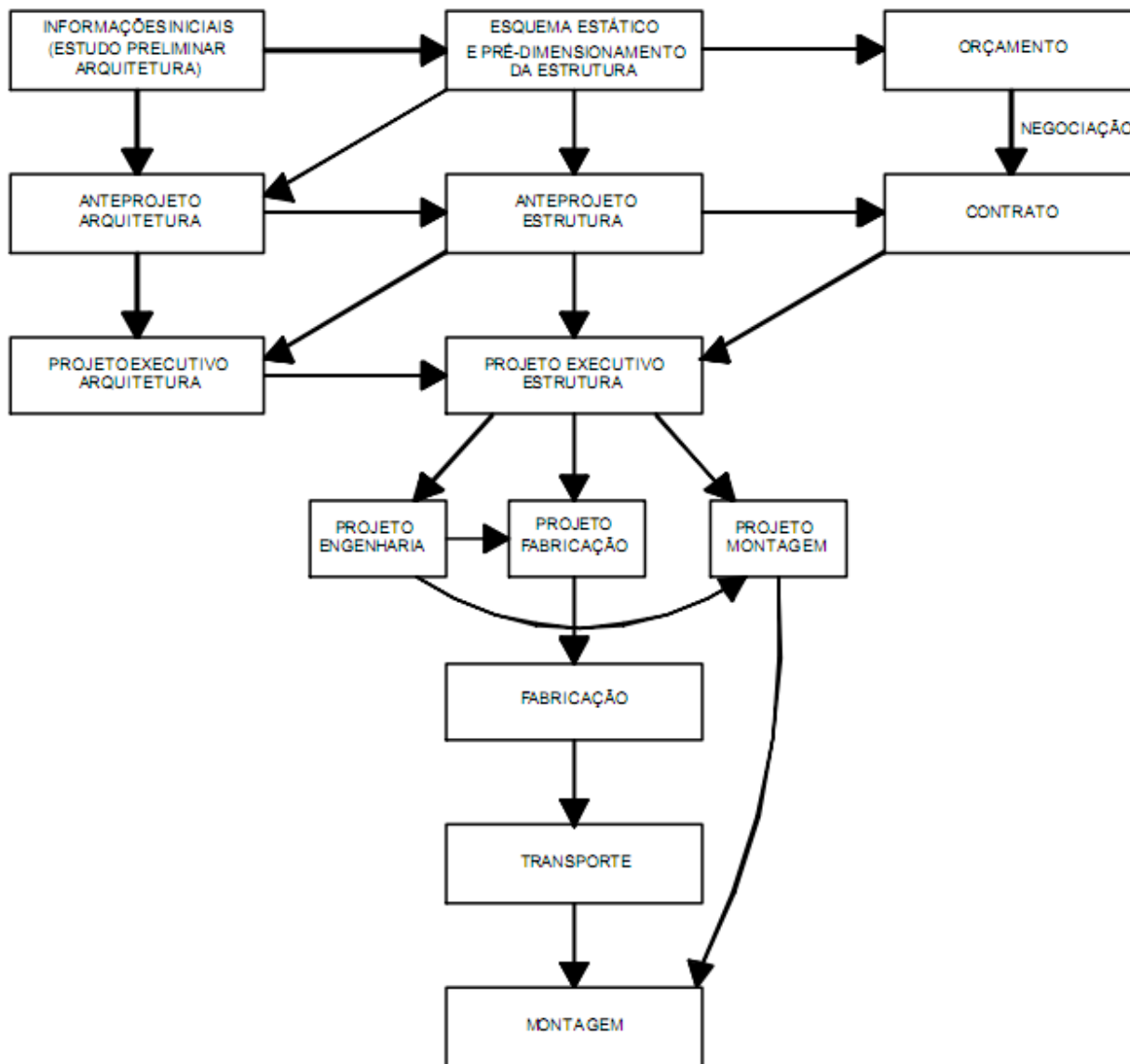
Alguns pontos são cruciais para o projeto de edificações em geral e principalmente para estruturas em aço, como Borsato (2009) indicou:

- No mercado existem padrões para determinados elementos da construção civil e em especial para a estrutura em aço, como perfis e chapas que devem ser respeitados e acompanhados pelos projetistas;
- Cada especificidade de projeto deve ser detalhada e posteriormente compatibilizada, sobretudo no que se refere à estrutura, o que gera um elevado número de horas de desenho.
- Projeto de estrutura pode haver uma repetição acentuada de componentes semelhantes, mas não iguais, e o desenho de detalhamento pode ser uma atividade repetitiva, mas que deve ser efetivada.
- As principais atividades de projeto envolvem: execução de desenhos básicos de concepção, cálculo estrutural, detalhamento, listas de materiais, inspeção e desenhos de montagem.

Castro (2005, p. 41) esclarece que “além das etapas de concepção e desenvolvimento do produto projeto, o subprocesso da estrutura metálica possui fases de negociação e contratação da estrutura, assim como de fabricação, transporte e montagem”. Como se observa, o processo de projeto com estruturas metálicas é bastante complexo e forma um teia de operações co-dependentes e fundamentais para o êxito da obra (Figura 2.21).

Partindo da premissa de que já se possui um estudo preliminar arquitetônico, são desenvolvidos concomitantemente o anteprojeto arquitetônico e o pré-dimensionamento da estrutura para que se tenha também um anteprojeto da estrutura. Associadas a estas etapas está a fase de negociação, que inclui a elaboração do orçamento e o fechamento do contrato. Com os anteprojetos concluídos caminha-se para o desenvolvimento dos projetos executivo arquitetônico e estrutural, que quando finalizados devem compreender planos de fabricação ou obtenção, transporte e montagem da estrutura. O esquema acima elucida como o processo de projeto com estrutura metálica é completo e compreende as esferas local – com projetos específicos das partes e etapas da obra – e global – com a integração dos projetos e cronograma da obra pré-definido.

Figura 2.21: Ciclo produtivo do subprocesso de projeto da estrutura metálica.



Fonte: CASTRO, 2005.

O fator complicador presente no mercado é que, em geral, os escritórios e empresas que tem esta prática de projeto atuam para clientes em busca de grandes obras. A maior parte dos projetos de edificações de pequeno porte fica restrita a escritórios menores e pequenos fabricantes que não realizam projetos, sendo estes elaborados por escritórios especializados em cálculo de estrutura, dificultando a compatibilização e comunicação entre as partes arquitetura / engenharia / fabricante, comprometendo o resultado da obra (CASTRO, 2005).

Ainda segundo a autora a diferença entre o projeto de engenharia e o projeto de fabricação consiste no fato de o projeto de engenharia ser o cálculo estrutural

desenvolvido por profissionais especializados em estrutura metálica e o projeto de fabricação é realizado após a definição da estrutura, ou seja, após o projeto de estrutura. Nesta fase é feito o detalhamento de toda a estrutura, suas ligações, com peças mostradas isoladas ou em conjunto. Já o projeto de montagem, gerado pelo engenheiro calculista, compreende o roteiro dos trabalhos na obra, incluindo diagramas com numeração de peças e sequência de montagem.

Como já abordado anteriormente, a falta de comunicação entre as áreas de criação do projeto causa problemas posteriores durante a obra e o uso da edificação, além de retrabalho e consequente demora até a finalização do produto. Koskela et al (1997) algumas causas frequentes de divergência em processos de projetos são deficiência na distribuição de recursos e/ou no planejamento, informações de entrada incorretas ou insuficientes e recorrentes modificações no projeto. Segundo a autora os defeitos das construções podem ser medidos por custos e os problemas de projeto são as principais causas das adversidades nas construções.

2.6 Processo de Projeto e a Sustentabilidade

Na literatura estudada são bastante enfatizadas as dificuldades encontradas por profissionais da construção civil para associar os princípios do desenvolvimento sustentável à arquitetura sem que as soluções sejam superficiais e possam ir além de coleta seletiva e reaproveitamento de água das chuvas.

Este trabalho aborda a discussão sobre o projeto arquitetônico pautado nos princípios do desenvolvimento sustentável buscando contribuir com a melhoria da qualidade dos projetos e das edificações.

Para analisar a integração dos princípios da sustentabilidade ao processo de projeto, é preciso compreender tais princípios e que segundo Zambrano, Bastos e Fernandez (2008) devem ser os critérios direcionadores de padrões de condutas em todos os âmbitos da sociedade. Os autores apontam que os principais princípios envolvidos no conceito de desenvolvimento sustentável na construção são: a eficácia econômica, que envolve os custos e a tomada de decisões que definem os mesmos visando não só o barateamento das atividades e dos produtos, mas sim o custo/benefício, visando principalmente benefícios ambientais e sociais; a equidade social, ou sociocultural, relacionada ao atendimento dos direitos e necessidades de

todos os envolvidos no processo de construção priorizando os interesses da maioria e ao respeito entre gerações, culturas e grupos sociais; a preservação ambiental de fauna, flora e de seus ecossistemas, de recursos naturais e a redução de danos ambientais; o princípio do longo prazo, que valoriza a visão ao longo prazo em todas as etapas do processo de construção; o princípio de globalidade, que valoriza o pensamento global de todo o processo e a aplicação de tecnologias desenvolvidas em outras localidades; o princípio da governança, que trata de uma gestão baseada no consenso na sociedade, focando na atitude ética e responsável dos administradores, nas escalas pública e privada, com o objetivo de garantir os interesses comuns.

A sustentabilidade é cada vez mais decisória na avaliação da qualidade de um projeto, com o aumento da conscientização em relação aos impactos ambientais negativos que um edifício causa. Marques e Salgado (2007) esclarecem que inevitavelmente todo projeto de edificação causa impacto no ecossistema em que está inserido, com gastos de energia e de recursos naturais, mas que no entanto, o edifício pode ter melhorada a sua performance ambiental, de acordo com pesquisas, normas e diretrizes criadas para incorporar princípios sustentáveis às edificações.

Vários autores compartilham da ideia de que as questões de sustentabilidade devem ser inseridas no processo de projeto desde o seu início. Mesmo que outros países estejam à frente, no Brasil, já se percebe a busca pela arquitetura sustentável. Além da iniciativa individual, encontram-se alguns concursos de projetos de arquitetura sustentável no Brasil, reafirmando a conscientização dos arquitetos e projetistas em relação à sua responsabilidade com a questão (MARQUES; SALGADO, 2007).

O pensamento de salvaguarda do meio ambiente, de busca por posturas éticas e melhoria econômica deve estar presente em todas as esferas da sociedade, entre gestores e os cidadãos comuns. E no tocante ao processo de construção a busca pelo desenvolvimento sustentável surge antes mesmo da concepção e do projeto da edificação, abordando decisões relacionadas à obra e à utilização da construção.

O papel do arquiteto neste cenário é fundamental, pois o agente de criação deve considerar o desempenho ambiental do edifício antes mesmo que ele seja construído e por consequência mensurado o impacto final da construção. Ao

impacto ambiental estão relacionados aspectos éticos, legais e técnicos e em tal qual a todos os empreendimentos existem também questões mercadológicas, prazos e custos a serem cumpridos.

Ao visar o menor impacto ambiental e a adequação de projetos aos conceitos do desenvolvimento sustentável Campos (2007, p. 90) sugere algumas condições:

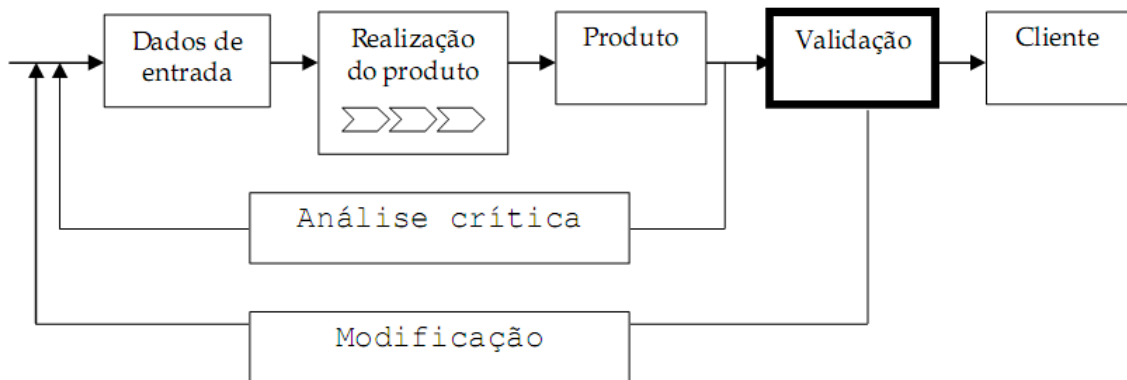
- Não onerar o desenvolvimento de projetos;
- Traduzir os aspectos ambientais à linguagem do segmento;
- Facilidade no aprendizado deste novo aspecto a considerar no projeto;
- Adequação ao modo de trabalho atual do projetista;
- Integração/adequação às ferramentas de trabalho atuais do projetista;
- Minimizar o aumento de prazo para o desenvolvimento de projetos;
- Fornecimento de informações ambientais seguras, objetivas e padronizadas.

Deste modo verifica-se a importância da adaptação das equipes de trabalho ao modo de pensar a sustentabilidade no empreendimento e concomitantemente os benefícios da adaptação dos novos conceitos à forma de projetar e trabalhar já desenvolvidos pelos projetistas, favorecendo a implantação de novos critérios e premissas antes não desenvolvidas pela equipe. Compreende-se que o processo de adaptação nem sempre é fácil, mas na atual conjuntura torna-se mais que necessária a absorção dos conceitos de sustentabilidade não apenas ao modo de projetar e construir, mas em todos os setores de vivência.

Tradicionalmente o processo de produção ressalta o valor do produto final em contraposição ao modo de produção, ao capital natural e aos trabalhadores. Lotufo (2011) afirma que o processo se dá de modo linear, no qual os recursos naturais entram no início da produção e como resultados têm-se o produto final e resíduos. Segundo o autor este modo de produção é obsoleto e deve ser renovado por um processo cíclico, com minimização de uso de recursos naturais e geração de menos resíduos.

Na construção civil o processo de produção de edifícios pode ser interpretado como o recebimento de dados e transformação dos mesmos em produto, respondendo às necessidades e visando a satisfação de um ou mais clientes. As necessidades dos clientes são traduzidas em parâmetros que são uma parcela dos dados de entrada e o produto final deve ser qualificado em relação às especificações definidas junto aos clientes, conforme se observa na figura 2.22.

Figura 2.22: Representação sistêmica da gestão de um produto.



Fonte: MOTTA; AGUILAR, 2009.

O processo de produção pode ser analisado como um processo fechado, no qual as entradas e saídas são conhecidas e controladas, reduzindo significativamente a complexidade do sistema. Em contrapartida, sob a ótica da sustentabilidade, o edifício deve ser entendido como um processo aberto, com incessante e troca de informações durante todo seu ciclo de vida. Segundo Motta e Aguilar (2009), as intervenções visando a sustentabilidade na construção civil são pontuais, enquanto a forma de pensar a sustentabilidade deve ser global, considerando todos os atores envolvidos no processo e todas as esferas de atuação, já que na sustentabilidade, todos os processos são multiformes, dinâmicos e abertos.

Os processos de produção na construção civil tendem a se desenvolver de acordo com o acesso às tecnologias e, sendo a sustentabilidade parte necessária do processo de construção, requer também um desenvolvimento tecnológico que, no entanto ainda não é consolidado e está em processo de desdobramento. Desta forma ainda há muito a ser desenvolvido no âmbito do desenvolvimento sustentável na construção civil, seja no meio acadêmico ou por parte do mercado.

A busca pela sustentabilidade deve se motivada por novas descobertas e o planejamento do empreendimento deve condizer com esta linha de raciocínio, não se limitando aos requisitos impostos por legislação e sistemas de certificação, mas indo além do que é substancial. Desta forma, o comprometimento e o estímulo pelo desenvolvimento da sustentabilidade devem estar presentes em todo o

organograma do empreendimento, buscando refletir o desenvolvimento em uma sociedade melhor e motivar uma mudança cultural.

Motta e Aguilar (2009) apontam a sustentabilidade como uma forma de valorização do produto, incorporando qualidade ao mesmo. O mais alto valor agregado ao produto só pode ser alcançado plenamente com a satisfação e atendimento das necessidades do cliente e deve ser o objetivo central em todas as etapas do empreendimento, buscando sempre melhorar os processos e os resultados. Mas é preciso atentar para o fato indicado pelos autores, de que a sustentabilidade pode ser inserida no empreendimento como um quesito de qualidade total, desempenhando um papel na estratégia do empreendimento. A qualidade total, tratada pelos autores, tem como propósito gerar valor e satisfazer, da melhor maneira exequível, o cliente. Desta forma, procura-se agregar ao empreendimento as melhores ações possíveis. Posto isto, a qualidade total pode ser meta de qualquer empreendimento, enquanto a sustentabilidade, mesmo podendo fazer parte da qualidade total, não. Um exemplo dado pelos autores foi de uma fábrica de cigarros, que pode incorporar valores de qualidade total, mas não pode incorporar valores de sustentabilidade.

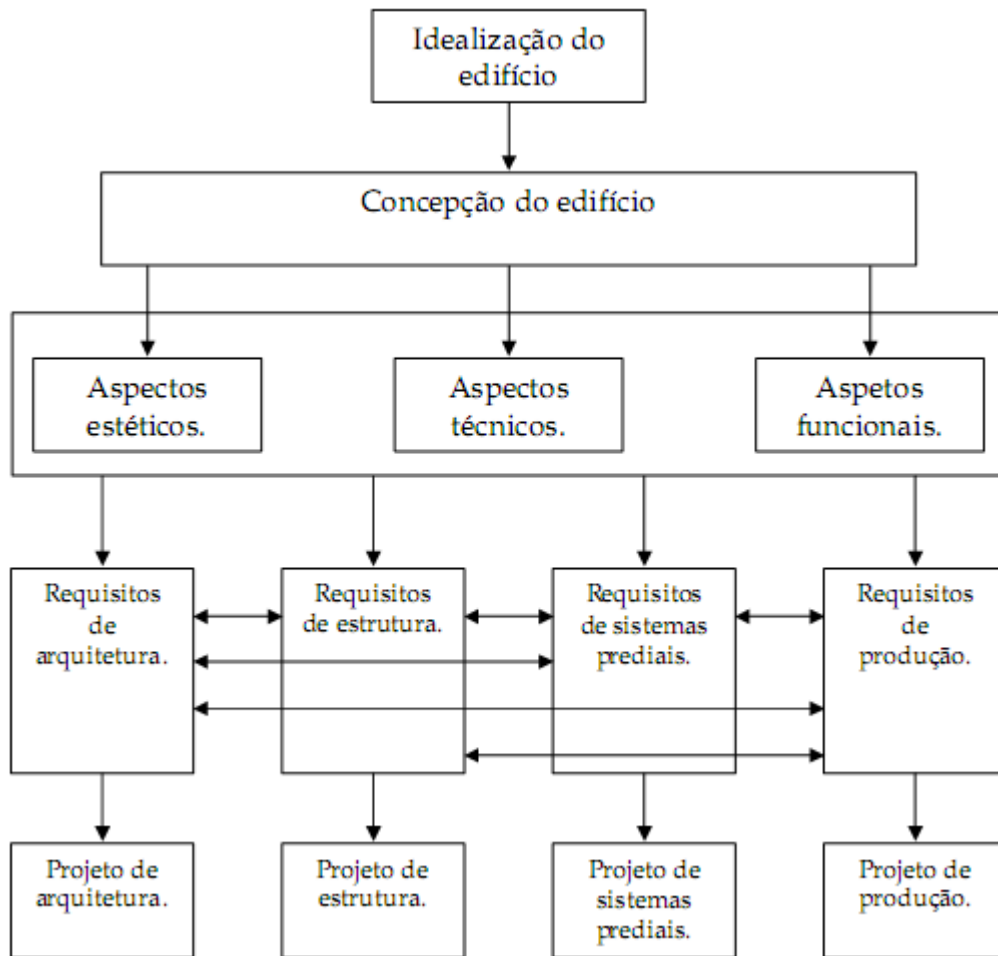
É relevante considerar que a sustentabilidade é seletiva e se estende além do próprio empreendimento. Está estritamente associada à ideia de desenvolvimento de ações e de pensamentos e a construção é parte de um todo, de uma nova forma de encarar o modo em que se vive, consome e constrói, logo nem todos os empreendimentos têm condições de serem inseridos na esfera da sustentabilidade.

De todo o ciclo de vida de uma edificação a etapa que mais impacta o meio ambiente é a de uso e manutenção. As demais etapas concepção, projeto, construção e final de vida útil também geram poluição e degradação ambiental, mas a sustentabilidade, que deve ser meta do projeto e do processo de produção, precisa ser especialmente pensada para a utilização do edifício. De acordo com Motta e Aguilar (2009) a maior possibilidade de intervenção no desempenho durante a operação e manutenção da edificação reside nas etapas de concepção e projeto, quando é menos dispendiosa a implantação de estratégias sustentáveis.

Percebe-se o crescente interesse pela sustentabilidade na construção civil, por meio das crescentes iniciativas de certificação verde, como os selos LEED ou AQUA. Segundo Motta e Aguilar (2009), a sustentabilidade quando vista como certificação, é posicionada de forma horizontal no processo de produção, se

relacionado com o planejamento do processo, sem estar necessariamente presente durante a concepção do edifício. Nas figuras 2.23 e 2.24 ilustra-se o processo de produção de edifícios sem a inserção da certificação e com a meta de recebimento de selo verde.

Figura 2.23: Relações no processo de produção de um edifício.

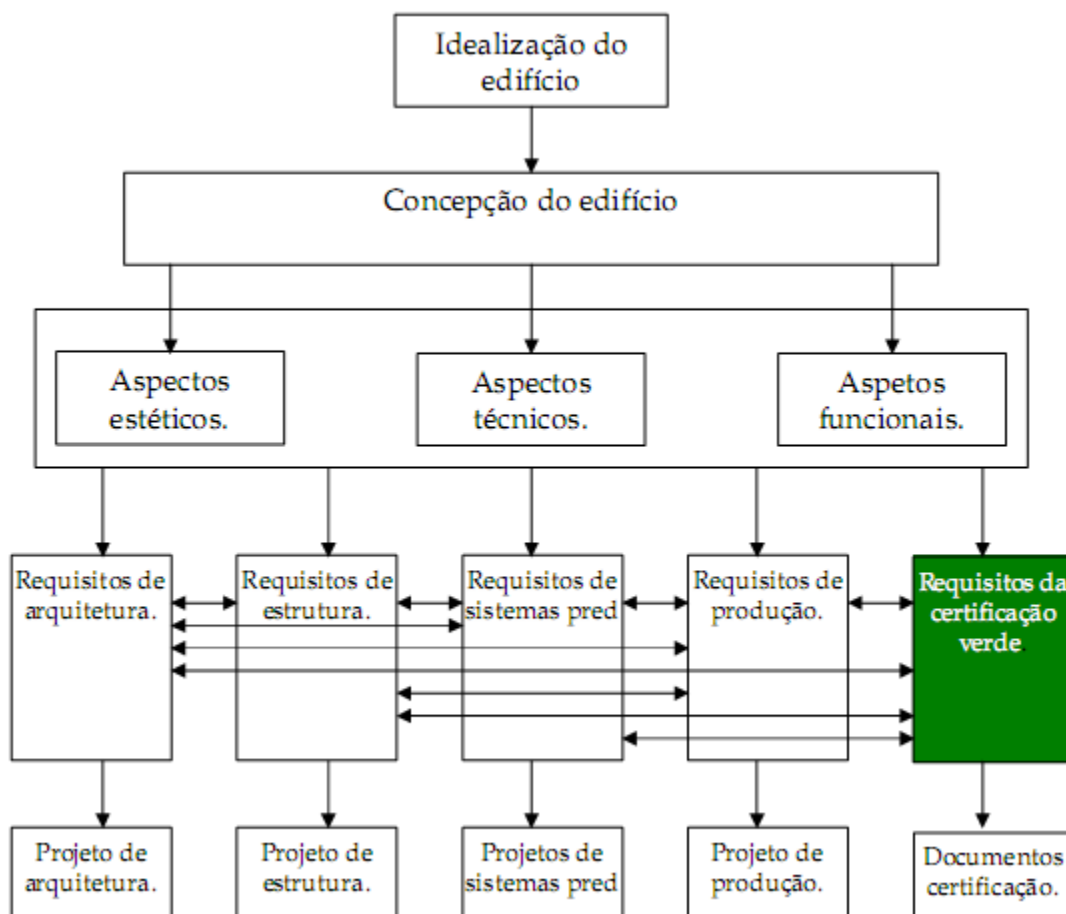


Fonte: MOTTA E AGUILAR, 2009.

O processo de projeto tradicional, que não inclui preceitos do desenvolvimento sustentável, é o mais aplicado atualmente. Neste organograma tem-se a princípio a idealização do empreendimento e a elaboração de um programa de necessidades que engloba aspectos estéticos, técnicos e funcionais. A partir da definição de tais tópicos são elaborados os projetos de arquitetura e em seguida e correlacionado o projeto estrutural. Os projetos de sistemas prediais e de produção

são desenvolvidos também a partir do projeto arquitetônico, sendo que o projeto de produção envolve todas as outras etapas preexistentes.

Figura 2.24: Inserção horizontal da sustentabilidade no processo de produção de um edifício.



Fonte: MOTTA; AGUILAR, 2009.

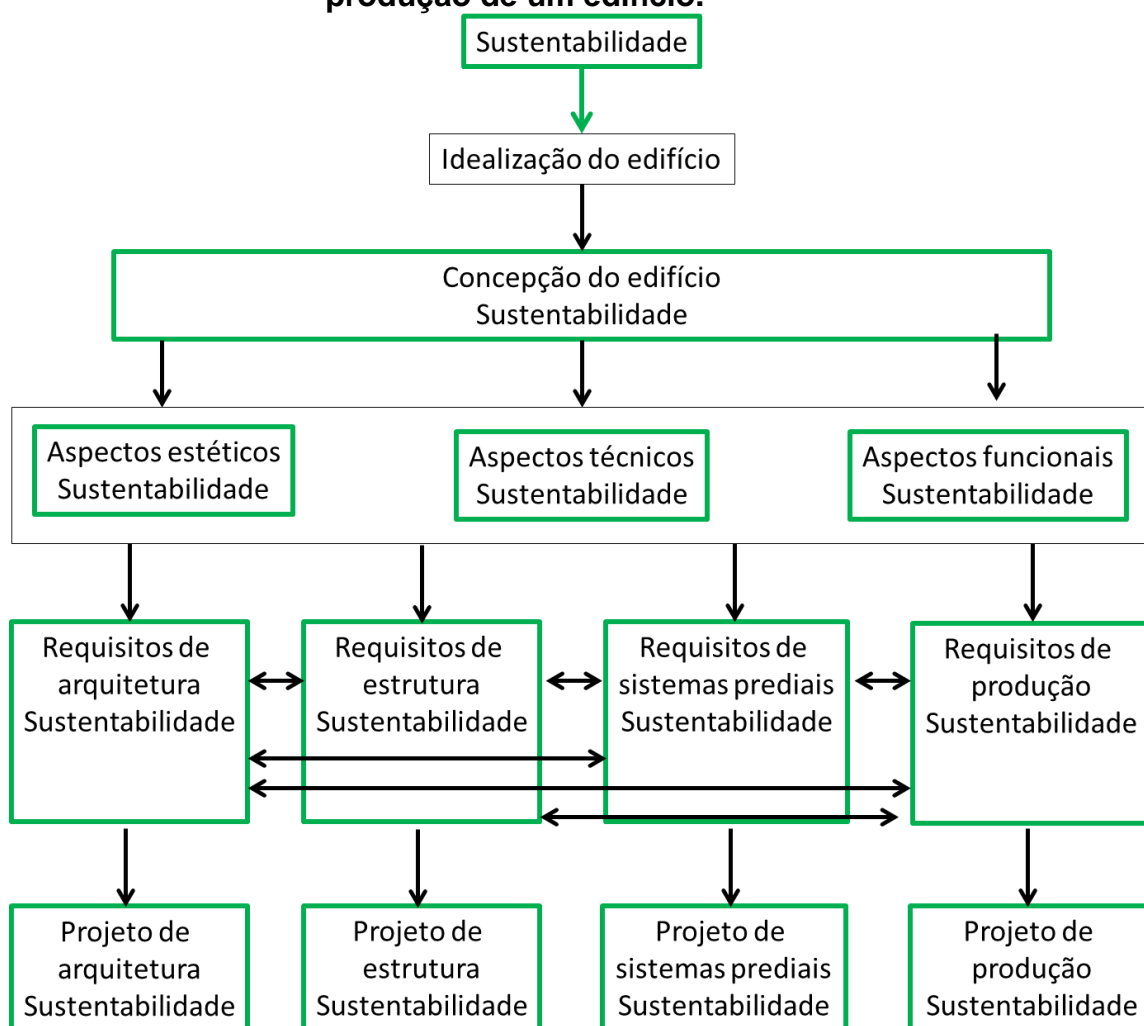
Já no processo de projeto com vistas à certificação ambiental a fase de elaboração do programa de necessidades deve abranger mais uma categoria, de requisitos exigidos para a certificação verde que se objetiva receber. A elaboração dos requisitos está relacionada às necessidades arquitetônicas, estruturais, de sistemas prediais e de produção, estando presente em todas as fases de projeto. O produto gerado com o cumprimento das exigências são documentos de certificação.

No entanto, a simples execução dos requisitos de certificação não considera a necessidade criativa e inventiva que geralmente está atrelada à sustentabilidade. Em conformidade com o que afirmam Motta e Aguilar (2009), as exigências de uma certificação verde são vinculadas ao processo de projetos, podendo estar apenas

envolvidas com os atores que trabalham diretamente com esta área. Sendo o desenvolvimento sustentável uma preocupação global, ele abrange todos os trabalhadores do empreendimento nos âmbitos sociais, econômicos e ambientais.

No processo de projeto ideal a sustentabilidade entra como estratégia do empreendimento, ou seja, está presente desde a fase de concepção do edifício. Ela não é inserida horizontalmente no processo, mas sim verticalmente, deixando de ser um pré-requisito a ser cumprido para assumir um papel de idealização, presente em todas as fases do processo de produção (Figura 2.25). A essência da sustentabilidade deve buscar soluções criativas e inventivas, baseadas em uma visão de sistema aberto do empreendimento (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Figura 2.25: Inserção vertical da sustentabilidade no processo de produção de um edifício.



Fonte: Adaptado de MOTTA; AGUILAR, 2009.

As pesquisas acadêmicas tem grande relevância no cenário inventivo e de idealização da sustentabilidade. Os estudos podem contribuir para a obtenção de dados ambientais, de conforto humano, poluição e para o desenvolvimento de novas tecnologias. Motta e Aguilar (2009) sugerem que uma ação de grande potencial seria a criação de centro de pesquisas em edificações, onde podem ser criadas novas ideias e tecnologias, que poderiam agregar ao processo de projeto referências criativas e inventivas. Um exemplo de centro de pesquisas é o BRE (Building Research Establishment Limited), na Inglaterra. Trata-se de um centro especializado em edificações, construção, energia, meio-ambiente e segurança e que presta consultorias, testes e certificação baseados em pesquisas acadêmicas. No Brasil temos o exemplo do Instituto de pesquisas Tecnológicas (IPT), que exerce o mesmo papel.

Durante o processo de projeto surgem inúmeros problemas que devem ser solucionados com base no conhecimento de causa que muitas vezes não é restrito apenas ao projetista, de forma que a multidisciplinaridade e a troca de informações fornece uma gama maior de possibilidades e agiliza o processo de solução de adversidades e conseqüentemente o processo de produção. Uma ferramenta proposta por Ceotto (2008) pode ser adaptada para a resolução de obstáculos buscando agregar impacto positivo ao meio ambiente acompanhados de baixos custos de produção. O autor parte da premissa de que o maior impacto ambiental e de custos de uma construção está no consumo de água potável e de energias como eletricidade, gás e combustível e de que existem muitas formas de reduzir o consumo destes insumos. E propõe então algumas soluções de problemas específicos para edifícios residenciais e comerciais e aponta o impacto ambiental e o impacto de custos que ela acarreta (Tabelas 2.1 e 2.2). Quanto mais baixo o impacto no meio ambiente e mais baixo for o custo das soluções adotadas, maior será o nível de sustentabilidade da construção.

Tabela 2.1: Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas – edifícios residenciais.

Alternativas de solução e seus impactos – Edifícios residenciais				
Impacto nos custos				
		Alto	Médio	Baixo
Impacto positivo no meio ambiente	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento total de esgoto • Energia solar para aquecimento de água 	<ul style="list-style-type: none"> • Aproveitamento de águas de chuva • Metais sanitários de baixo consumo • Medição individual de gás • Medição individual de água • Tratamento superficial no piso das garagens 	<ul style="list-style-type: none"> • Retenção de águas de chuva • Reserva de águas de chuva • Lâmpadas de alta eficiência • Peças sanitárias de baixa vazão • Separação de lixo para reciclagem
	Médio	<ul style="list-style-type: none"> • Reciclagem de água de banho e lavatório para uso em bacias sanitárias 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização da irrigação de áreas verdes • Automação da iluminação das áreas comuns • Vidro laminado 	<ul style="list-style-type: none"> • Fachada em cores claras • Cobertura vegetal no térreo • Isolamento térmico de coberturas
	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento térmico de fachadas • Uso de vidro insulado 	<ul style="list-style-type: none"> • Automação de elevadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de madeira reciclada nos móveis e revestimentos • Revestimentos de piso e paredes laváveis

Fonte: Adaptado de CEOTTO, 2008.

Tabela 2.2: Ferramenta de análise e prioridade de ações práticas – edifícios comerciais.

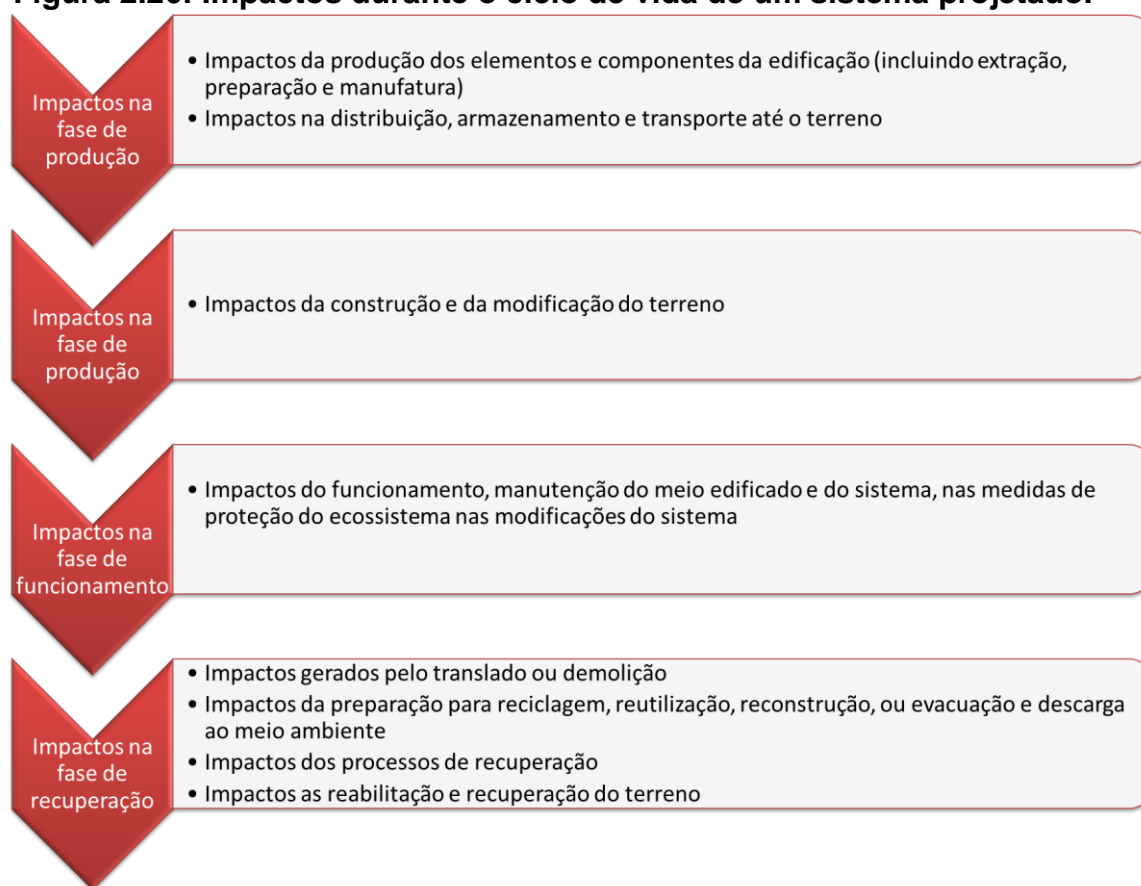
Alternativas de solução e seus impactos – Edifícios comerciais				
Impacto nos custos				
		Alto	Médio	Baixo
Impacto positivo no meio ambiente	Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Geração local de energia com gás em vez de diesel 	<ul style="list-style-type: none"> • Metais sanitários de baixo consumo e automáticos • Medição individual de ar condicionado • Tratamento superficial no piso das garagens • Recuperação de frenagem dos elevadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Retenção de águas de chuva • Bacias sanitárias duplo fluxo • Retenção de água dos fancoils para uso nas torres de refrigeração dos chillers • Lâmpadas de alta eficiência • Peças sanitárias de baixa vazão • Automação dos elevadores
	Médio	<ul style="list-style-type: none"> • Isolamento térmico de fachadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatização da irrigação de áreas verdes • Automação da iluminação das áreas comuns • Vidro laminado nas fachadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura vegetal no térreo • Isolamento térmico de coberturas • Separação de lixo para reciclagem
	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento total de esgoto • Uso de vidro insulado • Reciclagem de água de lavatório para uso em bacias sanitárias 	<ul style="list-style-type: none"> • Medição individual de água 	<ul style="list-style-type: none"> • Revestimentos de piso e paredes laváveis

Fonte: Adaptado de CEOTTO, 2008.

Um dos princípios da sustentabilidade é produzir mais com menos recurso, aumentando a eficiência da produção, ao contrário da tendência de muitos em pensar que a sustentabilidade atrasaria ou criaria empecilhos para a lucratividade do negócio. Motta e Aguiar (2009) afirmam que na sustentabilidade existe a preocupação com o menor consumo possível dos recursos, objetivando uma produção com o mínimo de gastos e com melhor uso dos recursos. Quando a sustentabilidade é inserida horizontalmente no organograma do processo de produção e encarada como um requisito fica limitada e com a produção enxuta a sustentabilidade posta verticalmente na produção se torna um dos cernes do conceito do projeto e pode gerar uma mudança cultural da estrutura organizacional do processo de projeto e, por consequência, do setor de construção civil em busca de um novo modelo de desenvolvimento. A análise do ciclo de vida, ou ACV, é basilar para o desenvolvimento sustentável, pois é impossível assegurar que todo o empreendimento é sustentável quando se analisa apenas uma parte da sua existência. Os autores declaram que o custo de ciclo de vida deve considerar tanto os custos diretos como os indiretos no ciclo de vida do produto, como o custo ambiental, de manutenção, reciclagem e reutilização. A figura 2.26 esquematiza os possíveis impactos durante o ciclo de vida de um edifício.

Considerando que a fase de produção compreende as etapas de planejamento, projeto, transporte e construção, a variedade de impactos ambientais gerados pelas ações incluídas nestas fases é enorme, especialmente durante a implantação do edifício. Pormenorizando as formas de impacto de cada uma destas etapas tem-se durante a preparação do terreno consumo de água e energia, geração de ruídos de máquinas, possíveis vibrações em edificações vizinhas, queima de combustível, emissão de partículas sólidas e poluição. Durante a construção da edificação e transporte de materiais existe um grande consumo de recursos naturais e manufaturados que para serem produzidos também consumiram recursos naturais, consumo de água e energia, queima de combustível, ruídos, vibrações, emissão de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, retirada de vegetação e movimentação de terra.

Figura 2.26: Impactos durante o ciclo de vida de um sistema projetado.



Fonte: Adaptado de YEANG, 2001 apud AVEZUM, 2007.

Durante a manutenção e uso da edificação os impactos gerados estão relacionados aos consumos internos de recursos como energia, água e gás, emissão de resíduos como esgoto e águas servidas, lixo, queima de combustível, geração de ruídos e consumo de recursos destinados a reformas e consertos na construção. A etapa de demolição apresenta consumo de energia e combustíveis, geração de ruídos e vibrações em elevada intensidade, emissão de partículas sólidas e de poluentes como gases.

Com a análise do ciclo de vida é possível determinar os impactos ambientais durante o ciclo de vida da edificação com antecedência. Desta forma o arquiteto pode considerar as melhores opções para a edificação mesmo durante o projeto.

Durante o processo de projeto algumas práticas devem ser conduzidas visando à sustentabilidade e que em conformidade com o que Zambrano, Bastos e Fernandez (2008) apresentam podem ser a formação de um comitê consultivo, o programa arquitetônico encarado como documento de planejamento, a elaboração

de um caderno de encargos ambientais, a escolha do terreno, a concepção arquitetônica, a construção e o uso da edificação.

Segundo os autores o comitê consultivo do projeto consiste em um grupo de agentes de mudança que se reúnem para a tomada de decisões do projeto. As pessoas envolvidas no comitê consultivo do empreendimento são o cliente, administradores, projetistas, futuros usuários, representantes de órgãos públicos, entre outros. Esta iniciativa é um investimento para o pilar social da sustentabilidade, focada principalmente no direcionamento das ações no sentido de garantir a participação e opinião de todos os envolvidos no empreendimento. A maneira mais acertada de embasamento para a tomada de decisões é munindo de informações e conhecimento todos os integrantes da equipe de trabalho, coordenadores e demais envolvidos no processo de construção.

A definição do programa arquitetônico é o estabelecimento de um documento de referência para o desenvolvimento do produto e deve ser desenvolvido na fase de planejamento, a fim de fornecer dados suficientes para a ideal execução de todas as fases do empreendimento, desde o projeto até sua manutenção. Para o desenvolvimento sustentável o programa deve ser elaborado juntamente à equipe do empreendedor, traçando metas e critérios de desempenho a serem alcançados no projeto e segundo Zambrano, Bastos e Fernandez (2008, p.5), “caso seja o arquiteto o responsável pelo seu desenvolvimento, corre-se o risco deste induzir o conteúdo do programa ao seu próprio repertório de projeto e aos limites de seu conhecimento”.

Outra prática apresentada pelos autores supracitados é a elaboração de um caderno de encargos ambientais, ainda na etapa de planejamento e que se juntaria ao programa arquitetônico, listando pontos indispensáveis a serem atendidos no projeto e de acordo com as necessidades do programa, as características do local da obra e outros aspectos importantes para cada empreendimento em particular. O objetivo do caderno de encargos ambientais é controlar os aspectos ambientais da sustentabilidade envolvidos na construção e traz requisições e sugestões que deverão ser reveladas em resultados no projeto.

Para edificações de pequeno porte a forma mais utilizada é seguir um programa usual e pré-estabelecido onde se informa claramente a preocupação ambiental do empreendedor ou do projetista e suas prioridades. Ou ainda munir as equipes de projeto e de construção de especificações técnicas, muito utilizadas

quando existe um padrão de construções como, por exemplo, escolas. No entanto corre-se o risco de as especificações técnicas não se aplicarem ao local da obra quando elaboradas de forma genérica e com vistas a um mero cumprimento de regras previamente estabelecidas. O programa ideal compreenderia todas as problemáticas e exigências, ambientais e não ambientais, levando-se em conta as peculiaridades do sítio e do empreendimento (ZAMBRANO; BASTOS; FERNANDEZ, 2008).

É importante na definição do local da obra comparar vantagens e desvantagens dos terrenos em vista, verificar a compatibilidade do programa de necessidades e prever os impactos ambientais, sociais e econômicos que a implantação do projeto ocasionaria à escala urbana e à comunidade. Conforme asseguram Zambrano, Bastos e Fernandez (2008), a sustentabilidade do empreendimento tem início com a escolha adequada do terreno e com a consciência de impacto do projeto na escala urbana, seja em relação ao impacto ambiental advindo da construção ou ao respeito pelo cenário sociocultural presente no local. Recomenda-se que a equipe responsável pela análise do terreno tenha o conhecimento necessário, podendo ser os projetistas ou mesmo consultores ambientais. Observa-se na literatura a importância dada à etapa de análise do terreno e que a mesma não se aplique especificamente ao lote em questão, mas também aos vizinhos, à cultura local, ao programa de necessidades, às carências locais (sociais, econômicas ou urbanísticas) para o estabelecimento de um diagnóstico inicial bastante detalhado que sirva como base e referência durante a elaboração do projeto. Sugere-se também que a análise do terreno seja encarada como uma etapa específica no organograma do projeto, anterior ao início dos estudos preliminares de arquitetura.

Durante a concepção do projeto surgem pontos de decisão, nos quais o arquiteto precisa encontrar alternativas e deliberar sobre os aspectos envolvidos e em questão, tendo em vista a melhor solução final possível, sem falhas que possam decorrer a retrabalho durante ou após a conclusão da obra.

A essência da abordagem da sustentabilidade no processo de projeto está nas implicações das decisões do projeto nas diversas escalas envolvidas: a escala do edifício, o entorno imediato, a escala regional e a escala global, como apontam diversos autores, incluindo Zambrano, Bastos e Fernandez (2008). Estes reiteram que o edifício deva ser encarado como um sistema aberto de trocas com os

ambientes internos e externos, e que gera impactos ambientais de diferentes níveis e naturezas, com consequências sociais, culturais e econômicas, positivas ou não. E ainda que quanto menores as implicações negativas da obra e maiores os aproveitamentos de insumos produzidos pelo próprio edifício, menores serão os prejuízos causados pelo edifício ao seu entorno ambiental e social.

No tocante à sustentabilidade no canteiro de obras e após a definição projetual, é imprescindível um planejamento do espaço do canteiro e das atividades previstas, organização espacial e de pessoas, domínio dos procedimentos, escolha das equipes e fornecedores da obra, garantia de direitos, qualidade de vida e de trabalho para os funcionários, bem como verificação e controle de qualidade.

Após o término da obra e durante o uso da edificação uma série de precauções e ações foram tomadas previamente nas etapas anteriores para garantir parte significativa da sustentabilidade para a edificação. No entanto ainda restam algumas ações para assegurar o menor nível possível de impacto ambiental gerado ao longo do ciclo de vida da construção. O comportamento dos usuários, a manutenção, reformas e avaliações periódicas são aspectos que podem contribuir ou arruinar um conceito de sustentabilidade que já tenha sido implantado durante o projeto e a construção da obra, podendo potencializar um bom desempenho ou desperdiçar todo um esforço realizado nas etapas anteriores.

De acordo com Zambrano, Bastos e Fernandez (2008), os instrumentos de avaliação de desempenho de edificações são recomendados e estão em crescimento no Brasil e representam formas de amparar a gestão do processo de construção e verificar o desempenho da edificação e buscam a melhoria contínua da qualidade da edificação.

Para que um empreendimento siga os princípios do desenvolvimento sustentável ele deve ser pensado desde a fase de planejamento até o uso da edificação, envolvendo ações relacionadas aos aspectos gerenciais do projeto, à concepção arquitetônica, ao processo de construção, à utilização, à manutenção e ao possível fim da edificação e considere o comprometimento social, ambiental e econômico, em todas as decisões tomadas ao longo da vida útil do empreendimento e, no que compete ao projetista e construtor, ao longo do processo de construção do edifício. Conforme asseguram Zambrano, Bastos e Fernandez (2008, p.8), “um projeto sustentável é aquele que traz respostas coerentes ao diagnóstico do sítio de

implantação, criando soluções adequadas às características ambientais, sociais e culturais locais”.

A sustentabilidade transcende indicadores numéricos e, no caso de uma edificação, não se resume à decisões e dispositivos técnicos somados ao projeto. A interpretação do diagnóstico do terreno torna-se o zênite para a busca das soluções cabíveis em cada caso, não podendo desta forma, encarar a sustentabilidade como uma tipologia padrão para todas as edificações, quando pelo contrário, ela se mostra variável dependendo do meio ambiente, economia e cultura do local.

3 EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE ESTRUTURADAS EM AÇO

3.1 Histórico das Construções Metálicas no Brasil

Batista e Ghavambi (2004) fazem uma breve revisão histórica da produção e uso do aço no Brasil. Segundo estes autores, em 1587 foi iniciada a exploração de minério de ferro por Afonso Sardinha no região serrana de Cubatão próximo à cidade de São Paulo. Em 1809 foi construído o primeiro alto-forno que produziu ferro-gusa pela primeira vez em dezembro de 1813. A produção de ferro fundido começou somente em 1888, com a construção de um alto-forno em Monlevade, no estado de Minas Gerais, com capacidade de 6 ton/dia. No mesmo ano, o segundo alto-forno com capacidade de 15 ton/dia de ferro fundido foi erguido aumentando a produção de ferro em Monlevade. Dentro de 17 anos, em 1905, os dois altos-fornos passaram a produzir 2.100 toneladas de ferro-gusa e cerca de 100 forjas produziam 2000 toneladas de barras de ferro por ano.

Um novo período industrial começou, entre 1917 e 1930, na mesma época da chamada Nova República, quando o país iniciou seu processo de modernização para a era industrial. Em 1922, na cidade de Sabará, foi criada a Companhia Siderúrgica Brasileira (CSB), com um alto-forno moderno, transformando-se posteriormente na Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, com usinas para a produção de pequenas placas laminadas e arame. No início da Segunda Guerra Mundial, em 1939, foi construída a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), profundamente importante para o desenvolvimento da indústria metalúrgica brasileira e sua relação de dependência de países estrangeiros.

A siderúrgica CSN em Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro, começou a produzir placas de aço no país por meio de novos processos tecnológicos. A produção acompanhou o crescimento do consumo de produtos laminados de placas no mundo, incluindo especialmente a indústria de aço no estado de São Paulo. Em abril de 1946 a CSN em Volta Redonda iniciou a produção do coque pela primeira vez no Brasil. Quando a CSN foi criada, deu-se início a uma produção de perfis pesados voltados para a construção. Mas a partir da década 50 e principalmente no final da década de 60, a empresa parou de produzir esses perfis e passou a produzir chapas finas para atender à demanda da indústria automobilística e de

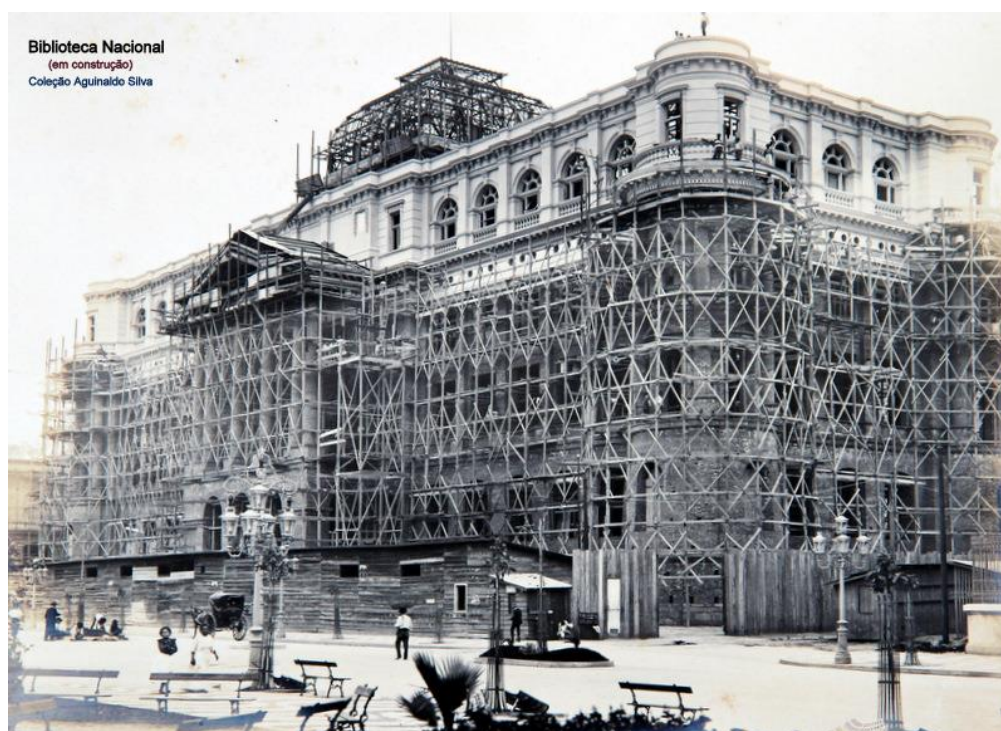
eletrodomésticos, fazendo com que a indústria da construção fosse enfraquecida durante este período (BORSATO, 2009). No mesmo período, a Companhia Vale do Rio Doce, CVRD, foi fundada para explorar minas de ferro e no ano de 1949, foi responsável por 80% do minério de ferro brasileiro exportado. Neste momento, cerca de 1,5 milhões de toneladas de minério foram exportadas, e em 1962 este número aumentou para 6 milhões.

Em 1975, a Vale foi a maior empresa exportadora de minério no mundo. Depois de ter sido privatizada na década de 1980, a CVRD está associada à exploração e exportação de muitos recursos minerais como cobre, ferro e alumínio. Em 75 anos foram fundadas muitas empresas para satisfazer o mercado de aço, como a Gerdau (fundada em 1901), Cosipa (1953), Belgo-Mineira (1921), Acesita (1944) e Usiminas (1952), no estado de Minas Gerais e a Companhia Siderúrgica Tubarão, CST, (1976) no estado do Espírito Santo.

A produção de aço no Brasil em 2004, segundo Batista e Ghavambi (2004), chega a 32 milhões de toneladas por ano, com 23 milhões de toneladas de chapas de aço laminadas. No entanto, a percentagem de aço aplicado na construção civil ainda era pequena em comparação com outros materiais de construção comumente utilizados na construção civil brasileira. Atualmente a produção de aço bruto no país, somente no mês de julho é bem mais significativa, girando em torno de 2,9 milhões de toneladas e 1,9 milhões de toneladas de aço laminado, sendo o 14^o exportador mundial de aço, com 33,9 milhões de toneladas de aço bruto produzidas no ano de 2014, segundo o Instituto Aço Brasil (2015).

A construção de edifícios de aço no Brasil começou no século XIX, com a importação de produtos metalúrgicos, como diferentes tipos de perfis de aço. Na figura 3.1 apresenta-se a Biblioteca Nacional durante a construção, e concluída nos anos atuais, na cidade do Rio de Janeiro. Trata-se de uma construção notável, erguida com perfis de aço importados, empregando uma técnica de construção que deu origem a uma estrutura de aço não aparente e uma arquitetura eclética, empregando materiais como granito, mármore e metais. Até a década de 1970 as estruturas de aço no Brasil foram utilizadas principalmente na construção industrial e de pontes ferroviárias. (BATISTA; GHAVAMBI, 2004)

Figura 3.1: Biblioteca Nacional em construção.



Fonte: SILVA, 2015.

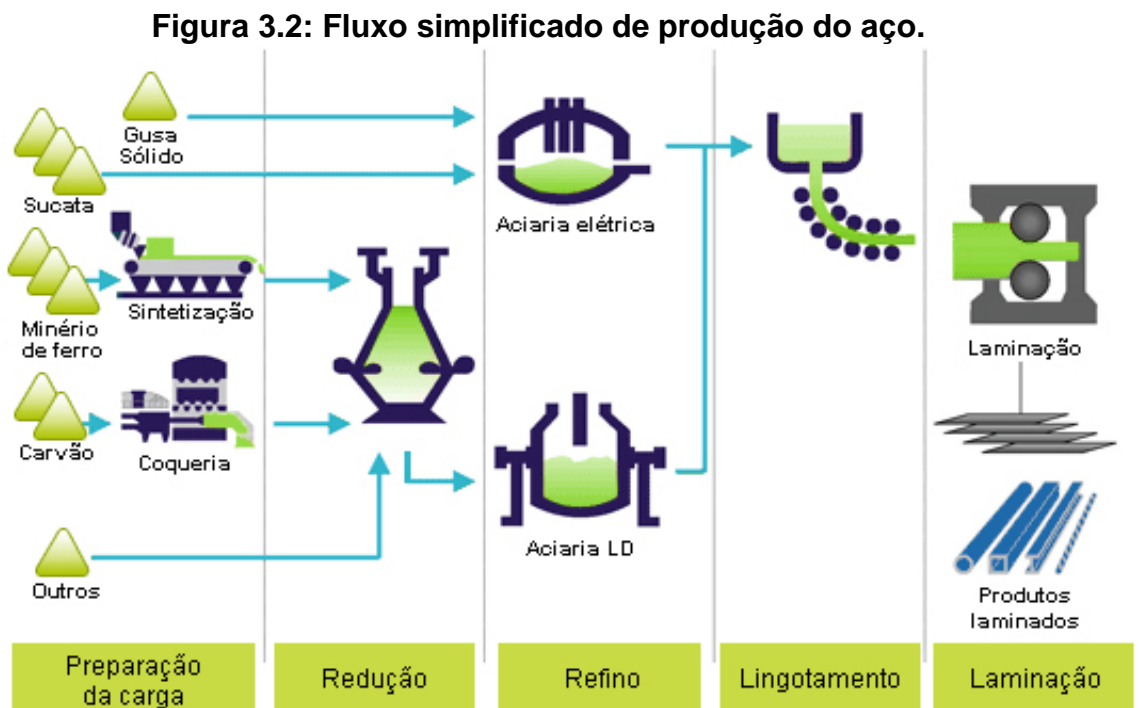
Segundo Batista e Ghavambi (2004), durante as décadas de 1990 e 2000, a indústria de petróleo offshore viu um desenvolvimento técnico muito rápido, especialmente após a descoberta de novas reservas de petróleo na água do mar muito profundo ao largo da costa do Brasil. A indústria de petróleo promoveu uma grande pesquisa no desenvolvimento de soluções em aço e apresenta novas soluções diferenciadas para construção de estruturas de aço. Nos últimos anos vem ocorrendo uma modernização na construção em aço no Brasil, com a incorporação de tecnologias de produção atualizadas e com uma aplicação crescente de construção em aço composto, desenvolvimento de sistemas de baixo custo de construção para os edifícios de vários andares, desenvolvimento de novas técnicas de projeto, como procedimentos de segurança estrutural contra incêndio, análise estrutural e projeto com ênfase no comportamento dinâmico, novas técnicas e soluções para proteção contra a corrosão, entre outros. “Estas iniciativas, associados à inovação nos processos de fabricação e montagem das estruturas, levaram ao alargamento da capacidade de produção e de concorrência para a construção de aço no país” (BATISTA; GHAVAMBI, 2004).

O uso do aço na construção se desenvolveu basicamente em duas tipologias: edifícios residenciais e comerciais, incluindo edifícios altos e grandes centros

comerciais e sistemas de construção especiais aplicadas ao baixo custo; e construção altamente padronizada, dirigidas a grandes empreendimentos habitacionais populares.

3.1.1 Produção do Aço

O processo industrial de obtenção do aço ocorreu no século XIX e é composto basicamente por ferro e pequenas quantidades de carbono (de 0,002% a 2%, aproximadamente). Seu processo de produção é dividido em quatro etapas: preparação da carga, redução, refino e laminação (Figura 3.2). O processo siderúrgico do aço inclui o aproveitamento do ferro, existente no minério de ferro, através da eliminação de impurezas. Todas as informações fornecidas neste item foram obtidas por pesquisas e colhidas de publicações de Borsato (2009) e do Instituto Aço Brasil (2016).



Fonte: INSTITUTO AÇO BRASIL, 2016.

Na primeira etapa de produção do aço é realizada a preparação da carga, onde grande parte do minério de ferro é aglomerada utilizando-se cal e finos de coque. O resultado desta atividade é um produto denominado sinter e em seguida a carga é transportada por caçambas e introduzida na parte superior do alto-forno. O carvão é processado na coqueria e transforma-se em coque. O produto da reação formará a escória, que será retirada na parte inferior do forno.

Após a preparação da carga dá-se início à redução, visto que as impurezas existentes no minério de ferro são removidas através do aquecimento em alto-forno, um equipamento que recebe um revestimento que o capacita a resistir a altas temperaturas. Oxigênio aquecido a uma temperatura de 1000°C ou superior é então soprado pela parte de baixo do alto forno e o carvão, em contato com o oxigênio, produzirá calor que funde a carga metálica e dá início ao processo de redução do minério de ferro em um metal líquido, uma liga de ferro-carbono chamada ferro-gusa. Pela parte inferior do forno são escoados, primeiramente a escória e em segundo lugar o ferro-gusa, que ainda em seu estado líquido é encaminhado à aciaria onde, em fornos adequados, é transformado em aço.

Aciarias, que podem ser a oxigênio ou elétricas, são utilizadas para transformar o ferro-gusa líquido ou sólido e a sucata de ferro e aço em aço líquido. O ferro-gusa é aquecido em um forno chamado conversor. Nessa etapa parte do carbono contido no gusa é removido juntamente com impurezas com a ajuda da injeção de oxigênio. Outras substâncias são acrescentadas para conferir propriedades. Ao fim do processo é produzido o aço na forma líquida.

O aço refinado é transportado à unidade de lingotamento contínuo e ali vazado em um distribuidor com diversos veios. Em cada veio, o aço líquido passa por moldes de resfriamento. A maior parte do aço líquido é vazado na forma de lingotes que serão submetidos à transformação mecânica por laminadores.

Laminação é a conformação mecânica do aço que reduz a área da seção transversal e o conseqüentemente alonga a peça. Na laminação de chapas a quente, é efetuado um pré-aquecimento antes da passagem do produto que, sob pressão do conjunto de cilindros, tem sua espessura reduzida. Há a transformação em uma grande variedade de produtos siderúrgicos, resultando em blocos, tarugos e placas que, são transformados em formas estruturais como perfis “U”, “I”, cantoneiras e em outros produtos, como trilhos, tubos, chapas, barras, entre outros.

As chapas podem ser transformadas em placas, em dimensões variadas, ou em bobinas, que são produzidas no laminador de tiras a quente. Segundo as referências utilizadas, com o laminador a frio segue o mesmo processo, no entanto não há o pré-aquecimento da placa, permitindo que as tensões residuais resultantes do processo de resfriamento da mesma sejam evitadas.

De acordo com Borsato (2009, p. 29) a chegada dos perfis laminados ao mercado brasileira faz com que as estruturas metálicas ganhem maior produtividade e eficiência, como:

- Rapidez e segurança na montagem;
- Agilidade na execução da obra;
- Precisão milimétrica;
- Canteiro de obras menor e melhor organizado;
- Redução do desperdício;
- Leveza da estrutura;
- Acabamento superficial e planicidade que facilitam o revestimento, o alinhamento e a junção das peças;
- Excelentes propriedades mecânicas para cálculo e dimensionamento do projeto;
- Flexibilidade para reforma e ampliação;
- Espaços mais amplos;
- Concepção arquitetônica facilitada.

O mercado da construção metálica vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. Houve programas de modernização e de atualização tecnológicas das usinas que melhoraram a oferta de novos e melhores produtos siderúrgicos. Estudos acadêmicos, a difusão das vantagens da construção metálica nos meios empresariais, a qualificação de mão de obra e outras iniciativas promovem o desenvolvimento do uso do aço na construção civil e o aumento da produção de estruturas com o material.

3.2 Por que Edifícios de Pequeno Porte?

O universo desta pesquisa compreende edificações de pequeno porte estruturadas em aço e dentro deste espectro são consideradas edificações que não possuam andares múltiplos com pavimento tipo, unifamiliares, unicomerciais e que não apresentem repetição da solução projetual como comumente pode ser observado em conjuntos de habitação de interesse social, que justificaria a diluição do preço da estrutura.

Um dos maiores desafios para se construir edificações de pequeno porte estruturadas em aço é desenvolver adequadamente a etapa de planejamento e preparação da execução, pois estando o projeto concluído parte-se para o planejamento de como será feita a obtenção da estrutura, seu transporte e montagem. Castro (2005) fez um estudo sobre edificações unifamiliares estruturadas em aço e concluiu que existe ainda um obstáculo no mercado que é adaptar a reduzida demanda de produtos a uma larga escala de produção das indústrias, como no caso de perfis de aço. Por outro lado os profissionais que lidam com elementos metálicos menores, como um serralheiro, não suprem a necessidade de produtos de estruturas de aço. De forma que:

“Por questões operacionais, o foco dos grandes fabricantes de estrutura são os edifícios industriais ou de andares múltiplos, porque somente dessa forma eles conseguem manter seu completo organograma de serviços (projeto, execução, transporte e montagem), diluindo o custo de operação nos grandes volumes da produção” (CASTRO, 2005, p.146).

O custo dos empreendimentos estruturados em aço também é desfavorável à escolha deste tipo de estrutura em muitos casos. Borsato (2009) aponta um erro comum entre construtores e clientes em comparar o custo de estruturas metálicas com outras, pois o ganho total na obra com diferentes soluções estruturais raramente é feito. Existem várias questões a serem analisadas ao se calcular o custo real de uma obra, como materiais, mão de obra, transporte, montagem ou construção, tempo de obra, atividade a ser desenvolvida com a edificação (e se esta atividade é geradores de renda para o cliente), economia no dimensionamento das fundações e atividades complementares, como tempo gasto com limpeza do canteiro de obras e gastos com reparos e retrabalhos.

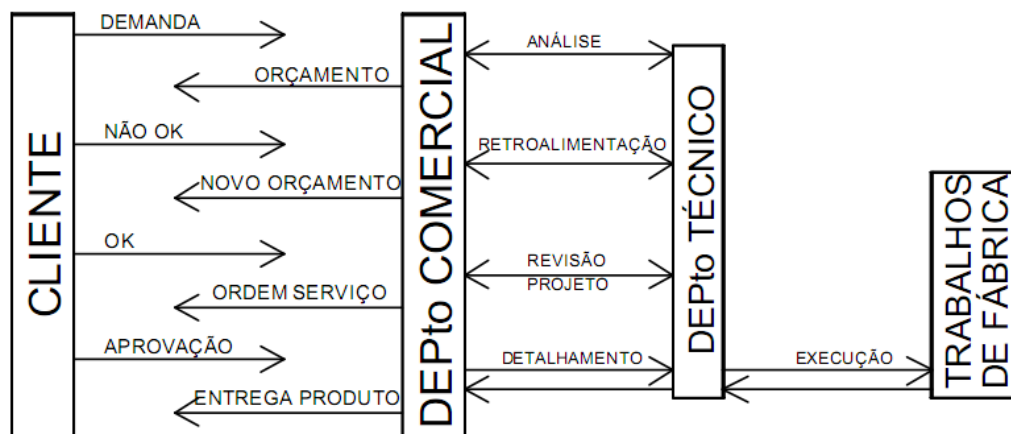
Em conformidade com o que a autora expõe, além do maior custo, podendo a estrutura ser 20% mais cara que a de concreto armado, a construção metálica exige desembolso rápido de capital, o que pode ser uma dificuldade para o cliente. Contudo, é preciso reforçar o que foi explicitado anteriormente em relação às vantagens que a estrutura em aço permite, como a agilidade de construção, possibilidade de vãos maiores e precisão da obra. Observa-se que não há consenso em relação aos custos, pois Rebello (2000), o custo total da obra poderá aumentar 5% com o uso do aço, podendo até ser mais baixo. Deve-se dar atenção especial ao fato de que sua análise é pautada no custo geral da obra e não apenas da estrutura. Alguns chegam a dizer que o custo pode ser até 15% maior do que o de uma estrutura convencional, o que segundo Rebello (2000) não tem muito fundamento. Para o autor é possível admitir um empate ou até uma pequena diferença em alguns casos.

É possível perceber então o obstáculo que existe para se construir a partir de um projeto que tenha como partido a estrutura em aço e que seja de no máximo três andares e sem pavimento tipo. Este espaço existente entre os dois tipos fornecedores (indústria siderúrgica e serralheiro) começa a ser preenchido pelos Centros de Serviços em aço, que são empresas distribuidoras e prestadoras de serviços que oferecem aos seus clientes atendimento desde a recepção até a expedição dos produtos processados oferecendo qualidade dimensional e de acabamento dos produtos. Os fluxos internos são mais rápidos, agilizando os prazos entre solicitação e entrega dos produtos aos clientes. Atuam nos segmentos de mecânica, caldeiraria e construção civil e suas atividades são, em geral, corte e furação de chapas, confecção de bobinas, telhas e acessórios para cobertura e perfis, geralmente com largura e comprimento máximos específicos, em torno de seis metros, podendo chegar a doze metros de comprimento, ou seja, se trata de uma pré-fabricação da estrutura final.

Castro (2005, p.155) explica também que o objetivo dos centros de serviços é suprir o cliente em tempo hábil e com qualquer quantidade de material, não sendo necessário um mínimo ou máximo de produto. No entanto, um problema existente é a concorrência com a própria usina, já que a mesma garante a entrega de até 12 toneladas – uma dificuldade para empresas menores. Dessa forma é justificado o crescimento de um mercado de distribuidores.

Usualmente o fluxo de ações de um processo de produção se dá como apresentado na figura 3.3, onde o cliente expõe a demanda e recebe um orçamento do departamento comercial. O orçamento pode ou não ser aprovado e, caso não seja, é adaptado até que o cliente esteja de acordo com a proposta. A partir de então é feita uma ordem de serviço para que seja aprovada e enfim se entregue o produto final. Durante a fase de elaboração de orçamentos os departamentos comercial e técnico fazem uma análise e possível retroalimentação da proposta para adequar pontos que estejam em desacordo com o que foi solicitado. Após o assentimento do cliente há uma revisão do projeto e detalhamento deste para que seja se dê início à execução pelos trabalhos da fábrica.

Figura 3.3 - Fluxo Básico do Processo de Produção



Fonte: CASTRO, 2005.

A autora fez uma seleção de oito atividades que fazem parte do método de produção de estruturas metálicas e podem ser enquadradas de maneira extensiva ao conceito do centro de serviços:

- **Suprimento:** gerenciamento de estoque, contatos e logística de fornecimento de matérias primas e insumos da produção.
- **Manuseio:** o deslocamento do material durante o processo produtivo deve ser o mais ágil e econômico possível. São utilizadas pontes rolantes, empilhadeiras, carrinhos, entre outros.

- Traçagem: trata-se da transmissão das informações dos desenhos técnicos para o material, ou seja, para as chapas ou perfis, com o uso de ferramentas adequadas, como trenas e riscadores.
- Corte: pode ser mecânico, utilizados em perfis, ou térmico, aplicado em geral em chapas. O corte mecânico é muito utilizado nos centros de serviços com uso de serras para modificação dos perfis.
- Usinagem: consiste na aparagem das peças para se obter novas dimensões e acabamento de acordo com o que se deseja. Pode incluir procedimentos como torneamento, furação, afiação, lapidação, entre outros.
- Pré-montagem e soldagem: nos centros de serviços a atividade de pré-montagem em geral gira em torno de união de placas e chapas de ligação a outros elementos e soldagens de peças.
- Inspeção: é feita inspeção visual e pesagem para verificação das peças.
- Transporte: devem-se considerar os custos de transporte das peças.

Segundo Castro (2005, p. 161) os centros de serviços se diferenciam dos grandes fabricantes de estruturas metálicas “por se concentrarem na etapa de beneficiamento da estrutura, excluindo de seu escopo as fases precedentes de concepção e projeto, e a posterior de montagem, em relação ao processo de fabricação”.

3.3 Processos de Produção de Edificações de Pequeno Porte Estruturadas em Aço

Existem várias motivações para o uso do aço como material construtivo, dentre elas tem-se (BAUREMANN, 2002):

- Seu processo de produção é industrializado e por consequência possui maior controle tecnológico;
- Tecnologia limpa, redução de ruídos na obra, menor desperdício de materiais e limpeza do canteiro;
- A fabricação da estrutura e sua montagem agilizada no canteiro de obras aceleram a construção e garantem economia e rendimento de capital total da obra;

- O material possui elevada resistência mecânica e, por conseguinte, são possíveis peças mais esbeltas e leves se comparadas às de concreto armado, maiores vãos, maior área útil dos espaços e o peso total descarregado nas fundações é menor.

O ciclo de vida das construções estruturadas em aço pode ser maior que as construções estruturadas em concreto, pois a estrutura pode ser reutilizada com a desmontagem e remontagem em um novo local. De maneira geral é estabelecido que o ciclo de vida do processo construtivo comporta: escolha do tipo de edifício, estudo de viabilidade de construção, definição de fornecedores, desenvolvimento dos projetos, aquisição de suprimentos para a construção, fabricação e transporte de materiais, aquisição de equipamentos e mão de obra, montagem, construção da obra e operação (BAUERMANN, 2002). Já o ciclo de vida da construção abrange ainda o uso da construção e sua manutenção.

Constata-se então que a escolha da estrutura metálica como componente da construção se justifica pelas muitas vantagens observadas e quando há a necessidade de agilidade no processo de produção da obra e quando a eficiência do ciclo de vida da construção é essencial para o empreendimento. Dentre as vantagens na escolha do aço como material estrutural tem-se: identidade visual, quando esta fizer parte do conceito do projeto; maior possibilidade de área útil devido à esbeltez das peças e maiores vãos; flexibilidade e possibilidade de adaptações e mudança de uso do edifício; compatibilidade com outros materiais; menor prazo de execução quando comparado com processos convencionais; possibilidade de adoção de sistemas industrializados, e conseqüente redução do desperdício de materiais; alívio de carga nas fundações; maior organização e limpeza no canteiro de obras; maiores condições de segurança para os trabalhadores; maior precisão na obra, facilitando o assentamento de esquadrias, acabamentos e redução de perdas dos materiais de revestimento; e a possibilidade de reciclagem e reaproveitamento do material.

No entanto, o uso do aço como material construtivo acarreta o uso também de formas de projeção e construção específicas, adotando-se uma logística própria para que suas vantagens existam de fato.

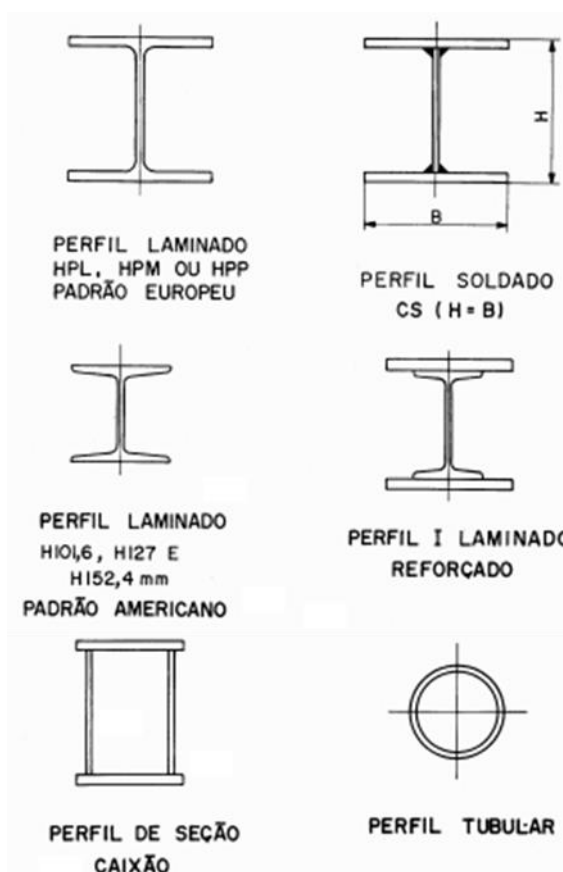
A escolha do aço para estrutura de edifícios de pequeno ou grande porte se dá função das condições do terreno, às solicitações na estrutura e à geometria esperada para a edificação. Em espaços com atmosfera agressiva à estrutura por

poluentes, maresia ou manutenção insuficiente são recomendados aços de alta resistência à corrosão (INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2004).

Em contraposição, o Instituto Brasileiro de Siderurgia (2004) esclarece que para peças comprimidas com elevada esbeltez ou fletidas, sendo a deformação um fator relevante, utilizam-se aços de média resistência mecânica. Já nos casos em que a deformação não preponderante são indicados aços de alta resistência.

Os perfis dimensionados para colunas de edifícios são dimensionados basicamente à compressão e que possuam inércia relevante mesmo em seu eixo de menor inércia, como nos perfis do tipo “H”, que possuem largura da mesa, igual ou próxima à altura da seção, como mostrado na figura 3.4 (INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2004).

Figura 3.4 – Perfis utilizados como colunas.



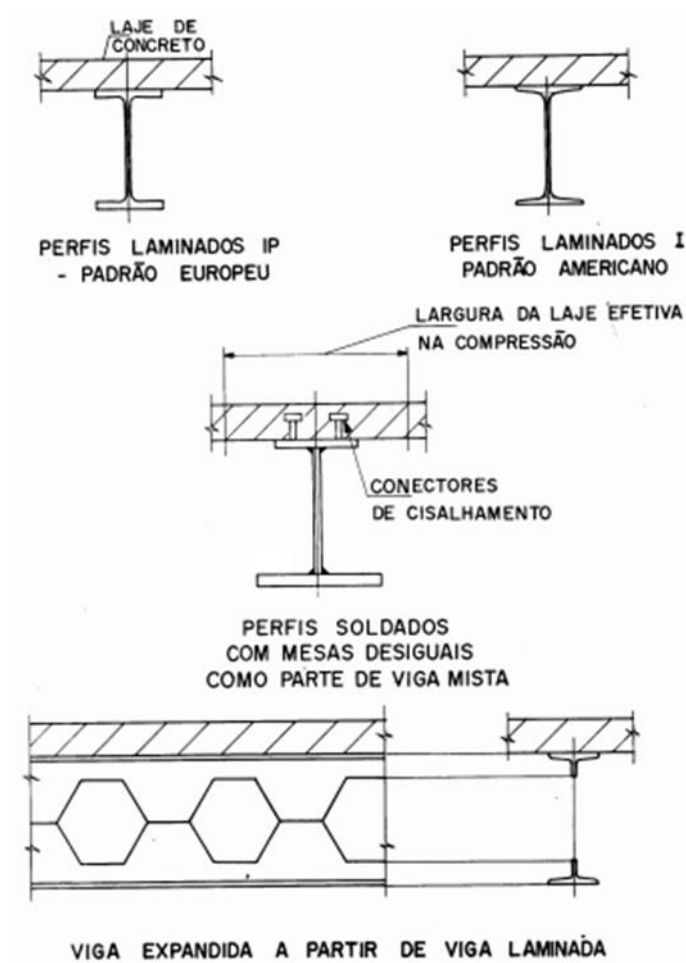
Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2004.

Os perfis utilizados nas vigas possuem em geral a mesa superior travada pelas lajes, e usualmente não são sujeitos ao fenômeno da flambagem lateral com

torção, ou ainda na forma de vigas mistas, nas quais o perfil opera juntamente à laje (Figura 3.5).

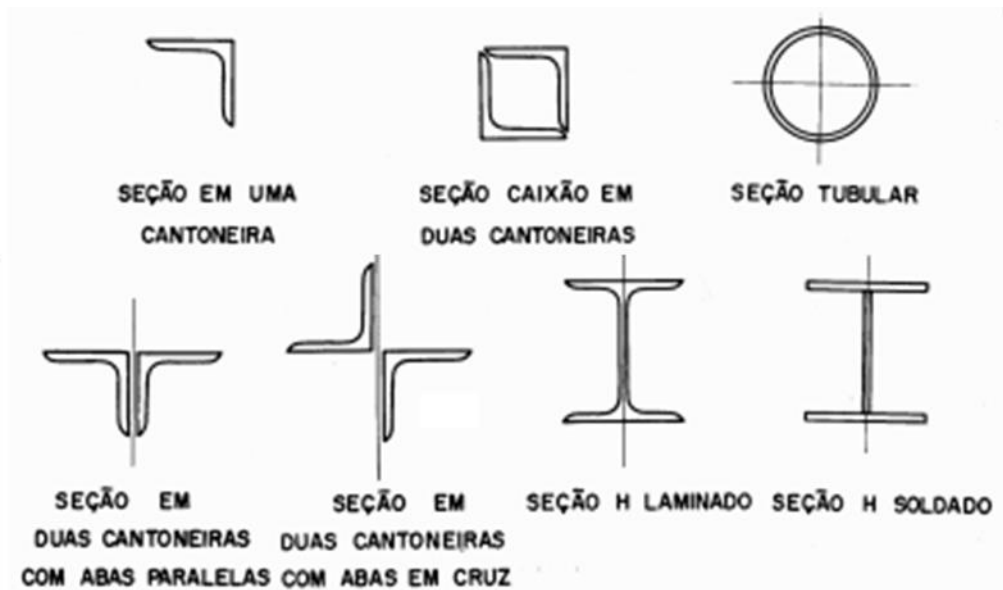
Os perfis mais utilizados como contraventamentos são leves e possuem em geral resistência a esforços normais e à esbelteza, como os apresentados na figura 3.6.

Figura 3.5 – Perfis utilizados como vigas.



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2004.

Figura 3.6 – Perfis utilizados como contraventamento.



Fonte: Adaptado de INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA, 2004.

Bauermann (2002) aponta que a escolha da empreiteira ou construtora que irá realizar a execução do edifício deve ser feita levando em consideração a experiência como pré-requisito básico, para que a mesma seja contratada por sua capacidade tecnológica. Visto que no caso da estrutura metálica é necessário um conhecimento sobre o material e sua logística para que sejam evitados problemas, adaptações e retrabalho no canteiro ou fora dele.

3.3.1 O Processo de Produção

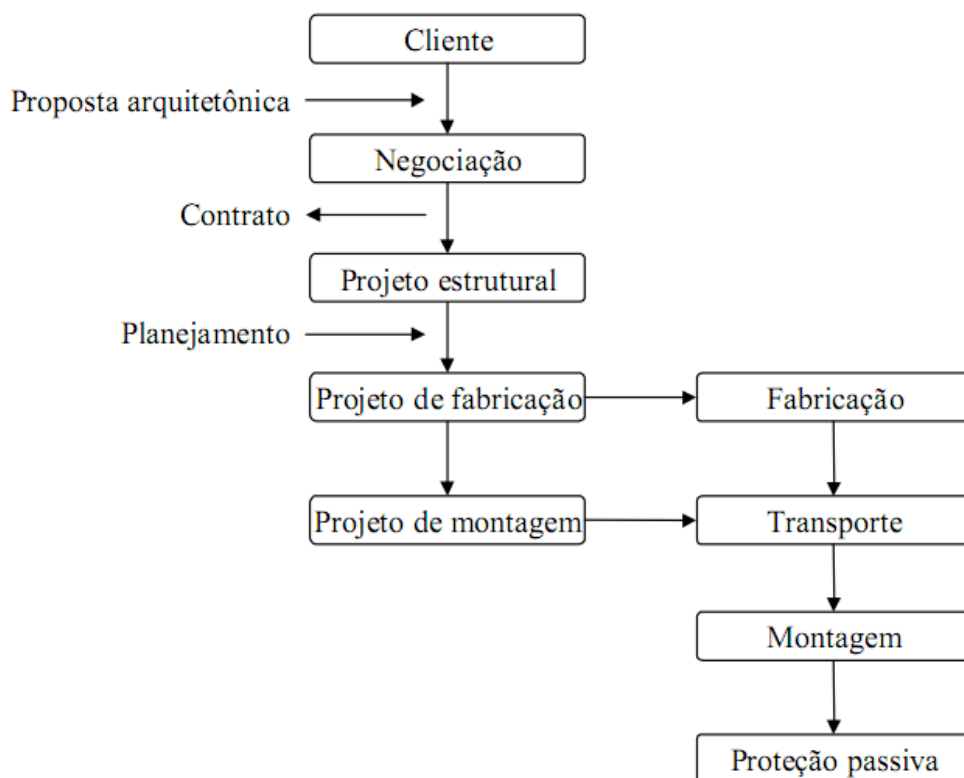
Segundo Bauermann (2002) o processo de produção da estrutura de aço consiste em projeto estrutural, fabricação, transporte, montagem e aplicação de proteção passiva ou pintura. Considerando que todo o processo de produção da estrutura seja realizado pelo próprio fabricante, na figura 3.7 é esclarecido como se dá esse processo que se inicia com a fase de negociação. Nesta fase há o contato do cliente e esclarecimento da proposta para que as suas necessidades sejam atendidas e asseguradas suas exigências, estudos de viabilidade e prazos, além de aprovação de orçamento. Em seguida é desenvolvido o projeto estrutural, que depende da proposta projetual arquitetônica e podendo ou não acarretar modificações no anterior. Quando aprovado o projeto estrutural, dá-se início ao projeto de fabricação e montagem e o posterior transporte da estrutura ao canteiro

de obras e a decorrente montagem in loco com as ações que competem à construção da estrutura e garantia de funcionamento e qualidade, como a proteção passiva.

A proposta apresentada na fase de negociação é representada na forma de diagrama estrutural unifilar, com a apresentação de plantas esquemáticas e representações em 3D a fim de traduzir as exigências do cliente.

Na fase de projeto estrutural as informações apresentadas são detalhadas, com definição estrutural de acordo com o projeto arquitetônico, indicação de dimensões, cargas atuantes, contraventamentos e demais dados necessários ao cálculo estrutural. Para definição e fornecimento dos dados acima são utilizados softwares especializados de cálculo e representação. Todas as peças são adequadamente representadas e suas ligações detalhadas, além de geração de planilhas e cadernos de especificações e materiais (BAUERMANN, 2002). Nesta fase são disponibilizadas todas as informações necessárias para o início da obra. Diante disso é feita a compatibilização dos projetos e se prossegue com o cronograma da obra. Esta é a etapa primordial para preservar-se de patologias, erros e retrabalho na obra.

Figura 3.7 - Processo de Produção da Estrutura Metálica



Fonte: BAUERMANN, 2002.

Após o fechamento do projeto estrutural se inicia a fase de planejamento, onde a empresa traça todas as atividades a serem executadas e desenvolve os cronogramas a serem atendidos durante o restante do processo de produção da estrutura. A fase de planejamento é fundamental para evitar tempo ocioso, o retrabalho e garantir o cumprimento das especificações do contrato.

Para edificações de grande porte ou seriadas o fabricante/transportador/montador deve ter um cuidado ainda maior na fase de planejamento e de logística da obra. Existe um número maior não apenas de peças, mas também de trabalhadores no canteiro, de equipamentos e em geral há menor flexibilidade de prazos e gastos.

Para edificações de pequeno porte e não seriadas, foco deste estudo, permanece a importância do cumprimento dos prazos e orçamento pré-determinados, mas a gestão da obra é simplificada em comparação com obras maiores, não dispensando, no entanto, um planejamento adequado de cada etapa da obra, bem como o fornecimento e transporte da estrutura.

Segundo Bauermann (2002) na fase de desenho de fabricação da estrutura a representação e a escolha das ligações entre as peças está intimamente ligada à capacidade de cada fábrica e seguem o que é mais conveniente pra cada fabricante sem deixar de respeitar os esforços e solicitações pré-definidas. As ligações são determinadas pelo calculista em concordância com as especificações do fabricante.

Após o desenho de fabricação da estrutura são desenvolvidos desenhos de montagem a partir da solução estrutural definida.

Para a fabricação das peças, basta o término do primeiro desenho de detalhe. Mas, os detalhes e a fabricação devem atender a necessidade da execução: os chumbadores e as demais peças de ligação da estrutura devem ser produzidos em primeiro lugar, a fim de possibilitar a conclusão das fundações. Posteriormente, deve-se produzir as colunas (tramos) e as vigas dos pórticos e dos contraventamentos, de acordo com o cronograma de montagem; em seguida, as vigas secundárias e de piso e, posteriormente, as tesouras, travessas e terças (se existirem) (BAUERMANN, 2002, p. 207).

Em geral é realizado um pré-lançamento estrutural, sem dimensionamento, com a distribuição de vigas, pilares e contraventamentos. E após a aprovação por

parte do arquiteto ou coordenador dá-se início ao estudo preliminar estrutural. No projeto executivo os cálculos são aprofundados e definidos visando atender às necessidades do cliente e por fim são elaborados detalhamentos.

3.3.2 O Processo de Projeto

Esta pesquisa é focada no projeto de arquitetura, ao qual compete a concepção do projeto propriamente dito. Cabe ao arquiteto definir o conceito da obra, espaços, volumes partido estético e a adequação ao programa. Esta é a fase de determinação de materiais, conforto térmico, o tipo de estrutura e o custo da obra.

Como aponta Borsato (2009, p. 113), “um projeto arquitetônico em aço, sob o ponto de vista de processo ou de produto, deve ser entendido como um tipo de produção industrial que exige o controle e planejamento de toda a produção”.

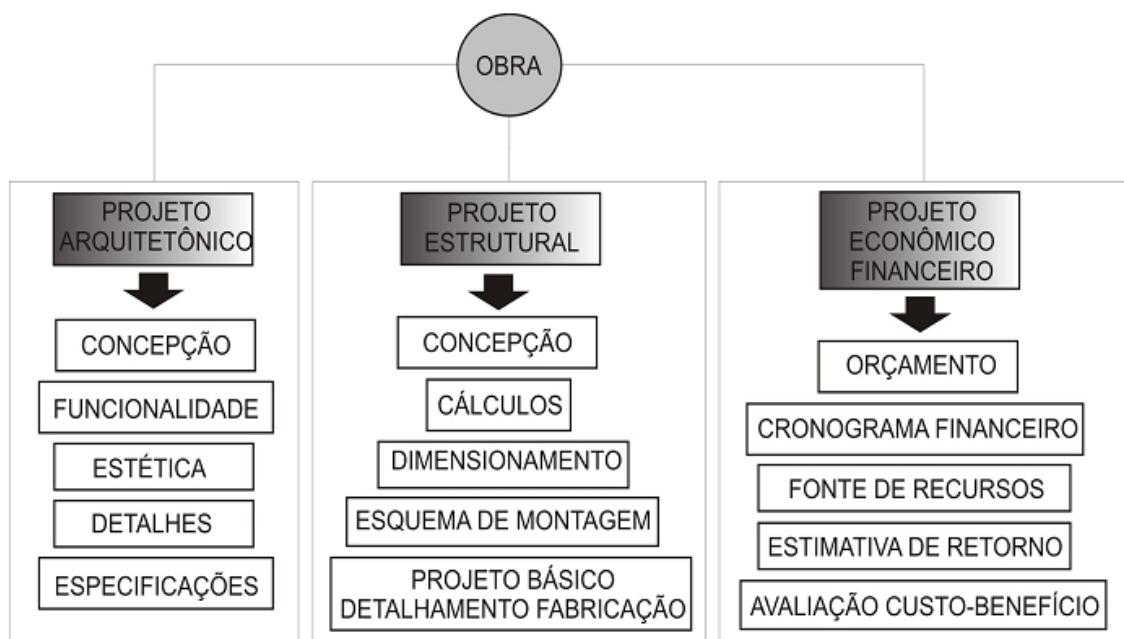
Tendo em vista que a tomada inicial de decisões é a principal durante todo o processo de projeto e que compete ao projeto de arquitetura as definições principais do empreendimento é importante que a determinação do uso do aço aconteça nos momentos iniciais do processo. A escolha do aço como material estrutural será pautada nas vantagens e características que ele oferece à construção civil, como a otimização de vãos, possibilitar pés direitos mais altos, entre outras. Evidentemente o diálogo com o engenheiro projetista estrutural é essencial para respaldar a tomada de decisões relacionadas à estrutura da edificação. A figura do engenheiro é primordial durante a fase de anteprojeto por contribuir pela busca pela melhor solução, com melhor relação de custo/benefício.

A partir da resolução do sistema estrutural e do tipo de aço, calculam-se os elementos de sustentação e as ligações, e desenvolvem-se os detalhes construtivos do projeto estrutural. Borsato (2009) afirma que este é um momento crítico, pois com uma tomada de decisão errada ou erros no projeto estrutural toda a obra pode ser inviabilizada economicamente. A concepção estrutural deve respeitar a concepção arquitetônica e garantir que a mesma seja erigida. No entanto é errôneo pensar que o projeto arquitetônico seja imutável, quando na verdade ele é o norteador do empreendimento e passível de alterações e adaptações quando necessário a fim de

garantir o cumprimento do programa de necessidades, a definição estética, a funcionalidade, a segurança e a montagem da estrutura.

A obra estruturada em aço, bem como qualquer obra industrializada, deve ser pensada, projetada, detalhada e fabricada fora do canteiro de obras e para Borsato (2009) é preferível investir na fase de projeto, procurando pela solução mais adequada para cada caso, como forma de garantir a qualidade e o melhor custo/benefício. A autora constata que o custo de alterações em projeto será sempre menor que os custos posteriores provocados por erros. Segundo a mesma, tudo deve ser decidido durante o projeto arquitetônico e projeto estrutural e as demais resoluções são decorrentes destes e que qualquer decisão errada no início terá um grande impacto nas etapas posteriores. Na figura 3.8 apontam-se as etapas projetuais de uma obra.

Figura 3.8 - Diagrama com etapas presentes no projeto arquitetônico, projeto estrutural e projeto econômico financeiro.



Fonte: BORSATO, 2009.

A ideia é que as três fases de projeto sejam um afinamento para a passagem de erros, problemas ou falta de informações que gerem patologias e falhas na construção durante ou após a obra. Os projetos arquitetônico, estrutural e econômico financeiro são desenvolvidos em parceria e demandam uma

comunicação eficiente entre eles a fim de assegurar a melhor solução possível em termos de preço, tempo, qualidade e atendimento às necessidades do cliente. O detalhamento da estrutura e demais elementos como painéis de vedação, cobertura, climatização artificial, hidráulicos, entre outros, devem ser elaborados com a maior primazia, pois os mesmos darão as informações para o real orçamento da estrutura e informarão as fases dos desenhos de detalhamento para a fabricação (BORSATO, 2009).

Uma questão comum em todas as referências literárias utilizadas é a valorização da fase de projeto para obras com estrutura em aço. Um esforço de todas as equipes projetuais pela qualidade máxima no processo de projeto como busca pela qualidade final do produto. Somente assim as vantagens e atributos deste tipo de estrutura seriam de fato aproveitados.

Conforme Borsato (2009) indica, a escolha dos materiais, a determinação de perfis laminados ou chapas dobradas, tubos ou vigamentos de chapas dobradas, sistemas de ligação nas composições de fábrica ou nas de montagem, dependerão da tipologia da obra, dos fabricantes, das facilidades operacionais e dos equipamentos disponíveis de montagem.

Os desenhos de detalhe de fabricação deverão sempre existir, independentemente do tamanho da obra, com a intenção de se evitar improvisações e indefinições na fase executiva, ou seja, os detalhamentos são de mesma relevância para as edificações de pequeno e grande porte, seriadas ou não, já que o que se busca é atingir o potencial da estrutura e da obra. Segundo a autora supracitada, estes desenhos deverão indicar as dimensões e quantidades de parafusos, de cordões de solda e demais informações indispensáveis para a execução de cortes, furações, soldas e montagem da estrutura. O peso estrutural é em geral o elemento definidor de preços. Contudo, a autora ressalta a importância de analisar com cuidado a procura pela diminuição do peso, pois outros custos como o da mão-de-obra de fabricação e montagem poderá exceder as vantagens da redução de peso. De maneira geral o que se prega é pelo bom senso e pelo cálculo consciente de todas as fases da obra, incluindo a forma de obtenção da estrutura para a partir de então definir o orçamento final do empreendimento.

Borsato (2009) reafirma que o detalhamento é o fator mais importante quando se objetiva a redução de custos e prevenção de patologias e declara que em oposição ao que ocorre em construções com concreto e alvenaria, o sistema de aço

ainda não é aproveitado em todas as suas possibilidades, e termina por manter um caráter tecnológico tradicional, apesar do crescimento da indústria para a produção de insumos para construções metálicas, como tintas, parafusos, conectores, acabamentos, complementos e painéis de fechamento.

O envolvimento do profissional de projeto, arquiteto e engenheiro, com o processo de produção de construções estruturadas em aço precisa ser maior do que o já desenvolvido para outras tipologias de obras. Segundo Rebello (2000), o arquiteto precisa conhecer todos os detalhes da obra, incluindo os detalhes estruturais, como saber se a viga será parafusada ou soldada e como vai ser apoiada, mesmo em obras de pequeno porte.

O planejamento na fase de projeto é de suma importância para o sucesso final da obra. Bauermann (2002) diz que para uma produção é necessário um planejamento de ações e que o projeto deve ser entendido como produção da edificação ainda no “papel” e que por consonância também deve ser planejado e dividido em etapas definidas de forma a orientar o trabalho. Ao se estabelecer o objetivo a ser alcançado com o projeto podem ser definidas cada fase de projeto e as metas a serem alcançadas em cada momento, como a identificação de um ou vários problemas e as possíveis soluções para os mesmos.

Quando a construção possui materiais industrializados, o processo de projeto deve prever a possibilidade de obtenção do material, tanto em relação ao fornecimento quanto aos prazos. Caso a obra seja realizada em fases e com intervalos longos de tempo, o projeto deve prever as fases e como se dará a construção caso o edifício seja utilizado mesmo sem que a obra esteja finalizada.

O transporte das estruturas até o canteiro de obras deve ser planejada e orçada nos momentos iniciais do projeto para estudo de viabilidade da obra, levando em consideração os meios de transporte utilizados, as dimensões das peças, o tempo, entre outros fatores. Borsato (2009) salienta que a fase de montagem requer equipamentos específicos, como qualquer outra atividade no canteiro e que estes aspectos devem ser previstos desde a fase de concepção e projeto.

A fabricação das peças segue a prescrição do projeto estrutural e dos detalhamentos e cada peça deve ser colocada em uma posição pré-determinada e devido à versatilidade das possibilidades de montagem da estrutura de aço, diferentes esquemas de montagem podem ser escolhidos, de acordo com a topografia, equipamentos disponíveis e com o projeto (BORSATO, 2009).

“É importante levar em consideração as características do terreno e as dificuldades que possam surgir em função de sua localização como restrição de transporte pesado, o que irá limitar o peso das peças, ou ainda restrição de giro da grua. As restrições devem ser analisadas com cuidado para que não afetem o cronograma de montagem, evitando atrasos e prejuízos. O planejamento adequado é imprescindível para o sucesso do trabalho com estruturas de aço. Assim pode-se atender aos prazos estabelecidos, reduzir desperdícios e retrabalhos e realmente usufruir as vantagens oferecidas pelas estruturas de aço.” (BORSATO, 2009, p. 86)

Na construção estruturada em aço a modulação é intrínseca à racionalidade e é ponto fundamental para a economia de materiais e padronização da estrutura. A escolha da estrutura metálica ocorre em geral na fase inicial do projeto, quando se avalia as condições do terreno e o programa de espaços necessário no edifício a ser projetado. Sua escolha se deve a vários fatores e em cada caso um ou mais fatores podem ser predominantes para a definição da tipologia estrutural e dos materiais que serão utilizados. A partir da determinação do tipo de estrutura tem-se a referência para a escolha dos outros componentes da construção como, por exemplo, os materiais de vedação, cobertura e esquadrias. A previsão de manutenção também é substancial para obras com qualquer solução estrutural, principalmente em aço.

Bauermann (2002) analisou diferentes obras estruturadas em aço e estudou o processo de projeto e produção dessas edificações junto aos projetistas e construtores. A autora chegou a algumas conclusões em relação ao uso da estrutura e à metodologia projetual dos profissionais. A supracitada constatou que muitas vezes o planejamento do processo de construção ocorre somente após o desenvolvimento do projeto, que a atribuição da responsabilidade de verificação da viabilidade das soluções às equipes de compatibilização e coordenação, ocorre após a execução dos projetos, com a verificação por meio da compatibilização e que a falta de planejamento da fase de projeto que ocasionam repetição, desperdício de materiais e retrabalho com soluções subótimas. A autora propõe então alguns pontos a serem seguidos a partir do ponto crítico do processo de projeto identificado por ela, a compatibilização:

- Os sistemas produtivos industrializados devem ser definidos no início do desenvolvimento dos projetos;

- Após a definição dos sistemas construtivos deve ser feito o planejamento do processo de execução;
- O desenvolvimento dos projetos deve ser planejado de acordo com os pré-requisitos determinados pelas especialidades de projeto, conforme as necessidades da logística de execução e segundo os prazos requeridos para a fabricação e transporte dos materiais até a obra;
- A compatibilização dos projetos deve ocorrer logo no início do processo de projeto.

É importante salientar que a autora verificou as inúmeras incertezas da fase inicial de projeto e de definição arquitetônica e como elas ocorrem em diferentes edificações, terrenos, condicionantes e requisitos que acabam direcionando a proposta a caminhos que tendem a ser mais viáveis. Em sua pesquisa, as interfaces mais problemáticas encontradas estão relacionadas aos projetos complementares de elevadores, na fixação das guias de corrida e das portas, de ar condicionado, do sistema de esgoto devido à inclinação da tubulação que dificulta os furos, à fixação dos painéis de vedação, e de paisagismo, que pode sobrecarregar as lajes. Outro ponto relevante em seu trabalho foi a constatação da dificuldade de contratação de projetistas na fase de concepção do produto, sendo em geral a arquitetura a primeira área contratada e a que define a solução e as demais especialidades compreendidas como consultores, quando julgados necessários, tornando o processo de projeto insuficiente por falta de diálogo sobre as concepções, apenas adequando os projetos complementares ao projeto arquitetônico, ou em caso oposto, pela mudança radical de elementos considerados imprescindíveis para a solução inicial.

4 ARQUITETURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O crescente consumo de produtos e materiais naturais vem promovendo níveis maiores de poluição e degradação ambiental e tendem a um panorama insustentável. Surge então a preocupação com o meio ambiente e com o espaço em que se vive para manutenção dos recursos naturais e perpetuação destes para as gerações futuras. Esta nova linha de ações e percepção do espaço natural mostra a gradativa preocupação com o desenvolvimento sustentável, tanto por empresas, como pelos próprios cidadãos em busca de melhoria da qualidade de vida.

4.1 Conceituação de Sustentabilidade

A forma como a sociedade se desenvolveu ao longo do tempo foi de distanciamento gradual de consciência do meio ambiente. A dependência do meio em que se vive é real e comum a todas as comunidades em maior ou menor escala. No entanto, “a abordagem sobre a qual tem se apoiado os modelos econômicos é insustentável, não será possível empreender uma mudança capaz de se elevar acima da relação conflituosa entre economia e ecologia” (LOTUFO, 2011, p.12).

O meio ambiente é encarado como algo importante para a sociedade até o momento em que se cruzam os interesses ambientais e os interesses econômicos, com a tendência de o segundo sempre sobressair ao primeiro. A forma mais comum de se encarar as necessidades humanas é com a infinita disponibilidade de recursos naturais. Ainda assim é necessária uma revisão da forma de pensar o espaço natural e seus componentes em busca de renovação e não comprometer o meio ambiente pelas necessidades humanas atuais e futuras.

Segundo Lotufo (2011), durante os últimos duzentos anos, os recursos naturais foram encarados como infinitos, de forma que o planeta tornou-se cada vez mais poluído e devido ao consumo inconsciente decorreu-se o desaparecimento de muitos recursos naturais. O autor ressalta que se antes a produção dependia exclusivamente de recursos financeiros, hoje ela depende principalmente da gestão dos recursos e não mais sobre linhas de produção, mas sim em ciclos de fabricação, consumo e descarte responsável.

Sabe-se que a sociedade está com problemas sociais e ambientais de escalas local e global. Dentre tais problemas, os mais conhecidos são o aquecimento global, extinção de espécies, a superpopulação, a pobreza e a seca. Yannis, Vassilis e Vasiliou (2010) levantam questões sobre a sustentabilidade da sociedade e examinam uma série de abordagens na literatura de mecanismos de medição do grau de sustentabilidade de um determinado local.

Os autores supracitados a fim de reduzir o âmbito da sustentabilidade para a gestão dos recursos abordam artigos desenvolvidos por H. E. Daly (1990) e K. Rennings; H. Wiggering (1997), que definem as condições necessárias de sustentabilidade a nível operacional:

- Os recursos renováveis devem ser obtidos do meio ambiente a uma velocidade menor ou igual à taxa de regeneração natural.
- Recursos não renováveis devem ser usados a uma taxa não superior à taxa de criação de substitutos para eles.
- As emissões de resíduos não deverão exceder as capacidades de assimilação dos ecossistemas relevantes.

Até hoje o discurso arquitetônico tem sido dominado por conhecimento técnico sobre a construção dos chamados "edifícios sustentáveis", como afirmam Canizaro e Tanzer (2007, p. 4). O número cada vez maior de textos que tratam de modelos de melhores práticas e/ou meios de construções tecnicamente eficientes ou edifícios ecologicamente sensíveis atesta isso. Muito ainda há de ser pesquisado para que se tenham maiores conhecimentos sobre o tema como um fenômeno social e histórico.

Canizaro e Tanzer (2007) determinaram pelo menos cinco definições concorrentes de arquitetura sustentável, verde ou ecológica:

1. Os edifícios e ambientes que ajudam a estabelecer uma relação integrada com a natureza;
2. Edifícios e ambientes que preservem e/ou melhorem os ecossistemas locais;
3. Os edifícios e ambientes que resultam de ações em que a qualidade ambiental, entendida tanto fisicamente e socialmente, é essencial;
4. Os edifícios que satisfaçam uma série de parâmetros de referência (como, LEED) definidos por peritos, partes interessadas e políticos;
5. Edifícios e ambientes que salvam e/ou conservam energia e satisfazem nossas necessidades reais.

O primeiro conceito é mais global e de certa forma acolhe em si os demais itens. Contudo, muitos profissionais tendem a considerar a sustentabilidade apenas como o último item, talvez por enxergá-la de forma mais direta e prática. Mas o mais importante é que uma lista parcial como esta é problemática. Qualquer ação em busca do desenvolvimento sustentável é benéfica, no entanto não é suficiente quando o que se deve buscar realmente é a sustentabilidade como um todo. Mesmo que ainda seja difícil alcançá-la é necessário caminhar sempre a sua procura e não denominar erroneamente um edifício como sendo sustentável quando é apenas eficiente energeticamente ou preserva o ambiente natural lindeiro à edificação.

Os autores criticam a busca obstinada e persistente sobre o porquê e o que fazer, que tem impedido muitos arquitetos preocupados com os problemas ambientais, mas que não tem certeza de como proceder. Alguns são relutantes em agir com uma compreensão incompleta do ambiente, outros com base em uma ou outra teoria provisória. De fato, alguns argumentam que a sustentabilidade não é um objetivo, mas uma lente, um modo de filtragem e de agir. São admiráveis os arquitetos que têm procurado por respostas e que agem segundo suas próprias conclusões, ainda que temporárias, sem as quais não se teria chegado até o ponto em que se conhece e sabe sobre sustentabilidade.

Segundo Motta e Aguilar (2009, p. 88), a questão do desenvolvimento sustentável é um problema de escala global e, portanto, deve abranger desde ações em escala local até determinações que tenham relação com a escala global. A partir dos princípios da proteção do ambiente, o conceito de sustentabilidade tem sido ampliado e hoje diz respeito a todas as atividades humanas e aos impactos produzidos sobre o meio ambiente, a economia e a sociedade. Contudo, apesar de esta definição ser cada vez mais atualizada e amadurecida, ainda permanece atual, pois a cada dia que se passa se tornam mais urgentes as aplicações de medidas de salvaguarda dos recursos naturais.

Na figura 4.1 mostram-se as três instâncias do desenvolvimento sustentável: econômica, sócio cultural e ambiental, de maneira que pelo do cruzamento, ou seja, da aplicação de ações de duas ou mais instâncias exista uma orientação a caminho de melhorias de eco eficiência, justiça sócio ambiental e/ou inserção social.

Figura 4.1 - Dimensões da sustentabilidade



Fonte: MOTTA; AGUILAR, 2009 (p. 89).

“A ONU, desde 1983, segue o conceito formal de desenvolvimento sustentável como ‘aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades’. As estratégias de busca do desenvolvimento sustentável devem atuar em três dimensões da sustentabilidade: ambiental, sócio cultural e econômico. O objetivo deve ser o equilíbrio entre as dimensões ambiental, sócio cultural e econômica, sendo definidas como metas as ações ‘ambientalmente responsáveis, socialmente justas, economicamente viáveis’” (MOTTA; AGUILAR 2009, p. 89).

Com uma população cada vez mais urbana e as cidades cada vez maiores a realidade que se enfrenta hoje é de consumo exacerbado de recursos naturais e impactos ambientais. Com uma população que já não planta, pesca ou trata de animais, o próprio transporte da comida é um consumo de energia e causa liberação de resíduos. As mudanças do modo de vida impactam todo o ambiente onde se vive e em alguns casos geram problemas irreparáveis, como o aquecimento global, extinção de espécies e destruição de nascentes.

Frente às dificuldades encontradas devido aos problemas causados pela ação antrópica dos últimos séculos, a população está passando por um novo momento de renovação e reorganização de prioridades. A preservação natural passa a ser ponto de discussão em escolas na sociedade em geral, a preocupação com as gerações

futuras e o que as aguarda, principalmente no tocante à água, acentua a importância do elemento social. Nos últimos anos o Brasil sofreu com secas de rios e córregos. Animais e homens sofreram as consequências da falta de água até para as atividades básicas do dia a dia, como cozinhar, lavar roupas e tomar banho. Várias famílias sofrem com a escassez de água e esta realidade que já é bastante triste não dá margem para muita esperança para o futuro.

No plano econômico, um negócio focado nas questões de proteção ambiental é cada vez mais bem visto pelos investidores institucionais. Mais amplamente, o conceito de responsabilidade social das empresas, caracteriza-se por estas empresas decidirem voluntariamente contribuir para uma sociedade melhor e um ambiente mais limpo, indo muito além de relações com investidores e impulsionando a interação de uma empresa com todas as suas partes interessadas, abraçando a luta contra o impacto econômico, social e ambiental de suas atividades. Existem ainda fatores sociais que impulsionam o desenvolvimento sustentável, como por exemplo, o aumento da população e da evolução das tendências populacionais.

Existe um consenso internacional de que a mudança climática está ocorrendo e que a causa principal é o aumento da concentração de gases de efeito estufa, predominantemente de dióxido de carbono. Isto levanta duas questões para a construção, em primeiro lugar a maior a eficiência energética na fabricação de materiais de construção, no processo de construção e na entrega de edifícios que são eficientes energeticamente. Em segundo lugar a inovação na criação de edifícios que possam suportar situações climáticas e ambientais extremas, como velocidades de vento superiores, variações de temperatura mais ampla e aumento de inundações, entre outros. E ainda a disponibilidade decrescente de terra, construção em terrenos contaminados e reciclagem e reutilização de resíduos de construção para lidar com a disponibilidade cada vez menor de locais de aterro. Sem contar a pressão política, muitas vezes sob a forma de uma nova legislação. (BURGAN; SANSOM, 2006).

A qualidade urbana está absolutamente associada ao desenvolvimento sustentável e a busca por comunidades mais sustentáveis deve abarcar espaços que garantam o bom convívio entre as pessoas e que estimule o respeito e a proteção do meio ambiente. São imprescindíveis lugares seguros e saudáveis, com espaços públicos e áreas verdes bem projetadas, com fornecimento de serviços e infraestrutura, dentre outros. São bem vindas ações que impactem positivamente a

comunidade, como reciclagem, valorização de pedestres e ciclistas e consciência das necessidades das gerações futuras.

A responsabilidade do arquiteto frente à qualidade do espaço construído está em projetar em busca por soluções que possibilitem a manutenção dos ambientes naturais e construídos de alta qualidade. A minimização do uso de recursos e a ocupação adequada do solo contribuem para uma comunidade mais sustentável e que busque por edificações dignas, com múltiplas tipologias e usos, flexíveis e acessíveis (SELO CASA AZUL, 2010).

Focando o estudo nos avanços do desenvolvimento sustentável adquiridos na construção civil percebe-se que o entendimento do assunto é relativamente recente e que ainda há muito por vir para que se tenham construções de fato sustentáveis. No entanto é um alívio saber que se está no caminho de algo maior e que mudará para melhor a vida das pessoas. A tipologia de escala, materiais e layout de um determinado empreendimento acarretam implicações socioambientais.

A tríade da sustentabilidade deve ser objetivo central das ações de um empreendimento, e sem diminuir a importância das outras esferas, o âmbito ambiental se mostra extremamente urgente. A construção civil causa inúmeros impactos ambientais negativos. A escolha adequada dos sistemas construtivos e materiais pode ser vista como uma avanço rumo ao desenvolvimento sustentável. De acordo com Marques e Salgado (2007), a arquitetura é parte fundamental desse processo, pois é a partir do projeto que são definidas as principais características da edificação.

Os aspectos históricos do desenvolvimento sustentável são elucidados no Apêndice A.

4.2 Arquitetura Sustentável

A sustentabilidade vem se desenvolvendo de maneira universal, abrangendo diversas áreas em torno de um objetivo coletivo, tanto pela busca pela sensibilização dos cidadãos quanto por intermédio destes.

Cada cidadão deve desenvolver a consciência de que é ele mesmo o criador da sua história e do lugar onde vive, de forma que uma sociedade consciente é uma sociedade que trabalha em prol do desenvolvimento do seu espaço, bem como sua

expansão e impacto para as sociedades futuras. A percepção da responsabilidade individual para com a sustentabilidade de toda a comunidade tende a uma mudança cultural.

A arquitetura sempre refletiu o contexto de sua época, cultura local, política e tecnologia e demonstra a forma como uma comunidade interage com o meio em que vive e sua relação com a natureza. Diante do modo de vida e do progresso alcançado pela humanidade as transformações ocorridas no planeta tem demonstrado uma degradação ambiental progressiva.

A consciência ecológica ainda não foi despertada em toda a sociedade, mas novos caminhos são traçados a cada dia em direção à conservação do meio ambiente e ao enfrentamento das práticas de degradação. Os projetistas são os profissionais que fazem com que as mudanças ocorram na construção civil e o pensamento sustentável vem crescendo e surgem projetos inovadores e altamente tecnológicos com grande potencial sustentável.

No entanto, segundo Montes (2005), a arquitetura não está realmente pronta quando está construída. É preciso considerar o funcionamento dos edifícios, incorporar novos paradigmas e criar novas linguagens que podem melhorar as cidades e o bem estar das pessoas.

Sattler (2008) indaga sobre os desafios da busca pela sustentabilidade em edificações e da importância das pesquisas e afirmou que as construções em geral educam mal os usuários, sem deixar claras as origens dos materiais, suas fontes, processos de produção e se existe reaproveitamento e reciclagem nestas.

Segundo o pesquisador, o edifício deve transmitir informações a respeito do momento e do modo em que se vive, com sensibilidade, criatividade e inovações. Para ele a arquitetura pode orientar as pessoas e tocar a alma e somente será sustentável quando for projetada para ser integral.

Especialmente no Brasil, devido às suas riquezas naturais, a arquitetura tem grande potencial de aplicação do desenvolvimento sustentável. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN) de 2015, baseado do ano de 2014, o consumo de energia elétrica foi de 33% para o setor industrial e 42,5% para as edificações, sendo que 21,2% foi do setor residencial, 6,8% do setor público e 14,5% do setor comercial. Os dados mostram que esforços de redução de consumo e aplicação da sustentabilidade devem ser feitos na construção civil (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2015).

Chiotinis (2006) certifica que a arquitetura e o urbanismo, por meio das moradias, do ordenamento do território e da forma como o espaço é utilizado, sempre expressou e moldou o inconsciente coletivo dos povos. E afirma ainda que nos últimos anos, a necessidade de preservar o ecossistema, tornou-se ainda mais imperativa. Análises elaboradas por cientistas demonstram com clareza que, se a forma atual de "desenvolvimento" social persistir, a capacidade das próximas gerações de existir neste planeta será problemática, e que irá ocorrer porque a forma predominante de desenvolvimento é danosa ao meio ambiente, ela esgota, desorganiza e tende a destruir o ecossistema existente, isto é, a própria estrutura da existência e suporte das gerações presentes e futuras. As reações a esta mentalidade dominante estão se tornando mais e mais intensas e ultimamente os esforços estão voltados à necessidade de se ver a atividade humana pelo prisma da "sustentabilidade" ou da consciência humana global, de modo que as metas estratégicas para a conservação do meio ambiente e a preservação da continuidade da história possam ser definidas em uma escala global.

O uso do termo sustentabilidade, de acordo com o modo de vida atual, pressupõe uma mudança de atitude humana. Convoca sociedades contemporâneas a tomar medidas em prol das sociedades futuras. E exige que cada indivíduo desenvolva consciência histórica, que cada ser humano veja a si mesmo como um participante em sua história e que diferencie suas prioridades de vida atuais.

Uma edificação sustentável é responsável pelos materiais que utiliza, pelos recursos que consome, pelos resíduos que gera, planejar os impactos que provocará durante sua vida útil e procurar ser autossuficiente (MACHADO, 2010).

Os materiais pré-fabricados contribuem para o desenvolvimento sustentável pela facilidade de reutilização e modulação, que acarretam melhor aproveitamento dos elementos e menor desperdício. Entretanto vale ressaltar que a viabilidade do uso de componentes pré-fabricados será a condicionante para sua aplicação, tendo em vista os gastos e impactos gerados pelo transporte dos materiais ao local da obra, a existência de mão de obra especializada na comunidade local e a inclusão destes sistemas na cultura da comunidade.

De acordo com Machado (2010) o arquiteto é desafiado a conhecer e compreender os critérios necessários para uma arquitetura mais sustentável de acordo com o local e o contexto da obra.

A importância da arquitetura para a sustentabilidade deve ser valorizada e explorada, porque ela é capaz de se tornar algo que pode cooperar ativamente com outros componentes no sentido de tornar todo o sistema de alguma forma sustentável. A questão é como fazer arquitetura menos danosa ao meio ambiente e ao homem contribuindo para a melhoria de uma cidade sustentável. Segundo Los (1998) a arquitetura poderia cooperar em melhorar uma cidade sustentável de duas formas: por sua existência concreta dentro do ambiente urbano ou rural, quando corretamente construído, como uma contribuição prática para a operação de uma cidade; ou pelo seu poder gerador ao realizar um projeto adequado que resolva muitos problemas insolúveis de outra forma.

A composição arquitetônica não é a simples adição de uma solução estética opcional para as outras soluções essencialmente físicas objetivadas na sustentabilidade. Não é um atributo que poderia ser acrescentado ou não, mas uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável. Los (1998) diz que qualquer conhecimento ou entendimento pode ser alcançado por formas. Assim como foi uma das principais realizações de Brunelleschi, a Catedral de Santa Maria del Fiore. (Figura 2.3)

A arquitetura sustentável deve estabelecer uma conexão com o lugar, a cultura e o clima onde está inserida, entretanto é mais comum encontrar exemplares de edifícios que não se integram à natureza e a tomada de decisões dos projetistas é a definidora do equilíbrio ou desequilíbrio entre construção e natureza.

Construções que buscam estar inseridos no desenvolvimento sustentável contribuem para a minimização dos impactos ambientais, pois além de serem mais duráveis e promoverem economia em longo prazo, possuem menores custos operacionais, são em geral pré-fabricadas e mais eficientes e seguras para seus trabalhadores (MEDEIROS, 2012).

Um edifício sustentável pode ser considerado um organismo vivo, de modo que são integradas as condições naturais do ambiente, a responsabilidade social e ambiental, conforto dos espaços e que estejam de acordo com seus usuários e impacte positivamente a comunidade.

Medeiros (2012) reconhece que o custo inicial de uma obra sustentável pode ser entre 5% e 8% maior que o convencional, todavia os benefícios e o retorno financeiro transcorrem durante a vida útil do empreendimento com a redução do

custo de manutenção operacional da casa, com o ganho da qualidade de vida dos moradores e na redução da pegada ecológica da construção.

O autor aponta sete aspectos que devem ser considerados ao idealizar um empreendimento sustentável:

1. Ambiente da obra e seu entorno: o terreno não pode estar inserido em área de preservação ambiental, e quando possível deve-se evitar terrenos nos quais o aproveitamento dos recursos naturais como ventos e radiação solar seja impossível ou extremamente dificultado;
2. Atendimento à Legislação: deve-se respeitar e cumprir as legislações pertinentes à construção estabelecidas pelas prefeituras e demais órgãos responsáveis;
3. Documentação: é essencial que o empreendimento seja legalizado e escriturar e registrar faz parte da esfera social da sustentabilidade;
4. Orografia: o estudo e análise do relevo e das condições naturais da região contribuem para soluções projetuais mais embasadas e conscientes;
5. A infraestrutura: a viabilidade do empreendimento depende da existência ou não das redes de água, esgoto, energia e comunicações;
6. Vizinhança: são indicadas visitas ao local da futura obra em diferentes horários e dias da semana para avaliar os aspectos positivos e negativos do entorno e da comunidade, principalmente no tocante à segurança e mobilidade dos futuros usuários;
7. Arborização e terreno: algumas árvores e pedras podem dificultar a obra e comprometer decisões de projeto, no entanto o arquiteto deve absorver as potencialidades do local e transformar os obstáculos em oportunidades, utilizando as árvores para melhorar o microclima da edificação;

É essencial que as novas gerações aprendam com as construções sustentáveis, como uma maneira de se reconhecerem como parte da natureza. De acordo com Medeiros (2012) uma edificação sustentável é autossuficiente ou se aproxima desta em termos de energia, uso de águas pluviais, reutilização de águas cinzas, eficiência energética e conforto, proporcionando melhor qualidade de vida para seus moradores.

O autor sugere que arquitetos e engenheiros devem projetar de forma mais elegante e ecologicamente versátil, aplicando princípios ecológicos desde a concepção do edifício com o propósito de evitar o aumento de custos, pois a

implementação de novas tecnologias e soluções improvisadas podem aumentar significativamente o custo da obra. E ainda: evitar singularidade funcional que pode inflexibilizar a construção, priorizar iluminação e ventilação naturais, simplificar as operações e a manutenção do edifício, projetar visando a durabilidade, utilizar energias renováveis e orientar as fachadas adequadamente em relação ao sol.

Wines (2000) apud Montes (2005, p. 29) também apresenta algumas diretrizes para uma arquitetura voltada à ecologia e ao meio ambiente:

- Prédios menores;
- Uso de materiais reciclados e renováveis;
- Uso de materiais que incorporem baixa energia;
- Uso de madeira certificada;
- Captação de água de chuva;
- Baixa manutenção da construção e dos sistemas complementares a ela;
- Reciclagem de edificações;
- Redução da emissão de gases que afetam a camada de ozônio;
- Preservação ambiental;
- Eficiência energética;
- Orientação adequada da edificação;
- Acesso ao transporte público;
- Arquitetura integrada à paisagem e ao jardim;
- Uso de novas tecnologias relacionadas à ecologia e sustentabilidade;
- Atitudes ambientalistas;
- Inovação de ideias na arquitetura e no planejamento urbano.

Segundo o autor o objetivo principal dos arquitetos deveria ser ultrapassar os obstáculos para produzir uma arquitetura ecológica com qualidade estética e funcional.

Alguns autores pesquisaram sobre o processo de projeto e produção arquitetônica sustentável e Yeang (2001) apud Avezum (2007) apontou o que, segundo ele, são as principais premissas para o projeto ecológico:

- Aceitação de que o melhor para a humanidade é a manutenção ecológica local e global, implicando em minimizar os efeitos destrutivos das ações humanas no ecossistema;

- A velocidade crescente da degradação ambiental deve acarretar mudanças de consciência e atitudes em todo o sistema, inclusive nos projetos arquitetônicos;
- A conservação dos recursos e reutilização de materiais deve ser a principal vertente nos projetos;
- Os impactos no meio ambiente, positivos ou negativos, devem ser considerados como parte do projeto;
- A construção e seu entorno estão relacionados e se relacionam também ao meio ambiente e qualquer modificação em um deles afetará aos demais. O arquiteto e o usuário devem ter consciência da conectividade do projeto.

Sendo a sustentabilidade reconhecida por diversos autores como multidisciplinar, seu ensino deve ser promovido de maneira eficaz e ampla para as mais diversas áreas de atuação profissional. ALTOMONTE, RUTHERFORD e WILSON (2012) pesquisaram sobre a forma de ensino da sustentabilidade em cursos de graduação e pós-graduação em arquitetura e urbanismo e perceberam que embora uma determinada falta de especificidade possa ajudar a abraçar a diversidade de uma educação de ambiente construído, muito poderia ser ganho com orientações mais informadas e explícitas, preparando os alunos para uma perspectiva profissional que exija a sustentabilidade como núcleo para o processo de desenho como um todo.

Os autores afirmam que em nível de graduação, a primeira etapa do ensino superior os valores e princípios de sustentabilidade fundamentais devem, e geralmente são ensinados a um nível introdutório. Em nível de pós-graduação, princípios, estratégias e soluções para as questões de sustentabilidade devem ser exploradas mais profundamente e estarem fortemente ligadas ao projeto multidisciplinar. Os alunos devem ser capazes de assumir uma posição crítica em relação às questões mais amplas de sustentabilidade e suas fronteiras em expansão. Afirmam também que os alunos devem ser incentivados a desenvolver a autonomia na aplicação, propor e explorar soluções inovadoras para questões de desenvolvimento sustentável. Valorizam o papel do projetista como formador de informação ao compará-lo a um mecanismo exploratório que deve ser reforçado, salientando a importância da pesquisa de projetos. O projeto deve transformar-se num modo de produção de conhecimento, explorando a complexidade e inter-relações entre as visões fundamentais e divergentes dos diversos atores do

ambiente construído. Incentivam o uso de ferramentas avançadas de projeto e de verificação que promovam a análise de dados e observações *in loco*, bem como avaliações comparativas de dados de desempenho e resultados calculados e/ou simulados.

Altomonte, Rutherford e Wilson (2012) identificam que a percepção que se tem do mercado profissional é que as demandas dos clientes são, muitas vezes, impulsionadas pelo aspecto estético, pela redução de investimento inicial e minimização de custos operacionais, em vez de um compromisso global com o projeto ético e sustentável. Os autores ressaltam que um projeto que tenha como âmbito a sustentabilidade ainda enfrenta uma série de obstáculos, como necessidade de regulamentos e normas mais claros, cuja aplicação seja mais rigorosa e falta de incentivos financeiros de longo prazo para promover a inovação em projetos. Há ainda dificuldades em relação ao conhecimento e à educação devido a uma formação insuficiente para arquitetos, construtores, consultores e políticos, falta de transferência de conhecimentos entre a multidisciplinaridade e os domínios profissionais, questões culturais que ignoram as possibilidades oferecidas pela sustentabilidade, informações conflitantes sobre o desempenho (como 'lavagem verde', uma forma de maquiar produtos ou ações para que passem a ideia de ecoeficientes e ambientalmente corretos), equívocos sobre os custos e priorização da economia de dinheiro no momento do investimento.

Ainda hoje, para muitos a sustentabilidade ambiental e a conservação de energia são encaradas como preocupação de profissionais especializados. No entanto, com a crescente preocupação com o clima e com a responsabilidade bioclimática, a sustentabilidade passa a ser encarada como uma preocupação fundamental no âmbito das disciplinas não só de arquitetura e urbanismo, mas de várias áreas de conhecimento, fazendo parte de uma abordagem global que deve ser considerada desde o início até a conclusão de um projeto.

O bem-estar social de um grande número de pessoas depende direta ou indiretamente da construção. A indústria também é importante para a qualidade de vida em termos de habitação, oportunidades de trabalho, serviços públicos e infraestrutura de transporte. Pode gerar, portanto, um impacto positivo não só sobre seus funcionários, mas também sobre as comunidades em que atua. No entanto, segundo Burgan e Sansom (2006), se gasta cerca de 90% da vida em edifícios e assim o bem-estar está relacionado à qualidade do espaço que se ocupa. Por

exemplo, a Organização Mundial de Saúde (OMS) reconheceu que um espaço de vida de má qualidade é responsável por problemas de saúde por cerca de 15 anos no que se chama "síndrome do edifício doente", sendo que a OMS estima que em todo o mundo, 30% de hotéis, instituições e instalações industriais têm a síndrome.

Os autores afirmam ainda que globalmente, o setor da construção é um dos mais impactantes e utilizador de recursos. Construção e operação de edifícios são responsáveis por 40% do consumo total de energia e 16% das retiradas totais de água, além de ser responsável por 40% do total de fluxo de matérias-primas na economia global. A produção e processamento desses materiais tem um forte impacto na paisagem, e pode causar a poluição do ar, escoamento de tóxicos em cursos de água e perda de florestas e terras agrícolas.

Atualmente, o setor de construção é cada vez mais orientado à promoção da sustentabilidade em todas as suas atividades. A meta a ser atingida é a otimização do desempenho ao longo de todo o ciclo de vida, no que diz respeito aos requisitos ambientais, econômicos e sociais. O conceito de sustentabilidade aplicado às construções abrange uma série de ramos, tais como ciclo de vida de custeio, ecologia, durabilidade e até mesmo projeto estrutural.

Conforme Montes (2005) indica, uma construção pode ter seu consumo energético quantificado em função da quantidade de energia gasta por cada um de seus componentes e do impacto que a edificação causa ao meio ambiente durante seu ciclo de vida, incluindo seus gastos futuros e a reutilização dos materiais ao final de sua vida útil.

A durabilidade da edificação é importante para o desenvolvimento sustentável porque garante que os gastos energéticos e os impactos ambientais necessários para a sua construção não tenham sido em vão.

O arquiteto Yeang (1999) apud Montes (2005) escreveu sobre as atitudes dos arquitetos na escolha de materiais a serem utilizados em uma edificação e que projetar com a natureza não é uma prática comum entre estes profissionais pela falta de conhecimento de alguns critérios de conduta. O autor explica sistematicamente os métodos ideais para que o profissional possa examinar situações específicas propostas em projetos de arquitetura, na criação de estratégias para seleção de materiais e avaliar os efeitos das resoluções aprovadas. Os critérios propostos pelo autor são:

- Potencial de reutilização ou reciclagem do material: priorizar o uso de materiais reutilizáveis para diminuir o consumo de energia de fabricação de novos materiais para uma nova construção;
- Impacto ecológico incorporado ao material: todo material utilizado em uma obra possui uma pegada ecológica, um rastro de impactos ao meio ambiente que vão desde sua fabricação ao transporte ao canteiro até o uso na construção e ao posterior descarte. Segundo o autor o impacto causado pelos materiais deve estar dentro de limites aceitáveis de emissões e deve ser feito um estudo sobre os possíveis impactos após seu uso. Deve-se projetar de forma a utilizar a menor quantidade de água possível durante a produção e o uso do edifício e evitar transportar materiais a uma longa distância, minimizando a emissão de poluentes durante o deslocamento.
- Energia incorporada ao material: trata-se da energia que é empregada durante a fabricação do material, extração da matéria prima, transporte e construção. A mensuração desta energia é complicada, principalmente a emissão de gás carbônico à atmosfera. Alguns fatores como escassez de material e dificuldade de reutilização deste também devem ser considerados. O autor sugere priorizar soluções passivas que aproveitem ao máximo a iluminação e a ventilação natural para diminuir o gasto energético durante a vida útil do empreendimento.
- Toxicidade do material para os seres humanos e ecossistemas: valoriza-se a redução de conteúdo tóxico dos materiais para não ser prejudicial à saúde dos trabalhadores da obra e dos futuros usuários da edificação.

A pegada ecológica foi criada para mensurar, em hectares, a área terrestre e aquática que uma pessoa utiliza durante um ano para a produção dos todos os produtos consumidos neste tempo. No entanto se utiliza também este termo para designar a carga de impacto ambiental que os produtos têm.

Desta forma a análise do ciclo de vida da construção é de suma importância para o desenvolvimento sustentável na construção civil e a investigação será mais completa à medida que forem desenvolvidas novas pesquisas e tecnologias de extração de matéria prima, produção e aplicação na edificação.

Vários procedimentos e ferramentas de projeto têm sido pesquisados mundialmente. Landolfo, Cascini e Portioli (2011) estudaram uma tendência atual em pesquisa de engenharia civil: a engenharia de tempo de vida, com o objetivo de

implementar metodologias integradas para considerar como um todo, todos os requisitos de sustentabilidade de acordo com as abordagens de projeto baseados em multi-desempenho dependentes do tempo.

Os autores afirmam que o principal objetivo da engenharia de tempo de vida é maximizar a durabilidade, desempenho mecânico, econômica e ambiental de uma estrutura, durante todo o ciclo de vida, reduzindo, ao mesmo tempo, os impactos adversos no planeta, nas pessoas e na economia. De acordo com a engenharia de tempo de vida, além de requisitos de segurança e facilidade de manutenção, cada estrutura deve atingir os requisitos de desempenho adicionais, como mostrado na tabela 4.1. O método é caracterizado por três atributos principais (LANDOLFO; CASCINI; PORTIOLI, 2011):

- 1) É uma abordagem de projeto com base no multi-desempenho: vários requisitos são definidos como maior segurança e confiabilidade, redução de impactos ambientais, custos otimizados de ciclo de vida.
- 2) É uma metodologia de ciclo de vida: a unidade de tempo, adotado para a verificação de requisitos de engenharia de tempo de vida, vai além da vida útil de projeto comum. O ciclo de vida inclui todas as fases da vida da construção: da extração de matérias-primas, ao final da vida útil da obra, considerando também a fabricação de produtos, projeto, construção e fases operacionais, as operações de manutenção, o desmonte e/ou demolição, a eliminação e reciclagem de materiais.
- 3) Prevê a utilização de procedimento de projeto quantitativo, com base nos níveis de desempenho, para a avaliação de segurança mecânica e facilidade de manutenção, durabilidade, ecologia e economia das estruturas.

Tabela 4.1: Uma visão geral dos requisitos de engenharia de tempo de vida.

Sociedade	Ambiente	Economia
Resistência e estabilidade mecânica*	Economia de energia e retenção de calor*	Redução dos custos operacionais
Segurança em caso de incêndio*	Melhoria do ar e qualidade da água	Custos de manutenção reduzidos e aumento de receita
Segurança durante o uso*	Redução do consumo de água	Ciclo de vida econômico
Proteção contra ruído*	Redução da eliminação de resíduos	
Resistência estrutural	Eficiência energética	
Facilidade de manutenção	Redução dos impactos ambientais	
Durabilidade	Otimização da utilização de matérias-primas	
Robustez		
Maior segurança e confiabilidade		
Estética		
Higiene, saúde e ambiente*		

Notas: Lista elaborada na intenção de ser indicativa, mas não exaustiva.

*Os seis requisitos essenciais para construção definida na diretiva de produtos para construção na União Europeia.

Fonte: Adaptado de LANDOLFO; CASCINI; PORTIOLI, (2011, p. 306).

É necessário avaliar os desempenhos estruturais, os desempenhos ambientais e os desempenhos econômicos de uma estrutura durante todo o ciclo de vida (Figura 4.2). O desempenho ambiental dos materiais de construção, produtos e processos pode ser avaliado de acordo com diferentes procedimentos e ferramentas, ou seja, os rótulos ambientais e sistemas de gestão ecológica obrigatórios a serem adotados por fabricantes, distribuidores, entre outros. O projeto de engenharia tempo de vida deve ser realizado considerando as três dimensões da sustentabilidade por meio do desempenho ambiental (LCA), desempenho econômico (LCC) e do desempenho estrutural (LCP).

Figura 4.2: Um esboço do conceito de engenharia tempo de vida.



Fonte: Adaptado de LANDOLFO; CASCINI; PORTIOLI, 2011.

É de grande importância a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV), definidos na norma NBR ISO 14040 (ABNT, 2001) em relação aos métodos de análise dos impactos ambientais necessários para aplicações de engenharia de tempo de vida. Landolfo, Cascini e Portioli (2011) esclarecem que a LCA consiste em quatro etapas principais, que incluem: a definição de metas e escopo que descreve os objetivos gerais, os limites do sistema em estudo, as fontes de dados e a unidade funcional sob investigação. O inventário de ciclo de vida é uma compilação detalhada de todas as entradas ambientais (materiais e energia) e saídas (ar, água e emissões sólidas) em cada fase do ciclo de vida. LCA requer um banco de dados avançado e abrangente a respeito dos impactos ambientais relacionados com materiais de construção e processos, que raramente estão disponíveis. Embora especificações e ferramentas de *software* LCA estejam disponíveis atualmente, sua aplicação prática para construções exige mais esforço de pesquisa.

De acordo com os autores, LCC é uma metodologia para a avaliação econômica sistemática dos custos decorrentes da construção, manutenção,

operação, ocupação e fim das atividades de vida. Em comparação com a abordagem atual, que estima apenas os custos diretos para a construção e manutenção, LCC estende a análise ao longo de toda a vida do projeto, mostrando o valor real do investimento.

A avaliação dos desempenhos estruturais durante o ciclo de vida envolve diferentes questões relacionadas à avaliação da durabilidade contra os efeitos dos fatores de deterioração, a eficácia das operações de manutenção planejada, a inspeção da estrutura, etc. Sabe-se que a durabilidade é um requisito básico das construções em geral, principalmente no tocante ao desenvolvimento sustentável, salvo aquelas construções de caráter conceitual efêmero. Além disso, a tendência atual está se movendo para projeto de desempenho do ciclo de vida (LCP), que é uma abordagem baseada no desempenho para a verificação de durabilidade. Métodos LCP baseiam-se na previsão de que a deterioração provavelmente vai agir sobre a estrutura e o efeito correspondente ao passar do tempo. O objetivo de LCP é avaliar o período de tempo em que uma estrutura ou qualquer componente é capaz de alcançar os requisitos básicos de desempenho considerando o efeito da deterioração na capacidade estrutural. (LANDOLFO; CASCINI; PORTIOLI, 2011). Análise LCP normalmente envolve diversas operações, como a caracterização do ambiente, a definição de agentes de degradação relevantes, a previsão de ações ambientais que podem atuar sobre a estrutura e outros.

Mesmo que o método de avaliação estudado por Landolfo, Cascini e Portioli (2011) em Nápoles esteja ainda em desenvolvimento e em outro continente, é possível perceber a possibilidade de aplicação deste aos projetos brasileiros.

4.3 O Desenvolvimento Sustentável e o Aço

A construção de aço tem muito a oferecer ao desenvolvimento sustentável. E é de grande importância definir a forma como o aço pode ser utilizado para que se tenham construções mais sustentáveis na concepção, execução, em uso e na desconstrução.

Estima-se que a produção global de aço gire em torno de 1,3 bilhões de toneladas por ano, sendo a indústria do aço responsável por 6,5% das emissões de gases de efeito estufa e cerca de 50% do aço produzido é destinado à construção, de forma que se torna grande a responsabilidade deste setor na diminuição da

emissão de gases na atmosfera, mitigando os efeitos das alterações climáticas e outros impactos ambientais. Com uma previsão de aumento da produção nos próximos anos, a indústria siderúrgica é pressionada cada vez mais a reformar sua produção e processos de consumo, pois mesmo com os avanços alcançados em direção ao desenvolvimento sustentável ainda há muito o que ser melhorado, buscando reduzir as emissões, melhorar a eficiência da utilização dos recursos, e projetar-se como uma indústria "responsável". (NESS et al., 2014)

Grandes siderurgias em todo o mundo passaram a assumir medidas de preservação ambiental em seus processos de produção e, segundo Gervásio (2008), as iniciativas são em busca de diminuição do consumo de energia e redução da emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa, tornando o processo produtivo mais eficiente. A autora afirma que as qualidades do aço colaboram para o desenvolvimento sustentável e que as estruturas metálicas favorecem um ambiente construído mais racional e eficaz.

Dentre as ações associadas à sustentabilidade na indústria do aço está a gestão da água. A quantidade mais significativa da água utilizada nas usinas é aplicada em sistemas de resfriamento, no entanto o índice de recirculação de água doce no processo é superior a 96% (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2012). A reutilização da água aumenta a eficiência e reduz o impacto da captação nos corpos d'água. Conforme esclarece o Instituto Aço Brasil (2012, p.21), algumas iniciativas que visam a redução do consumo de energia no processo de produção são:

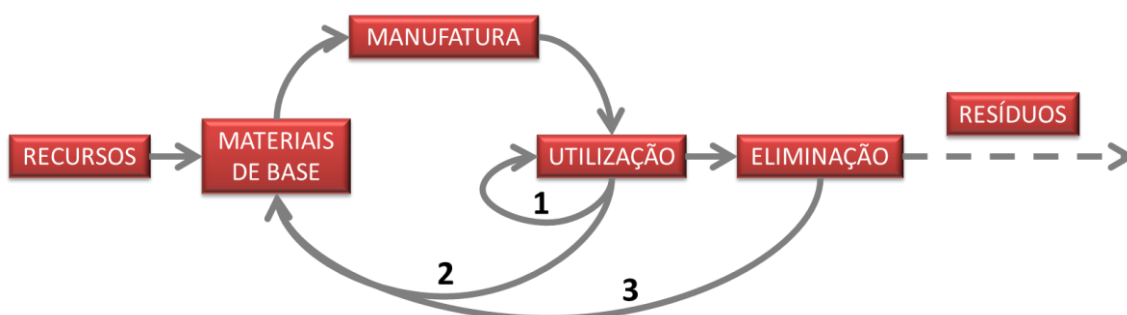
- Programas de treinamento/sensibilização de colaboradores;
- Otimização do controle dos processos via automação;
- Reaproveitamento de gases do processo;
- Redesenho de processo;
- Substituição de combustíveis;
- Reforma ou substituição de equipamentos (alta eficiência energética);
- Inovação tecnológica.

As normas de gestão ambiental em geral, e principalmente em indústrias, são cada vez mais restritivas, além de uma pressão maior por parte da sociedade associada ao meio ambiente. Posto que o mundo está em transformação e requer novas ferramentas de gestão empresarial no tocante à sustentabilidade (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2012). Os clientes estão se conscientizando das ações de mitigação

ao meio ambiente associadas à construção civil e à fabricação de seus componentes, de modo que já não buscam apenas qualidade e preço justo, mas também o envolvimento com a preservação ambiental que em geral é comprovado pelos selos e certificações ambientais.

Teoricamente, o aço é 100% reciclável, o que significa que o seu ciclo de vida é potencialmente infinito, sendo um material de excelente capacidade de reciclagem sem perda de propriedades ou desempenho. As três estratégias mais conhecidas que relacionam o desenvolvimento sustentável e a construção em aço são conhecidas como “3 R’s”: reparação, reciclar e reutilizar. A reparação e a reciclagem são muito comentadas e utilizadas, mas, segundo Ness et al (2014), a reutilização é a forma mais eficiente e com maior potencial de diminuição de emissões por não requerer energia de reprocessamento já que os elementos metálicos são desmontados, transferidos de um local a outro e remontados. Na figura 4.3 ilustram-se os 3 R’s, onde na curva 3 é mostrado o processo geral de reciclagem, quando há a recuperação do recurso como comumente praticada, segundo o qual os resíduos são interceptados e os materiais são reciclados, voltando para o mercado posteriormente. A curva 2 representa o processo de reparação e remanufatura que, apesar de reduzir a procura de novas matérias-primas, ainda podem exigir uma grande quantidade de energia. Por outro lado, a curva 1 representa a reutilização de produtos de e do "berço ao berço" idéia e em que os próprios bens circulam continuamente. Quando levada ao seu potencial máximo, eles nunca irão para o lixo e pouca remanufatura é necessária.

Figura 4.3: O reuso, remanufaturamento e reciclagem.



Fonte: Adaptado de NESS et al., 2014.

Segundo Ness et al. (2014) o reuso das peças em aço é o método de reaproveitamento mais aplicado na construção, com aproximadamente 85% do aço

para construção no mundo utilizado para este fim. Embora a reutilização do aço implique em utilizar peças da estrutura de um antigo edifício em um novo projeto, com a minimização de geração de resíduos, esta prática ainda não é muito exercida devido a algumas barreiras como a falta de confiança de projetistas nas propriedades estruturais e desempenho de componentes de aço reutilizados, bem como ausência de procedimentos nos códigos atuais de projeto para a determinação das propriedades necessárias para o aço recuperado. Em seus estudos Ness et al. (2014) pesquisaram sobre tecnologias de Identificação por Radio Frequência (RFID) juntamente com a plataforma BIM (*Building Information Modeling*) que podem permitir que peças e/ou montagens sejam rastreadas e importadas para modelos virtuais para novos edifícios em fase de projeto e a adição de sensores de estresse aos componentes, que permitem quantificar as propriedades de tensão de aço ao longo de sua vida profissional, também podem apoiar melhor reutilização prática de recursos. O banco de dados que lhes permitiria saber o paradeiro do aço e seria capaz de justificar as suas propriedades e adequação para reutilização em certas aplicações.

De acordo com Mancini (2003), em meados de 1930 houve um deslocamento de um edifício de estrutura metálica de oito pavimentos em Indianápolis, nos Estados Unidos, que funcionava como uma central telefônica (Figura 4.4). A edificação foi completamente transferida de um local para outro sem nenhuma paralisação das atividades em seu interior, incluindo os serviços hidráulicos, elétricos e elevadores.

O edifício tinha área de 1.250m² e pesava 12.000 toneladas e foi deslocado 16 metros e sofreu rotação de 90°. Durante a transposição os cerca de 500 funcionários continuaram trabalhando normalmente. Segundo a autora o procedimento para o deslocamento do edifício constituiu-se de forma semelhante a um outro deslocamento de um prédio também nos Estados Unidos, em que no local da futura localização, foram executadas fundações suportando lajes de concreto e em seguida os pilares do prédio foram liberados de suas fundações e ligados a um quadro rígido armado sobre macacos hidráulicos, que elevaram o conjunto em cerca de 2cm. Sobre a laje de concreto, foram armados trilhos apoiados em dormentes de madeira e o conjunto foi deslocado por meio de cerca de 1.600 roletes de aço de 8 cm de diâmetro. O edifício foi então puxado por cabos de aço, ligados por guinchos, ao longo de 16 metros e depois foi rotacionado (MANCINI, 2003).

Figura 4.4: Central Telefônica, Indianápolis – EUA (1930).



Fonte: MANCINI, 2003.

É importante ressaltar a necessidade de se projetar para reutilizar o aço, por meio de estratégias que facilitem a remontagem da estrutura em outro local, outro contexto e outro projeto. Quando a vida de um edifício não pode mais ser estendida e os seus componentes não podem ser reutilizados, o aço pode ser reciclado. As vantagens da reciclagem do aço para o desenvolvimento sustentável são a minimização do uso de recursos naturais, o uso de energia é reduzido, e há uma redução na geração de resíduos.

Outro fator relevante para o desenvolvimento sustentável em geral, mas também em relação ao aço, é o fato de que ele se crescerá com maior intensidade se as alternativas sustentáveis encontradas renderem financeiramente a empresas e que ações de proteção do meio ambiente possam se tornar iniciativas de grandes empreendimentos, como no caso de uma empresa siderúrgica que fabrica e vende aço poder levar até a recuperação e revenda de produtos siderúrgicos desativados, tornando-se uma "revendedora" de aços reutilizados reduzindo a energia, emissões e resíduos, e fornecendo benefícios financeiros tanto para o produtor quanto para o cliente. Ou seja, economicamente, a reutilização parece atraente, e o custo adicional

de desconstrução pode ser compensado pelo aumento da venda de componentes recuperados, combinada.

Contrapondo a desconstrução à demolição convencional, observam-se inúmeras vantagens na adoção da primeira, como o conhecimento do destino dos materiais, que não serão encaminhados a aterros sanitários ou depósitos clandestinos, o reuso de materiais e elementos da construção, contribuição para o desenvolvimento sustentável e economia no uso de recursos.

Segundo Machado (2014), não é em todos os casos que uma edificação apresenta um potencial para a desconstrução, pois decisões tomadas na fase de projeto impactam na facilidade ou não de recuperação dos materiais e componentes da construção. E afirma que o esforço de desmontagem deve ser simplificado e reduz as horas de trabalho requeridas no processo.

A autora enfatiza que a redução no uso de materiais deve ser uma questão mais priorizada que o reuso pelo efeito mais benéfico para o meio ambiente ao evitar os impactos associados à extração e à produção dos elementos. O reuso requer a desconstrução e a posterior adequação do componente.

Com a pouca prática de reutilização dos materiais oriundos de demolição a maior parte da energia embutida nos materiais é perdida. Desta forma o fluxo dos materiais é unidirecional, iniciando com a extração do material e concluindo com a deposição destes em aterros (MACHADO, 2014). Além do impacto gerado pelo descarte de materiais em aterros há ainda a geração de ruído e poeira.

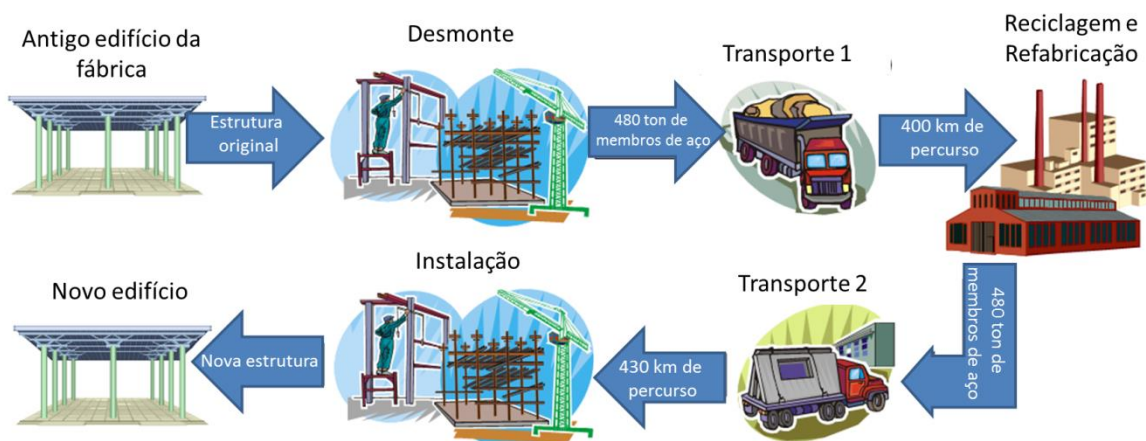
“Para que uma mudança no fluxo de material linear convencional na indústria de construção ocorra é necessário promover outros cenários no fim de vida útil da edificação que substituam o depósito de materiais de construção em aterros e a incineração. Uma série de exemplos de outras indústrias indica que se o ato de demolição é substituído pela desmontagem, os fluxos convencionais de materiais e componentes podem ser desviados para o reuso, reaproveitamento ou reciclagem. A concepção de uma edificação para a desconstrução ou desmontagem consiste na elaboração de um projeto cujo objetivo é possibilitar a desmontagem de suas partes, ou seja, o projeto deve facilitar a futura reutilização dos materiais e componentes empregados na construção” (MACHADO, 2014, p.35).

Em um estudo de caso realizado por Ness et al. (2014), o Governo da Austrália do Sul está transformando Tonsley, uma construção no sul de Adelaide, em uma indústria de alto valor. A ex-fábrica de veículos possui extensas treliças de aço e colunas. Algumas das treliças podem ser reutilizadas na reconstrução de edifícios, e devem, portanto, a ser removidas manualmente. Para os fins do estudo de caso os dois seguintes cenários simplificados foram examinados para comparação e cálculo das economias de energia incorporada.

- Cenário 1 - reciclagem: Presume-se que os membros removidos serão transportados por caminhão para uma usina siderúrgica localizada a 400km ao norte de Adelaide, para a reciclagem.
- Cenário 2 - reutilização completa: como um cenário alternativo, para análise comparativa teórica presume-se que todas as treliças e componentes podem ser desmontados para reutilização em outro canteiro de obras localizado a 30 km ao sul do local original.

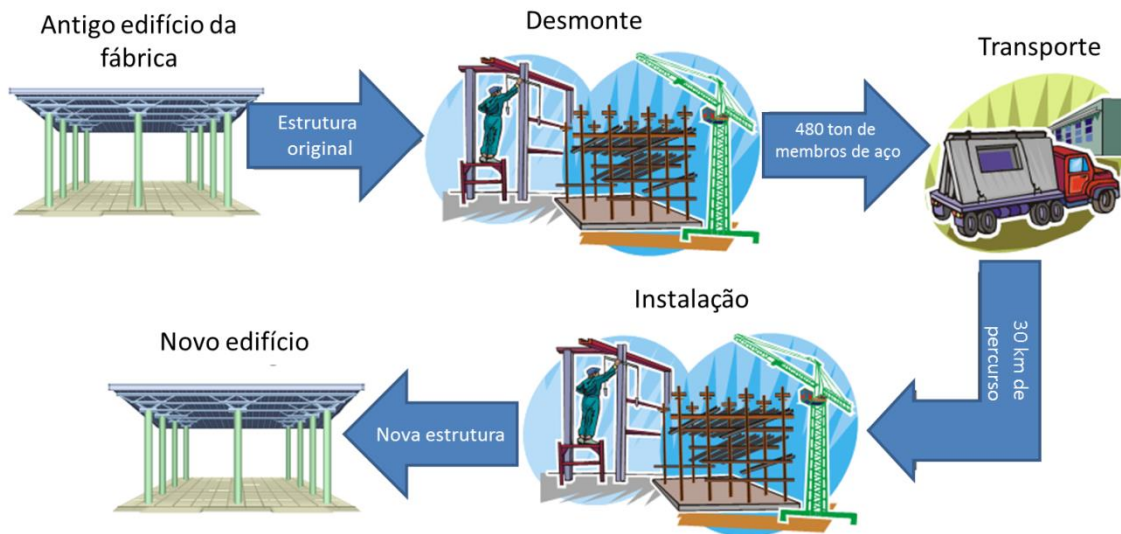
Um esquema foi montado para ilustrar os dois cenários estudados, como se pode observar nas figuras 4.5 e 4.6.

Figura 4.5: Processo do cenário 1.



Fonte: Adaptado de NESS et al., 2014.

Figura 4.6: Processo do cenário 2.



Fonte: Adaptado de NESS et al., 2014.

Foi calculado que na reutilização total de 480 toneladas de peças de treliça de aço, no Cenário 2, a partir de um edifício demolido pode levar a aproximadamente 9980 MJ/tonelada de economia de energia potencial em comparação com a opção de reciclagem completa, no Cenário 1. A emissão de gases associados, bem como redução de custos pode ser estimada de forma similar. Embora a maioria das economias de energia sejam obtidas evitando o processamento extra da reciclagem e refabricação, o transporte também contribuiu para cerca de 12,6% da energia incorporada total de aço reciclado devido às distâncias percorridas neste caso. Os dois cenários analisados no estudo de caso representam situações idealizadas, mas na realidade, há geralmente uma mistura de reutilização e reciclagem de produtos siderúrgicos em fim de vida estruturais de construção de demolição.

Os autores ressaltam ainda a necessidade de se analisar caso a caso, pois pode haver um momento em que a reutilização poderá atrasar o desenvolvimento de novas tecnologias e novos materiais, já que a vida útil das peças aumentaria.

Segundo Landolfo, Cascini e Portioli (2011) a indústria da construção de aço tem vindo a dar mais atenção às questões relacionadas ao ciclo de vida de custo, ecologia, durabilidade e sustentabilidade das produtos de aço e componentes.

O desenvolvimento sustentável requer que o impacto negativo de edifícios no ambiente e na sociedade seja minimizado. Isto implica em reduzir o desperdício e garantir que os materiais sejam recuperados e reciclados ou reutilizados. Em uma

escala maior, e com a devida consideração na fase de concepção, edifícios inteiros podem ser desmontados e reerigidos em outro lugar. Quando este é o objetivo do projeto pode-se seguir algumas considerações indicadas por Burgan e Sansom (2006):

- Minimizar o uso de materiais molhados para tornar mais fácil o desmonte de um edifício;
- Uso de componentes estruturais padrão e conexões parafusadas;
- Garantir que a estrutura seja facilmente acessível para inspeção e desmontagem subsequente sem danos;
- Quanto maior o membro estrutural, maior a possibilidade de reutilizá-lo por meio da redução de um novo comprimento e formando novos detalhes da ligação.

A durabilidade de estruturas metálicas é fortemente influenciada por danos devido à fadiga e à corrosão atmosférica, cujo controle é fundamental para o projeto e manutenção de novas construções e edifícios existentes. Quanto à fadiga, vários processos de projeto foram desenvolvidos no âmbito científico. No que diz respeito à durabilidade contra corrosão atmosférica, existem disposições qualitativas e comuns, como a utilização de sistemas de proteção que revestem a estrutura e a escolha de materiais resistentes à corrosão. No entanto, não são de fácil acesso modelos para a avaliação da profundidade da corrosão que sejam capazes de prever a taxa de perda de espessura. Do ponto de vista estrutural, a perda de espessura da seção transversal devido ao ataque da corrosão conduz a uma menor área resistente, produzindo uma diminuição dos desempenhos estruturais em termos de resistência, rigidez e ductilidade. Em alguns casos, a falha local de um membro ou articulação pode prejudicar a estabilidade de toda a estrutura. (LANDOLFO; CASCINI; PORTIOLI, 2011).

4.4 Impacto Ambiental na Construção Civil

O setor da construção tem sido responsável por impactos ambientais consideráveis, consumindo uma porção significativa de recursos limitados do planeta, incluindo a energia, matérias-primas, água e terra. Além do problema da degradação ambiental, o setor gera impactos significativos sobre o crescimento econômico.

Por conseguinte, a construção civil é um dos grandes possíveis agentes transformadores na busca pelo desenvolvimento sustentável. Um engajamento do setor com o combate ao desaparecimento dos recursos naturais, contra o desperdício no processo construtivo e à correta destinação dos resíduos é um avanço e ações neste sentido vêm ocorrendo timidamente e necessitam de maior incentivo e reconhecimento.

Sendo a construção civil um campo tão amplo, o propósito será abordar o papel do arquiteto no processo de projeto e suas responsabilidades para buscar a garantia de um edifício ou espaço menos impactante negativamente no ambiente. E ainda, por ser uma das atividades mais danosas ao meio ambiente, avanços no campo da construção civil se tornam avanços gigantescos para a comunidade local, para o país e de maneira global, estando estritamente relacionada ao desenvolvimento sustentável por se tratar de um setor que envolve as três instâncias da sustentabilidade, a econômica, social e ecológica.

As principais questões de desenvolvimento sustentável para a fase de construção estão em minimizar o impacto sobre a comunidade local e reduzir o desperdício. Impactos como ruídos, poeira, poluição podem e devem ser reduzidos e uma das maneiras mais eficazes é maximizando a pré-fabricação fora do local, o que não só minimiza a atividade na obra, mas também pode fornecer segurança, melhoria de qualidade e rapidez construtiva. Claro que todos os produtos de aço são fabricados fora do local, prontos para montagem no local. A pré-fabricação também possibilita a diminuição de resíduos, e não apenas no local, mas ao longo dos processos de projeto e fabricação. Para a construção em aço, as taxas de desperdício variam dependendo da complexidade do processo de fabricação do produto, e são tipicamente entre 1% e 4% (BURGAN; SANSOM, 2006).

Além disso, com parte da construção oriunda da fábrica existem benefícios sociais, condições de trabalho mais seguras, um maior investimento em tecnologia e aliado a isso melhor formação dos operadores.

A escolha adequada dos materiais utilizados no edifício é primordial para a diminuição do impacto ambiental, que deve ser dimensionado desde a extração da matéria-prima, o processamento, transporte, uso e eliminação. O arquiteto deve considerar o modo de produção dos materiais como um todo para que realmente contribua para o desenvolvimento sustentável. De acordo com Edwards (2004) apud

Avezum (2007) existem três princípios básicos a serem considerados na análise de energia incorporada dos materiais:

- Aproveitamento local de materiais pesados: materiais como areia e pedra devem ter precedência próxima do local da obra a fim de evitar gastos com transporte, poluição e ruído e ainda gerar empregos e manter as tradições técnicas locais;
- Aproveitamento global de materiais leves: em geral trata-se de materiais fabricados, como PCV e alumínio. Estes devem ser utilizados para contribuir para a captação e economia de energia como forma de compensação à grande energia incorporada em seu processo de produção;
- Potencial de reciclagem: além da fase de construção e do uso, deve-se considerar a demolição da edificação e o potencial de reutilização e reciclagem dos materiais.

4.5 Estratégias para Preservação Ambiental na Construção Civil

Motta e Aguilar (2009, p.93) indicam que o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA), retratam práticas para sustentabilidade na construção, como:

- Aproveitamento de condições naturais locais;
- Utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- Implantação e análise do entorno;
- Não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;
- Qualidade ambiental interna e externa;
- Gestão sustentável da implantação da obra;
- Adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- Uso de matérias-primas que contribuam com a eco eficiência do processo;
- Redução do consumo energético;
- Redução do consumo de água;
- Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- Introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- Educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

A partir do que foi apresentado, os projetistas podem contribuir também com a redução do consumo de energia dos edifícios, incluindo medidas que vão desde a escolha da forma e orientação do edifício, reduzir as perdas de calor através da fachada, reduzir as cargas de refrigeração e introduzir medidas de economia de energia e sistemas de criação de energia.

Burgan e Sansom (2006) indicam que é amplamente reconhecido que o consumo de energia operacional da maioria dos edifícios (a energia necessária para operar o edifício) supera em muito a sua energia incorporada (a energia necessária para a fabricação de produtos). É por esta razão que muito esforço legislativo é dirigido à melhoria da eficiência energética de edifícios. Estes autores analisaram requisitos de melhoria do desempenho energético de edifícios do Reino Unido e após a ratificação do Protocolo de Kyoto foi estabelecida a Diretiva relativa ao desempenho energético dos edifícios, *Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings*, para a comunidade europeia, tendo como objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios na Comunidade utilizando quatro requisitos que podem ser incorporados aos edifícios Brasileiros:

- Quadro geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios;
- Fixação de normas mínimas em novos edifícios; a exigência também é estendida aos edifícios existentes de menos de 1000m² de área construída, quando sujeitos a grandes obras de renovação;
- Certificação de energia de novos edifícios; o requisito é estendido aos edifícios existentes quando eles são alugados ou vendidos;
- Inspeção e avaliação das instalações de aquecimento e refrigeração regularmente por especialistas credenciados independentes.

Um bom exemplo do uso de uma combinação de medidas passivas para reduzir a demanda de energia de um edifício é o *City Hall* (Figura 4.7), em Londres projetado pela empresa de arquitetura *Foster and Partners*, liderada pelo renomado arquiteto Norman Foster e que segundo Burgan e Sansom (2006) possui o consumo de energia menor que a metade do que é hoje considerado como bom. Alguns dos recursos incorporados ao projeto incluem:

- 1400 vigas refrigeradas para fornecer ar condicionado de forma econômica e prática. As vigas são unidades multi-funcionais e incorporam bobinas

passivas de arrefecimento de água gelada, bem como padrão e iluminação de emergência, sensores de fumaça e detectores de luz. Estas unidades pré-fabricadas fornecem fácil acesso para manutenção.

- A maioria dos 300mm de diâmetro dos elementos horizontais de aço na fachada norte tem água quente percorrendo-os de forma que agem como um aquecedor para o espaço do átrio.
- A fachada é composta de painéis isolados que reduzem o ganho solar, bem como a perda de calor para a metade do esperado para um edifício escritórios tradicional.
- A fachada também possui ventilação natural controlada localmente. Quando os canais de ventilação natural são abertos, o ar condicionado e sistemas de aquecimento são desativados no ambiente para evitar o desperdício de energia.
- O edifício é ventilado naturalmente, com janelas que abrem em todos os espaços. O calor gerado por computadores e luzes é reciclado. Um plano profundo entre pisos permite o recolhimento do calor para o núcleo do edifício, que podem então ser redirecionado para sua periferia. A combinação de todos estes sistemas de economia de energia implica na não necessidade de resfriadores do edifício.

Figura 4.7: City Hall.



Fonte: HENRY, 2011.

Prolongar a vida das construções existentes com remodelação e reutilização promove avanços em direção ao desenvolvimento sustentável, pois menos recursos são necessários em comparação com uma nova construção, resíduos de construção e demolição são reduzidos de forma significativa e o valor histórico e patrimonial é preservado. Além das vantagens óbvias de reciclagem, menor demanda energética e preservação do valor agregado durante a fabricação. Além disso, muitas vezes o trabalho pode ser realizado enquanto o edifício é utilizado. A fim de maximizar as possibilidades de prolongamento da vida, um edifício deve ser projetado para o futuro evitando a substituição prematura, sendo comumente chamados de "edifícios adaptáveis" (BURGAN; SANSOM, 2006). Tipicamente, eles podem ser aumentados estruturalmente, se tornando construções de longo tempo e com espaços livres para permitir a flexibilidade nos espaços internos.

4.5.1 Agenda 21 para a Construção Sustentável

A Agenda 21 para a Construção Sustentável foi publicada em 1999, com base no Congresso Mundial Sobre Construção Sustentável (CIB), realizado em 1998 na Suécia, como afirma Felix (2008). Segundo o autor o documento aborda conceitos e desafios existentes para a construção civil alcançar a sustentabilidade e é baseada em três grupos principais: Gerenciamento e Organização, Aspectos do Produto e do Edifício e Consumo de recursos.

Os principais requisitos para uma construção sustentável dentro de cada grupo citado são descritos a seguir (CIB, 2000 apud FELIX, 2008, p. 49):

1. Gerenciamento e Organização: etapa de grande relevância dentro do processo de produção, que relaciona um grande número de profissionais atuantes e diversidade de atividades que devem estar corretamente alinhados com o objetivo de atingir a maior qualidade possível para o produto.
 - Definição de padrões e melhoria da qualidade ambiental das construções – projeto, processo e produto;
 - Processo de projeto – o caráter multidisciplinar do projeto deve estar integrado a fim de melhorar a eficiência do processo como um todo adotando decisões de projeto ambientalmente responsáveis;
 - Maior integração e coordenação entre agentes de projeto, introdução de novas tecnologias que contribuam para o gerenciamento do processo de projeto agregando o conceito de qualidade do processo de produção;
 - Capacitação de recursos humanos e segurança do ambiente de trabalho;
 - Educação e conscientização dos agentes atuantes no empreendimento e dos indiretamente envolvidos sobre a sustentabilidade.

2. Aspectos do Produto e do Edifício: devem ser levados em consideração fatores que possam influir no meio ambiente ou na saúde humana.
 - Recursos consumidos;
 - Energia;
 - Materiais;

- Água;
- Terra;
- Capital e investimentos operacionais;
- Funcionalidade;
- Adequabilidade ao propósito visado;
- Flexibilidade e durabilidade;
- Manutenção e desempenho;
- Qualidade do ar em ambiente fechado;
- Ventilação;
- Conforto térmico;
- Iluminação natural;
- Ruídos e acústica;
- Controle de sistemas;
- Impacto no meio ambiente;
- Impacto no local da obra;
- Impacto na comunidade;
- Poluição;
- Degradação da camada de ozônio;
- Efeito estufa causado por gases;
- Gerenciamento;
- Planejamento do processo construtivo;
- Planejamento do funcionamento da edificação;
- Gerenciamento do uso da edificação;
- Manutenção da edificação.

3. Consumo de Recursos: está relacionado ao consumo de água, energia e materiais naturais.

- Medidas de conservação de energia;
- Reforma de instalações com regularidade de tempo;
- Uso de energia renovável;
- Uso de água da chuva;
- Redução do consumo doméstico com gerenciamento de água;

- Saneamento sem uso de água;
- Uso de vegetação resistente à seca;
- Uso de materiais renováveis ou recicláveis;
- Reciclagem;
- Uso eficiente do solo;
- Maior durabilidade;
- Conversão de uso de edifícios existentes;
- Reformas;
- Gerenciamento sustentável dos edifícios;
- Preservação da herança cultural;
- Contribuição para diminuição da pobreza.

4.5.2 Agenda 21 Brasileira

A Agenda Global foi realizada no Rio de Janeiro em 1992 e se caracteriza como uma grande herança da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e se tornou a base referencial para a criação da Agenda 21 Brasileira.

A partir deste momento, muitos municípios brasileiros desenvolveram as denominadas Agendas 21 locais, que incentivam ações em torno dos princípios de sustentabilidade à sociedade.

Segundo a Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias (BRASIL, 2002) a grande inovação da Agenda 21 está em não restringir ao objetivo central à preservação do meio ambiente, mas também incorporar os conceitos do desenvolvimento sustentável de equilíbrio entre crescimento econômico, igualdade social e preservação ambiental.

A Agenda procura estabelecer um prospecto de transição centrado em reduzir a degradação do meio ambiente, a pobreza e as desigualdades. A proposta é permear todas as dimensões da vida: a econômica, a social, a territorial, a científica e tecnológica, a política e a cultural. De forma que a construção civil está compreendida nestas dimensões e os profissionais da área e usuários da edificação enquanto comunidade e parte da sociedade devem contribuir para o avanço no

sentido do desenvolvimento sustentável e objetivar cumprir as prerrogativas estabelecidas pela Agenda 21 Brasileira.

A implantação da Agenda 21 fomenta novos modos de planejamento e gestão, mais sustentáveis e que fortaleçam a democracia. Podem ser destacados alguns pontos centrais da Agenda, como o combate à pobreza, cooperação internacional, diminuição do consumismo, preocupação com o meio ambiente, abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento dos recursos naturais; promoção do desenvolvimento rural sustentável, preservação de fauna e flora; manejo sustentável dos resíduos; apoio às organizações não governamentais, cooperação e fortalecimento institucional e promoção do ensino e do treinamento.

As premissas para a elaboração da Agenda, de acordo com o documento Agenda 21 Brasileira – Resultado da Consulta Nacional (BRASIL, 2002), foram:

1. Abordagem multissetorial e sistêmica atingindo as dimensões econômica, social, ambiental e institucional;
2. Promoção da sustentabilidade progressiva, de modo que a sustentabilidade será resultado de uma transição, e não de uma transformação repentina;
3. Planejamento estratégico participativo - a agenda 21 é um projeto de toda a sociedade brasileira e não um documento de governo;
4. A elaboração da agenda deve ser aberta à participação de pessoas, instituições e organizações da sociedade brasileira;
5. O processo de desenvolvimento é tão importante quanto a realização em si;
6. A construção da agenda necessita de mediação e negociação para resolução de conflitos nos processos.

O documento Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias (BRASIL, 2002) descreve as 21 ações prioritárias, ou objetivos, a serem alcançados pelo país, divididas em cinco eixos temáticos (Tabela 4.2).

As estratégias e ações propostas na Agenda 21 Brasileira foram baseadas nos temas: gestão dos recursos naturais, agricultura sustentável, cidades sustentáveis, infraestrutura e integração regional, redução das desigualdades sociais e ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável.

Tabela 4.2: Plataforma das 21 ações prioritárias.

A economia da poupança na sociedade do conhecimento	
Objetivo 1	Produção e consumo sustentáveis contra a cultura do desperdício
Objetivo 2	Ecoeficiência e responsabilidade social das empresas
Objetivo 3	Retomada do planejamento estratégico, infraestrutura e integração regional
Objetivo 4	Energia renovável e a biomassa
Objetivo 5	Informação e conhecimento para o desenvolvimento sustentável
Inclusão social para uma sociedade solidária	
Objetivo 6	Educação permanente para o trabalho e a vida
Objetivo 7	Promover a saúde e evitar a doença, democratizando o SUS
Objetivo 8	Inclusão social e distribuição de renda
Objetivo 9	Universalizar o saneamento ambiental protegendo o ambiente e a saúde
Estratégia para a sustentabilidade urbana e rural	
Objetivo 10	Gestão do espaço urbano e a autoridade metropolitana
Objetivo 11	Desenvolvimento sustentável do Brasil rural
Objetivo 12	Promoção da agricultura sustentável
Objetivo 13	Promover a Agenda 21 Local e o desenvolvimento integrado e sustentável
Objetivo 14	Implantar o transporte de massa e a mobilidade sustentável
Recursos naturais estratégicos: água, biodiversidade e florestas	
Objetivo 15	Preservar a quantidade e melhorar a qualidade da água nas bacias hidrográficas
Objetivo 16	Política florestal, controle do desmatamento e corredores de biodiversidade
Governança e ética para a promoção da sustentabilidade	
Objetivo 17	Descentralização e o pacto federativo: parcerias, consórcios e o poder local
Objetivo 18	Modernização do Estado: gestão ambiental e instrumentos econômicos
Objetivo 19	Relações internacionais e governança global para o desenvolvimento sustentável
Objetivo 20	Cultura cívica e novas identidades na sociedade da comunicação
Objetivo 21	Pedagogia da sustentabilidade: ética e solidariedade

Fonte: BRASIL, 2002.

4.6 Métodos de Avaliação da Sustentabilidade na Construção Civil

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade são um grande avanço para a construção civil e para a compreensão das responsabilidades que se tem para com o futuro e a manutenção dos recursos naturais do planeta. Todavia é preciso compreender que o desenvolvimento sustentável não depende apenas da salvaguarda do meio ambiente, mas da valorização da cultura e do desenvolvimento econômico e social de uma comunidade.

A sustentabilidade está sendo inserida na construção civil como exigência de ferramentas de certificação ambiental, como o LEED ou o AQUA, que geram grande impacto no processo de produção de um edifício. No entanto o cumprimento de todos os pré-requisitos dos sistemas de certificação não garante a sustentabilidade a uma edificação. Trata-se de um caminho a ser percorrido, visto que a sustentabilidade demanda criatividade, conhecimento aprofundado sobre a sociedade, a cultura local, condições ambientais, dentre outros fatores.

As ferramentas de avaliação da sustentabilidade arquitetônica existentes, como BREEAM e LEED, ignoram em geral a pobreza, as tornando inadequadas para uso em um contexto de país em desenvolvimento. Sanya (2011) aponta que uma exceção notável é o Método de Avaliação de Construção Sustentável (SBAM) desenvolvido especificamente para países em desenvolvimento. Mas embora o SBAM incorpore critérios de pobreza relevantes é repleto de dificuldades metodológicas.

A arquitetura oferece valores que são essenciais às necessidades humanas de abrigo básico, dignidade e autoafirmação (DUNIN-WOYSETH, 1993; MASLOW, 1970 apud SANYA, 2011). Como o ser humano e suas necessidades estão no centro do desenvolvimento, os edifícios são um componente vital da sustentabilidade. Visto como um sistema espacial-temporal por meio de uma abordagem de análise do ciclo de vida, um edifício é composto de produtos feitos a partir de processos de extração de matérias-primas e preparação, utilização e manutenção, demolição final e eliminação ou reciclagem. As atividades que antecederam à construção têm efeito microescala sobre o ambiente natural e socioeconômico. Cumulativamente, os efeitos microescala constituem uma escala macro.

Arquitetura sustentável combina dois campos de estudo, cada um com aspectos diferentes e abrangentes por meio de várias disciplinas. Incorpora aspectos sociais, ambientais e econômicos dos quais podem ser divididos em subaspectos. Em sua pesquisa, Sanya (2011), após a análise da pobreza, os critérios sociais, ambientais e econômicos de desenvolvimento sustentável foram divididos em 13 diferentes subcritérios, mostrados na tabela 4.3. Os subcritérios têm diferentes causas e efeitos e ocorrem em diferentes escalas.

Tabela 4.3: Critérios para avaliação da sustentabilidade arquitetura (peso relativo entre parênteses).

Critérios	Subcritérios
1. Social	1.a. Reforço da comunidade / relações sociais (8%)
	1.b. Descentralização de recursos e poder (5%)
	1.c. Aceitabilidade social / política (11%)
	1.d. Relevância para a cultura local (9%)
2. Ambiental	2.a. Qualidade ambiental interna (9%)
	2.b. Preservação da qualidade ambiental (6%)
	2.c. Prevenção da poluição (5%)
	2.d. Preservação dos recursos (6%)
	2.e. Reciclagem e biodegradação de resíduos de demolição (5%)
3. Econômico	3.a. Criação de emprego para os moradores (9%)
	3.b. Redução de dinheiro (6%)
	3.c. Acessibilidade (11%)
	3.d. Baixos requisitos de manutenção (11%)

Fonte: Adaptado de SANYA, 2011 (p. 57).

A pobreza também tem aspectos micro e macro escalas. As micro e macro escalas, componentes das causas e manifestações de problemas de sustentabilidade, exigem soluções que podem ser resumidas no slogan sustentabilidade do " pensar globalmente; agir localmente " (DUBOS, 1972 apud

SANYA, 2011). Uma deficiência do método de avaliação arquitetura sustentável apresentada pelo autor é que, por razões pragmáticas, arquitetura era " mantida constante " com uma unidade similar de análise. Esta abordagem tende para o reducionismo.

Os instrumentos de avaliação surgem cada vez mais com maior velocidade, precisão e nível de exigência. E entre os principais sistemas de certificação verde no Brasil tem-se o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), o AQUA, o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) e o LBC (Living Building Challenge) e SELO AZUL, que serão estudados nesta pesquisa e elucidados no Apêndice C.

5 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo são apresentadas investigações acerca de exemplares arquitetônicos que compreendem os preceitos estudados na pesquisa: edificação de pequeno porte e não seriada, edificação estruturada em aço e edificação “sustentável” ou com pouco impacto ambiental. Por fim é feita uma observação da prática de projetos desta tipologia junto a escritórios de arquitetura e urbanismo, construtoras de estrutura metálica e escritórios de engenharia.

Para direcionamento do estudo, as informações adquiridas no capítulo 2 basearam as análises e foram utilizados conceitos abordados nos capítulos 3 e 4.

5.1 Composição da Pesquisa

O universo da pesquisa abrange o processo de projeto e construção de edifícios de pequeno porte – entendidos como unifamiliares, unicomerciais e não seriados – estruturados em aço e com baixo impacto ambiental.

No estudo de cada edificação foi realizada sua caracterização com descrição da obra, do processo de projeto, do escritório de arquitetura que assinou a solução projetual, descrição do processo de construção e as dificuldades encontradas durante a produção do edifício com o propósito de conhecimento dos desafios a serem superados.

Quando definido e delimitado o campo de pesquisa optou-se por selecionar para as análises dois projetos realizados por escritórios que atuam na região de Belo Horizonte, Minas Gerais, que possuem grande experiência na construção civil e podem ser considerados referência no mercado.

Parte da análise não se compreende apenas a uma obra específica do escritório, mas à forma como os profissionais trabalham e principalmente como desenvolvem diferentes projetos dentro da tipologia analisada. Foram realizadas entrevistas junto a profissionais de três escritórios de arquitetura e uma empresa de fabricação e montagem de estruturas metálicas. O objetivo desta seleção específica de escritórios e profissionais está relacionada à experiência no setor da construção, às publicações de projetos e premiações destes para que se possa analisar as condições atuais de mercado na região de Belo Horizonte. Visto que as realidades

do Brasil são plurais e seria necessária uma análise maior para compreender as tendências arquitetônicas e projetuais do Brasil como um todo.

Muitas informações contidas na pesquisa também são decorrentes de interpretações de documentos, arquivos e imagens fornecidas pelos profissionais e obtidas por pesquisa paralela.

5.2 Contribuições de Profissionais Atuantes em Belo Horizonte, MG

Com o objetivo de conhecer melhor a prática de projetos arquitetônicos com estrutura em aço e/ou sustentáveis de escritórios de arquitetura e entender a prática de uma empresa que fabrica e monta estruturas em aço foram realizadas quatro entrevistas. Para tanto, o foco principal desta pesquisa foi o levantamento de dados e condicionantes de projeto.

Para as entrevistas, a seleção prévia dos profissionais levou em consideração aspectos como o tempo no mercado e diferentes gerações para abranger e analisar possíveis diferenças na metodologia de projeto destes.

As entrevistas foram realizadas por meio de um questionário semiestruturado, cujo roteiro foi estruturado em subtemas de acordo com os diferentes aspectos investigados dentro do processo de projeto; este roteiro é apresentado no Apêndice D. Esta etapa foi fundamental para compreender o processo de projeto e embasar as propostas de estratégias projetuais realizadas ao final da pesquisa. As questões que nortearam as entrevistas foram divididas em quatro partes:

1. Estrutura organizacional do escritório
2. Processo de projeto
3. Impressões sobre a situação atual do mercado
4. Desenvolvimento sustentável

Os entrevistados tiveram liberdade para expor suas opiniões e considerações acerca dos aspectos que considera importantes no processo de projeto com aço e sua relação com o desenvolvimento sustentável. Desta forma foi possível compreender diferentes métodos de projeto e critérios utilizados por cada colaborador.

Durante esta pesquisa não foi realizado acompanhamento direto do processo de projeto dos entrevistados. No entanto o processo de projeto de cada escritório foi analisado indiretamente a partir de entrevistas, que foram gravadas e foi feita a

transcrição das ideias e opiniões de cada escritório, permitindo traçar um paralelo entre estes.

A partir da obtenção dos dados, realizou-se uma análise destes com o intuito de embasar, juntamente aos conceitos compreendidos ao longo da pesquisa, a elaboração de algumas estratégias de projeto de edificações de pequeno porte estruturadas em aço assimilando preceitos do desenvolvimento sustentável. O desenvolvimento do processo de projeto dos profissionais foi comparado e constataram-se diferenças e similaridades e, posteriormente, comparados com os conceitos abordados na revisão bibliográfica. Ao final desta etapa constata-se que o presente trabalho cumpriu com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento e produção de edificações de pequeno porte estruturadas em aço com baixo impacto ambiental.

5.2.1 Compreensão dos Resultados

Os profissionais entrevistados atuam em escritórios renomados e relevantes na arquitetura da região de Belo Horizonte, no estado de Minas Gerais, além de uma indústria de estruturas em aço situada na cidade e que atua no Brasil e fora do país. De modo que:

- Empresa 1: escritório de arquitetura que atua desde 1989 executando projetos nas áreas de edificações, interiores, design e urbanismo.
- Empresa 2: escritório de arquitetura que atua desde 1994 no mercado de arquitetura e decoração.
- Empresa 3: escritório de arquitetura que atua desde 2007 em Minas Gerais e no Maranhão desenvolvendo consultorias e assessoria a empreendimentos, projetos e acompanhamento de obras.
- Empresa 4: indústria de estruturas em aço que atua há cerca de 20 anos no mercado de construções metálicas.

Para melhor entendimento das informações obtidas os resultados são abordados seguindo os quatro temas tratados durante as entrevistas: estrutura organizacional do escritório, processo de projeto, impressões sobre a situação atual do mercado e desenvolvimento sustentável.

5.2.1.1 Estrutura Organizacional do Escritório

Os três escritórios de arquitetura possuem uma equipe de trabalho fixa reduzida e trabalham em parceria com colaboradores externos de acordo com a demanda de atividades e as quatro empresas alegam sofrer com a diminuição recente de funcionários devido à crise econômica que ocorre no Brasil em 2015 e 2016.

No processo de projeto das empresas a troca de informações ocorre de modo natural e na maioria dos casos, de forma eficiente. O arquiteto projeta em paralelo com o engenheiro que desenvolve os projetos complementares e de estruturas, que em geral está vinculado a uma construtora. Segundo o arquiteto diretor da empresa 1, “sempre se busca pela boa convivência e relação eficiente com os demais profissionais”. E, segundo ele, “quanto maior o tempo dispensado durante a fase de projeto, melhores são os resultados alcançados, por se ter mais tempo de conferência de projetos e troca de informações entre o escritório e os colaboradores externos”. O arquiteto cita o já falecido e renomado colega de profissão Hassan Fathy, arquiteto egípcio, que declarava que existe um tripé entre o arquiteto, o engenheiro e o cliente, e para que a obra dê certo são necessárias essas três partes. Os escritórios fazem uso de ferramentas de diálogo virtuais que permitem reuniões para tratar sobre questões relacionadas aos projetos. A arquiteta diretora do escritório 2 afirma que “a estrutura metálica ainda é vista com preconceito, principalmente por questões de custo e que muitos calculistas com quem já trabalhou são conservadores e optam por não usar estruturas mistas ou puramente metálicas”. Segundo ela “é necessário pesquisar construtores que saibam trabalhar com o aço devido ao receio pela diferença de forma de construir com aço e concreto de muitos profissionais”. O diretor da empresa 3 optou por não fornecer informações acerca do número e do perfil dos profissionais que trabalham no escritório.

A empresa 4 afirma que, por ser uma indústria, não é muito lucrativo fornecerem estrutura para uma construção de pequeno porte e não seriada. A empresa recebe, na maioria dos casos, o projeto já formatado e sua equipe de engenharia realiza o estudo da obra, lançando a estrutura e um pré-dimensionamento para fornecer um orçamento. Segundo a empresa “é importante desenhar a estrutura em três dimensões para mostrar ao cliente como será sua obra e o que está vendendo”. O diretor da empresa afirma que “há casos recebem

projetos de engenheiros muito acadêmicos e despreparados em relação aos materiais e à indústria, especificando materiais e estruturas que já não existem mais no mercado e que nestes casos dá-se início a um diálogo para adequação do projeto”. De acordo com o diretor “a relação entre os profissionais nem sempre é boa e que depende da personalidade e da forma de projetar já desenvolvida pelo profissional. No entanto esclarece que mesmo que a relação seja complicada a troca de conhecimento evita retrabalhos na obra por especificações incorretas”. E afirma ainda que, “segundo sua experiência na construção civil o cliente deve procurar primeiramente um arquiteto e em seguida um construtor”, pois acredita que o trabalho do arquiteto é o primeiro passo para uma obra bem feita, é a origem de tudo.

5.2.1.2 Processo de Projeto

O processo de projeto de edificações de pequeno porte estruturadas em aço e não seriadas das empresas é bastante similar, de maneira que os profissionais compreendem que construções pré-fabricadas demandam mais atenção na fase de projeto por ser menos suscetível a improvisos. Todos os arquitetos concordam que se gasta mais tempo na fase de projeto para gastar menos tempo depois na fase de obra.

De acordo com o arquiteto diretor da empresa 1 “uma construção pré-fabricada contribui para a redução dos prazos, porque a montagem da estrutura não pode atrasar, já que a obra deve ser encarada como uma máquina que tem que acontecer dentro de um prazo específico”. E declara que “a equipe deve ser coesa, e que o engenheiro construtor administra a obra e a montagem é feita com seu acompanhamento. Além da montagem da estrutura outras ações podem ser igualmente precisas caso exista um bom planejamento”. Apesar da consciência do arquiteto da importância da interação e comunicação entre as áreas projetuais a fase de projeto geralmente, no caso de pequeno porte, está alheia ao processo de produção como um todo. Deste modo o construtor começa a planejar o processo de produção a partir do projeto arquitetônico desenvolvido. No entanto o arquiteto afirma que “apesar de o projeto estrutural e de instalações serem desenvolvidos pela construtora ele sempre consulta o engenheiro estrutural durante o projeto

arquitetônico, para garantir que o projeto esteja bem dimensionado, mesmo que não exista uma equipe de projeto realmente coesa”. Segundo o arquiteto “as modificações de projeto por parte dos engenheiros já foi mais comum, entretanto hoje tendem a ser menores, principalmente com o uso de *software*”. Ele afirma que “quando se faz uma modelagem em 3D exata e com a consultoria do calculista e integração de *softwares* que sejam utilizados tanto pelos arquitetos quanto pelos construtores já se tem um desenho bem determinado, não em relação a resistência, mas em relação a altura de vigas, vãos etc. O diálogo prévio com o calculista é muito importante para que os projetos arquitetônico e estrutural estejam adequados e atendam às necessidades do cliente da melhor forma”.

Para a empresa 2 “a compatibilização dos projetos tende a ser descomplicada e eficaz, gerando pequenas alterações no projeto que são efetivadas a fim de obter um produto adequado”. Em alguns casos citados pela arquiteta entrevistada surgiram desentendimentos que no decorrer dos projetos, principalmente no tocante a pontos de vista diferentes entre arquiteto e construtor, mas que, no entanto, são resolvidos por meio de reuniões e troca de conhecimentos e o objetivo central de cumprimento das exigências dos clientes. O escritório desenvolveu um projeto de grande relevância para o desenvolvimento sustentável em Minas Gerais e é reconhecido pelo projeto da Nova Loja Tetum, que será analisado posteriormente nesta pesquisa.

O acompanhamento de obras é geralmente realizado pela empresa em parceria a empresas construtoras. De acordo com a arquiteta entrevistada “a fase de montagem da estrutura metálica em seus projetos foi sempre realizada cumprindo os prazos estipulados inicialmente, embora existam atrasos em suas obras relacionados a dificuldades de relacionamento com profissionais de projetos complementares e de estruturas, não apenas na fase de projeto, mas também durante a construção”. Ela afirma que “as obras tendem a ser mais caras à medida que os atrasos decorrentes de problemas de compatibilização e comunicação entre os profissionais se tornam frequentes e geram gastos com materiais não previstos como para produção de reboco, por exemplo”. Segundo a entrevistada "existem desafios junto aos clientes e construtores, principalmente no estado de Minas Gerais que, segundo ela, tendem a ser mais tradicionalistas e recearem por materiais inovadores. Sendo necessário em muitos casos um trabalho de convencimento do cliente de que a estrutura metálica e o apelo ambiental são de fato vantajosos.

O arquiteto da empresa 3 esclarece que “qualquer projeto nasce buscando conciliar ao máximo a solução estrutural aos anseios do cliente, contudo a necessidade dos espaços e expectativas do cliente são pesos maiores do que a solução de engenharia mais econômica”. E admite que “em alguns casos exista a necessidade de optar por uma solução mais onerosa desde que seja justificada pela necessidade dos espaços e se estiver dentro das expectativas do cliente”. O processo de projeto das empresas de arquitetura são bastante similares, onde a compatibilização dos projetos é feita com reuniões e revisões das soluções de engenharia ao longo do processo de desenvolvimento dos projetos complementares.

Foi verificado em todas as entrevistas que atualmente tem-se buscado iniciar o projeto de arquitetura já com a consulta aos profissionais das diversas áreas garantindo que o projeto surja com soluções viáveis e com menor possibilidade de retrabalhos, apontando uma revisão da forma de se projetar verificada em pesquisas sobre processo de projeto realizadas há mais de cinco anos.

A empresa 3 desenvolveu um sistema interessante de desenvolvimento das atividades dentro dos prazos, de jeito que trabalham com um cronograma definido de acordo com cada contrato e um cronograma paralelo interno do escritório com prazos menores. O escritório desenvolve agendamentos semanais de produção que devem ser alinhados com cada profissional envolvido no trabalho viabilizando prazos para etapas pequenas as quais somadas resultarão no projeto finalizado. E em relação ao processo de produção do edifício o escritório acompanha as obras, fornece suporte e orientação ao longo da execução.

A empresa 4 realiza a montagem e o fornecimento de inúmeras estruturas em aço e possui vasta experiência em obras de pequeno e grande porte e de acordo com o diretor da empresa a maior dificuldade no processo de projeto é lidar com pessoas e egos de profissionais, que muitas vezes prejudicam a proposta ou o desenvolvimento dos trabalhos em equipe, bem como o diálogo e troca de informações. Segundo ele muitos engenheiros com quem já trabalhou não possuem experiência sobre o processo de produção de estruturas em aço e não aceitam opiniões ou mudanças nos projetos. De acordo com o entrevistado sua empresa e seus funcionários vivem e trabalham com estrutura metálica todos os dias, não só em relação à construção em obra, mas também em relação ao processo fabril, conhecendo muito bem o material. A empresa trabalha em parceria com o grupo

Gerdau e a Gerdau Açominas, entretanto possuem a carência de mais fornecedores de matéria prima elaborada, ou seja, de perfis, estando sujeita aos seus preços. Trabalham também, mas em menor escala, com o aço fornecido pela ArcelorMittal. Segundo o entrevistado o preço do aço está cerca de 20% mais elevado nos anos de 2015 e 2016, dificultando os trabalhos e diminuindo os lucros da empresa, que se vê impedida de elevar os preços à mesma medida para os clientes. Outra dificuldade apontada foi manter uma uniformidade de vendas, devido à situação atual da economia.

Os entrevistados concordam que seja difícil definir um perfil de clientes para projetos de edificações de pequeno porte estruturadas em aço e com aplicação de preceitos do desenvolvimento sustentável. O cliente em geral visa o orçamento da obra, acarretando a necessidade de convencimento deste. De acordo com o entrevistado da empresa 1 “o preconceito que havia com o metálico, associando a galpões, postos de gasolina, entre outros, está diminuindo. Há clientes que pedem que a construção seja em estrutura metálica”. E ressalta que “a escolha do uso da estrutura metálica não deve partir de uma prioridade estética, mas sim de uma adequação ao canteiro de obras, ao terreno, às leis locais, como no caso da Casa Serrana, que será analisada no decorrer da pesquisa, onde existiam leis ambientais que condicionavam a construção no terreno. Em muitos casos os condicionantes acabam gerando a solução. Muitos clientes tem pressa pela conclusão da obra e/ou possui restrições às quais favorecem a utilização de estruturas pré-fabricadas”. E segundo a arquiteta da empresa 2 “a escolha da estrutura metálica depende mais do projeto que do cliente”. O entrevistado da empresa 4 acredita que “exista uma resistência enorme para obras desta tipologia, pois os engenheiros civis em geral já desenvolveram seu próprio jeito de construir em concreto, seguindo medidas em centímetros e para a estrutura em aço as dimensões são em milímetros”. Ele afirma que “quanto menor a obra mais deveria combinar com aço, porque quando se projeta e constrói corretamente a montagem é perfeita”. E que o sucesso da obra depende de uma base bem feita e os profissionais da construção nem sempre trabalham de maneira primorosa.

As dificuldades encontradas pelas empresas ao projetar construções de pequeno porte estruturadas em aço são em função de adequações oriundas de erros na tomada de decisões, preconceito de profissionais, falta de conhecimento,

maus exemplos de obras com execução ruim, falta de empresas qualificadas e preço ainda alto em comparação a outras soluções convencionais.

Em relação ao custo de obras com a tipologia estudada nesta pesquisa, a empresa 1 afirma que “é difícil estipular previamente, mas em geral a estrutura metálica é cerca de 20 a 30% mais cara que a estrutura em concreto armado. Mas quando a estrutura em aço é bem administrada a obra pode se tornar até mais barata e com certeza mais rápida”. Ele afirma que “no caso de obras comerciais, por exemplo, caso ela termine quatro meses antes, já poderá gerar retorno. O cálculo de custos e ganhos com a obra deve ser global, não compreendendo apenas o valor da estrutura e dos materiais, mas também de tempo de obra, tempo de pagamento de mão de obra e desperdícios de materiais”.

A arquiteta da empresa 2 esclarece que “quando se contabiliza o tempo de obra, mão de obra e a sustentabilidade é possível que o valor da estrutura metálica seja equivalente ou até mais barato que o concreto. A estrutura convencional implica mais mão de obra e mais tempo de construção e muitas vezes o prazo da obra não é levado em consideração no cálculo de custo da construção”. Ela afirma que “muitas vezes os arquitetos abrem mão de um projeto para atender ao que o construtor exige, quando seria possível seguir com as ideias originais com outro tipo de estrutura e que em alguns casos os clientes aceitam bem as propostas com estrutura metálica, mas muitas vezes os construtores e calculistas optam por não utilizá-la”.

O arquiteto da empresa 3 afirma que “quando se compara quantitativamente a construção em aço e demais materiais industrializados sempre irão superar aos sistemas não industrializados, contudo sua análise precisa ser feita com uma visão mais ampla de forma qualitativa”. Quando vista desta forma a estrutura metálica passa a ser interessante ao empreendedor.

O diretor da empresa 4 recomenda que se faça um estudo de orçamento em relação a vários tipos de estrutura, seja aço, concreto ou madeira. E acrescenta que “deve-se saber qual tipo de estrutura é mais adequada, seja em relação à topografia com declividade acentuada e vãos livres justifica-se a escolha do aço, mas deve-se pensar também no acesso a esse local e em como a estrutura chegará até ele”. É necessário avaliar uma série de fatores que irão determinar a escolha da estrutura. O entrevistado afirma que “na engenharia tudo é possível, mas existe um preço”.

A fabricação, o fornecimento e a montagem de estruturas metálicas para obras de pequeno porte e não seriadas é em geral executada por uma empresa como a empresa 4, que calcula ou recebe projetos já prontos, corta as peças, entrega na obra com as dimensões adequadas e monta. Os calculistas desenvolvem os desenhos e o projeto dentro dos padrões dos construtores, de forma que raramente um projeto é negado por um fornecedor ou fabricante. Algumas vezes as modificações no projeto arquitetônico são feitas em parceria entre o engenheiro calculista e o arquiteto e são feitas simulações computacionais em conjunto até que se chegue a uma conclusão. O montador como tem muita visão de custo pode sugerir um sistema dentro de uma lógica de custos adequando projetos e estruturas. “Muitas vezes a estrutura é repensada nessa fase gerando grande economia, que é o que interessa”, como afirma o entrevistado da empresa 1. Muitas vezes o projeto ganha com isso, desde que não se perca sua ideia central.

Quando questionados sobre uma forma de viabilizar o uso de estruturas em aço para construções de pequeno porte e não seriadas os entrevistados concordam que seja necessário explicar aos clientes as vantagens deste tipo de estrutura e sua adequação para o projeto levando em consideração fatores como rapidez, leveza, que implica na fundação, e condições de canteiro que determinem o uso deste tipo de estrutura. E em último caso a função estética da construção. Estes fatores tão considerados para grandes obras devem ser também apreciados para as pequenas construções, sendo algo que parte do macro em direção ao micro. Todos os entrevistados afirmaram que no início a mentalidade e o costume em se construir em aço seja mais caro, mas à medida que vai se tornando mais comum será barateado.

O processo de projeto dos escritórios de arquitetura foi se modificando à medida que surgiram projetos estruturados em aço e para o arquiteto da empresa 1 “quando se projeta para estrutura metálica talvez é necessário desenvolver um pensamento industrial, principalmente em relação a vãos, montagem e modulação, tendo em vista que esta estrutura segue uma lógica racional”. No entanto o arquiteto ressalta o valor em quebrar o racional e agregar elementos surpresa na construção, para que não se construa sempre um galpão. “A questão seria fazer um projeto que deve ser completamente racional, econômico, mas também bonito, inédito, provocativo e ao mesmo tempo ter a mesma tecnologia de um galpão”.

A empresa 3 também busca trabalhar com soluções mais econômicas de vãos e com a padronização da estrutura sempre que possível, atentando para

detalhes a fim de evitar patologias. O entrevistado da empresa 4 afirma que “o planejamento para construção metálica exige mais tempo e é essencial para que no momento da obra se tenha o mínimo de gasto de energia, com uma montagem rápida da estrutura”. Segundo ele “existem casos em que os calculistas ou construtoras compram vigas com dimensões maiores que as necessárias e que ao chegarem à obra se cortam as partes excedentes, caracterizando um mal uso do material e da estrutura”.

5.2.1.3 Impressões Sobre a Situação Atual do Mercado

As empresas concordam que a falta da tradição na construção com aço no Brasil atrasou o desenvolvimento de soluções inovadoras e que a arquitetura brasileira não esteja construindo em aço ainda até onde ela pode chegar. De acordo com a empresa 1 “nos anos 1990 as indústrias investiam muito em obras, como a Usiminas, por exemplo, pois pretendiam divulgar o aço na construção civil”. Para a arquiteta diretora da empresa 2 “ainda não é possível afirmar que exista uma tendência de construção em aço no Brasil, principalmente frente às dificuldades econômicas atuais e ao fato de a construção civil estar em baixo desenvolvimento”. Segundo a arquiteta “os clientes não procuram mais soluções interessantes e inteligentes, mas sim menor custo e prazo, principalmente para obras com fim comercial, que deixam de lucrar até que a construção seja concluída, tendo relação direta com o custo da obra. Em relação à sustentabilidade também não existe muito incentivo porque não há um retorno imediato e acaba não valendo a pena fazer uma construção sustentável no país, por falta de incentivo”. De acordo com ela não são percebidas vantagens imediatas ao se construir sustentavelmente se não em relação à consciência do empreendedor e do projetista. Segundo a empresa 3 “quanto mais obras forem construídas mais possibilidades teremos de fazer ainda mais com o aço, pois é preciso ver algo funcionando para que o empreendedor sinta a confiança em adotar tal sistema”. O aço tem ganhado espaço e os arquitetos são fundamentais neste processo.

Em relação à sustentabilidade em meio a questões econômicas e de mercado imobiliário os entrevistados acreditam que o mercado valoriza a sustentabilidade nos edifícios, embora seja comum a venda de projetos falsamente sustentáveis. Segundo o arquiteto da empresa 1 “pouco se fala da orientação das janelas e

implantação sustentável da edificação nas campanhas de vendas de imóveis”. A empresa 2 afirma que “a sustentabilidade vende bem e que os clientes veem com bons olhos as ideias do desenvolvimento sustentável”. O arquiteto da empresa 3 acredita que “um edifício com tais características se diferencia dos demais, pois seus custos de manutenção são menores e sua vida útil é maior”.

5.2.1.4 Desenvolvimento Sustentável

A associação da estrutura metálica à sustentabilidade foi imediata a todos os entrevistados, devido a questões como a rapidez, desmonte, reciclagem, mas sem deixar de considerar que tudo tem um rastro de impacto para o desenvolvimento sustentável, seja para sua produção, transporte ou a própria construção.

Segundo o arquiteto diretor da empresa 1 “a boa arquitetura é sustentável. É uma questão muito antiga”. Segundo ele “a arquitetura modernista, com seus cobogós, era sustentável, pois se preocupava com orientação, sombra, etc. Mesmo não possuindo painéis solares e coletores de água, mas é porque não existiam”. O arquiteto acredita que as obras eram mais corretas, com maiores preocupações com as sombras, a ventilação e acabou evoluindo para o pano de vidro e para o ar condicionado e o espetáculo estrutural. “Se o arquiteto pensa a arquitetura de uma maneira correta, mesmo sem pensar na palavra sustentabilidade, projetará de forma sustentável”. Ele afirma que muitos arquitetos criam um problema para poder resolvê-lo, como uma fachada voltada a oeste, que recebe aplicação de um vidro especial e uso de ar condicionado que gaste pouca energia.

A arquiteta da empresa 2 afirma que “a conscientização da execução sem desperdício deve ser pensada desde o início do projeto e que não consegue desvincular a estrutura metálica da sustentabilidade. A sustentabilidade não está ligada apenas à construção, mas à consciência das pessoas, tanto do arquiteto, do engenheiro, do cliente, até o pedreiro e o servente. A consciência de cada um muda e o trabalho de pequenas atitudes, como não jogar lixo no chão, conservar a água, não fumar em um ambiente fechado, organização, entre outros aspectos. A sustentabilidade melhora também a qualidade de vida das pessoas em contato com a construção baseada em seus preceitos”. Para a empresa 3 o desenvolvimento sustentável deve nascer junto à concepção inicial do projeto, de modo que esta

passa a ser uma premissa para que o projeto seja desenvolvido completamente em torno disso.

Os profissionais entrevistados tem consciência das muitas questões que envolvem o desenvolvimento sustentável e abordaram aspectos como o local onde o empreendimento é implantado, a proximidade a linhas de ônibus, uma empresa que tenha carros movidos a eletricidade, bicicletário, vestiário para ciclistas, uso de tintas que não sejam tóxicas, uso do espaço de forma inclusiva, economia de energia, películas de vidro que geram energia elétrica a partir da luz do sol refletida nas fachadas, entre outras.

Quando questionados sobre o custo de uma obra sustentável o arquiteto da empresa 1 acredita que as pessoas já entendem que o desenvolvimento sustentável necessita de um investimento e que se está avançando um pouco por filosofia e ciência e um pouco por necessidade. E o entrevistado da empresa 4 afirma que “uma obra sustentável seja mais cara porque há um nível de exigência maior, mas há um retorno futuro. Uma obra sustentável está em um patamar diferenciado e isso é muito importante”.

Em relação às escolas de arquitetura e às necessidades e habilitações dos novos profissionais os entrevistados concordam que o currículo e as ementas dos cursos devem ter matérias que tratem destes temas. Mas que além de disciplinas específicas sobre o desenvolvimento sustentável é necessário que nas matérias de projeto o tema seja abordado ao longo do ensino. Questões de implantação, corte de terreno, bioclimática devem ser abordadas em orientações de projeto. E todos afirmam que durante suas graduações esta temática sequer foi abordada, mostrando como as questões de impacto ambiental e sustentabilidade são recentes.

Os resultados foram satisfatórios com os profissionais entrevistados demonstraram conceitos e opiniões semelhantes acerca do processo de projeto. Ao longo das entrevistas foi possível identificar que um comum a todos os entrevistados é que as deficiências de projeto e comunicação entre as equipes de trabalho são responsáveis por grande parte das patologias das edificações estruturadas em aço. Evidenciando a importância da integração dos profissionais desde o início do processo de projeto, uma vez que os sistemas industrializados não aceitam improvisos.

Os colaboradores abordaram dados relevantes para o desenvolvimento do processo de projeto do ponto de vista sistêmico da construção metálica e as diversas etapas de fabricação, transporte e montagem.

Procurou-se entender como é a relação entre arquitetos, engenheiros e projetistas de estruturas e quais os problemas mais comuns. Além disso, foi abordada a importância da participação dos demais profissionais envolvidos com o processo de projeto com aço, os parâmetros e premissas no seu uso e a formação do arquiteto.

Durante as entrevistas foram citadas dificuldades provenientes de deficiências no processo de projeto, como o detalhamento das ligações entre a estrutura metálica e outros elementos da construção, como a estrutura de fechamento; problemas de dimensionamento de peças e necessidade de “adequações” na obra, comprometendo a montagem no canteiro e a agilidade da obra, uma das principais vantagens da construção metálica.

A partir de uma análise das entrevistas e da revisão bibliográfica foi possível estabelecer estratégias de projeto para construções de pequeno porte e não seriadas estruturadas em aço associadas ao desenvolvimento sustentável.

5.3 Estudo de Caso 1: Edificação de Pequeno Porte Estruturada em Aço

O primeiro estudo de caso desta pesquisa é sobre uma edificação residencial intitulada Casa Serrana (Figura 5.1) localizada na cidade de Nova Lima, estado de Minas Gerais. O terreno possui 1003,0m² e a área construída compreende 360,0 m². O projeto foi desenvolvido pela empresa 1 no ano de 2000 e a obra foi concluída em 2001.

O projeto e a obra em si foram publicados em revistas de arquitetura e possui experiência em edificações estruturadas em aço. Como já explicitado anteriormente, o escritório trabalha com a colaboração de profissionais externos de acordo com a demanda dos projetos. Segundo o arquiteto titular do escritório os projetos são desenvolvidos em um ambiente de comunicação aberta entre os integrantes da equipe de trabalho e sua concepção e elaboração ocorrem de modo dinâmico e com participação de todos.

Figura 5.1: Casa Serrana.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

A empresa faz uso de ferramentas computacionais e esboços à mão livre com o intuito de melhor representar as ideias e prioridades aos clientes, construtores e projetistas de estrutura e projetos complementares. Na figura 5.2 demonstram-se as formas de representação utilizadas para a edificação.

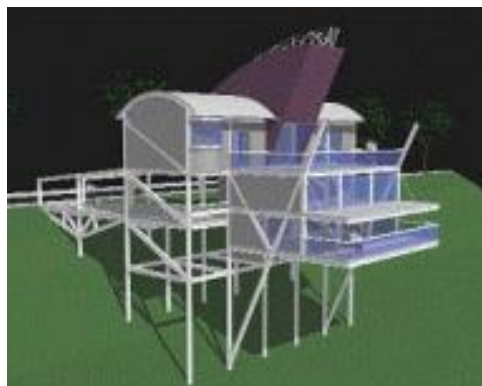
A Casa Serrana é definida pelo arquiteto como uma palafita metálica idealizada a partir das condições naturais topográficas do terreno, com inclinação superior a 45% e da legislação local que exigia a preservação ambiental.

A inserção da edificação no terreno foi projetada de forma a agredir o menos possível sua conformação natural, permitindo que a topografia e as árvores existentes fossem praticamente intocadas. A ideia que se passa é de que a construção voa, devido à implantação e à leveza possibilitada pelo uso da estrutura metálica. A construção foi disposta paralelamente à via à qual se tem acesso por uma ponte (Figuras 5.3 e 5.4).

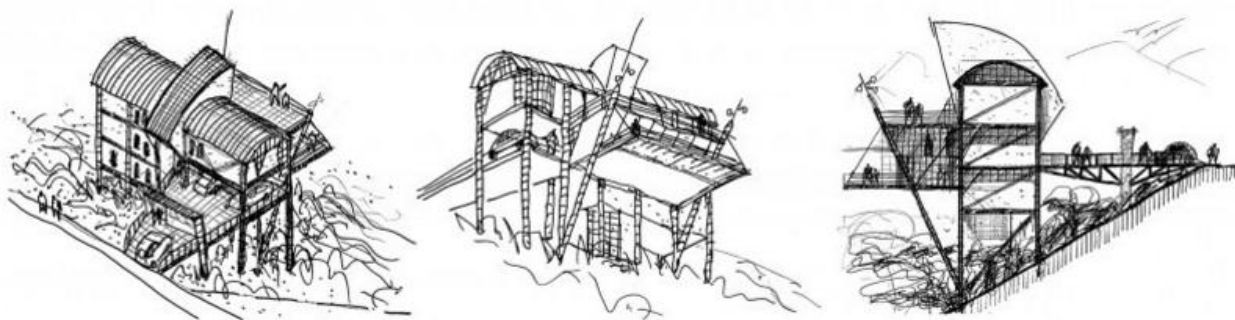
Figura 5.2: Modelos de representação da Casa Serrana.



(a) Tratamento à mão sobre desenho computacional



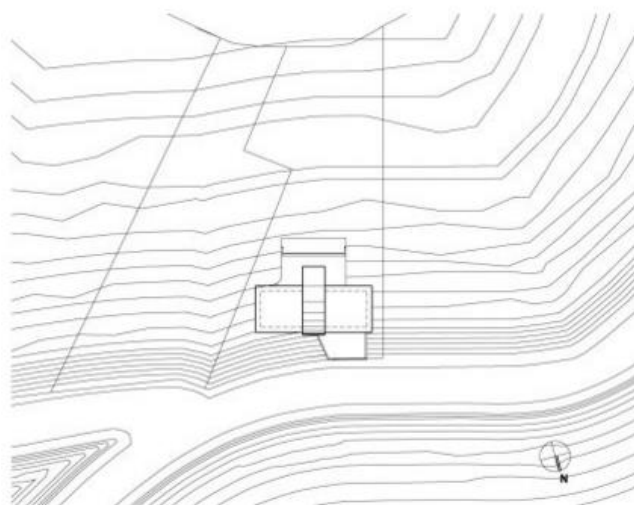
(b) Maquete eletrônica



(c) Croquis

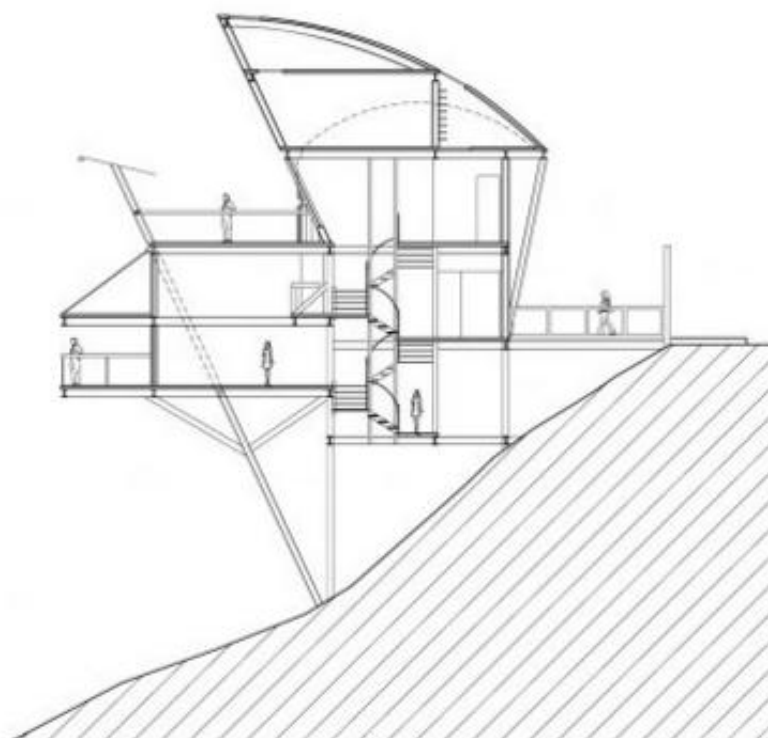
Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

Figura 5.3: Implantação da Casa Serrana.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

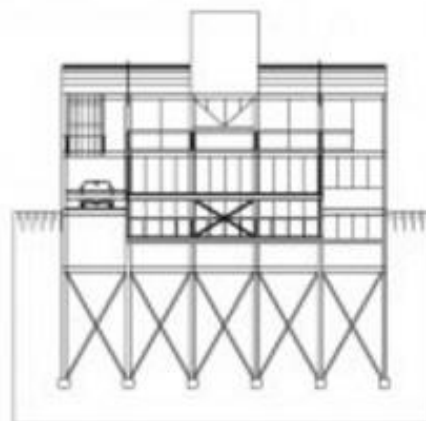
Figura 5.4: Corte da Casa Serrana.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

Seis pórticos estruturam a construção ao longo das curvas de nível e sustentam os vários níveis da edificação, como se observa na figura 5.5. A escada central é colocada como um eixo vertical a partir do qual os ambientes internos e mirantes externos são organizados.

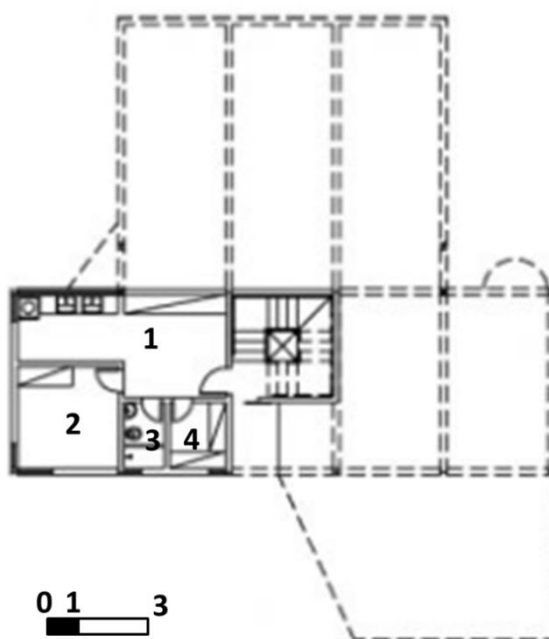
Figura 5.5: Corte da Casa Serrana.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

A residência possui três pavimentos com estrutura projetada para futuras expansões. No pavimento térreo (Figura 5.6) tem-se contato direto com o terreno natural e áreas utilitárias da casa, como lavanderia, depósito e dependências de empregada. No pavimento superior (Figura 5.7) tem-se a garagem, cozinha, sala de jantar, despensa e lavabo garantindo funcionalidade ao pavimento social da residência. Um mirante contíguo à sala de estar em meio nível é colocado em balanço frente à mata natural do terreno (Figura 5.8). Um escritório foi projetado sobre parte da sala de estar tornando o pé direito da mesma variável. A área íntima (Figura 5.9) está situada no último pavimento, com um banheiro social, suíte, dois quartos e um terraço com vista para a paisagem natural.

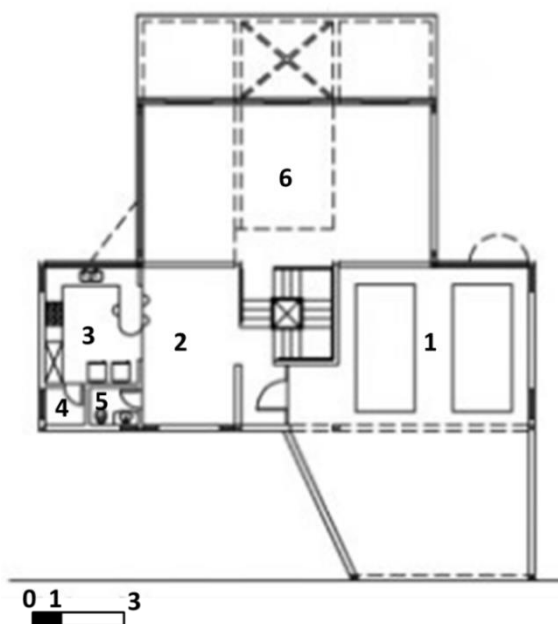
Figura 5.6: Pavimento térreo.



1 – Lavanderia; 2 – Banheiro; 3 – Depósito; 4 – Quarto.

Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

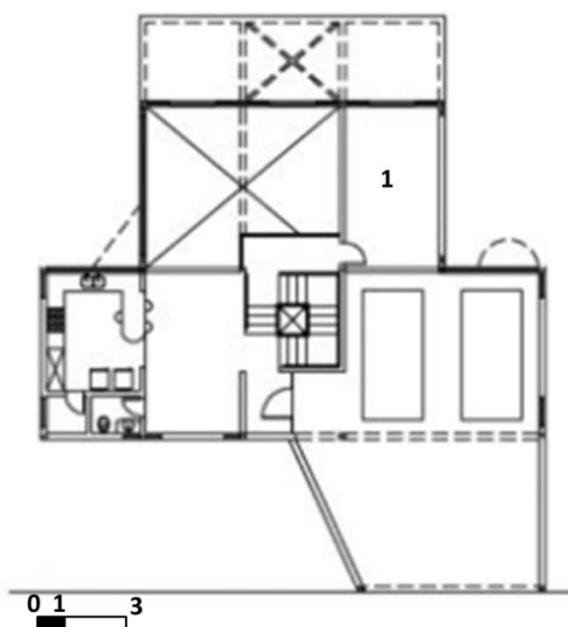
Figura 5.7: Primeiro pavimento.



1 – Garagem; 2 – Sala de Jantar; 3 – Cozinha; 4 – Despensa; 5 – Lavabo; 6 – Sala de Estar.

Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

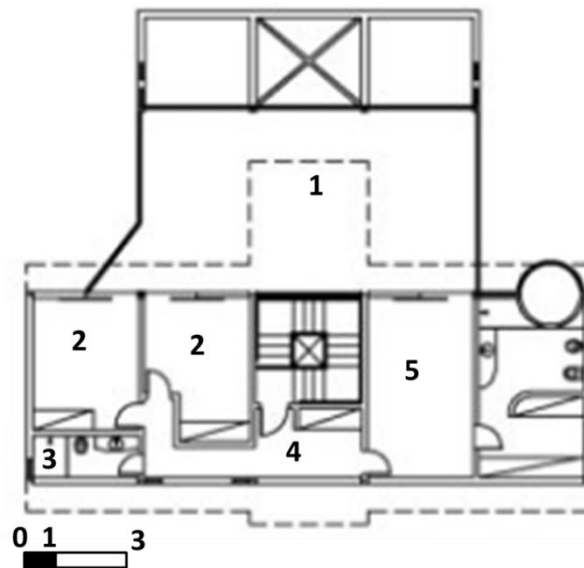
Figura 5.8: Escritório.



1 – Escritório.

Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

Figura 5.9: Terceiro pavimento.



1 – Terraço; 2 – Quarto; 3 – Banheiro; 4 – Circulação; 5 – Suíte.

Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 1.

Segundo o arquiteto os clientes, já conhecidos há muito tempo, confiaram em sua proposta e concordaram com a tomada de decisões deste. Após a definição do partido arquitetônico e do sistema estrutural o escritório estabeleceu contato e consultas com um colaborador engenheiro calculista que garantiu a exequibilidade da proposta. Com a conclusão do anteprojeto surgiram dificuldades para a contratação de uma construtora pela falta de padronização de algumas peças, valores associados à estrutura e pelo pequeno porte da obra. De modo que o pai do proprietário, que é engenheiro civil, se responsabilizou pela montagem e execução da obra, apesar de sua experiência profissional abranger, quase totalitariamente, obras em concreto armado.

As principais discussões entre o escritório de arquitetura e o engenheiro calculista foram acerca da ligação entre a estrutura e o fechamento em alvenaria e esquadrias de alumínio, contraventamentos, posicionamento de pilares e altura de vigas. O desenho arquitetônico foi respeitado e priorizado durante o desenvolvimento do projeto estrutural. Como a edificação possui um balanço delimitado pela varanda (Figuras 5.10 e 5.11) acentuou-se a geração de um momento nesta direção que foi estabilizado pelo apoio aplicado pela passarela de entrada da residência. Desta forma a ponte de acesso funciona como tirante, equilibrando o conjunto. A compatibilização dos projetos coube ao escritório de

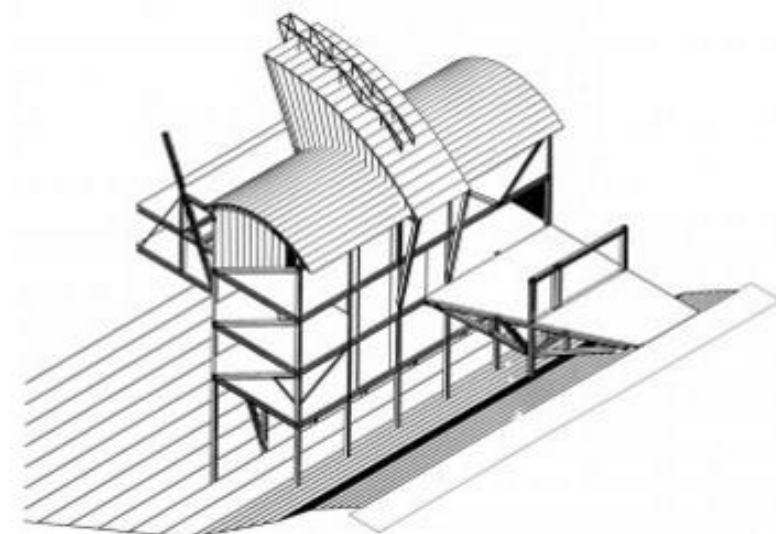
arquitetura e, segundo o diretor do escritório, sem grandes dificuldades. Em busca de maior conforto térmico o arquiteto previu cobertura com telhas metálicas, uma camada de isopor e acabamento interno em forro de gesso.

Figura 5.10: Mirante em balanço.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

Figura 5.11: Volumetria da edificação com a ligação entre a passarela e o terreno.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 1, 2016.

De acordo com o arquiteto a obra não possuía um prazo limite, permitindo que a montagem da estrutura durasse cerca de seis meses, devido à inexperiência da mão de obra contratada pelo construtor. Um dos fatores determinantes para os clientes foi o custo da obra, o que gerou um plano de corte para as peças, que foram todas compradas com o mesmo comprimento de 12 metros, ocasionando cortes e emendas por meio de soldas *in loco*. O acesso ao local da obra foi dificultado por legislação local do condomínio, acarretando o corte das peças em uma serralheria e posterior adaptação das mesmas no canteiro, complicando o organograma e o processo construtivo.

A arquiteta Betina Castro (2005) também analisou o processo de produção desta edificação e, em contato com o construtor, verificou que durante a obra foram necessárias alterações no projeto estrutural devido à falta de contraventamentos horizontais, acarretando em maior tempo de obra. Além desta, outra decisão foi tomada durante a produção da construção: o material utilizado nas interfaces entre alvenaria e estrutura. Foi utilizada espuma expansiva e uma faixa de isopor a fim de minimizar gastos.

Observa-se que a troca de informações entre os agentes de criação ocorreu desde o início da concepção, incluindo os clientes, arquiteto, integrantes do escritório de arquitetura, engenheiro calculista, construtor e colaboradores externos. Por consequência, tem-se um projeto bem embasado e discutido, que gerou poucas modificações durante o processo de construção.

As dificuldades encontradas foram voltadas à dificuldade de acesso da estrutura metálica ao local da obra, demandando a participação de um terceiro profissional, o serralheiro, a fim de facilitar o transporte da estrutura.

Durante montagem também foram encontradas dificuldades devido à falta de mão de obra especializada e necessidade da presença constante do construtor responsável pela obra para a montagem de cada peça utilizada.

Tendo em vista os possíveis obstáculos a serem enfrentados em uma construção desta tipologia acredita-se que o processo de produção, incluindo as fases de projeto e execução, tenha sido satisfatório. O fato de o tempo de construção não ser prioridade para os clientes frente à maior questão colocada, o fator econômico, facilitou que as decisões fossem tomadas e discutidas com profissionais colaboradores e melhor definidas.

A participação do engenheiro calculista juntamente à tomada de decisões do arquiteto garantiu a qualidade da construção no sentido estrutural e econômico pela escolha de perfis dentro do orçamento dos clientes, garantindo a viabilidade da obra.

É perceptível a preocupação do arquiteto em imprimir racionalidade e modulação ao projeto, principalmente relacionada aos vãos livres, o que também contribuiu para a efetivação de uma construção de pequeno porte estruturada em aço.

A falta de um projeto de montagem da estrutura gerou adaptações no canteiro de obras e, segundo Castro (2005) este fato implica na falta de verificação dos estados limites das peças, permitindo possíveis esforços indesejáveis na estrutura. Visto que o sistema estrutural adotado é industrializado, ações de improviso durante a obra são incompatíveis com o material em sua essência. De modo que as peças devem ser transportadas ao canteiro já com as dimensões adequadas. As dificuldades encontradas em relação às dimensões das peças podem estar relacionadas à locação ineficiente da estrutura, projeto estrutural com informações incoerentes ou falta de experiência dos construtores, o que parece ser a causa mais provável para este estudo de caso.

5.4 Estudo de Caso 2: Edificação de Pequeno Porte Estruturada em Aço e Associada ao Desenvolvimento Sustentável

O segundo estudo de caso analisado nesta pesquisa é sobre a loja Tetum (Figura 5.12), localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais. Trata-se de uma loja de móveis e produtos de design e decoração que atua há mais de 30 anos na área. O projeto do edifício foi desenvolvido pela empresa 2, entrevistada neste trabalho.

O projeto desenvolvido em 2013, valoriza os preceitos da sustentabilidade e foi desenvolvido com consciência em relação ao impacto na região. Trata-se de um terreno de aproximadamente 1800m² e comporta dois galpões, interligados por uma passarela de madeira e vidro, que permite a entrada de iluminação natural e a contemplação da vegetação lindeira. Os galpões são estruturados em aço e a escolha do sistema estrutural se justifica pela agilidade na montagem, praticidade e possibilidade de vencer grandes vãos facilmente, explica a arquiteta titular do escritório. As lajes em Steel Deck são compostas por uma telha de aço galvanizado

e uma camada de concreto. Além de telhas termo acústicas feitas a partir do poliestireno expandido indicadas em busca de contribuir para o conforto térmico do empreendimento.

Figura 5.12: Loja Tetum.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

As árvores preexistentes no terreno, duas sibipirunas e um ipê amarelo com mais de dez metros de altura e 30 anos de existência, foram preservadas e a integração da edificação com o paisagismo é outro fator de contribuição para o do conforto climático (Figura 5.13). Segundo a arquiteta a manutenção das árvores foi uma das exigências iniciais da proprietária, o que gerou um desafio para a implantação da edificação e o cumprimento do programa de necessidades estabelecido junto à cliente. Uma das árvores preservadas é um ipê amarelo e para superar cumprir com as premissas da cliente foram construídos mais de 12 metros de altura de contenção.

Figura 5.13: Árvore preexistente no terreno.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

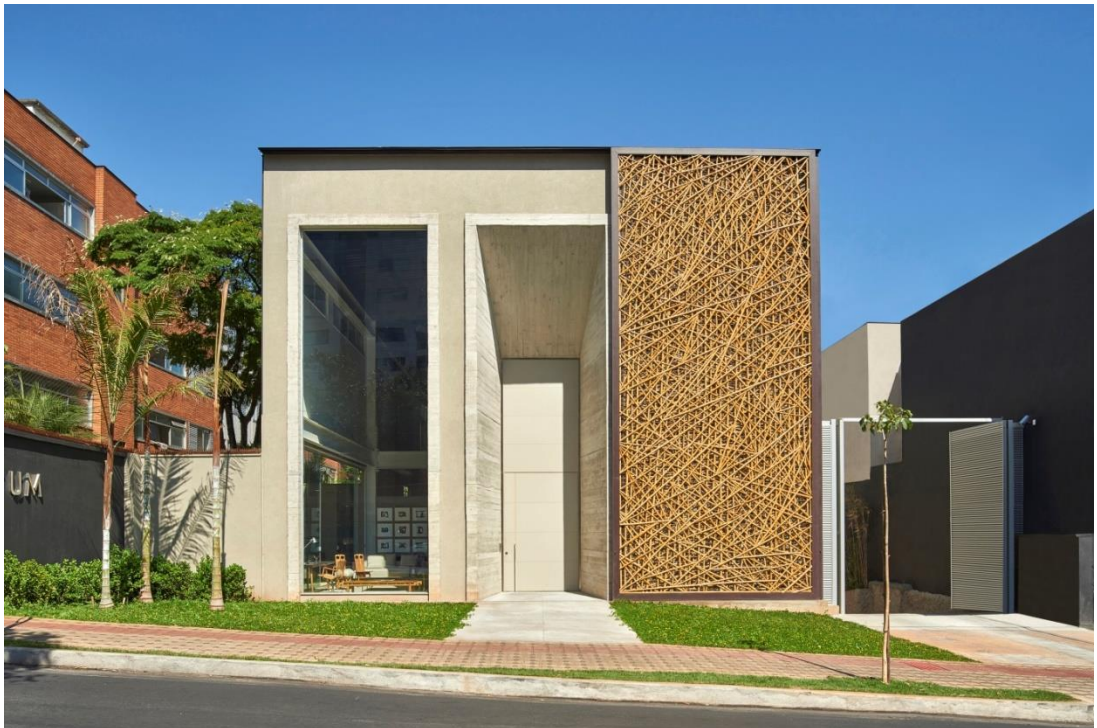
A Loja Tetum foi o primeiro projeto comercial a buscar a certificação LEED em Minas Gerais e se tornou projeto referência na área. A certificação de lojas de varejo ainda é pouco comum, em Minas Gerais e o projeto da Tetum é o primeiro em andamento na categoria LEED New Construction – NC RETAIL, específica para lojas de varejo (UM ESPAÇO..., 2013). O escritório de arquitetura recebeu orientação técnica de uma empresa especializada em soluções sustentáveis para a construção civil. Sendo assim, foram adotadas iniciativas necessárias para a obtenção da certificação que abrangem não só a construção, mas também a vizinhança e todos os trabalhadores envolvidos na obra. Foram utilizados princípios como racionalidade, durabilidade, conforto térmico, eficiência energética e hídrica, escolha cuidadosa dos materiais e gerenciamento de resíduos no canteiro de obra. A arquiteta declara que um projeto bem intencionado já nasce com os pré-requisitos necessários para se tornar sustentável, necessitando apenas uma boa assessoria e orientação de profissionais especializados.

A fachada frontal possui painéis de bambu, por ser um material resistente, leve e que se mostra como uma opção mais sustentável que outras madeiras de reflorestamento devido ao seu crescimento rápido (GONZAGA, 2015). Os painéis de bambu funcionam como cortinas deslizantes que se movimentam por meio de trilhos e que durante o dia desliza expondo a vitrine e quando está fora do horário de funcionamento protegem o interior da loja, como se observa na figura 5.14.

Figura 5.14: Portas de bambu deslizantes.



(a) Painéis fechados



(b) Painéis abertos

Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

O acesso à edificação se dá por uma rampa posicionada na lateral da fachada e leva o visitante até o estacionamento a partir do qual pode acessar a loja pelo elevador ou escada.

A primeira decisão projetual foi a escolha do sistema estrutural devido aos grandes vãos necessários para o aproveitamento do espaço interno da construção como mostruário da loja. A identidade de uma arquitetura moderna e atual também contribuiu para a definição do tipo de estrutura. O projeto arquitetônico foi desenvolvido junto aos clientes e pela arquiteta titular juntamente a uma equipe de apoio do próprio escritório. A relação entre os profissionais de projeto arquitetônico, estrutural e complementares foi tranquila. Posto isto, as necessidades do projeto arquitetônico foram colocadas e algumas adequações são feitas após reuniões. Segundo o escritório, a escolha dos parceiros ocorre por pesquisa de mercado e indicação de construtoras e outras empresas. São analisadas questões como custo benefício e agilidade. A arquiteta afirma que infelizmente a estrutura metálica ainda é vista com preconceito, por questões de custo principalmente e que desta forma acaba-se optando pelo concreto. Ainda segundo ela, os calculistas com os quais já trabalhou são conservadores e optam por não utilizar estruturas mistas ou puramente metálicas. Geralmente se negam a trabalhar com este sistema estrutural, sendo necessária uma pesquisa aprofundada por construtores que saibam trabalhar com o aço. A intuição que se tem é que existe ainda um receio pela diferença de forma de construir com aço e concreto por parte de muitos profissionais.

O projeto já foi elaborado com a definição da estrutura metálica e em seguida passou-se por um processo de convencimento do engenheiro calculista e da construtora. A compatibilização foi fácil e com pequenas alterações, devido à facilidade de comunicação entre os colaboradores e a empresa de arquitetura. A estrutura é aparente para realçar o aspecto atual e urbano da construção, no entanto foi pintada na cor branca para não concorrer com os produtos em exposição na loja, como mostrado na figura 5.15.

A arquiteta afirma que a maior dificuldade estava envolvida ao posicionamento dos contraventamentos, devido a aberturas previamente determinadas para circulação de ar em todos os módulos. Desta forma os contraventamentos sofreram algumas alterações e foram adequados para atender ao projeto arquitetônico. Outras modificações também ocorreram, como a altura de

vigas, a colocação de forro não previsto em alguns pontos, como na parte central onde se tem o mezanino, onde foram projetadas vigas mais altas por falta de pilares, como se observa na figura 5.16.

Figura 5.15: Estrutura metálica aparente.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

A fase de montagem da estrutura metálica parafusada (Figura 5.17) foi efetivada no prazo estipulado inicialmente. De acordo com a arquiteta houve atraso na obra devido a um preconceito do engenheiro e do cliente com relação à construção do restante da obra, ou seja, após a montagem da estrutura. Em busca de agilidade e coerência com o conceito do projeto e com os materiais industrializados, o fechamento projetado foi em *steel frame* fachada. A arquiteta explica que a construtora apresentou receio em utilizar o material por nunca ter visto ou trabalhado com obras do tipo e ainda por inseguranças devido a vazamentos, perfuração de paredes, entre outras. Sabe-se que é possível construir dessa forma, segundo a arquiteta existem projetos no mundo inteiro com *light steel frame* resistentes e eficientes e esta foi a intenção inicial ao propor trabalhar com materiais industrializados e pré-fabricados.

Figura 5.16: Diferença de altura de vigas.



Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

Quando foi decidido não construir mais em *steel frame*, o projeto precisou ser readaptado, mesmo que a obra já tivesse iniciado. Por fim, e em insatisfação da arquiteta, o fechamento foi construído em alvenaria, resultando em paredes mais espessas e mais pesadas. Foram necessários reforços nos pontos em concreto, como cintas e fundações, porque o construtor, durante a obra, optou por construir em alvenaria e não em *steel frame* por não conhecer bem o material. A obra foi concluída com balanço financeiro muitos mais caro, devido a atrasos, maior demanda de mão de obra e gastos com materiais não previstos como para produção de reboco, por exemplo. Após decidirem utilizar alvenaria, foi-se percebendo a necessidade de reforço estrutural em vários pontos e a necessidade de reboco, que anteriormente não seria necessário. A arquiteta afirma que se o projeto fosse seguido à risca e desenvolvido um orçamento mais minucioso da obra com comparativo dos dois materiais, provavelmente a opção inicial seria mais vantajosa. Ela aponta ainda que esta decisão foi complicada também na questão da sustentabilidade, pois existia uma previsão de tempo que quase foi perdida com o uso de alvenaria.

Figura 5.17: Estrutura metálica parafusada.



Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

A estrutura convencional implica mais mão de obra e mais tempo de construção e muitas vezes o prazo da obra não é levado em consideração no cálculo de custo de obra. Quando se contabiliza os custos analisando o tempo de obra, mão de obra e a sustentabilidade é possível que o valor da estrutura metálica seja equivalente ou até mais barato que o concreto. A arquiteta responsável pelo projeto declara que muitas vezes os arquitetos abrem mão de um projeto para atender ao que o construtor exige, quando seria possível seguir com as ideias originais com outro tipo de estrutura e que apesar de os clientes aceitarem bem as propostas com estrutura metálica, mas muitas vezes os construtores e calculistas optam por não utilizá-la.

O acompanhamento da obra foi realizado pela construtora, pela empresa consultora de certificação ambiental e pela arquiteta, principalmente em relação à sustentabilidade, pois existiam pontos a serem seguidos, principalmente no tocante a treinamentos de mão de obra. No projeto da loja Tetum a obtenção e montagem da estrutura foi realizada pela empresa contratada pela construtora.

Após a aprovação do anteprojeto pela cliente e durante a execução do projeto executivo a arquiteta percebeu o potencial sustentável que a edificação apresentava. Na estrutura metálica viu-se o potencial para ser sustentável e não o contrário, escolhendo a estrutura pensando no impacto ambiental. Foram poucos pontos de

adequação aos preceitos da certificação. A obra já era sustentável mesmo que ainda não se soubesse. Segundo ela os traços sustentáveis do projeto surgiram naturalmente e a partir de então captou-se também o potencial para a certificação ambiental. Como esta seria a primeira obra sustentável do escritório decidiu-se contratar uma empresa especializada em consultorias ambientais para construções.

O projeto foi sendo adequado durante reuniões entre as equipes de projeto de arquitetura e da empresa parceira. De acordo com a arquiteta o projeto já possuía potencial, de modo que foram necessários apenas alguns ajustes, mantendo o que já havia de positivo. Em relação aos clientes a iniciativa da certificação foi bem recebida e incentivada ao perceberem as contribuições que uma edificação sustentável geraria, como por exemplo, a redução dos custos de operação e manutenção de empreendimento. “A certificação confere licença poética às iniciativas que agregam valor à marca, muitas vezes ainda intangíveis para a organização e que apenas a experiência poderá materializar os inúmeros benefícios” (UM ESPAÇO..., 2013, p.35). A arquiteta afirma que a possibilidade de certificação foi uma notícia altamente contagiante, que empolgou a todos os envolvidos, que passaram a batalhar ainda mais pelos detalhes que faltavam para o projeto terminar e se enquadrar nas premissas necessárias para a aprovação no LEED.

Apesar de ainda não existirem muitos incentivos em relação à sustentabilidade, devido principalmente à falta de retorno imediato, muitos profissionais acreditam que não valha a pena fazer uma construção sustentável no país. A autora do projeto declara que não vê muitas vantagens imediatas ao se fazer uma construção sustentável, além do tocante à consciência. No caso da obra da loja Tetum existiram algumas compensações em relação ao reaproveitamento das águas das chuvas, por ser em uma época de seca extrema no Brasil e com a iluminação eficiente em todo o projeto para diminuir o valor da conta de energia elétrica. Esses foram os pontos onde se percebeu que foi válido e reconhecido o projeto sustentável, pelo menos por parte da cliente e dos usuários. No entanto percebem-se melhorias neste sentido. A arquiteta afirma que a sustentabilidade vende bem e que os clientes veem com bons olhos os preceitos do desenvolvimento sustentável.

A loja Tetum fechou em 2015 e a edificação foi alugada para fins comerciais no auge da crise econômica do Brasil, por ser um projeto bonito e sustentável de fato, comprovada pelo selo, declara a arquiteta.

Segundo ela, hoje não consegue desvincular a estrutura metálica da sustentabilidade, tão menos a execução da obra sem desperdício. A sustentabilidade não está ligada apenas à construção, mas à consciência das pessoas, tanto do arquiteto, do engenheiro, do cliente, até o pedreiro e o servente. A consciência de cada um muda por meio de pequenas atitudes, como não jogar lixo no chão, conservar a água, não fumar em um ambiente fechado a organização do canteiro, entre outras. A equipe do escritório de arquitetura concorda que a vida de todos em contato com a obra mudou, pois estiveram em contato com a obra por cerca de dois anos. A arquiteta relembra alguns critérios necessários para a obtenção da certificação, como a proibição de fumar dentro da obra, pois as substâncias tóxicas do cigarro ficam impregnadas na estrutura da construção e leva muitos anos para sair. Esta, dentre outras determinações, geraram tanto trabalho e exigiram tanto envolvimento de todos os profissionais que alguns pararam de fumar durante esse processo. Dessa forma fica comprovado que a sustentabilidade melhora também a qualidade de vida das pessoas em contato com ela. Os critérios a serem seguidos compreenderam também a preocupação com a evaporação de líquidos voláteis, como tintas, vernizes e outros produtos que para serem usados devem ter baixa emissão de compostos orgânicos voláteis para não deixar o ambiente tóxico, visando a qualidade de vida dos trabalhadores e da obra. Existe também treinamento de mão de obra sobre preservação ambiental, limpeza da cidade, saúde e sustentabilidade na vizinhança imediata. O que as pessoas aprendem em obras como essas acabam levando a outras obras e para suas vidas. O treinamento dos trabalhadores da obra é feito por empresas especializadas em sustentabilidade.

Os quase 20 meses de obra mudaram a mentalidade dos funcionários, que perceberam a importância do reaproveitamento, da limpeza e da reciclagem. O diretor da construtora responsável pela execução da obra afirma: “Você vê que dá para fazer, é só incentivar o pessoal para trabalhar junto. Todos que entram no canteiro hoje elogiam a limpeza e organização”. (UM ESPAÇO..., 2013)

Parte do treinamento dos profissionais foi centrada na gestão adequada de resíduos durante a obra, incluindo a separação e destinação apropriada. Todos os profissionais envolvidos receberam treinamento para a manutenção, limpeza e organização do espaço. Os materiais de construção foram guardados em tambores sobre pallets, para a proteção contra a umidade e redução de perdas. Foram

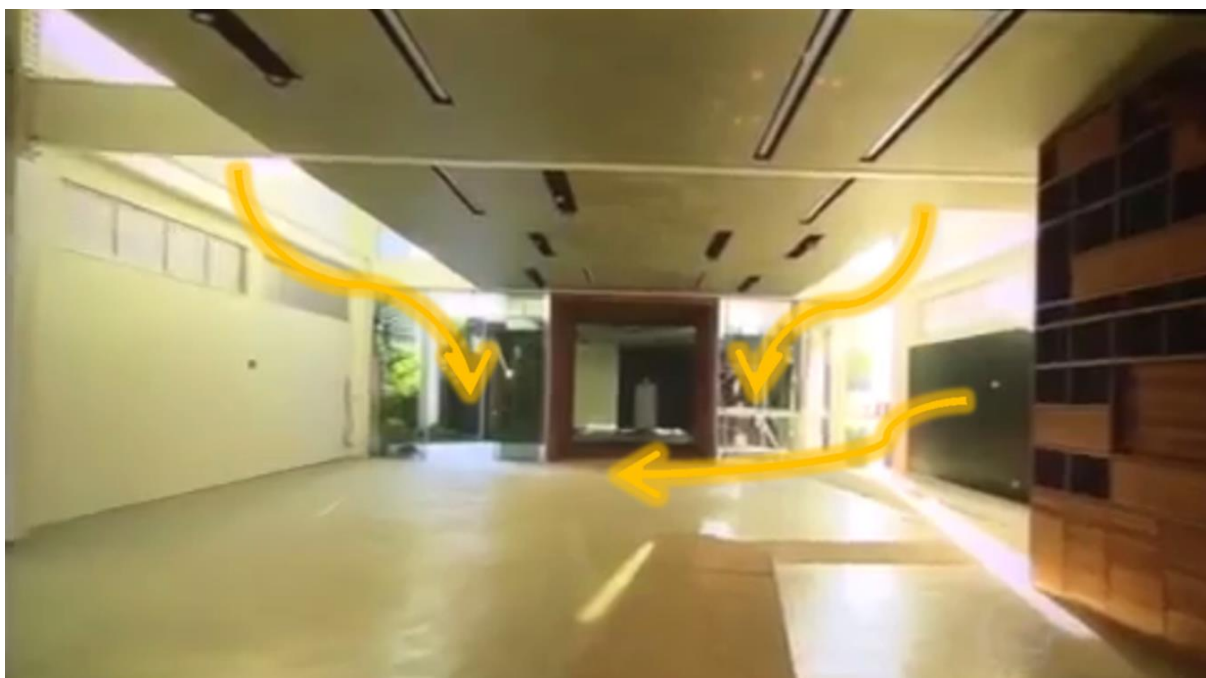
contratadas apenas empresas licenciadas para realizar o rastreamento por Controle de Transporte de Resíduos (CTR), facilitando o reaproveitamento dos materiais e a conservação da limpeza do local, e garantindo a destinação de reutilização ambientalmente correta a 90% dos resíduos gerados. A madeira descartada foi utilizada como adubo após um processo de compostagem e os entulhos foram reaproveitados ou transformados em blocos de construção civil por um programa de reciclagem da Prefeitura de Belo Horizonte. Os materiais descartados em pouca quantidade, como isopor, foram doados ao Centro de Capacitação e Apoio ao Empreendedor (CAPE) filiado à associação dos artesãos Mãos de Minas. Além da gestão da qualidade interna do ar, que acarreta ações como a varrição umidificada, a limpeza dos pneus dos carros, a proteção dos solos expostos e o uso de bandejas plásticas para evitar a contaminação por vazamento de óleo por parte dos equipamentos (UM ESPAÇO..., 2013). O escritório de arquitetura declara que os investimentos são mínimos e voltados principalmente a questões organizacionais e mudanças de hábitos.

A escolha de materiais pré-fabricados favoreceu a mitigação de desperdícios e maior organização no canteiro. Buscaram-se materiais que causam menor impacto no meio ambiente e, por consequência, foram usados cimento com escória de alto forno por emitirem menos gás carbônico, reutilização de tijolos de demolição, materiais locais e madeiras com selo do Forest Stewardship Council (FSC). De acordo com o diretor presidente da construtora a maior dificuldade encontrada foi exigir dos fornecedores o envio das licenças ambientais e informações técnicas dos produtos, devido à falta de hábito de atendimento a esse tipo de exigência (UM ESPAÇO..., 2013).

Em relação à economia de água foram instaladas torneiras com sensores de acionamento e arejadores que diminuem o consumo de 2,5 para 1,8 litros por minuto. Além de equipamentos economizadores, como válvulas duplo fluxo, nos banheiros, que liberam três ou seis litros de acordo com a necessidade, enquanto válvulas comuns liberam em geral 12 litros. O mictório seco não faz uso de descargas, pois é limpo uma vez ao dia com produtos específicos, possuindo um sistema de vedação por membrana para controle de odores. O sistema de captação de água pluviais possui capacidade de armazenamento de até 24 mil litros e garante até 6 meses de irrigação da vegetação do terreno. Visando a eficiência energética, o projeto arquitetônico propôs para o pé-direito de até 9,3 metros grandes aberturas

com vidros de eficiência energética, que filtram os raios ultravioleta e bloqueiam até 70% a incidência do calor para iluminação natural durante o período de funcionamento da loja, além de uma passarela de vidro que une os dois galpões de estrutura metálica. O uso de vidros especiais permite a abertura de grandes panos de vidro sem a preocupação de que a incidência do sol transforme os espaços em locais de pouco conforto térmico. Na figura 5.18 evidencia-se a iluminação natural dos ambientes internos. Foram utilizadas ainda lâmpadas econômicas de LED e fluorescentes automatizadas, que contribuem para a eficiência energética.

Figura 5.18: Iluminação natural do ambiente interno.



Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

Os revestimentos das fachadas são feitos de resina acrílica e cargas minerais, que impermeabilizam e facilitam a evaporação da umidade, facilitando as trocas de calor e o conforto térmico. A construção dispensa o uso de aparelhos de ar-condicionado devido à ventilação cruzada (Figura 5.19), possibilitada pelas aberturas laterais voltadas para os jardins. Outras iniciativas sustentáveis compreendidas nos critérios exigidos pelo sistema de certificação são a implantação de bicicletário, produção de um kit de emergência para manutenção de bicicletas, vagas preferenciais para veículos com combustível eficiente e de baixa emissão, proximidade a pontos de transporte coletivo e coleta seletiva de resíduos. Foi

desenvolvida uma simulação energética do empreendimento, que indicou uma economia de energia de mais de 17% e garantiu mais três pontos na certificação.

Figura 5.19: Ventilação cruzada do ambiente interno.



Fonte: Adaptado de arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

A loja Tetum está construída num terreno entre um prédio residencial e outro comercial. De acordo com o escritório a proximidade dos prédios vizinhos, sobretudo a do prédio residencial, cuja fachada lateral possui inúmeras janelas, mas também a do prédio comercial, cuja fachada lateral está bastante deteriorada, desviava a atenção do cliente da loja. Posto isto, o projeto paisagístico criou um entorno de natureza para a construção, de modo a cortar a interferência visual negativa. Foi criada uma barreira visual com a vegetação que alcançam de 4 a 6 metros de altura, ao longo dos muros de divisa e que não faz com que o ambiente seja pesado e fechado, em comparação a uma possível barreira física como uma parede (Figura 5.20).

Figura 5.20: Vegetação junto ao muro de divisa.



Fonte: Arquivo fornecido pela empresa 2, 2016.

Observa-se que o processo de projeto da edificação ocorreu em etapas, onde em um primeiro momento foi desenvolvido o projeto arquitetônico, em seguida o projeto estrutural e projetos complementares, posteriormente o projeto executivo e somente no último momento houve um projeto associado à sustentabilidade. A ausência de um projeto para produção é evidente durante o relato do escritório de arquitetura, visto que mudanças drásticas ocorreram durante o andamento da obra, como a alteração do tipo de fechamento que ocasionou em adaptações em vários pontos da estrutura. O fato de a sustentabilidade surgir como prioridade somente ao final do processo de projeto acarretou em alterações em alguns aspectos do trabalho que gerou mais tempo de projeto, mas que em contrapartida agregou valor à construção final e aos envolvidos no processo de produção. Este fato demonstra que mesmo que a preocupação com o desenvolvimento sustentável não seja uma premissa inicial do projeto as metas finais podem ser alcançadas, com a adversidade de que serão necessárias alterações e retrabalhos em relação a decisões já tomadas no projeto ou mesmo na obra.

O envolvimento da cliente durante o processo de projeto foi essencial para a tomada de decisões de aspectos essenciais do projeto, como a preservação das árvores existentes no terreno, contribuindo para a preservação ambiental, para a implantação sustentável da edificação e para a qualidade final da arquitetura produzida.

A comunicação entre os profissionais envolvidos, desde o escritório de arquitetura, o engenheiro, a construtora e a consultoria de sustentabilidade, foi importante para o estabelecimento de objetivos, cumprimento de pré-requisitos para a certificação e sucesso das adaptações feitas no canteiro de obras. Acredita-se que com uma comunicação e troca de conhecimentos mais eficazes seriam evitados problemas de mudança de materiais e reforços estruturais. Deste modo, foi alcançado um ótimo resultado final, que poderia ser ainda melhor caso as decisões fossem tomadas em conjunto e em concordância entre as partes, acarretando em economia de tempo e em uma construção ainda mais sustentável e industrializada com o uso de vedação em *steel frame*.

A escolha da estrutura em aço para o sistema estrutural foi acertada e o principal motivador para a aplicação dos preceitos do desenvolvimento sustentável que culminou na obtenção do primeiro selo LEED Retail para lojas de varejo em Minas Gerais.

5.5 Conclusão dos Estudos de Caso

Em relação ao processo de obtenção e montagem da estrutura não houve problemas. Os prazos foram devidamente cumpridos e não foram identificadas patologias oriundas do sistema estrutural. Em comparação ao estudo de caso da primeira edificação percebe-se que em treze anos as condições de obtenção e contratação de mão de obra especializada evoluíram significativamente, de modo que não é possível estabelecer uma relação de igualdade de condições de construção para as duas edificações, tendo em vista as possibilidades de transporte da estrutura ao local da obra, os terrenos em questão e o nível de amadurecimento dos profissionais envolvidos no processo de produção da edificação. Mesmo que mais de uma década tenha passado é perceptível que sempre surgem novos materiais e que estes geram estranheza e insegurança, principalmente para construtores. A estrutura em aço que era relativamente novidade para muitos

construtores nos anos 2000, ano de construção da Casa Serrana, já é encarada com naturalidade em 2013, durante a construção da loja Tetum. Enquanto o fechamento em *steel frame* ainda é visto como um obstáculo a ser ultrapassado.

É gratificante verificar o impacto positivo que uma obra sustentável tem em todos os envolvidos com a construção. Tem-se projetistas mais conscientes, trabalhadores do canteiro melhor informados e conhecedores dos impactos da construção, uma comunidade que passa a conhecer o desenvolvimento sustentável e um reconhecimento para a própria sociedade ao receber a certificação de sustentabilidade para uma de suas construções.

Verifica-se ainda que foram abordadas questões não só de eficiência energética, reuso de águas pluviais e coleta seletiva, mais comumente tratadas no âmbito do desenvolvimento sustentável, mas também aspectos paisagísticos, de poluição do ar interno, escolha responsável de revestimentos, proximidade a pontos de transporte coletivo, valorização de pedestres e transporte alternativo, como ciclismo, educação de trabalhadores do canteiro, envolvimento de toda a equipe de trabalho, limpeza do canteiro, redução de impactos nocivos ao meio ambiente nas práticas do dia a dia posterior à conclusão da obra, entre outros.

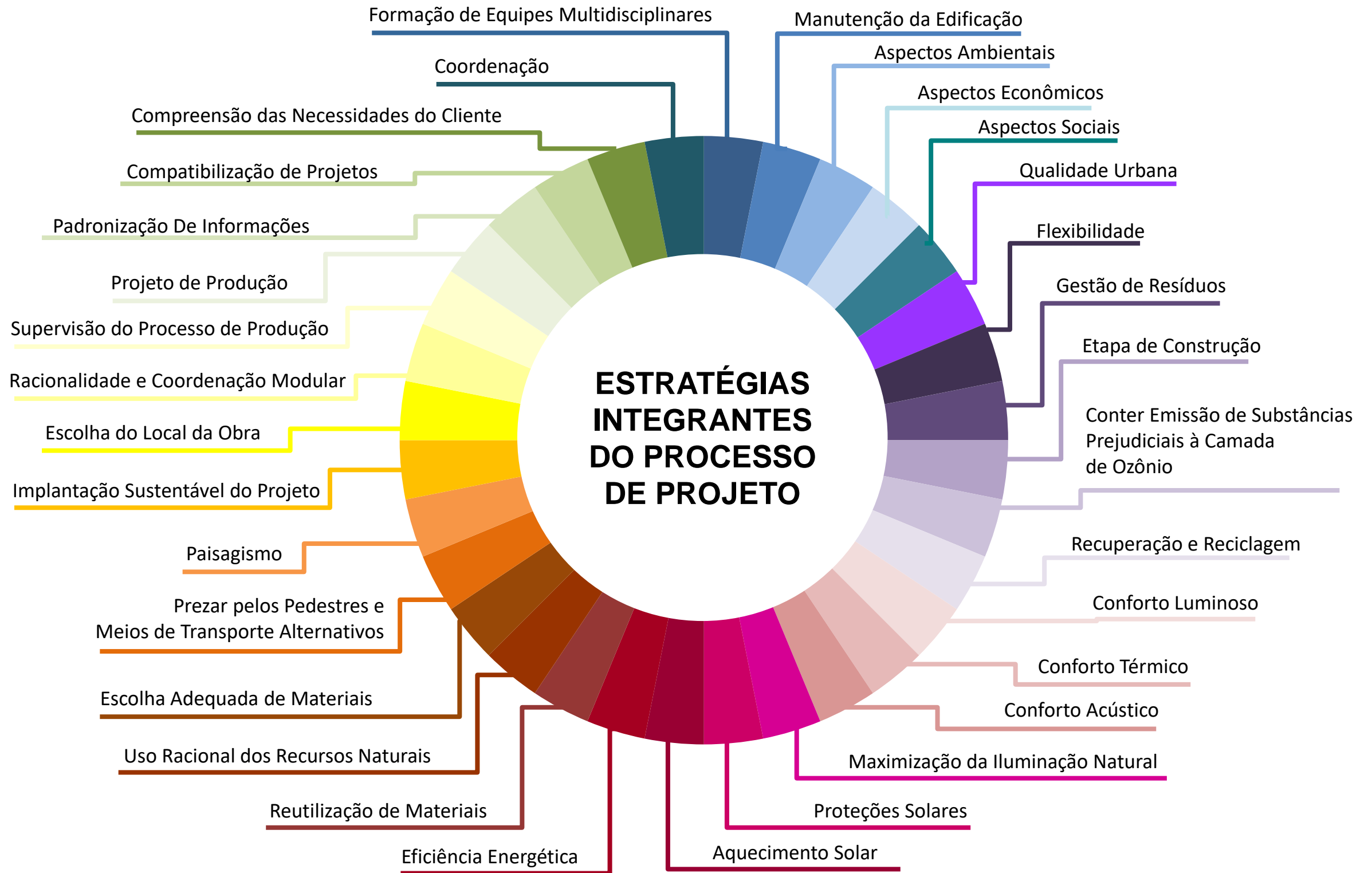
Traçando um paralelo entre os dois estudos de caso é notável que a estrutura metálica, comum em ambos os projetos, seja o ponto de partida da concepção arquitetônica. No primeiro estudo de caso são perceptíveis aspectos associados ao desenvolvimento sustentável no cerne das decisões projetuais, como a preservação do ambiente natural do terreno, a implantação da edificação causando o menor impacto possível, a orientação adequada do edifício, uso de materiais reutilizáveis e recicláveis, como o aço e iluminação e ventilação naturais abundantes. No segundo estudo de caso tem-se um projeto referenciado a partir da sustentabilidade e de um sistema de certificação sustentável que possibilita a criação de um escopo a ser seguido e aplicado ao edifício, gerando uma construção associada ao desenvolvimento sustentável por completo ao que se aproxima ao máximo de seus preceitos. A conclusão obtida é que o desenvolvimento sustentável está ao alcance e dentro das possibilidades de qualquer projeto, necessitando em primeira instância apenas do envolvimento dos projetistas e do cliente. Segundo as empresas colaboradoras o investimento é relativamente baixo ao se deparar com as vantagens que este tipo de construção pode agregar à vida dos usuários e à comunidade local.

6 ESTRATÉGIAS DE PROJETO DE EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE ESTRUTURADAS EM AÇO COM MINIMIZAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL

O objetivo da pesquisa, como já explicitado anteriormente, é reunir informações de maneira que o processo de projeto de edificações de pequeno porte estruturadas em aço focando na minimização do impacto ambiental e nos preceitos da sustentabilidade seja mais bem estruturado e embasado visando contribuir com a produção de exemplares arquitetônicos preeminentes nesta especialidade.

Na literatura são encontradas sugestões de melhoria do processo de projeto, como a formação de equipes multidisciplinares, maior qualificação dos profissionais, gestão e coordenação do processo de projeto, análise e reapreciação do processo de produção, entre outros. Em sequência são enumeradas algumas ações fundamentadas em estudos de diversos autores e conhecimentos adquiridos ao longo da pesquisa que podem ser adotadas objetivando um produto final com mais qualidade e valor em relação ao atendimento das necessidades dos clientes. Na figura 6.1 é apresentado um organograma que pode operar como um checklist com um resumo das estratégias projetuais apresentadas nesta pesquisa que poderão contribuir para o processo de produção de edificações de pequeno porte estruturadas em aço e sustentáveis.

Figura 6.1 – Estratégias projetuais para edificações de pequeno porte estruturadas em aço e sustentáveis



6.1 Formação de Equipes Multidisciplinares

Uma recomendação de teorias como a do Projeto Simultâneo. Cada tipologia de projeto possui suas especialidades complementares que exigem profissionais com formações diversas. Quanto maior a complexidade do projeto maior o número de profissionais envolvidos no processo de projeto e maior a necessidade de comunicação eficiente entre as especialidades para a qualidade do produto final.

Os empreendimentos exigem uma integração entre os profissionais da área de projeto, profissionais do canteiro, consultores e gestores, sendo necessária a definição das equipes de trabalho para que o compartilhamento de informações ocorra desde o início da concepção do projeto (BAUERMANN, 2002). A multidisciplinaridade necessita ser bem gerenciada para preservar-se de problemas futuros originados pela dificuldade de comunicação ou distância entre as diferentes áreas do projeto.

6.2 Coordenação

A função da coordenação é de liderança e planejamento. O gerenciamento do processo de produção é de suma importância para o bom andamento da obra e para evitar problemas como falta de insumos e mão de obra, integração entre as áreas e etapas da produção, imprevistos, descumprimento de prazos e retrabalho e garantir que as soluções elaboradas na fase de projeto sejam alcançadas de forma eficiente. O coordenador deve ainda programar reuniões, garantir a comunicação entre os responsáveis por cada etapa, aprovar projetos para a construção e garantir a elaboração de detalhamentos.

A função de coordenação e planejamento pode ser exercida por arquitetos, construtoras, engenheiros ou profissionais especializados (BAUERMANN, 2002). Na prática as construtoras tendem a assumir a função de coordenação de grandes empreendimentos, passando a conhecer todas as etapas de projeto e execução da obra.

“Uma vez que é a construtora que define os sistemas construtivos e as tecnologias empregadas, é dela a maior responsabilidade de ter o domínio tecnológico acerca dos mesmos e ela é a maior interessada (quando o

contrato for por preço fechado) no cumprimento do cronograma físico-financeiro.” (BAUERMANN, 2002, p 63).

6.3 Compreensão das Necessidades do Cliente

Como já foi bastante abordado ao longo do trabalho a compreensão e identificação das necessidades dos clientes são imprescindíveis para o reconhecimento do valor final do projeto. O atendimento das exigências deve ser a principal preocupação da equipe de projeto não só durante a fase de concepção, mas também durante todo o processo de produção da edificação, sendo uma preocupação da equipe de trabalho no canteiro e fora dele.

As necessidades do cliente podem não ser claras para ele mesmo a princípio. Os pontos primordiais para o proprietário podem ser explicitados, mas em geral os fatores básicos são esquecidos durante as primeiras reuniões com a equipe de projeto. “(...) essas necessidades básicas podem ser tão óbvias que o cliente pode não responder, se perguntado; as exigências que expressam suas expectativas e excitações, estas, muitas vezes ele nem imagina; e assim, as exigências esperadas usualmente são apresentadas” (BAUERMANN, 2002, p 67).

A captura de todas as necessidades do cliente não é descomplicada e exige um conhecimento do perfil do proprietário, do projeto em questão e se torna mais simples à medida que o projetista ganha experiência. Como necessidades do cliente, estão incluídas suas exigências, expectativas e desejos e como cliente pode ser entendido proprietário ou usuário.

A incompreensão das necessidades do cliente pode promover soluções de projeto incompletas ou insatisfatórias, acarretando posteriores modificações na concepção e maior tempo total de produção.

Bauermann (2002) aborda a dificuldade no uso de desenhos para apresentação das necessidades problemáticas, posto que a equipe de projeto pode entender os desenhos como ideias de representação final do edifício. Outros meios de representação das necessidades seriam mais indicados a fim de evitar perda ou incompreensão de informações.

Os usuários das edificações podem desenvolver exigências ou necessidades a partir de experiências pelo contato anterior com construções de determinada tipologia ou erigida com materiais específicos que possam ter causado boas ou más

descobertas e que a partir destas, criando um novo nível de demandas. Bastos (2004) afirma que o cliente ou o usuário em geral possui a princípio uma visão positiva sobre o desenvolvimento da industrialização da construção civil, compreendendo a possibilidade de redução de custos e tempo de construção. No entanto a autora constata que a vivência destes usuários os leva a lidar com problemas e patologias construtivas oriundas do processo construtivo adotado sem o domínio técnico exigido por parte dos profissionais que projetaram e construíram a edificação. Como resultado a estas experiências, os usuários criam uma resistência a inovações, que acarreta em maior dificuldade de implantação de novas tecnologias, sistemas e materiais construtivos. E ainda:

“pode-se afirmar que numa realidade atual, caracterizada pela instabilidade e dinamicidade de parâmetros, qualquer setor produtivo e, em particular, o da construção civil, que pretenda se desenvolver e evoluir técnica e tecnologicamente, deve ter como base a relação de interdependência deste avanço com todos os aspectos que confirmam esta realidade, tais como, os aspectos econômicos, políticos, sócio-culturais e ambientais” (BASTOS, 2004, p.433).

Deste modo o cliente e o futuro usuário devem ser encarados como o foco da estruturação do programa de necessidades, pois estes apresentam a responsabilidade de manutenção e otimização da vida útil do empreendimento.

6.4 Compatibilização de Projetos

A importância da compatibilização dos projetos é um dos temas mais abordados por pesquisadores e práticos da área da construção. Grande parte das patologias encontradas em edifícios prontos ou em fase de construção está relacionada à ineficiente compatibilização das diferentes áreas do projeto. Nesses casos são necessários reparos, soluções improvisadas, reformulação projetual, ou até reestruturação do que já havia sido construído.

No caso das construções estruturadas em aço, de pequeno ou grande porte, a compatibilização é ainda mais necessária. A estrutura exige detalhamentos precisos e definições de projeto claras antes de sua montagem em razão da

dificuldade de adequações a modificações futuras. Todas as decisões de projeto devem ser revisadas antes da fabricação da estrutura.

A função da compatibilização é garantir que os diferentes projetos complementares estejam em concordância dimensional e conceitual entre si. Os projetos arquitetônico, de instalações hidráulicas, elétricas, de incêndio, estrutural, de acabamentos, entre outros devem estar interligados, o que é garantido pela comunicação entre as equipes de projeto. Bauermann (2002) mostra que as responsabilidades do profissional que trabalha com a compatibilização vão desde geração de matrizes eletrônicas de todos os pavimentos até a elaboração de relatórios e seu encaminhamento aos setores de coordenação e projetos.

Durante a compatibilização, que ocorre durante o desenvolvimento dos projetos, pode existir a necessidade de reuniões e negociações para adequações destes objetivando um produto final que atenda satisfatoriamente a todas as áreas de projeto.

6.5 Padronização De Informações

É consideravelmente menor o número de problemas encontrados durante a obra quando existe padronização das informações de projeto, que permite maior qualidade de desenhos e detalhamentos, compatibilidade entre projetos, especificações mais detalhadas e até desenvolvimento de listas de tarefas que relacionem as informações de trabalhadores, projetistas e equipes complementares para garantia de desenvolvimento adequado de suas atividades (BAUERMANN, 2002).

6.6 Projeto de Produção

No projeto de produção a fase de construção a edificação é também estudada e analisada em seus pormenores a fim de maximizar os esforços e minimizar o tempo de obra, custos e desperdícios de material e mão de obra.

Segundo Bauermann (2002) os profissionais responsáveis pelo projeto de produção são membros da construtora, podendo ser engenheiros, diretores,

projetistas, consultores ou até fornecedores, apesar do risco de o quesito comercial poder prevalecer sobre o técnico.

O planejamento da sequência de ações no processo construtivo facilita a informação de todos os setores da obra em casos de modificações e suas consequências para o processo de produção, como a elaboração de soluções e análise de consequências de erros que afetem a construtibilidade do edifício. O controle do fluxo de informações é importante para a organização do projeto, avaliação de custos e aprovação de mudanças (BAUERMANN, 2002).

6.7 Supervisão do Processo de Produção

A supervisão de todo o processo de projeto garante que cada etapa seja cumprida de acordo com as recomendações da equipe de projeto, dentro das exigências da legislação e visa o sucesso final da obra. A supervisão pode ser feita pela equipe de projetos, pela construtora ou por profissionais qualificados. O conhecimento aprofundado das necessidades do cliente e da idealização do projeto é essencial para a qualidade do produto final.

É primordial a concentração das equipes de projeto nas necessidades do cliente, transformando-as em atributos do projeto; transparência no planejamento da sequência de tarefas, com os compromissos e metas do projeto e estratégias de execução e ainda o monitoramento e supervisão das tarefas em execução.

6.8 Racionalidade e Coordenação Modular

Com a modulação no projeto tende a ser facilitada a cooperação entre os agentes do processo de produção da edificação, permite o uso de componentes padronizados e ainda otimiza a variedade de dimensões utilizadas no empreendimento, simplifica os trabalhos na obra e reduz os possíveis ajustes.

A racionalidade e a modulação facilitam a associação de sistemas industrializados e possibilitam o maior controle de qualidade dos elementos construtivos e, por consequência, da produção, acarretando uma maior produtividade na obra. O sistema modular pode ser entendido como malhas reticulares tridimensionais com dimensões padronizadas, cujo objetivo é oferecer ao

arquiteto a criação de diversas formas e ambientes, permitindo menor perda de materiais e otimizando os custos da obra.

6.9 Escolha do Local da Obra

Os locais mais adequados para uma construção são os que não tenham grande valor ecológico e ambiental, devendo-se priorizar construir em áreas já urbanizadas, degradadas ou não, por já possuírem infraestrutura. Entretanto, a revitalização urbana é bem vinda para qualquer cidade e ocasiona mudanças positivas econômicas e sociais.

Outro aspecto importante a ser verificado é a possibilidade de contaminação no terreno, que pode demandar processos de limpeza, o que pode acarretar gastos à obra.

6.10 Implantação Sustentável do Projeto

Quanto maior a área livre em um terreno, maior pode ser sua taxa de permeabilidade, de modo que quanto menor for a taxa de ocupação de um projeto proporcionalmente haverá uma contribuição para este fim, dependendo do cobrimento adotado para o solo.

A implantação deve ser adequada também em relação à orientação solar. No Brasil as fachadas voltadas ao norte recebem maior intensidade de radiação solar durante o inverno, que em geral é o definidor para o posicionamento dos espaços e aberturas. Em geral aconselha-se o posicionamento de espaços de longa permanência como quartos, salas de estar e cozinhas voltados ao leste ou norte por serem direções de incidência solar durante o período da manhã. No entanto, em regiões quentes, é desejável controlar a incidência de sol, e ter muitas janelas voltadas para o norte pode ser contraproducente. Ao sul orienta-se a colocação de ambientes de curta permanência, como banheiros, garagem, escada, entre outros, por ser a direção de menor intensidade de incidência solar e uma fachada voltada para oeste receberia a maior parte da insolação durante o período da tarde.

Certamente existem outros fatores que podem definir a orientação das fachadas, como pontos de visada desejados, obstáculos naturais ou artificiais, como pedras altas, árvores, muros ou edifícios vizinhos altos. A condição determinante deve ser o conforto dos usuários, o que pode gerar resultados diferentes para diferentes localizações de obra, de modo que a repetição da mesma planta em orientações diferentes pode ser problemática e gerar espaços demasiadamente quentes ou frios, mal iluminados e mal ventilados, ou seja, não adequados ao conforto térmico do usuário. É importante ressaltar que a casa é que deve se adequar ao clima, não o contrário (BRASIL, [200-]).

A adequação às características geométricas do terreno é fator essencial para a sustentabilidade de uma construção e Nóbile (2003) propõe buscar tipologias inovadoras e que se adaptem às características topográficas e geotécnicas do terreno; prever proteção contra processos erosivos; entrever movimentos de terra, cuidando da especificação de proteção como contenção para taludes; desenvolver projeto de drenagem interna e sua conexão com redes do entorno de modo a assegurar a preservação de terrenos vizinhos e reduzir a exposição do solo, prevendo proteção superficial vegetal.

6.11 Paisagismo

Ao projetar devem-se considerar plantas que sejam ou se adaptem ao clima local. Cada espécie possui suas particularidades de aspecto estético, funcional e de tratamento. A escolha da vegetação adequada pode modificar por completo um ambiente e até criar microclimas que sejam agradáveis aos usuários, baixando a temperatura de seu entorno imediato e exigindo menor gasto de água e equipamentos de manutenção climática artificial.

Matos (2005) reitera que os projetos devem especificar o plantio de grama e árvores nas calçadas sem que seja prejudicada a visão do trânsito e a acessibilidade da calçada, de forma que se tenha maior permeabilidade do solo, cobertura vegetal nas cidades, captura de CO₂ e bem estar para a comunidade. E ainda, resalta a importância de a arquitetura se adaptar aos elementos naturais do terreno, como árvores e a própria topografia, contribuindo para a sustentabilidade ao manter o máximo possível de área verde e evitar o uso de maquinário para adequação de terreno.

Um paisagismo bem projetado pode garantir sombreamento para estacionamentos, vias de pedestres, áreas de estar e aberturas em fachadas.

Coberturas verdes tendem a diminuir a temperatura dos ambientes internos e em muitos casos exercem a função de mimetização com o entorno natural.

6.12 Prezar pelos Pedestres e Meios de Transporte Alternativos

A dependência dos carros já é intrínseca à maioria das sociedades, apesar de atualmente haver uma crescente conscientização e preocupação com o meio ambiente, ou em alguns casos busca por praticidade, e o uso de bicicletas, patins, skates ou andar a pé tem se tornado comum e até incentivados por questões de saúde e diminuição de emissão de CO₂.

Visando a ação do arquiteto no processo de projeto de edificações de pequeno porte e estruturadas em aço e não seriadas, não são tratadas nesta pesquisa questões urbanísticas ou de conjuntos habitacionais devido à amplitude destes temas.

A implantação do projeto deve ser o mais próximo possível de transporte coletivo ou em áreas de fácil acesso a comércio e locais de trabalho. Segundo Matos (2005) uma estratégia para incentivar o uso de transporte coletivo é não exceder o número mínimo de vagas de garagem e estacionamento exigidos no plano diretor ou na lei de uso e ocupação do solo de cada cidade. E sempre priorizar espaços para os pedestres e garantir segurança destes dentro dos projetos. Outro apontamento da autora foi prever bicicletários cobertos para os usuários.

6.13 Escolha Adequada de Materiais

A escolha de fornecedores com preocupação social e ambiental é extremamente importante para o desenvolvimento de um projeto sustentável. E de acordo com Montes (2005) a análise do ciclo de vida é o melhor critério para a determinação dos materiais a serem utilizados em um projeto baseado no desenvolvimento sustentável. Devem-se associar as necessidades de cada projeto e a pegada ecológica que cada material possui e a partir de então dar início à tomada

de decisões. Algumas sugestões que devem ser verificadas dependendo da localidade da construção e do orçamento de cada projeto são o uso de materiais pré-fabricados que possam ser reutilizados posteriormente e evitar materiais de alto valor energético.

Certos materiais podem, em primeira instância, parecerem uma má escolha, como o PVC, o alumínio, o cimento e até o aço que é muito utilizado nas estruturas metálicas, por serem produzidos a partir de recursos naturais e em seu processo de fabricação existir um alto gasto energético envolvido. No entanto estes e outros materiais são bem vistos frente ao desenvolvimento sustentável por serem extremamente duráveis e quando envolvidos no projeto para cumprirem uma longa vida útil, possuem um fator compensador à sua forma de extração e produção.

Godoi (2012) indica o uso de madeiras de reflorestamento ou certificada, por diminuir a demanda por espécies nativas e favorecer a biodiversidade, pois são desenvolvidos planos de plantio e extração visando a manutenção de vegetação. Segundo a autora todos os elementos de madeira, sejam pisos, estrutura, portas, entre outros, devem ser de madeira de reflorestamento.

6.14 Uso Racional dos Recursos Naturais

O trabalho de equipes multidisciplinares é muito importante para a elaboração de estratégias adequadas de escolha de materiais para todas as áreas do projeto, já que por recursos naturais entende-se a água, madeira, pedras, vegetação, radiação solar, ventilação, entre outros, e é difícil um único profissional dominar todo o conhecimento sobre cada vertente.

A água é um recurso primordial para a vida, é utilizada em construções para irrigação, no canteiro de obras, durante o uso e manutenção da edificação, entre outros. É urgente desenvolver projetos que reduzam o consumo de água durante a produção e o uso do edifício, principalmente no que se refere à água potável.

O ciclo da água compreende sua evaporação, condensação e precipitação. Com as chuvas a água que atinge o solo permeável infiltra e é parcialmente absorvida por raízes e pela terra enquanto outra parcela atinge o lençol freático, que garante o abastecimento para animais e humanos e a vida vegetal (MONTES, 2005). Daí a seriedade em garantir a permeabilidade dos solos.

A quantidade de água potável e não potável necessária para uma edificação depende dos usuários e do uso do edifício. Algumas estratégias são propostas para contribuir com o desenvolvimento sustentável, de acordo com Montes (2005):

- Criação de um sistema de separação de água potável e água cinza (não potável) para serem reutilizadas;
- Uso de sistemas de irrigação de alta eficiência;
- Uso de metais e louças de banheiro e cozinha que economizem água.

O Brasil é o país com maior riqueza hídrica do mundo e, talvez devido à grande disponibilidade do recurso, não existe uma política eficiente de economia nas escolas e na sociedade em geral. O grande desperdício, pela própria rede pública ou nas residências, é alarmante, seja pela falta de manutenção ou por atitudes individuais irresponsáveis. De acordo com Avezum (2007), a implantação dos equipamentos para recuperação e reciclagem da água, incluindo mão de obra e espaço, pode ter um custo bastante elevado, principalmente ao se tratar de uma reforma ou adequação de edificação já existente. Quando a iniciativa de reciclagem de água é tomada durante a fase de projeto, ou antes dela, os custos são notoriamente minimizados. Algumas medidas para preservação dos recursos hídricos, segundo o autor, são:

- Torneiras com limitador de fluxo e/ou automáticas;
- Vaso sanitário com regulagem de fluxo;
- Vaso sanitário de compostagem ou sucção;
- Urinóis com descarga com sensores;
- Uso de duchas em vez de banheiras;
- Equipamentos domésticos com baixo consumo de água;
- Reciclagem da água;
- Recuperação das águas pluviais;
- Coberturas de solo permeáveis;
- Paisagismo que favoreça a infiltração de água no solo;

Para a recuperação das águas pluviais Edwards (2004) apud Avezum (2007) diz que são necessárias duas etapas: captação e armazenamento. Para possibilitar o uso das águas pluviais têm-se as seguintes prerrogativas:

- É importante considerar a reutilização desde o projeto, pois o armazenamento da água ocupa um grande espaço e pode sobrecarregar a estrutura;

- Nem sempre a água da chuva é conveniente para o consumo e sua qualidade depende, dentre vários fatores, da forma de armazenamento e tratamento. A água somente estará apta ao consumo após tratamento por raios ultravioleta ou fervida, gerando mais gastos. Uma solução seria utilizar este recurso para descarga nos vasos sanitários, irrigação, entre outros;
- Apesar dos custos de implantação serem altos os benefícios são ainda maiores e acabam pagando os gastos iniciais ao longo do tempo.

As águas denominadas águas cinza não possuem resíduos sólidos e podem ser depuradas de maneira natural, com uso de plantas filtrantes pelas quais a água passa e é limpa aos poucos por decomposição bacteriológica gerada pelo oxigênio oriundo das plantas e destruindo os patógenos e quando se destina a uso doméstico a água deve passar por uma fossa séptica (AVEZUM, 2007). Após o tratamento esta água pode ser reutilizada em irrigação, sanitários e para criação de peixes devido aos nutrientes precedentes de coliformes fecais.

Como a vida útil dos edifícios gira em torno de 50 a 150 anos, as medidas de reutilização de água são muito valorizadas não apenas hoje, mas principalmente no futuro para o qual se prevê uma crise hídrica, que segundo Avezum (2007) é uma das principais metas do século.

De acordo com Godoi (2012) devem ser especificados dispositivos de desligamento automático de bombas hidráulicas de recirculação (caso elas existam na edificação) para que o desperdício seja reduzido, de forma que o desligamento pode ocorrer por monitoramento de temperatura diferencial com uso de termostato ou por desligamento em intervalos de tempo, com uso de um *timer* cíclico.

A autora trata ainda do aquecimento de água de piscinas por coletores solares e reafirma a importância da especificação correta de equipamentos no projeto. Neste caso os aquecedores das piscinas devem ser desligados em horário de não funcionamento por meio de automação predial, *timer* ou automação do próprio equipamento.

6.15 Reutilização de Materiais

Em casos de reformas ou intervenções em edifícios deve-se procurar reutilizar o máximo possível dos materiais existentes, desde a estrutura, o sistema

de fechamento, esquadrias, pisos e demais revestimentos. Desta forma menos recursos naturais são utilizados e há menor gasto de energia que seria gasta durante a produção dos novos materiais.

6.16 Eficiência Energética

A redução do consumo de energia é tema recorrente de pesquisas e de iniciativas de mercado com a criação de produtos mais econômicos, com fontes de energia renováveis e eficientes.

De maneira geral, as iniciativas que se propõe a contribuir com a eficiência energética giram em torno de consumo de iluminação, desempenho térmico da edificação, condicionamento artificial, aquecimento de água e eletrodomésticos. Montes (2005) explora algumas soluções para a diminuição do consumo energético:

- Melhor uso de iluminação natural;
- Uso de iluminação artificial eficiente;
- Uso de energia solar para aquecimento de água;
- Uso de energia renovável como biomassa, energia solar e eólica;
- Uso de eletrodomésticos economizadores de energia.

O conhecimento bioclimático do local é extremamente importante no tocante à potencialização da ventilação e da iluminação natural (desde que ocorra a correta orientação do edifício), bem como a escolha dos materiais da envoltória.

Sendo a energia renovável oriunda de diversas fontes, é esperado que exista também uma variedade de formas de obtenção e disponibilidade de recursos básicos no planeta. Até o momento as principais fontes de energia foram o carvão e o petróleo. Entretanto, no tocante à produção arquitetônica, as fontes mais viáveis são para a energia solar, eólica, de biomassa, geotérmica e de ondas do mar (AVEZUM, 2007). De acordo com Edwards (2004) apud Avezum (2007), a energia a partir das ondas do mar é a menos desenvolvida tecnologicamente no país, mas o grande problema é como armazenar, transformar e distribuir a energia oriunda de todas as fontes e sua aplicação na arquitetura depende do modo que esta será abordada no projeto de acordo com a disponibilidade de espaço, características do local e econômica.

A eficiência da energia renovável no projeto depende também do conhecimento do projetista e da equipe de implantação, para que sejam evitados problemas durante a fase de construção.

A energia solar é comumente utilizada para aquecimento de água por meio de coletores solares, eletricidade por meio de placas fotovoltaicas e iluminação. Santos, Urbanetz Junior e Rütther (2008) investigaram o uso de energia fotovoltaica como fonte de energia elétrica complementar para residências e relatam que os sistemas fotovoltaicos são uma forma de geração limpa de energia que podem ser isolados ou conectados a redes.

Nos sistemas isolados existe um gerador, um controlador de carga, baterias e inversor. A energia é formada nos módulos fotovoltaicos e posteriormente armazenada nas baterias e aplicada ao inversor que a transforma em energia elétrica. Seu custo de implantação pode ser alto devido às baterias, que exigem manutenção periódica. Já o sistema fotovoltaico conectado à rede é formado basicamente por um gerador fotovoltaico e um inversor. A energia não é armazenada, mas sim ligada em paralelo à concessionária elétrica, que desempenha o papel de armazenadora. Caso a demanda da residência seja menor que a geração, a rede absorve o excesso e a distribui para outros locais de consumo. E em caso contrário, a concessionária supre a demanda de energia faltante para a edificação (SANTOS; URBANETZ JUNIOR; RÜTHER, 2008). De acordo com os autores este sistema possui vantagens como elevada produtividade; ausência do conjunto de baterias; não possui perdas de transmissão e distribuição, o que minimiza os custos das instalações; contribui para a sustentabilidade e permite maior eficiência do uso da energia.

A iluminação natural já foi abordada neste estudo e é a forma mais simples de uso da energia solar e reduz os gastos com energia elétrica, que segundo Avezum (2007) corresponde à metade dos gastos energéticos de uma edificação. O autor afirma que é necessária uma distância linear máxima de sete metros a partir janela para dentro do ambiente para que o espaço seja iluminado adequadamente. A placa solar é colocada inclinada na cobertura da edificação e orientada para o norte, direção de maior incidência solar no hemisfério sul. Pelo interior da placa passa a água que circula constantemente, mantendo sua temperatura alta.

A energia eólica produz energia elétrica e pode ser instalada na proximidade dos edifícios ou em sua cobertura e é muito indicada apesar do alto custo de

implantação e, de acordo com Edwards (2004) apud Avezum (2007), esta forma de energia pode alimentar edifícios, redes locais e comunidades e uma turbina doméstica pode gerar de 5W até 1,5MW.

A energia geotérmica é a energia adquirida a partir do calor do aquífero geotérmico do interior da Terra. Porém requer uma profunda perfuração, de até 2000 m, como afirma Edwards (2004) apud Avezum (2007), o que dificulta seu uso em edificações e o justifica para maiores empreendimentos, como sistemas de caldeiras em indústrias.

Outro tipo de energia cada vez mais aplicado na construção é a oriunda da biomassa. Esta energia é conseguida a partir da fermentação aeróbica, que gera gás butano, ou de combustão de resíduos vegetais, como por exemplo, o bagaço da cana de açúcar.

Dentro da busca pela eficiência energética existem ações específicas que podem contribuir para a economia de energia, como:

- Automação do sistema de iluminação de áreas comuns: contribui para o uso racional da energia, o que se mostra atrativo economicamente para os usuários, segundo Godoi (2012). A autora afirma que é minimizado o desperdício de energia com o desligamento automático de lâmpadas que não estejam em uso, como de áreas de circulação, garagens ou áreas externas. De acordo com a autora é preciso especificar dispositivos de desligamento de iluminação no projeto, seja por sensores de presença, *timer* ou automação predial que utilize níveis baixos de iluminação natural como ativadora da luz artificial. É importante ressaltar que espaços de circulação de pedestres devem ser iluminados adequadamente visando a segurança destes;
- Redução do consumo de energia em áreas comuns por equipamentos: aquecedores, equipamento de condicionamento de ar, bombas de água, ventiladores, chuveiros elétricos, entre outros, quando especificados adequadamente podem reduzir os gastos com energia (GODOI, 2012);
- Desligamento automático de equipamentos: o controle manual permite falhas e com a automatização do uso de equipamentos é possível obter racionamento energético e, segundo a autora supracitada, o desligamento automático pode realizar-se por automação do sistema ou do equipamento, sensores de presença, *timer* ou automação predial;

- Medição de energia de áreas comuns: Godoi (2012) esclarece que o monitoramento dos gastos de energia em áreas comuns facilita a gestão e a verificação de desperdícios e perdas. Devem ser instalados medidores para o sistema hidráulico e de energia.

6.17 Aquecimento Solar

A radiação solar é uma fonte de energia limpa, renovável e não poluente. O aquecimento de água com uso de placas solares reduz o consumo de energia, principalmente em edificações residenciais, que possuem um alto gasto com chuveiros elétricos.

O aquecimento solar pode ocorrer em uma edificação de duas formas, com o aquecimento passivo e isolamento ou por uso de massa térmica da envoltória. No aquecimento solar passivo com uso de massa térmica a cobertura e as paredes transferem calor para o interior da edificação quando este estiver com uma temperatura mais baixa, de forma que a envoltória de construção reserve o calor para os ambientes internos. No aquecimento solar passivo com isolamento as perdas de calor do interior são minimizadas e existe uma manutenção da temperatura interna por meio dos ganhos internos, como de pessoas e equipamentos (MONTES, 2005).

A captação da radiação solar pode ser direta ou indireta. Quando o sistema de captação é direto, o calor atinge o ambiente interno pelas janelas, portas e aberturas. Já na captação solar semidireta o calor chega aos espaços internos após passar por um ambiente intermediário, como um jardim de inverno ou uma varanda, criando microclimas que podem ser mais agradáveis aos usuários. Estas são boas soluções para receberem a radiação solar diretamente e repassarem o calor aos demais ambientes em menor intensidade.

O uso da massa térmica ou inércia da envoltória pode ser uma boa estratégia para manutenção térmica de espaços internos. De acordo com Montes (2005) um sistema de inércia pode ser utilizado em paredes e coberturas com telhado jardim, paredes espessas e escolha adequada do material do fechamento de acordo com suas características, a localização da obra e decisões projetuais, como a orientação das fachadas e a forma da cobertura, as cores de revestimento, uso de materiais

isolantes, vegetação em paredes e cobertura que agreguem um melhor desempenho térmico.

6.18 Proteções Solares

Espaços internos e externos que sofram incidência solar intensa e indesejada devem receber proteção solar durante as horas mais críticas do dia e durante os dias mais críticos do ano. As proteções solares podem ser artificiais ou naturais, e projetadas ou não. Vários elementos funcionam como proteção solar como, por exemplo, brises, marquises, painéis vazados, árvores, pergolados, muros, entre outros. A própria edificação pode cumprir o papel de proteção solar com varandas, ou estacionamentos no subsolo que protegem os veículos da insolação.

Em geral as proteções solares são projetadas para aberturas em fachadas e tem a função de permitir a entrada de ventilação e obstruir ou filtrar a entrada de iluminação quando indesejada. São muito utilizadas em projetos residenciais e comerciais e contribuem para a compreensão estética dos edifícios.

6.19 Maximização da Iluminação Natural

Os benefícios da iluminação natural para a saúde e para as atividades são inúmeros, como manutenção de vitaminas, funcionalidade, conforto visual, redução de níveis de estresse e economia de energia elétrica. No entanto, ambientes com grandes janelas ou panos de vidro podem sofrer efeito estufa e aquecer demasiadamente o espaço.

A maximização da iluminação natural está diretamente relacionada ao desenvolvimento sustentável e deve ser aplicada aos projetos com a contribuição de profissionais especializados, *softwares* e quaisquer outras informações que contribuam para a melhor solução possível.

Algumas estratégias que podem favorecer o aumento da iluminação natural e melhorar a eficiência da iluminação artificial quando necessário e são apresentadas na tabela 6.2 (MONTES, 2005).

**Tabela 6.1: Estratégias para o favorecimento da iluminação natural e artificial.
(Continua)**

Tipo de iluminação	Ações
Natural	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar modelos computacionais para simulações de iluminação; • Aplicação de cores claras que refletem mais a luz dos que cores escuras; • Quanto maior o recuo da edificação, maiores as chances de incidência de luz natural; • Utilizar vidros que permitam a passagem adequada de luz; • Atentar para a forma e altura da edificação para que não se torne um obstáculo à radiação solar de edifícios vizinhos.
Artificial	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de luminárias com proteção contra ofuscamento; • Utilizar luminárias com sensor de presença a fim de economizar energia; • Uso de lâmpadas eficientes; • Projeto de iluminação eficiente, com ligações elétricas separadas quando existirem várias lâmpadas no mesmo espaço; • Distribuição de atividades que necessitam de maior iluminação junto às janelas.

Fonte: MONTES, 2005.

6.20 Conforto Acústico

Em geral o projeto acústico de um ambiente é desenvolvido por empresas especializadas na área, por serem necessários conhecimentos específicos de desempenho de materiais e soluções adequadas para os diversos níveis de exigência. Montes (2005) afirma que é de extrema importância prever o conforto acústico desde o início do projeto e que o que se espera é:

- Diminuir os ruídos indesejados nos espaços pensando na envoltória da edificação e em seus materiais e componentes, principalmente para escritórios ou ambientes comerciais;

- Projetar a distribuição dos espaços levando em consideração, entre outros fatores, os ruídos de áreas comuns e a necessidade de silêncio em áreas íntimas;
- Utilizar vidros duplos quando possível.

São inúmeros os fatores que podem influenciar o conforto acústico de um espaço, desde os níveis de audição do usuário, a localização e a orientação do imóvel, localização de equipamentos que emitem ruídos, as características dos materiais dos fechamentos e demais elementos, como esquadrias e estrutura.

6.21 Conforto Térmico

O conforto térmico depende de uma série de variáveis, como a vestimenta do indivíduo, a ventilação ambiente, o tipo de iluminação utilizada, a quantidade de pessoas no espaço, a atividade exercida pelo usuário, presença de vegetação, temperatura e umidade do ar, entre outras. O clima e as condições naturais do terreno também influenciam na sensação de conforto e nas decisões projetuais para que este seja atingido.

A tomada de decisões no processo de projeto deve ser pautada no conforto dos futuros usuários do espaço e podem definir os materiais utilizados na envoltória da edificação, no projeto do ambiente interno e/ou externo e no projeto de paisagismo. Deve prever ventilação natural suficiente para diminuição da temperatura ambiente quando desejável, iluminação natural para aquecimento dos espaços e fechamento que favoreça as trocas de calor de acordo com a demanda da edificação.

6.22 Conforto Luminoso

O conforto luminoso está associado à qualidade da iluminação de ambientes internos e externos, seja por radiação solar, iluminação artificial ou um misto de ambas. Outros aspectos ligados à sensação de conforto são a acuidade visual do indivíduo, os tipos de revestimento do espaço, como superfícies reflexivas ou

absorvedoras, o tipo e altura das luminárias utilizadas, a escolha adequada de lâmpadas, entre outros.

O desempenho das atividades está relacionado à percepção visual no espaço. Uma iluminação intensa e direta no nível dos olhos do observador pode causar ofuscamento, enquanto uma iluminação difusa no ambiente, que não permita a correta identificação dos objetos pode gerar a sensação de visão insuficiente.

Existem diversos *softwares* que simulam a iluminação de um ambiente e que facilitam o projeto adequado de iluminação. O uso dos espaços dita o projeto, prevendo-se iluminação uniforme e pontual para áreas de trabalho, iluminação uniforme para áreas de circulação, difusa para áreas de descanso, dentre outras soluções de acordo com a atividade exercida no local.

6.23 Recuperação e Reciclagem

O modo de construção mais utilizado no Brasil, com concreto armado e fechamento em alvenaria, é também um dos que geram mais resíduos durante o processo de produção da edificação. O grande volume de entulho gerado pelas muitas construções diariamente é estonteante.

Muitas pesquisas abordam o tema e procuram formas de reutilizar e de reciclar o entulho da construção civil. Entretanto estas iniciativas não são o suficiente para lidar com a grande parcela de resíduos que é desperdiçada e descartada em aterros. Desta forma, mostra-se urgente uma revisão de atitudes de projetistas, construtores e donos do empreendimento em nome de um ambiente mais saudável para as gerações futuras.

A responsabilidade do arquiteto é especificar detalhadamente a forma de reutilização destes materiais e os locais de reaproveitamento.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, (2002), em sua resolução 307, propõe diretrizes para a redução dos impactos ambientais gerados pelos resíduos oriundos da construção civil (Tabela 6.1) e sua disposição em locais inadequados contribuindo para a degradação da qualidade ambiental. O órgão divide os resíduos em classes, sendo:

Tabela 6.2: Resíduos de construção civil em concreto e alvenaria.

Classes	Descrição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como, por exemplo, agregados.
B	Resíduos recicláveis para outras destinações, como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas.
C	Resíduos para os quais não foram elaboradas ainda tecnologias ou aplicações viáveis para sua reciclagem ou recuperação.
D	Resíduos perigosos, como tintas, solventes e óleos ou prejudiciais à saúde.

Fonte: CONAMA, 2002.

Algumas das diretrizes propostas pelo CONAMA (2002) são:

- As embalagens de tintas já utilizadas devem ser destinadas a ambientes adequados, prescritos nas embalagens;
- O objetivo maior deve ser a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem, ou tratamento dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- Os resíduos não poderão ser dispostos em aterros de resíduos sólidos urbanos, em encostas, lotes vagos e em áreas protegidas por Lei.
- Devem-se operar as etapas: caracterização, quando os resíduos são identificados e quantificados; triagem respeitando as classes de resíduos; acondicionamento dos resíduos; transporte de acordo com as normas técnicas para o transporte de resíduos; destinação de acordo com as classes A, B, C e D.

De acordo com Montes (2005), para a reciclagem dentro da edificação o arquiteto deve prever:

- Um espaço para separação do lixo reciclável do lixo orgânico e principalmente para projetos comerciais, separação para lixos contaminados, como baterias, pilhas, entre outros para serem utilizados também pelo público;
- Uso do lixo orgânico para compostagem e húmus.

6.24 Conter Emissão de Substâncias Prejudiciais à Camada de Ozônio

Segundo Montes (2005) esta é a área que os arquitetos em geral têm menor domínio e necessitam de um trabalho conjunto com especialistas. E as recomendações do LEED sobre o tema são:

- Proteger a camada de ozônio com soluções que diminuam as emissões de substâncias que a afetem durante a produção da edificação, como ácidos foto-oxidantes;
- Utilizar sistemas AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado), que não utilizem refrigerantes CFC (clorofluorcarbonetos);
- Prever no projeto equipamentos de medição de água e energia.

Indica-se também concentrar os pedidos de materiais para a obra, de modo que a compra dos itens demande apenas uma ou poucas remessas de entrega, reduzindo a circulação de veículos e a emissão de poluentes na atmosfera (BRASIL, [200-]).

6.25 Etapa de Construção

As ações que acontecerão no canteiro de obras devem ser prognosticadas, incluindo as etapas de construção e os possíveis problemas que ocorram e o modo como serão remediados. Nóbile (2003) indica alguns procedimentos que devem ser considerados no de construir frente ao desenvolvimento sustentável:

- Considerar os possíveis incômodos aos vizinhos por ruídos, vibrações e poeira, risco de acidentes e danos de construções lindeiras;
- Projetar sistema de drenagem e contenções necessárias;
- Reduzir a geração de resíduos sólidos;
- Acompanhar o cumprimento de metas e prazos estabelecidos na fase de planejamento.

6.26 Gestão de Resíduos

Grande parte dos resíduos gerados em uma cidade é produzida por edificações e a preocupação com a destinação e tratamento do lixo gerado cabe a cada cidadão e reflete a cultura local e os hábitos da comunidade (GODOI, 2012). Ações de reciclagem e reaproveitamento de materiais são bem vindas e devem ser estimuladas dentro das soluções projetuais.

Godoi (2012) afirma que o descarte dos resíduos é uma grande problemática das cidades, que muitas vezes criam lixões ilegais e a céu aberto e tratam do feito como uma solução, gerando ainda mais problemas para a sociedade, como problemas de saúde e não conscientização sobre o futuro e o meio ambiente. A autora afirma que é urgente repensar o consumo, a separação e a destinação dos resíduos nas cidades a fim de minimizar os impactos ambientais.

É interessante o incentivo a iniciativas de proteção ambiental que sejam relacionadas à coleta e adequada destinação de resíduos. Segundo a autora algumas determinações na fase de projeto podem gerar bons resultados durante a construção e o uso da edificação, como o uso de conceitos de modulação visando a redução de perdas, desmontagem e determinação de reciclagem.

A modulação e padronização de materiais geram menos recortes e reparos, e conseqüentemente menores perdas de material durante a construção do edifício. Após o uso, a modulação pode facilitar a desmontagem e reutilização dos elementos da construção com o mesmo ou outras funções em um novo local, reaproveitando os materiais e reduzindo o desperdício.

De acordo com Godoi (2012) alguns critérios que podem ser levados em consideração durante o projeto são:

- Dimensionamento dos ambientes de acordo com o elemento construtivo, como a alvenaria, painéis e acabamentos objetivando a diminuição da geração de resíduos;
- Seleção de materiais de acordo com o local de aplicação para que sejam compatíveis com as dimensões necessárias no projeto;
- Dar preferência a acabamentos monolíticos para ambientes irregulares ou curvos.

Além do reaproveitamento de materiais, a gestão de resíduos também compreende o gerenciamento de resíduos orgânicos e lixo. A autora expõe outros critérios relevantes para construções com o foco do desenvolvimento sustentável:

- Acesso facilitado a instalações hidráulicas pelo uso de *shafts* visitáveis, facilitando a manutenção do sistema hidráulico e reparos sem destruição de alvenaria e permitindo o acesso a tubulações verticais;
- Infraestrutura para coleta seletiva nos projetos, facilitando o descarte adequado dos resíduos, diminuindo áreas de aterros nas cidades e conscientizando a população;
- Previsão de espaço de recolhimento de garrafas de óleo pós-consumo.

6.27 Flexibilidade

A vida útil de um edifício é relativamente longa e a restrição de usos pode prejudicar sua função ao longo dos anos. Desta forma a flexibilização de funções garante um uso da construção durante toda a vida útil que ele pode desempenhar.

Reciclagem e reutilização são palavras de ordem no desenvolvimento sustentável e a modulação contribui para a elaboração de projetos flexíveis. O projeto de edifícios deve ser desenvolvido para a possibilidade de desmontagem, quando o sistema construtivo permitir, e remontagem com possibilidade de novos usos e remodelação dos espaços. A estrutura metálica, como já mencionado durante a pesquisa, tem grande relevância neste cenário e permite diversas soluções para uma mesma concepção estrutural e quando já não for mais possível permite ainda a reutilização do material.

Não somente a estrutura deve ser projetada para reutilização, mas também os demais componentes da construção, como sistemas de AVAC, iluminação, energia solar, entre outros.

6.28 Qualidade Urbana

Como já abordado durante o trabalho, o desenvolvimento sustentável compreende três áreas básicas: social, ambiental e econômica. Para o perfil de edificações proposto nesta pesquisa pode-se aplicar ao processo de projeto a

preocupação com o local, os valores culturais da comunidade e a qualidade do ambiente natural e urbano.

A qualidade de vida é o ponto chave da vertente social da sustentabilidade. Todos os esforços devem ser desempenhados neste sentido, compreendendo itens básicos, como a verificação de infraestrutura, serviços, equipamentos comunitários e comércio no entorno do empreendimento antes da escolha definitiva do local. Segundo o Selo Casa Azul (2010, p. 44) a construção deve ser inserida em um ambiente que inclua no mínimo:

- Rede de abastecimento de água potável;
- Pavimentação;
- Energia elétrica;
- Iluminação pública;
- Esgotamento sanitário com tratamento no próprio empreendimento ou em Estação de Tratamento de Esgoto da região;
- Drenagem;
- Uma linha de transporte público regular, com pelo menos uma parada acessível por rota de pedestres de, no máximo, um quilômetro de extensão;
- Dois pontos de comércio e serviços básicos acessíveis por rota de pedestres de, no máximo, um quilômetro de extensão.
- Uma escola pública de ensino fundamental acessível por rota de pedestres de, no máximo, 1,5 quilômetro de extensão (quando do interesse do usuário da edificação);
- Um equipamento de saúde (posto de saúde ou hospital) a, no máximo, 2,5 quilômetros de distância;
- Um equipamento de lazer acessível por rota de pedestres de, no máximo, 2,5 quilômetros de extensão, como praças, quadras de esportes, parques, entre outros.

Alguns fatores podem ser considerados prejudiciais ao bem-estar, à saúde ou à segurança dos moradores, como ruídos excessivos, odores e poluição. Devem ser incentivadas ações para melhorias estéticas, funcionais, recuperação de passeios, paisagísticas e de acessibilidade no entorno da edificação e incentivar a reabilitação de edifícios, principalmente em áreas centrais, a fim de melhorar a potencialidade econômica de uma edificação ou área subutilizada (SELO CASA AZUL, 2010).

Algumas estratégias propostas por Matos (2005) são uso misto das edificações, promovendo a urbanidade durante o dia e a noite e evitando zonas desertas e de pouca circulação de pessoas que possam se tornar áreas violentas e a criação de espaços verdes de uso público, mesmo que de pequeno porte.

Nóbile (2003) destaca a importância da identificação de problemas ambientais no local da obra e no entorno:

- Investigar as situações de risco por meio de dados geológicos, de solos, declividades, pluviometria e histórico de eventos já ocorridos;
- Analisar ventos dominantes;
- Analisar emissões atmosféricas provenientes de lixões, indústrias e outras fontes de poluição;
- Recusar áreas nas quais as prescrições anteriormente citadas indicaram presença de risco ou problemas.

A execução de um diagnóstico do entorno fornece dados cruciais para o desenvolvimento de um projeto que incorpore maior qualidade de vida aos usuários da edificação, à vizinhança e ao meio de inserção do edifício.

6.29 Aspectos Sociais

Uma das esferas do desenvolvimento sustentável, as questões sociais envolvidas em um projeto são maiores do que geralmente se acredita. Os aspectos sociais mais comuns são a acessibilidade e segurança para os usuários e trabalhadores da obra, mas segundo Montes (2005), existem outras diretrizes projetuais que contribuem para a valorização social por meio do projeto:

- Garantia de iluminação e ventilação naturais aos ambientes;
- Espaços de lazer, como varandas, pátios e jardins, mesmo que pequenos;
- Privacidade visual para áreas íntimas da edificação;
- Valorização do pedestre em projetos residenciais, institucionais e comerciais.

A melhoria da qualidade de vida das pessoas é um dos pontos norteadores do desenvolvimento sustentável e a possibilidade de uso do espaço por qualquer pessoa contribui para a inclusão social, seja de idosos, pessoas com necessidades especiais ou crianças. Mesmo que o tema desta pesquisa seja edificações de pequeno porte, a temática da acessibilidade é de grande pertinência, tanto para

edifícios comerciais, residenciais ou de uso misto, tendo em vista que a circulação de pessoas deve ser livre de obstáculos nas áreas comuns dos edifícios.

A norma NBR 9050 (ABNT, 2004) apresenta determinações para projetos de edificações públicas ou de uso comum e pode ser aplicada para qualquer edifício, mesmo residencial, quando do interesse do cliente ou usuário.

Godoi (2012) trata em sua pesquisa sobre a acessibilidade em empreendimentos e expõe os seguintes pontos a serem analisados em um projeto, visando a acessibilidade associada aos aspectos sociais do desenvolvimento sustentável:

- Existência de sinalização visual nas áreas comuns;
- Escadas adequadamente dimensionadas, segundo a norma técnica de acordo com os itens 6.6.3 e 6.6.5 da NBR 9050;
- Instalação de anel indicativo em braile em corrimãos de escadas de emergência para locais de uso público, segundo o item 5.12 da NBR 9050;
- Evitar degrau isolado na edificação, conforme item 6.6.2 da NBR 9050;
- Especificação de dispositivos de proteção e apoio, como guarda corpo e corrimão, nas áreas de circulação, segundo o item 6.7.1 da NBR 9050;
- Não devem existir obstáculos em corredores e circulações;
- Vedação e fechamentos devem ser seguros contra choques e batidas, de acordo com item 6.9.2.3 da NBR 9050;
- Pisos não podem ser escorregadios ou irregulares, conforme item 6.1.1 da NBR 9050;
- Pisos com diferença de cotas devem receber diferenciação de cor ou outro tipo de sinalização;
- Especificação de sinalização tátil de piso para ambientes não residenciais e áreas comuns, como indicado no item 5.14 da NBR 9050;
- Previsão de espaços específicos para equipamentos de risco como fogão e forno, sem sobreposição de equipamentos;
- Iluminação de degraus;
- Interruptores e tomadas de fácil alcance, segundo o item 4.6.7 da NBR 9050;
- Acesso principal por rampa e escada e degraus devem ser substituídos por rampas com declividade limitada, conforme item 6.1.4 da NBR 9050;

- Largura de corredores e áreas de circulação que permitam a passagem de pessoas com equipamentos assistivos para mobilidade, de acordo com o item 6.9 da NBR 9050;
- Banheiros e vestiários de áreas comuns devem ser acessíveis, segundo o item 7 da NBR 9050;
- As portas devem possuir área de aproximação prescrita no item 6.9.2 da NBR 9050;
- Acessibilidade de balcões, caso existam, segundo o item 9.5.2.1 da NBR 9050;
- Acessibilidade em piscinas, conforme item 5.2 da NBR 9050;
- Todas as unidades habitacionais devem ser visitáveis e permitir o uso por qualquer pessoa, pelo menos nas instalações sanitárias.

As práticas sociais que difundem a consciência ambiental contribuem também para a redução das desigualdades sociais. A participação de todos os agentes envolvidos no processo de projeto sejam clientes, projetistas, trabalhadores, usuários ou vizinhos exercem influência na identidade do edifício e em seu impacto frente ao desenvolvimento sustentável.

Alguns aspectos relacionados à conscientização socioambiental, segundo o Selo Casa Azul (2010) são:

- Ética na gestão;
- Melhoria da qualidade de vida;
- Ações que ultrapassem as obrigações legais;
- Preocupação com a comunidade e trabalhadores;
- Preservação do meio ambiente e da cultura local;
- Respeito à diversidade;
- Redução de desigualdades sociais;
- Valorização da comunidade local;
- Inclusão social;
- Interdisciplinaridade;
- Interação entre as equipes de trabalho.

É ressaltada também a importância da melhoria das condições de vida dos trabalhadores, pois muitos são analfabetos ou possuem poucos anos de

escolaridade, não possuem qualificação profissional adequada e em muitos casos são excluídos socialmente.

O Selo propõe ainda o desenvolvimento de atividades educativas focadas na gestão dos resíduos de construção e demolição junto aos trabalhadores da obra e a contribuição pode ser por aulas, palestras, dinâmicas, simulações, apostilas, vídeos, cartilhas, apoio à alfabetização, inclusão digital, abordagem de temas como segurança, saúde, educação financeira e outras ferramentas. A orientação dos trabalhadores em relação à sustentabilidade deve abordar aspectos ambientais, como a redução dos desperdícios dos recursos naturais e energéticos, as implicações do empreendimento ao meio ambiente, economia de materiais e deixar clara as responsabilidades individuais dentro do processo de produção.

São bem vindas iniciativas de capacitação profissional na área da construção civil como aulas de instalação de equipamentos, marcenaria, serralheria, instalações hidráulicas e elétricas, entre outras.

A contratação de moradores da comunidade contribui para o desenvolvimento econômico local e, segundo o Selo Casa Azul (2010), uma forma de facilitar o processo é incluindo instituições como organizações de bairro, organizações religiosas, dentre outras, mobilizando trabalhadores.

Outro ponto de grande relevância para os aspectos sociais do desenvolvimento sustentável é a orientação dos futuros moradores das edificações a serem construídas. Uma iniciativa é a criação de um manual ilustrado, didático e com conceitos de sustentabilidade para o usuário (SELO CASA AZUL, 2010). Devem fazer parte do manual o conceito de ciclo de vida da construção, a necessidade de manutenção da construção, características técnicas do empreendimento, boas práticas comportamentais, os aspectos de sustentabilidade previstos no projeto, orientações sobre uso racional e redução de consumo dos recursos naturais e energéticos, coleta seletiva, incentivar o plantio de árvores nos empreendimentos, promoção de iniciativas ambientais como hortas coletivas, recuperação de equipamentos urbanos do entorno, instruções sobre a operação e manutenção das instalações do edifício, noções de condomínio, entre outros.

Não obstante, são sugeridas também iniciativas de inclusão social de moradores do entorno a fim de reduzir o possível impacto negativo do empreendimento na vizinhança.

6.30 Aspectos Econômicos

Devem ser levados em consideração em um empreendimento não somente o custo de produção do edifício, mas também seu custo benefício em relação ao ciclo de vida e a sua vida útil.

6.31 Aspectos Ambientais

Utilizar materiais como adesivos e tintas com baixa emissividade de Volatile Organic Compounds (VOC), compostos orgânicos voláteis, que são considerados poluentes perigosos, podendo ser tóxicos em caso de inalação ou exposição elevada e por um longo período de tempo.

A minimização da poluição deve ser uma responsabilidade desde o processo de projeto, e primordialmente durante a execução de obra e o uso da edificação, seja poluição sonora, visual ou por materiais e substâncias nocivas à saúde e ao meio ambiente.

6.32 Manutenção da Edificação

A manutenção do empreendimento deve ser prevista na fase de projeto e os moradores devem ser orientados em relação à forma e à frequência com que esta deve ser realizada. Todos os tópicos da construção devem receber manutenção em diferentes períodos de tempo. Dentre eles são destacados o revestimento, como tintas e acabamentos, instalações hidro sanitárias, paisagismo, terreno, obras de contenção.

Sugere-se o desenvolvimento de um manual ou cartilha com instruções para os moradores e usuários da edificação prescrevendo os itens que devem ser verificados e a periodicidade das ações, a forma de manutenção e seus possíveis custos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa aborda as definições e os principais processos de projeto aplicados na construção civil e contribui para a bibliografia acerca do tema. Após a realização de entrevistas e interpretação de dados pesquisados e publicados por profissionais da área foi possível destacar algumas das dificuldades em se projetar e construir uma edificação em pequeno porte e não seriada estruturada em aço envolvendo questões do desenvolvimento sustentável, além de identificar como se dá o processo de projeto arquitetônico em escritórios na região de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Os arquitetos colaboradores para a pesquisa demonstraram que o processo de projeto é, de maneira geral, aplicado da mesma forma, de modo que a troca de informações entre os projetistas ocorra visando o atendimento das necessidades do cliente. O que se percebe é que mesmo procurando aplicar os conceitos do processo de projeto não linear, no qual exista retroalimentação de informações e revisão da tomada de decisões antes que se inicie a obra ainda existem pontos em que estes preceitos devem ser mais bem executados. Algumas dificuldades durante as obras citadas pelos entrevistados poderiam certamente ser evitadas ou minimizadas caso a interdisciplinaridade e comunicação fossem mais eficientes.

Em relação às edificações de pequeno porte estruturadas em aço, identificam-se algumas dificuldades relacionadas principalmente ao custo da estrutura. No entanto ressaltam-se outros inconvenientes como a falta de tradição na construção metálica, em especial por parte de pequenas construtoras; a falta de mão de obra, fator se encontra em fase de melhora em comparação à década passada; a falta de conhecimento de profissionais da área, como arquitetos, engenheiros calculistas e construtores; a dificuldade de transporte da estrutura a certos locais; a incompatibilidade na escolha da materiais de fechamento quando se opta pelo uso do aço na estrutura e a aplicação de conceitos e métodos construtivos comuns a construções estruturadas em concreto armado a edificações estruturadas em aço, como a falta de precisão e adequações de projeto no canteiro de obras.

Um aspecto positivo encontrado durante o desenvolvimento da pesquisa foi a entrevista de um fabricante de estruturas metálicas que, na maioria dos seus trabalhos, participa da elaboração do projeto estrutural da edificação atuando em muitos casos junto a arquitetos para o dimensionamento de vigas e pilares, necessária para a elaboração do anteprojeto arquitetônico. No entanto sabe-se que esta não é uma realidade geral no mercado da construção civil.

Em contrapartida percebe-se uma crescente valorização da estrutura metálica no mercado, mesmo que ainda não se possa tratar como tendência, existe uma forte expressão arquitetônica com uso deste sistema estrutural que é cada vez mais reconhecido por suas vantagens construtivas, principalmente relacionadas à agilidade da obra, limpeza do canteiro, possibilidade de reutilização da estrutura e racionalidade construtiva, que contribui para a eficiência do processo de produção e para a redução de custos. Durante o desenvolvimento da pesquisa foi recorrente a afirmação de alguns autores e entrevistados sobre a importância da elaboração de um orçamento prévio da obra considerando diferentes soluções estruturais, desperdício de materiais, tempo e gastos com mão de obra para o real estabelecimento de projeções de custo de uma construção metálica em comparação a outras soluções estruturais. Foi observado que o processo de projeto com estruturas metálicas é complexo e exige conhecimento técnico dos projetistas para garantir que suas vantagens sejam exploradas e que este tipo de construção seja revelado em sua expressão máxima, evidenciando o verdadeiro potencial construtivo e ambiental que a estrutura em aço possui.

Ao observar as limitações ainda existentes entre os profissionais e clientes relacionadas à construção em aço percebe-se que ainda maior é o distanciamento destes quanto ao desenvolvimento sustentável. É fato que o conceito de sustentabilidade é recente na história da construção civil. Todavia nunca foi tão urgente a sua aplicação entre todas as esferas da sociedade.

A bibliografia corrobora com o grande impacto que a construção civil causa ao meio ambiente, considerando a fauna, a flora e o ar. O desenvolvimento sustentável surge como uma corrente contrária à onde de degradação causada por décadas de ações nocivas ao ambiente e alerta sobre a importância da salvaguarda dos recursos naturais existentes hoje para a sobrevivência das gerações futuras. Sendo a construção civil uma grande responsável pela

degradação destes recursos, o projeto é encarado como o ponto fundamental de transformação. A adoção dos preceitos do desenvolvimento sustentável ao processo de projeto garante uma edificação eficiente, econômica e ambientalmente responsável, além de usuários conscientes.

Os estudos de caso mostraram que a adoção de ações sustentáveis ao processo de projeto gera envolvimento de trabalhadores e usuários à causa sustentável e à preservação ambiental, economia de recursos, valorização social e econômica da construção.

Generalizando, os projetos necessários para uma edificação de pequeno porte são arquitetônico, estrutural, de instalações e de incêndio em caso de edifícios comerciais, o que torna o processo de projeto e produção relativamente mais simples se comparado a um edifício de andares múltiplos ou a grandes empreendimentos habitacionais. Ao desenvolver estratégias de projeto procurou-se contribuir para a difusão do uso da estrutura metálica nas construções de pequeno porte, minimizando danos ecológicos e sociais e criando maiores subsídios teóricos aos profissionais da área. Esta dissertação foi idealizada e desenvolvida como um subsídio à arquitetura em aço, que certamente não esgota o assunto, mas colabora para novos estudos.

Um grande passo rumo ao aprimoramento do processo de projeto seria a implantação de conceitos do Projeto Simultâneo, como: a participação de equipes multidisciplinares, que supriria a falta de conhecimento técnico de alguns profissionais; desenvolver um planejamento da produção, que auxilia no cumprimento dos prazos e evita problemas durante a obra, como adequação de dimensões de peças, materiais utilizados e falta de mão de obra especializada e a presença de um coordenador do processo de produção, que inclua a etapa de projeto ao processo de produção da edificação.

Para trabalhos futuros, sugere-se um aprofundamento acerca do processo de produção de construções de pequeno porte estruturadas em aço e sustentáveis, envolvendo não apenas o processo de projeto, mas também técnicas construtivas e projeções de impacto que edificações com este perfil causem ao ambiente e à sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, Leon Battista. **De re aedificatoria [144-?]**. On the art of building in ten books. (traduzido por Joseph Rykwert, Neil Leach, and Robert Tavernor). Cambridge, Mass.: MIT Press, 1988.

ALTOMONTE, Sergio; RUTHERFORD, Peter; WILSON, Robin. Mapping the Way Forward: Education for Sustainability in Architecture and Urban Design. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**. p. 143–154, Reino Unido, 2012.

ARTIGAS, João Baptista Vilanova. **Caminhos da arquitetura**; organização José Tavares Correia de Lira, Rosa Artigas. São Paulo. Cosac Naify, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5706**: Coordenação Modular da Construção – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Desempenho térmico para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

AVEZUM, André Luís. **Arquitetura Ecológica e Tecnológica no Século XX: Base para o Projeto Arquitetônico Sustentável**. 2007. 170f. Dissertação (Mestrado em

Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2015: ANO BASE 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro : EPE, 2015. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em: Ago. 2016.

BASTOS, Marilda Antonini Ribeiro. **Avaliação de Sistemas Construtivos Semi e/ou Industrializados de Edifícios de Andares Múltiplos Através da Perspectiva de Seus Usuários**. 2004. 482f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

BARDOU, Patrick; ARZOUMANIAN, Varoujan. **Arquitecturas de adobe**. Barcelona: Gustavo Gili, 1981, apud COLIN, Sílvio. **Técnicas Construtivas do Período Colonial – I**. Coisas da arquitetura, 2010. Disponível em: <<https://coisasdaarquitetura.wordpress.com/2010/09/06/tecnicas-construtivas-do-periodo-colonial-i/>> Acesso em: Mar. 2016.

BARREIROS, Ana. Arquitetura grega. Notas de aula arquitetura grega. Lisboa, 2011. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/abaj/arquitetura-grega-9676934>> Acesso em: Jan. 2016.

BATISTA, Eduardo de Miranda; GHAVAMI, Khosrow. Development of Brazilian steel construction. **Elsevier Ltd**. Rio de Janeiro, 2004.

BAUERMANN, Maristela. **Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço**. 2002. 254f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

BITTENCOURT, Leonardo Salazar. **Uso das Cartas Solares. Diretrizes para arquitetos**. 4ª. Edição. Maceió, EDUFAL, 2004.

BONNEFOY, Roman. Voute de L’Eglise Saint-Severin à Paris. 2007.

BORSATO, Karen Tostes. **Arquitetura em aço e o processo de projeto**. 2009. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

BRANDÃO, Otávio Curtiss Silvano. **Sobre fazer projeto e aprender a fazer projeto**. 2008. 272f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cadernos de Consumo Sustentável – Construções. [200-].

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias**. Brasília, 2002. 167p.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda 21 Brasileira – Resultado da Consulta Nacional**. Brasília, 2002. 156p.

BREEAM. **BREEAM in numbers worldwide**. Disponível em: <<http://www.breeam.com/>> Acesso em: Set. 2016.

BURGAN, Bassam A.; SANSOM, Michael R. Sustainable steel construction. **Elsevier Ltd**. Reino Unido, 2006.

CAMPOS, Claudio de. **Avaliação de Desempenho Ambiental em Projetos – Procedimentos e Ferramentas**. 2007. 185f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CANIZARO, Vincent; TANZER, Kim. Environmental architectures and sustainability: a taxonomy of tactics. **Journal of Architectural Education**. Estados Unidos, 2007.

CASTRO, Betina Guimarães dos Santos e. **Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares**. 2005. 188f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

CEOTTO, L. H. **Avaliação de sustentabilidade: balanço e perspectivas no Brasil**. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL – SBSCS 08, São Paulo, 2008.

CHIOTINIS, Nikitas. The request of sustainability and architecture as cultural paradigm. **Sustainability and architecture**. Management of Environmental Quality: An International Journal, v.17 n.5 p. 593 – 598. Atenas, 2006.

CIB – International Council for Building Research Studies and Documentation. **Agenda 21 para Construção Sustentável**. Tradução do Relatório do CIB – Publicação 237. Tradução de I, Gonçalves; T, Whitaker: ed. De G, Weinstock; D. M., Weinstock. São Paulo: s.d., 2000. 131p. apud FELIX, Luis Fernando Carvalho. **O Processo de Projeto de Uma Edificação Mais Sustentável**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

CHVATAL, Karin Maria Soares. **A prática do projeto arquitetônico em Campinas, SP e diretrizes para o projeto de edificações adequadas ao clima**. 179f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

COLIN, Sílvio. **Técnicas Construtivas do Período Colonial – I**. Coisas da arquitetura, 2010. Disponível em: <<https://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2010/09/06/tecnicas-construtivas-do-periodo-colonial-i/>> Acesso em: Mar. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. **Resolução 307**. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/principal.cfm>> Acesso em: Maio, 2016.

DUBOS, R. At the United Nations conference on human environment, 1972, apud SANYA, Tom. Sustainable architecture evaluation method in an African context: transgressing discipline boundaries with a systems approach. **Integrated Research System for Sustainability Science, United Nations University and Springer**, 2011.

DUNIN-WOYSETH, H. **Changing lifestyles versus urban built form**. Vermont, 1993, apud SANYA, Tom. Sustainable architecture evaluation method in an African context: transgressing discipline boundaries with a systems approach. **Integrated Research System for Sustainability Science, United Nations University and Springer**, 2011.

EDWARDS, Brian. **Guía Básica de la Sostenibilidad**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 2004 apud AVEZUM, André Luís. **Arquitetura Ecológica e Tecnológica no Século XX: Base para o Projeto Arquitetônico Sustentável**. 2007. 170f. Dissertação

(Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 329f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

FABRICIO, Márcio M.; MELHADO, Sílvio B. Projeto Simultâneo e a Qualidade ao Longo do Ciclo de Vida do Empreendimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Modernidade e Sustentabilidade, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000.

FABRICIO, Márcio M.; MELHADO, Sílvio B. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001, São Carlos. **Anais....** São Carlos: EESC/USP, 2001.

FELIX, Luis Fernando Carvalho. **O Processo de Projeto de Uma Edificação Mais Sustentável**. 2008. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

FERREIRA, Mario dos Santos, BREGATTO, Paulo Ricardo, D'AVILA, Márcio Rosa. **Coordenação Modular e Arquitetura: Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade**. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

FIGUEIREDO, Francisco Gitahy de. **Processo de Projeto Integrado para Melhoria do Desempenho Ambiental de Edificações: Dois Estudos de Caso**. 2009. 272f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

FONTENELLE, Eduardo C.; MELHADO, Sílvio B. Proposta para Sistematização de Informações e Decisões nas Etapas Iniciais do Processo de Projeto de Edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Modernidade e Sustentabilidade, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ENTAC, 2000.

FONTENELLE, Eduardo C.; MELHADO, Sílvio B. As melhores práticas na gestão do processo de projeto em empresas de incorporação e construção. São Paulo, EPUSP, 2002. **Boletim Técnico...** Disponível em: <http://www2.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00327.pdf> Acesso em: 15 ago. 2015.

FROTA, Anésia Barros. **Manual do Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Certificação AQUA-HQE. 2016. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/>> Acesso em: 11 jun. 2016.

GERVÁSIO, Helena Maria. **A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas**. In: CONSTRUMETAL, 2008, São Paulo. **Anais...** Disponível em: <http://www.construmetal.com.br/2008/downloads/PDFs/27_Helena_Gervasio.pdf> Acesso em: 15 ago. 2015.

GODOI, Bruna Canela de Souza. **Requisitos de Sustentabilidade para o Desenvolvimento de projetos Residenciais Multifamiliares em São Paulo**. 2012. 210f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

GOMBRICH, E. H. **A história da arte**. Tradução de Phaidon Press Limited. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1979.

GONZAGA, Lia. **A Loja Tetum**. 2015. Disponível em: <<http://www.metlica.com.br>> Acesso em: 8 set. 2016.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL, 2016. Disponível em: <<http://www.gbcbrazil.org.br/>> Acesso em: 24 ago. 2016.

GÜL Koçlar Oral; ALPIN Köknel Yener; NURGÜN Tamer Bayazit. Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. **Elsevier**. Turquia, 2003.

H. E. Daly, **Toward some operational principles of sustainable development**, *Ecolog. Econom.*, v. 2, p. 1–6, 1990, apud YANNIS, A. Phillis; VASSILIS, S. Kouikoglou; VASILIOS, Manousiouthakis. A Review of Sustainability Assessment Models as System of Systems. **IEEE SYSTEMS JOURNAL**, v. 4. Grécia, 2010.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.E. **Qualidade: cada erro tem seu preço.** Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. *Téchne*, n. 1, p.32-4, 1992 apud MELHADO, Sílvio B.; AGOPYAN, Vahan. O conceito de projeto na construção de edifícios: Diretrizes para sua elaboração e controle. São Paulo, EPUSP, 1995. **Boletim Técnico...** Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00139.pdf> Acesso em: 14 ago. 2015.

HENRY, Christopher. **Architecture Guide: London.** Arch Daily, 2011. Disponível em: <<http://www.archdaily.com/148522/architecture-city-guide-london>> Acesso em: 22 out. 2016.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **A Indústria do Aço no Brasil.** Confederação Nacional da indústria. Brasília : CNI, 2012.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Aço o Processo Siderúrgico.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--etapas.asp>> Acesso em: 18 ago. 2016.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Dados de Mercado.** Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/numeros/numeros--mercado.asp>> Acesso em: 9 set. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE SIDERURGIA. **Edifícios de Pequeno Porte Estruturados em Aço.** Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.

K. Rennings; H. Wiggering, **Steps towards indicators of sustainable development: Linking economic and ecological concepts**, *Ecolog. Econom.*, v. 20, p. 25–36, 1997, apud YANNIS, A. Phillis; VASSILIS, S. Kouikoglou; VASILIOS, Manousiouthakis. A Review of Sustainability Assessment Models as System of Systems. **IEEE SYSTEMS JOURNAL**, v. 4. Grécia, 2010.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** 2000. 296f. Thesis (Doctor of technology) – Technical Research Center of Finland – VTT. Helsinki, 2000.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford: Center of Integrated Facilities Engineering, Dept. of Civil Engineering, Stanford University, 1992.

KOSKELA, Lauri; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V. **Towards lean design management.** In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. Austrália, 1997.

KRUGLIANSKAS, I. **Engenharia simultânea e técnicas associadas em empresas tecnologicamente dinâmicas.** Revista de Administração, São Paulo, v.30, n.2, 1995, apud FABRICIO, Márcio Minto. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** 2002. 329f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

LANDOLFO, Raffaele; CASCINI, Lucrezia; PORTIOLI Francesco. Sustainability of steel structures: towards an integrated approach to life-time engineering design. **Front. Archit. Civ. Eng.** Nápoles, Itália. 2011.

LAWRENCE, A. W. **Arquitetura Grega.** Tradução de Maria Luiza Moreira de Alba. São Paulo: Cosac & Naify Edições, 1998.

LOS, S. Integration between art and science in architectural design. **Elsevier Science Ltd.** Veneza, Itália, 1998.

LOTUFO, José Otávio. **Habitação Social para a Cidade Sustentável.** 2011. 157f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MACHADO, Roberta Carvalho. **Aspectos da Sustentabilidade Ambiental nos Edifícios Estruturados em Aço.** 2010. 248f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

MACHADO, Roberta Carvalho. **Sistema para Avaliação do Potencial de Desconstrução e Reutilização de Estruturas de Aço.** 2014. 410f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

MANCINI, Luciana Cotta. **Pré-dimensionamento de Estruturas Metálicas em Fase de Concepção Arquitetônica**. 2003. 257f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

MARQUES, Flávia Miranda; SALGADO, Mônica Santos. Padrões de sustentabilidade aplicados ao Processo de projeto. 2007.

MASLOW, A. H. **Motivation and personality**. Harper & Row, New York. 1970, apud SANYA, Tom. Sustainable architecture evaluation method in an African context: transgressing discipline boundaries with a systems approach. **Integrated Research System for Sustainability Science, United Nations University and Springer**, 2011.

MEDEIROS, Virgílio Almeida. **Casa Sustentável**. Assessoria de comunicação do Sindicato de Engenheiros no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Viveiros. 2012.

MELHADO, Sílvio B.; AGOPYAN, Vahan. O conceito de projeto na construção de edifícios: Diretrizes para sua elaboração e controle. São Paulo, EPUSP, 1995. **Boletim Técnico...** Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00139.pdf> Acesso em: 25 ago. 2015.

MELHADO, Sílvio B. **Panorama e perspectivas na gestão do processo de projeto**. In: I WorkShop Mineiro Gestão de Projetos na Construção de Edifícios, Belo Horizonte, 2004, apud CASTRO, Betina Guimarães dos Santos e. **Utilização de estruturas metálicas em edificações residenciais unifamiliares**. 2005. 188f. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

MICHAELLIS. Dicionário de português online, 2009. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=racional>> Acesso em: 14 mar. 2016.

MINTO, Fernando Cesar Negrini. **A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto**. 2009. 226f. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MONTES, María Andrea Triana. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis.** 2005. 188f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MOTTA, Silvio R. F.; AGUILAR, Maria Teresa P. **Sustentabilidade e processos de projeto de edificações.** Gestão & Tecnologia de Projetos, vol 4, nº 1, maio, 2009.

NESS, David et al. Smart steel: new paradigms for the reuse of steel enabled by digital tracking and modelling. **Elsevier Ltd.** Austrália, 2014.

NÓBILE, Alexandre Amato. **Diretrizes para a Sustentabilidade Ambiental em Empreendimentos Habitacionais.** 2003. 412f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Edificações) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NOVAES, Celso Carlos. **Indicadores da Qualidade do Projeto do Edifício Sob a Ótica da Empresa Incorporadora-Construtora.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Modernidade e Sustentabilidade, 2000, Salvador. Anais... Salvador: ENTAC, 2000.

RANGEL, Juliana. **LEED v4: a nova versão da certificação sustentável e suas atualizações.** 2014. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/construcao/leed-v4-nova-versao-da-certificacao-sustentavel-e-suas-atualizacoes/>> Acesso em: 30 set. 2016.

REBELLO, Yopanan C. P. **A concepção estrutural e a Arquitetura.** Zigurate Editora. São Paulo, 2000.

UM ESPAÇO para se inspirar. 2013. Ed. 7. Disponível em: <<http://www.revistagreenbuilding.com.br>> Acesso em: 21 out. 2016.

REZENDE, M. A. P. **Inovação tecnológica nas edificações e a introdução da estrutura metálica em Minas Gerais.** 2003 226p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003 apud REZENDE, Marco Antônio Penido de; ABIKO, Alex Kenya. **Inovação tecnológica nas edificações e a introdução da estrutura metálica em Minas Gerais.** Boletim Técnico da Escola

Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.

REZENDE, Marco Antônio Penido de; ABIKO, Alex Kenya. **Inovação tecnológica nas edificações e a introdução da estrutura metálica em Minas Gerais**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2004.

ROGERS, Barbara Radcliffe. **Exploring Santa Maria del Fiore Cathedral: a Visitors Guide**. [200-?]. Disponível em: <<http://www.planetware.com/florence/cathedral-of-santa-maria-del-fiore-i-to-fd.htm>> Acesso em: 14 out. 2015.

SANTOS, Pedrosvaldo Caram. Arquitetura em aço, uma abordagem para elaboração de projetos. Cad. Revista Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, n.4, p. 191-216, maio 1996 apud MANCINI, Luciana Cotta. **Pré-dimensionamento de Estruturas Metálicas em Fase de Concepção Arquitetônica**. 2003. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

SANTOS, Isis Portolan dos; URBANETZ JUNIOR, Jair; RÜTHER, Ricardo. **Energia Solar Fotovoltaica como Fonte Complementar de Energia Elétrica para Residências na Busca da Sustentabilidade**. ENTAC – XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Geração de Valor no Ambiente Construído: Inovação e Sustentabilidade, Fortaleza, 2008.

SANYA, Tom. Sustainable architecture evaluation method in an African context: transgressing discipline boundaries with a systems approach. **Integrated Research System for Sustainability Science, United Nations University and Springer**, 2011.

SATTLER, Miguel Aloysio. **Edificações e Comunidades Sustentáveis**. NUTAU – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, O Espaço Sustentável – Inovações em Edifícios e Cidades, 2008.

SELO CASA AZUL – Boas Práticas para Habitação Mais Sustentável – Realização Caixa Econômica Federal, São Paulo: Páginas & Letras, 2010. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br>> Acesso em: 4 set. 2016.

SILVA, Agnaldo. **Cem anos no labirinto**. Blog do Agnaldo Silva. Disponível em: <<http://bloglog.globo.com/aguinaldosilva/>> Acesso em: Set. 2015.

SILVA, Germano. **O Palácio de Cristal**. Blog Cadernos da Labânia. 2012. Disponível em: <<http://cadernosdalibania.blogspot.com.br/2012/08/o-palacio-de-cristal.html>> Acesso em: 14 set. 2015.

SOUZA FILHO, J. Aureliano de; GOUVINHAS, Reidson P. **Processo projetual na arquitetura: novos paradigmas através da engenharia simultânea**. Natal, Rio Grande do Norte. 2003, 14p. I SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE ENSINO EM PROJETO DE ARQUITETURA, PROJETAR 2003, 1., 2003, Natal. Anais... Disponível em <<http://www.infohab.org.br/>> Acesso em: 23 ago. 2015.

ARQUITETA **explica as vantagens da certificação BREEAM**. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/dicas/vantagens-da-certificacao-breeam/>> Acesso em: 14 set. 2016.

TZORTZOPOULOS, Patricia. **Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do Processo de Projeto de Edificações em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte**. 1999. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

VIEIRA, Jeann. **Certificação Living Building Challenge**. Sustentarqui, 2015. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br>> Acesso em: 14 set. 2016

WINES, James. **Green Architecture**. Milan: Taschen, 2000, 240p. Apud MONTES, María Andrea Triana. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis**. 2005. 188f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

YANNIS, A. Phillis; VASSILIS, S. Kouikoglou; VASILIOS, Manousiouthakis. A Review of Sustainability Assessment Models as System of Systems. **IEEE SYSTEMS JOURNAL**, vol. 4. Grécia, 2010.

YEANG, Ken. **Proyectar con la naturaleza: Bases ecológicas para el proyecto arquitetônico**. Barcelona: Gustavo Gili. S. A, 1999. 198p. apud MONTES, María Andrea Triana. **Diretrizes para incorporar conceitos de sustentabilidade no**

planejamento e projeto de arquitetura residencial multifamiliar e comercial em Florianópolis. 2005. 188f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

YEANG, Ken. **El rascacielos ecológico.** Barcelona: Gustavo Gili. S. A, 2001. apud AVEZUM, André Luís. **Arquitetura Ecológica e Tecnológica no Século XX: Base para o Projeto Arquitetônico Sustentável.** 2007. 170f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ZAMBRANO, L.M.A; BASTOS, L.E.G; FERNANDEZ, P. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura.** NUTAU – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, O Espaço Sustentável – Inovações em Edifícios e Cidades, 2008.

APÊNDICE A – Aspectos Históricos do Desenvolvimento Sustentável

O conceito de sustentabilidade é recente e mesmo a preocupação com o impacto ambiental é relativamente atual e foi se desenvolvendo gradualmente e ainda hoje é variável de acordo com a cultura, o país e a realidade socioeconômica e de oferta de recursos naturais nas diversas localidades. A apreensão com a disponibilidade de recursos para a coletividade no futuro fomentou o surgimento do desenvolvimento sustentável, que vem ganhando mais espaço em todas as esferas da sociedade.

Segundo Matos (2005) a relação de integração das sociedades com o meio ambiente era mais estreita nas civilizações antigas, especialmente as orientais e americanas. No entanto, com o passar do tempo e com o aumento do progresso esta relação foi se fragilizando.

Um dos primeiros registros que se tem do desenvolvimento sustentável é de uma publicação de 1968, *The limits of growth* (Os limites do crescimento). Trata-se de um estudo que contrapõe o crescimento exponencial da população ao possível fim dos recursos do planeta, e finda com a afirmação de que isto provocaria uma crise como jamais vista na história humana, de acordo com Motta e Aguilar (2009).

De acordo com os autores, em 1972 a ONU realizou a *Conference on the Human Environment* (Conferência sobre o meio ambiente humano) em Estocolmo, na qual foram discutidas as responsabilidades dos países economicamente desenvolvidos e com os maiores índices de consumismo, e dos países economicamente menos desenvolvidos e mais populosos com a situação ambiental mundial. A conferência tratou do direito das gerações futuras e da atual ao usufruto ponderado dos recursos naturais procurando evitar seu esgotamento e o conseqüente colapso social.

Poucos anos depois foi publicado o livro *Ecodevelopment* (Ecodesenvolvimento) de Ignac Sachs e, segundo Motta e Aguilar (2009), a publicação propõe o desenvolvimento baseado em três pilares: eficiência econômica, justiça social e prudência ecológica colocando em discussão as futuras bases do desenvolvimento sustentável.

Em 1983, a ONU cria a Comissão Mundial sobre Ambiente e Desenvolvimento e adota formalmente seu conceito de desenvolvimento sustentável. Neste momento o objetivo era propor estratégias de longo prazo para

alcançar um desenvolvimento sustentável acerca do ano 2000. Em 1987, a comissão publica o relatório *Our common future* (Nosso futuro comum) também conhecido como relatório Brundtland, onde consta que o uso descomedido dos recursos naturais é um não renovável e que vai provocar o esgotamento dos ecossistemas, e promove uma busca por soluções.

Em 1988, Andrew Brennan publica o livro *Thinking about Nature*, no qual, segundo Motta e Aguilar (2009), é colocado que o papel da ecologia é mostrar ao homem como agir nas comunidades urbanas complexas ao invés de procurar explicações para os problemas ambientais, tratando as atitudes humanas como o cerne da questão. De acordo com o filósofo, é preciso perceber o nosso interesse como sociedade para então considerar os princípios contidos na equação ambiental.

No dia 22 de dezembro de 1989, foi aprovada pela ONU uma conferência sobre meio ambiente e desenvolvimento, dando início à Agenda 21 e em 1992 é realizada a segunda conferência ambiental, Cúpula da Terra, no Rio de Janeiro e conhecida como Eco 92 ou Rio 92, reunindo 108 chefes de estados, na qual foi abordado o momento de definição histórica da humanidade. Nas conferências são debatidos metas e planos de ações para preservar os recursos naturais e formas de aproximar os países desenvolvidos àqueles em desenvolvimento. Neste momento os interesses divergiam, pois as nações desenvolvidas lutavam pelo direito a um ambiente saudável e a preservação natural enquanto que as nações subdesenvolvidas alertavam sua necessidade de se desenvolverem. A Eco 92 resultou em um documento da Agenda 21, com 2500 recomendações de estratégias de conservação do planeta e metas de exploração sustentável dos recursos naturais que não impedissem o desenvolvimento de nenhum país. Foi determinada a importância de cada país em se comprometer, global e localmente, na ideia de cooperação entre empresas, governos, organizações não governamentais com o estudo de soluções para um desenvolvimento sustentável. Por conseguinte cada país desenvolveu a sua Agenda 21, que deve ser encarada como um plano de ações a ser adotado por governos e pela sociedade civil, em todas as situações em que a ação humana impacte o meio ambiente (MOTTA; AGUILAR, 2009).

No Brasil existe a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável, que frente ao aquecimento global e ao efeito estufa assinou em 1997 o maior tratado ambiental até os dias atuais, o Protocolo de Kyoto. No protocolo foi estabelecido que

os 35 países industrializados devessem reduzir em 5% suas emissões de gases em relação ao nível de 1990.

Concomitantemente aumenta a procura por formas de garantir e medir o nível de sustentabilidade de empreendimentos, indústrias, cidades, e nos mais diversos setores, incluindo a construção civil. O primeiro sistema de avaliação ambiental de construções do mundo foi lançado em 1990, na Inglaterra. O BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) é um sistema de certificação de construções com um selo “verde”, que caracteriza que a edificação em questão cumpre com uma série de pré-requisitos necessários para a obtenção do selo.

Também em 1990, o arquiteto Norman Foster escreveu o artigo *Architecture and Sustainability*, onde aborda a importância de uma análise crítica do impacto ambiental das construções e importantes perguntas que devem ser feitas, como o porquê da ocupação de novas áreas, como e quando seriam recuperadas outras áreas, sobre a reutilização de edifícios e o uso de iluminação e ventilação artificial desnecessariamente, como apontam Motta e Aguilar (2009).

No ano seguinte foi lançado o livro *The Gaia Atlas of the Cities: New Direction for Sustainable Urban Living* de Herbert Girardet, que abordou o saneamento das cidades relacionado à sustentabilidade.

Em 1994, foi publicado o livro *Regenerative Design for a Sustainable Development*, de John Tillman Lyle. Trata-se de um estudo de novas formas de uso da energia, da água, da terra e das edificações, discutindo alternativas para práticas de consumo, considerando teoria, tecnologia, fatores sociais, políticos e econômicos, como informam Motta e Aguilar (2009). Para o autor o problema está no estabelecimento de estratégias erradas adotadas ao longo dos anos.

Em 1996, é realizada a conferência da ONU Habitat II, na Turquia, quando foi discutida a sustentabilidade nos assentamentos humanos e em 1999 a Agenda 21 para construção sustentável é finalizada pelo CIB (International Council for Research and Innovation Building and Construction).

Em 1999, foi criado o selo de certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), pelo USBCG (United States Green Building Council). No mesmo ano o Conselho Europeu de Arquitetura produz o livro *Green Vitruvius: Principles and Practices of Sustainable Architectural Design*, no qual é reafirmada a

importância do uso das condições climáticas locais para o conforto das construções e como estratégia de sustentabilidade (MOTTA; AGUILAR, 2009).

A partir de meados de 2000 a sustentabilidade passa a ser assunto recorrente de muitas pesquisas e a ser mais entendida e aceita pela sociedade, se tornando objetivo de empresas, da comunidade e de instituições. Seguindo esta tendência a construção civil também passa a ser um setor que busca pelo desenvolvimento sustentável.

Em 2000, é criada a Agenda Setorial para Construção Sustentável para países em desenvolvimento, cujo objetivo é melhorar o desempenho do ambiente construído e diminuir a diferença entre os países desenvolvidos e as nações em desenvolvimento.

No ano seguinte foi construído o BedZED (Beddington Zero Energy Development), uma ecovila com cem casas no sul de Londres que usa técnicas de eficiência energética para criar uma comunidade com emissão zero, um condomínio de residências e escritórios que consome 10% da energia de uma urbanização convencional.

Em 2002 o CIB (International Council for Research and Innovation Building and Construction) finaliza a Agenda 21 para construção sustentável para países em desenvolvimento e no mesmo ano a França lança um sistema de certificação de construções ambientais, o HQE (Haute Qualité Environnementale), assim como o Japão com o Casbee (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency).

No mesmo caminho a Austrália finaliza em 2004 o seu sistema de certificação de construções ambientais, o Nabers (National Australian Built Environment Rating System).

De acordo com Motta e Aguilar (2009), em 2006, Norman Foster projeta a Cidade Carbono Zero ou Masdar City, um complexo de edificações residenciais, comerciais, culturais e de serviços em Abu Dhabi, sendo considerada a primeira cidade sustentável do mundo e com previsão de término para 2025.

Em 2007 foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), para disseminar conceitos e práticas sustentáveis na construção. No mesmo ano foi criado o Green Building Council Brasil (GBC Brasil), referência na avaliação e certificação de construções sustentáveis no Brasil, com uso do sistema de avaliação

LEED. Também em 2007 foi lançado o selo Ecológico para produtos e tecnologias sustentáveis IDHEA-Falcão Bauer (MOTTA; AGUILAR, 2009).

No ano seguinte foi lançado o selo brasileiro de certificação ambiental AQUA (Alta Qualidade Ambiental), fundamentado na certificação francesa HQE.

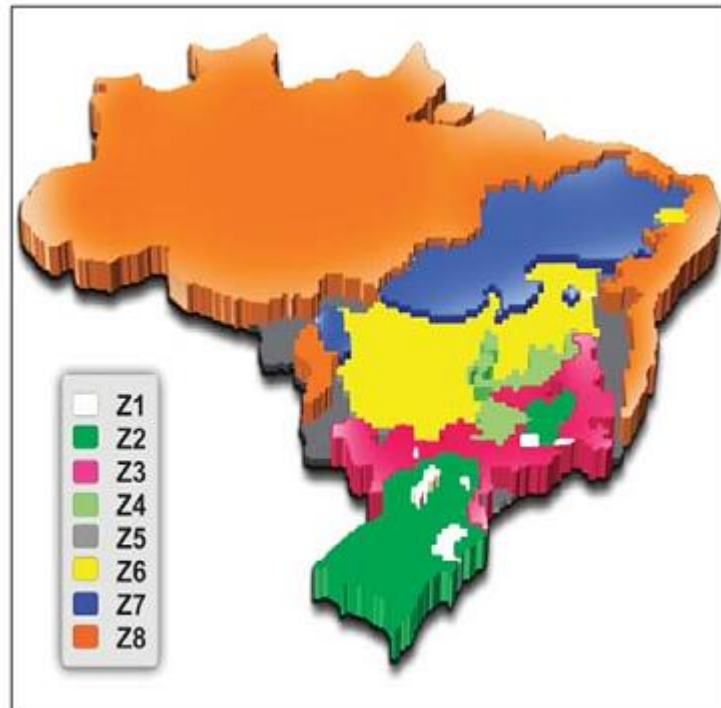
APÊNDICE B – O Conforto Humano

Ao reflexionar sobre arquitetura sustentável, é provável que se obtenha em um primeiro instante a imagem de uma construção já erigida e a partir desta imagem um desvendar por entre suas partes e sobre como a sustentabilidade é resolvida em cada setor, como suas camadas e materiais, a forma, o sistema estrutural, os sistemas hidro sanitários, elétricos, de irrigação, entre outros. Um ponto que nem sempre é considerado é que o conforto humano é uma das partes que completa o todo da edificação. Está estritamente associado ao desenvolvimento sustentável, pois muitas soluções para um desconforto térmico, lumínico, sonoro ou de outra categoria são geradoras de poluentes e se baseiam, a priori, em remediar um problema em vez de se pensar o conforto humano junto à sustentabilidade, ou antes mesmo da elaboração do projeto, partindo da idealização e em seguida projetada com a devida importância no âmbito da construção.

O bem estar de um usuário em um espaço pode estar associado a vários aspectos, como o térmico, o acústico, o luminoso, o ergonômico, a qualidade do ar interno, entre outros. De um modo geral, quando os projetistas pensam em aplicar princípios de conforto humano às edificações são analisados apenas os aspectos térmico, o acústico e luminoso. A conscientização de que todos os projetos, independente da tipologia, devem possuir adequada iluminação, qualidade acústica e do ar, ser termicamente agradáveis e possuírem equipamentos adequados ao uso humano. De acordo com Marques e Salgado (2007) existem muitas críticas relacionadas a edificações que apresentam problemas de habitabilidade por desconsideração de questões de conforto na fase de projeto. As condições de conforto no interior das edificações não são completamente definidas, pois possuem aspectos subjetivos e individuais além dos fatores ambientais.

A norma NBR 15220 (ABNT, 2005) dividiu o País em oito zonas bioclimáticas (Figura AB.1) a fim de contribuir para a concepção de projetos arquitetônicos mais adequados às características climáticas locais.

Figura AB.1: Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: ABNT, 2005.

A separação das zonas foi norteada pelas características de temperatura, umidade e altitude das cidades. Na zona Z1 o clima é mais frio, com invernos acentuados e as edificações necessitam de maior aquecimento nesta estação. As zonas 2 e 3, ao sul e sudeste, possuem verão e inverno acentuados. Nas zonas 4, 5 e 6 as diferenças entre verão e inverno são menos intensas. Para a zona 4 é recomendado o aquecimento solar passivo da edificação durante o inverno, enquanto nas zonas 5 e 6 o mesmo não ocorre. Ao nordeste e norte tem-se as zonas 7 e 8, cujas temperaturas são altas durante todo o ano e devem ser consideradas estratégias para as edificações voltadas para as condições de verão. As estratégias de ponto de partida dos projetos de arquitetura recomendadas pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005) para cada zona bioclimática são:

- Zona 1: Inverno – aquecimento solar passivo por meio de orientação solar adequada e adoção de paredes internas pesadas para manter o interior da edificação aquecido.
- Zona 2: Inverno – aquecimento solar passivo e adoção de paredes internas pesadas; Verão – ventilação cruzada por meio da implantação adequada, considerando-se os ventos predominantes e os obstáculos do entorno.

- Zona 3: Inverno – aquecimento solar passivo e adoção de paredes internas pesadas; Verão – ventilação cruzada.
- Zona 4: Inverno – aquecimento solar passivo e adoção de paredes internas pesadas; Verão – resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento com o uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água no ambiente e ventilação seletiva nos períodos mais quentes.
- Zona 5: Verão – ventilação cruzada; Inverno – vedações internas pesadas.
- Zona 6: Verão – resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva; Inverno – paredes internas pesadas.
- Zona 7: Verão – sombreamento de fachadas, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva.
- Zona 8: Verão – ventilação cruzada, sombreamento de fachadas.

A compreensão das condições de conforto, que ao mesmo tempo influenciam e recebem influência da edificação, permite que já na fase de anteprojeto o produto final aproxime-se do melhor resultado possível. Falhas de projeto que prejudiquem ou impeçam as condições de conforto de um edifício podem acarretar em gastos maiores para sua resolução. Principalmente quando se pensa em soluções paliativas, que podem ocasionar outros problemas que às vezes são impossíveis de serem corrigidos.

Os principais condicionantes do conforto humano são a própria edificação e os efeitos climáticos. Assim sendo, vários estudos foram realizados visando melhorar os índices de conforto em edificações. Segundo Borsato (2009) o desconforto térmico e visual no ambiente de trabalho são apontados como os fatores dominantes causadores da diminuição de rendimento e aumento na ocorrência de acidentes em empresas.

Sabe-se que em temperaturas extremas para o corpo humano o indivíduo perde a concentração em suas atividades e procura formas de se manter confortável, como adaptação de vestuário ou do próprio espaço por meio de equipamentos de manutenção de temperatura artificialmente ou abertura e fechamento de aberturas. O comportamento de perda de foco e busca por conforto é semelhante também para o conforto lumínico, sonoro e visual.

Borsato (2009) indica outros sintomas de desconforto provocados pelo calor como fadiga, erros de percepção e raciocínio, perturbações psicológicas, exaustão, desidratação, câimbras e choque térmico. Afirma também que a exposição ao frio implica em problemas nos pulmões e músculos e que o desconforto visual por falta ou excesso de iluminação pode ocasionar dores de cabeça e nos olhos e em casos mais graves, podendo levar à diminuição ou até à perda da visão.

A autora lista alguns dos principais efeitos climáticos que podem influenciar no conforto humano dentro da edificação:

1. Precipitação

Beirais, marquises e varandas devem ser projetados visando não apenas a proteção contra a radiação solar, mas também a proteção da abertura contra chuvas e compreender a frequência das chuvas de um determinado local possibilita um projeto adequado que proteja o ambiente das chuvas, mas ainda permita a ventilação. Em estruturas metálicas deve-se evitar o acúmulo de água devido à corrosão.

2. Iluminação

A iluminação natural é bem vinda à maioria dos espaços por economia de energia. A iluminação em excesso ou mau posicionamento de lâmpadas pode ocasionar ofuscamento e desconforto ao usuário, assim como quando há pouca iluminação. Para um projeto bem embasado é importante levar em consideração as atividades a serem desenvolvidas no ambiente, tamanhos e posição das aberturas e obstáculos externos à construção.

Um projeto adequado de iluminação natural está alinhado ao conforto e ao desenvolvimento sustentável, utilizando a luz natural de modo a aproveitar suas vantagens e atenuar suas desvantagens. Há ambientes em que se deseja a iluminação uniforme e outros necessitam de pontos mais iluminados, como áreas de trabalho e refeições, diferentemente de áreas de circulação. A eficiência energética deve ser o quesito principal quando se objetiva um projeto confortável e sustentável (MEDEIROS, 2012).

3. Temperatura

Com o conhecimento da temperatura média da região onde será construído o edifício torna-se mais fácil a escolha de materiais, tipos de aberturas e forma da edificação, visando amenizar a entrada ou a saída do calor e diminuir a amplitude térmica.

4. Radiação Solar

É a energia transmitida pelo sol na forma de ondas magnéticas curtas e que aquecem a superfície terrestre. As ondas são parcialmente absorvidas por partículas em suspensão na atmosfera e cerca de 50% chega de fato à superfície. A intensidade da radiação solar incidente é variável de acordo com a hora do dia, da estação do ano e da latitude, sendo que quanto maiores os valores de latitude menor será a incidência de radiação solar (BITTENCOURT, 2004). Sendo o Brasil um país de clima quente e úmido em grande parte de seu território, a radiação solar diretamente incidente é em geral evitada.

5. Umidade Relativa

É a quantidade de vapor de água contida na atmosfera e varia de acordo com o horário do dia e época do ano. O homem perde energia térmica sob a forma de calor e de umidade e à medida que a temperatura se eleva, mais umidade é eliminada, acarretando na necessidade de ventilação dos ambientes em busca de resfriamento. O excesso de vapor d'água no ar pode provocar destruição de pinturas e outros materiais e propicia a proliferação de fungos e microrganismos. Em ambientes com elevada umidade relativa deve-se favorecer a ventilação e evitar o uso de elementos ou equipamentos que aumentariam a umidade, como espelhos d'água e fontes.

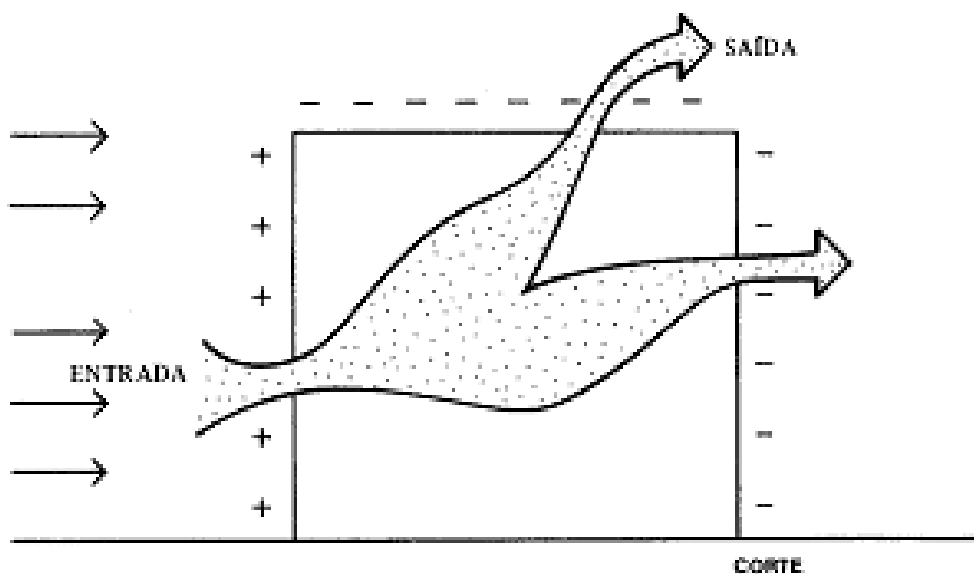
6. Ventilação

A ventilação é de suma importância em qualquer ambiente. Ela garante a renovação do ar, melhora as condições de higiene, remoção de impurezas, odores indesejáveis, limitação da concentração da taxa de gás carbônico, garantia de oxigênio e contribui para a manutenção térmica do espaço. A ventilação natural deve ser otimizada durante o verão e controlada durante o inverno por meio de aberturas

ou equipamentos, visando sempre uma temperatura ideal para o ambiente interno. Para isso, a forma e a orientação da edificação em relação ao norte, os materiais de fechamento, a localização e o tamanho e tipo de aberturas devem ser cuidadosamente pensados caso o objetivo seja a captação ou mascaramento dos ventos dominantes.

Chvatal (1998) esclarece que na ventilação por ação dos ventos, beneficia-se da diferença de pressão que o vento externo provoca na edificação, com a colocação de aberturas nas zonas de pressão positiva e aberturas para a saída do ar nas zonas de pressão negativa (Figura AB.2). Para isso, as aberturas devem ser no mesmo sentido e direção dos ventos no local.

Figura AB.2: Ventilação por ação dos ventos.



Fonte: FROTA, 2001.

Quando as aberturas possuem uma diferença considerável de altura, ocorre a ventilação por efeito chaminé, quando o fluxo de ar dá-se pela diferença de pressão ocasionada pela diferença de temperatura entre o ar interno e externo. Desta forma, o ar interno, aquecido e menos denso, sai pelas aberturas superiores e o ar mais frio entra pelas inferiores.

7. Clima

Pode ser entendido como o conjunto de condições atmosféricas que caracterizam uma região. A grande variação de parâmetros climáticos do planeta interfere no desempenho térmico dos espaços construídos. Tem-se uma grande oscilação de temperatura, umidade relativa, radiação solar que chega à superfície, incidência de ventos e índices pluviométricos variando em todo o globo. De acordo com o metabolismo, a idade e os costumes de cada indivíduo, o cérebro possui uma resposta sensorial diversa e complexa, havendo poucos lugares em que qualquer pessoa se sinta confortável por longos períodos. A Arquitetura Bioclimática busca melhorar as condições de conforto de ambientes de formas naturais por meio do conhecimento do clima, dos materiais locais e das necessidades dos habitantes e consiste na utilização de recursos como o sol, o vento, a vegetação e a temperatura local. Os fenômenos naturais são aproveitados para balanço de temperatura e umidade associados à envoltória da edificação para garantir o conforto físico e psicológico dos usuários dos espaços e diminuir a necessidade de uso de equipamentos de condicionamento térmico artificiais.

8. Tecnologia

O avanço tecnológico no processo de construção e no funcionamento de edifícios pode contribuir para a economia de energia. Algumas construções são vedadas às condições climáticas externas, protegendo e mantendo as condições de temperatura, umidade, ventilação e iluminação dos ambientes internos. Exemplares arquitetônicos altamente tecnológicos e eficientes energeticamente são encarados como ícones de uma nova geração de edifícios, visando o conforto ambiental. No entanto a vedação de uma edificação pode ocasionar efeito estufa, que deve ser corrigido por meio de condicionamento de ar.

9. Energia

A minimização do consumo de energia é tema recorrente em estudos e empreendimentos, seja por fatores econômicos ou por questões ambientais. Cada metro quadrado de construção consome uma grande quantidade de energia elétrica ao longo de toda a sua vida útil. O consumo total de energia compreende os gastos na fase de construção, incluindo todas as suas etapas, e os gastos oriundos do uso

de equipamentos durante esses processos. A responsabilidade de projetistas e construtores é grande, tendo em vista que uma quantidade significativa do consumo energético é associado ao exercício de sua profissão. Após a conclusão da obra e durante o uso da edificação o gasto energético está relacionado ao acendimento de lâmpadas, ar condicionado, e utensílios domésticos. Ainda na fase de projeto decisões podem ser tomadas a fim de compor um microclima agradável aos usuários, seja com uso de espelhos d'água, fontes, vegetação, aberturas e forma da edificação.

10. Conforto térmico

É variável e pessoal e depende de fatores como saúde, idade, atividade, alimentação, roupas, sexo, entre outros.

11. Conforto acústico

Os sons percebidos pelo ouvido humano podem gerar sensações de bem ou mal estar. Elaborar projetos de ambientes acusticamente confortáveis requer grande conhecimento de propriedades dos materiais especificados e alguns parâmetros devem ser levados em consideração como, as fontes, níveis de ruído e vibração em relação ao local analisado, a forma dos ambientes e os tempos de reflexão e reverberação das ondas. Aberturas ou pequenas folgas possibilitam a passagem da energia sonora e exigem detalhamento e especificações.

12. Solos

O solo recebe as forças aplicadas pela estrutura e reage a estas forças. Ao projetar devem ser considerados fatores como a topografia, a formação geológica do terreno, nível do lençol freático, árvores de grande porte e edificações lindeiras. É interessante que se faça uma investigação do solo por sondagens e ensaios de laboratório para o conhecimento das camadas do solo e suas resistências. Com a aplicação de uma carga ao solo, as camadas do terreno podem deformar-se e sofrer acomodações ou “recalques”, causando deslocamentos e falhas às construções.

Além das indicações de efeitos climáticos podem também influenciar no conforto humano dentro da edificação:

A. Vegetação:

Funciona como um dispositivo de sombreamento, resfriando seu entorno imediato. Diferentes tipos de espécies são indicados para cada necessidade, que varia com cada projeto. A escolha das espécies deve levar em consideração o clima local, as necessidades da planta durante o ano e seu tempo de crescimento (CHVATAL, 1998). De acordo com os preceitos do desenvolvimento sustentável deve-se dar preferência ao uso de espécies nativas.

B. Pavimentação:

A pavimentação das áreas externas pode influenciar enormemente o conforto térmico. O asfalto possui um alto coeficiente de absorção para a radiação solar e, segundo Chvatal (1998), o aquecimento do asfalto se deve à energia que ele absorve e posteriormente emite sob a forma de radiação de onda longa. As superfícies gramadas desempenham o mesmo papel da vegetação, não emitem radiação de onda longa e resfriam o ar.

C. Edificações vizinhas:

Em relação ao conforto térmico as edificações vizinhas podem atuar como anteparos à radiação solar e gerar sombra em outras construções, dependendo de sua altura e localização. Além do sombreamento, os edifícios vizinhos refletem a radiação incidente, podendo gerar maior aquecimento em seu entorno. Segundo Chvatal (1998), em locais com muitas construções e pavimentação, tem-se normalmente grande quantidade de radiação refletida.

De acordo com Borsato (2009), alguns pesquisadores acreditam que grandes superfícies com uniformidade em relação ao tamanho, à forma, à cor e à textura não despertam tanto entusiasmo quanto as que possuem diversidade e variação desses elementos. E ainda, qualquer objeto ou edifício, transmite ao observador uma experiência sensorial ao ser percebido, podendo esta impressão variar ou se alterar ao longo do tempo.

A envoltória de um edifício é concebida com vários determinantes, tais como, fatores socioculturais, tecnológicos, funcionais ou estéticos. Quando se considera o conforto humano gerado pela envoltória da construção, são ressaltados fatores ambientais físicos como calor, luz e som, e o resultado será uma solução de acordo com parâmetros térmicos, acústicos e visuais. Gül, Alpin, e Nurgün (2003) ressaltam

as principais funções da envolvente do edifício no que diz respeito a fatores ambientais físicos (calor, luz, som):

- Conforto térmico ao controlar a influência climática dos elementos;
- Conforto visual por meio do controle da luz natural;
- Conforto acústico, reduzindo o ruído a um nível aceitável.

Para garantir um ambiente saudável para o usuário e um ótimo desempenho em suas atividades, as condições do ambiente interno devem ser reguladas de modo a garantir as condições térmicas, acústicas e visuais desejadas, em outras palavras, as condições de conforto térmico, visual e acústico. Tendo em conta o problema de energia, outro objetivo deve ser a redução das despesas de energia e consumo de energia (GÜL; ALPIN; NURGÜN, 2003).

Ainda segundo os autores, os parâmetros de projeto relacionados ao ambiente externo da edificação têm uma determinada influência sobre o ambiente interno. Eles estão fora do controle do projetista e são: temperatura do ar externo, radiação solar, umidade, velocidade do vento, nível de iluminação exterior e nível de som ao ar livre. Estes valores relativos às condições ambientais locais podem ser obtidos a partir de dados geográficos, meteorológicos e topográficos.

Os parâmetros de projeto relacionados ao ambiente construído são dimensões e orientação de obstáculos externos, radiação solar de superfícies circundantes e cobertura do solo. Na escala do edifício tem-se a forma e orientação da construção, posição do edifício em relação a fontes de ruído e posição do edifício de acordo com os outros edifícios. Os valores relacionados ao ambiente construído podem ser determinados após as decisões de projeto em relação ao uso de cada ambiente.

Os parâmetros de projeto na escala do ambiente são, em geral, a posição do ambiente dentro do edifício, dimensões, forma e orientação do ambiente, coeficientes de absorção de radiação solar, absorção sonora e absorção acústica da sala e ainda coeficientes de convecção das superfícies dentro da sala.

As condições de conforto para o usuário em uma sala podem ser especificadas como um estado de consumo mínimo de energia, maximização do desempenho do usuário, e satisfação psicológica com o ambiente. As condições de conforto térmico, acústico e visual a serem asseguradas nos ambientes são explicadas separadamente a seguir:

- Determinação das condições de conforto térmico – temperatura do ar interior, as temperaturas de superfície interiores, a umidade interna do ar. Em projetos de arquitetura e engenharia, as condições de conforto térmico são explicadas quantitativamente em sua maior parte, com base em sistemas gráficos definidos em normas internacionais.
- Determinação das condições de conforto acústico – as condições de conforto acústico em ambientes construídos podem ser determinadas com a ajuda de desempenho e critérios funcionais.
- Determinação das condições de conforto visuais – garantindo certos valores e limites para o nível de iluminação, luminância e de cores. Os níveis de iluminação necessários para garantir condições de conforto são determinados em investigações internacionais, e são publicadas em diretrizes, normas e regulamentos.

Os parâmetros de projeto na escala do elemento podem ser diferenciados em dois grupos, como opacos e transparentes considerados separadamente (GÜL; ALPIN; NURGÜN, 2003).

A forma e a fachada do edifício podem ser projetadas para que se obtenha um desempenho ótimo para assegurar condições de conforto térmico, acústico e visual, bem como a conservação de energia da edificação e dos ambientes internos.

APÊNDICE C – Sistemas de Certificação Verde

Apêndice C.1 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

Foi desenvolvido para promover edificações mais sustentáveis e de alto desempenho e nutrir uma transformação mercadológica nos Estados Unidos. De acordo com Montes (2005) foi criado pelo GBC (Green Building Council), a maior associação americana de líderes da mostra da construção, estabelecendo um consenso para a construção de edifícios de alto desempenho. O LEED é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, com o objetivo de incentivar a transformação de projetos, obras e produção de edificações, com ações sustentáveis (GBC BRASIL, 2016).

O LEED foi criado para promover a prática de desenho integrado, estimular a competitividade verde, conscientizar a população sobre os benefícios das edificações sustentáveis e transformar o mercado mobiliário positivamente, agregando valores de desenvolvimento, como informa Matos (2005). A autora também aponta que o LEED possui um texto base que lista os pré-requisitos que se atendidos são pontuados. De acordo com a GBC Brasil (2016), a certificação possui sete perfis de avaliação nas edificações. Cada uma delas possui práticas obrigatórias que quando atendidas garantem pontos à edificação. O nível da certificação é definido conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos, nível certificado a 110 pontos, divididos nos níveis certificação, prata, ouro e platina.

A certificação acarreta em vários benefícios para a edificação e conseqüentemente para a equipe de trabalho e para os usuários. As vantagens englobam as esferas econômica, social e ambiental e, segundo a GBC Brasil (2016) são:

- Benefícios econômicos: diminuição dos custos operacionais, diminuição dos riscos regulatórios, valorização do imóvel para revenda ou arrendamento, aumento na velocidade de ocupação, aumento da retenção, modernização e menor obsolescência da edificação;
- Benefícios sociais: melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes, inclusão social e aumento do senso de comunidade, capacitação profissional, conscientização de trabalhadores e

usuários, aumento da produtividade do funcionário, melhora na recuperação de pacientes (em hospitais), melhora no desempenho de alunos (em escolas), aumento no ímpeto de compra de consumidores (em comércios), incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais, aumento da satisfação e bem estar dos usuários, estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável;

- Benefícios ambientais: uso racional e redução da extração dos recursos naturais, redução do consumo de água e energia, implantação consciente e ordenada, mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental, redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.

E as dimensões avaliadas para a certificação são:

- Espaço Sustentável (*sustainable sites*): incentiva soluções que minimizam o impacto no ecossistema por parte da edificação e aborda questões comuns a grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.
- Eficiência do uso da água (*water efficiency*): busca inovações para o uso racional da água, para redução do consumo de água potável e incentiva o tratamento e reuso dos recursos.
- Energia e atmosfera (*energy & atmosphere*): encoraja a eficiência energética das edificações com a aplicação de estratégias simples e inovadoras.
- Materiais e Recursos (*materials & resources*): fomenta o uso de materiais de baixo impacto ambiental, ou seja, materiais reciclados e/ou recicláveis e que existam na região ou que não demandem gastos exorbitantes com transporte. Valoriza a minimização da geração de resíduos e promove o descarte consciente.
- Qualidade ambiental interna (*indoor environmental quality*): promove a qualidade ambiental interna do ar e o conforto humano, com a escolha de materiais com baixa emissão de substâncias poluentes ou agressivas à saúde.
- Inovação e processos (*innovation in design or innovation in operations*): encoraja pesquisas sobre edifícios verdes e soluções projetuais não descritas nas categorias do LEED. Esta categoria atribui pontos de desempenho exemplar.

- Créditos de prioridade regional (*regional priority credits*): estimula os créditos definidos como prioridade regional para cada país, segundo suas particularidades ambientais, sociais e econômicas.

Existem oito tipologias de edificações avaliadas pelo LEED, e para cada tipologia existem cursos e exigências específicas:

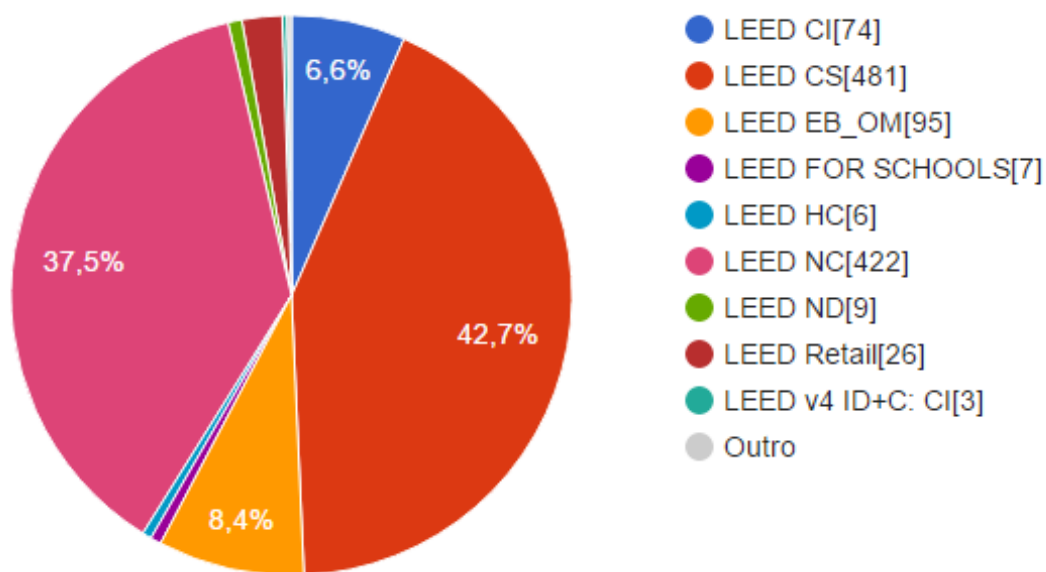
- LEED Novas Construções e Grandes Reformas (*LEED New Constructions & Major Renovation*) – LEED NC: destinado a futuras edificações, ou edificações existentes e que passarão por reformas que incluam um sistema de ar condicionado, envoltória e realocação.
- LEED Edifícios Existentes (*LEED Existing Buildings*) – LEED EB: é focado na funcionalidade e manutenção do edifício existente. Contribui para a eficácia do funcionamento e minimizar custos e impacto ao meio ambiente.
- LEED para Interiores Comerciais (*LEED for Commercial Interiors*) – LEED CI: visa reconhecer o alto desempenho de ambientes comerciais, com espaços internos mais saudáveis, e aumento de produtividade dos usuários. Escritórios certificados possuem custos reduzidos de operação e manutenção, além de reduzirem sua pegada ecológica.
- LEED Envoltória e Estrutura Principal (*LEED Core and Shell*) – LEED CS: aplicado em edificações que objetivam vender os espaços internos futuramente. A certificação engloba toda a área comum, estrutura principal, sistema de ar condicionado e fachadas. Este tipo de proposta facilita a certificação das salas de interiores comerciais.
- LEED para Lojas de Varejo (*LEED Retail*): compreende as particularidades de uma loja de varejo quando comparada a uma edificação comercial e colabora para as diretrizes para a redução da pegada ecológica da edificação. Para esta tipologia existem duas opções de certificação: LEED para Novas Construções ou Grandes Reformas em Lojas de Varejo (*LEED for Retail NC*) e LEED para Interiores Comerciais (*LEED for CI*), para lojas localizadas dentro de um edifício.
- LEED para escolas (*LEED for Schools*): proporciona ambientes mais saudáveis e confortáveis, com melhor desempenho dos alunos e corpo docente. Diminui os custos com operação e manutenção da construção e valoriza práticas de educação ambiental.

- LEED para Desenvolvimento de Bairros (*LEED for Neighborhood Development*) – LEED ND: possui princípios de planejamento do crescimento, urbanismo sustentável e edificações verdes, com tipologias de edificações diversificadas e mistura de usos dos espaços urbanos. Incentiva o uso de transporte público, eficiente e alternativo e a promoção de áreas de lazer para a comunidade. Esta tipologia engloba ruas, casas, escritórios, shoppings, mercados e áreas públicas.
- LEED para Hospitais (*LEED for Healthcare*) – LEED HC: compreende as necessidades de um hospital ajudando na recuperação do paciente, que tende a ser mais rápida que em hospitais sem a certificação.

Periodicamente é desenvolvida uma nova versão do LEED a fim de se elevarem os padrões técnicos exigidos. A última atualização é o LEED v4 e foi governada por três pontos principais: maior restrição do ponto de vista técnico e aumento de suas exigências, destaque no cenário global, estando presente em 153 países e a maior diversidade de edificações que buscam a certificação, como estádios, centro de convenções, hotéis, centro de distribuição, entre outros (RANGEL, 2014). Algumas das principais mudanças no LEED v4 são os chamados “terrenos de alta prioridade”, que contemplam o desenvolvimento social de acordo com as demandas de cada região, uma nova categoria denominada “localização e transporte”, que estimula projetos que diminuam o impacto no transporte e o acesso a pé e ao transporte público/alternativo, como bicicletas, aumento da pontuação para o gerenciamento de água da chuva, em relação à eficiência energética a nova versão é ainda mais exigente que a versão anterior, foco no ciclo de vida dos materiais e aumento nos requerimentos de informes para matéria-prima, incluindo lugares de extração e compromissos ambientais por parte dos fornecedores. O LEED v4 exige a apresentação de um Planejamento de Gerenciamento de Resíduos e prega o reuso de materiais. O processo de discussão e aprovação do LEED v4 teve início em 2010 e em 2014 foi centro das discussões da 5ª Conferência Greenbuilding Brasil.

Na figura AC.1 apresentam-se os registros de acordo com as categorias LEED existentes.

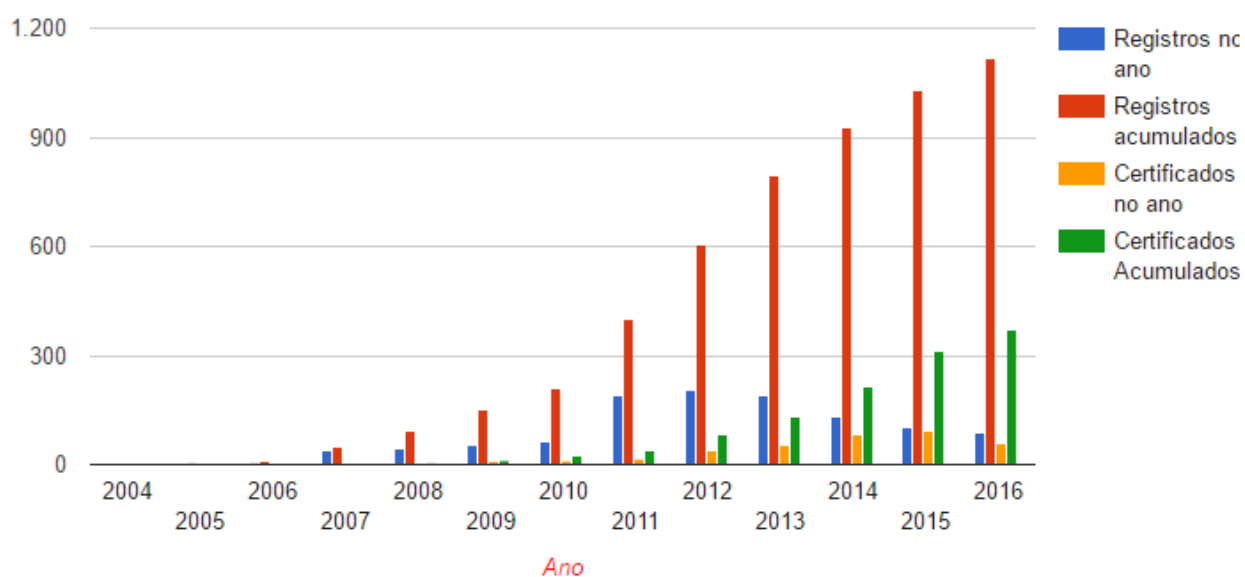
Figura AC.1: Registro por categorias LEED.



Fonte: GBC BRASIL, 2016.

É possível perceber que o sistema de certificação LEED é recente no país ao analisar os dados apresentados na figura AC.2, que mostram a evolução de registros e certificações LEED no Brasil. O crescimento é bastante positivo, visto que o sistema existe no país há cerca de uma década.

Figura AC.2: Registros e certificações LEED no Brasil.



Fonte: GBC BRASIL, 2016.

Associar o LEED ao projeto arquitetônico é, de modo geral, viável para a realidade brasileira. Porque, segundo Marques e Salgado (2007), o formato de apresentação do projeto já é comum a muitos escritórios. Assim, espera-se que, os projetistas busquem se aprofundar nas questões ambientais, mesmo que por meio de diretrizes e check lists já existentes ou pesquisas nesta área, como o presente trabalho.

Apêndice C.2 AQUA

O processo de certificação sustentável AQUA foi desenvolvido a partir da certificação francesa *Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale)* e é executado no Brasil pela Fundação Vanzolini. O sistema foi adaptado ao contexto brasileiro, em cooperação entre a Fundação Vanzolini e professores do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (FIGUEIREDO, 2009). A Fundação Vanzolini é a representante no Brasil da rede de certificação HQE™ e o Processo AQUA passa a ser denominado AQUA-HQE, com identidade e reconhecimento internacional. O processo AQUA-HQE foi criado em 2008 e fomenta a sustentabilidade nas construções brasileiras, de forma que seus parâmetros consideram a cultura, o clima e a legislação construtiva do Brasil (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016).

A certificação é concedida na forma de um perfil de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE) e possui pré-requisitos estabelecidos por um Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) que promove um padrão de desempenho para o empreendimento. O sistema exige ainda a avaliação da qualidade ambiental do edifício em pelo menos três fases para construções novas e reformas: pré-projeto, projeto e execução. De acordo com a Fundação Vanzolini (2016), realiza-se a avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício em 14 categorias de preocupação ambiental, que podem ser classificadas em base, boas práticas ou melhores práticas, segundo o perfil ambiental determinado pelo empreendedor na fase pré-projeto (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016). O nível base se refere a práticas recorrentes ou regulamentares, o nível boas práticas é referente a práticas adequadas e o nível melhores práticas está associado ao desempenho máximo obtido nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

De acordo com a Fundação Vanzolini (2016), para que um empreendimento receba o certificado AQUA-HQE, o mesmo precisa atingir no mínimo um perfil de desempenho com três categorias no nível melhores práticas, quatro categorias no nível boas práticas e sete categorias no nível base, como mostrado na figura AC.3.

Figura AC.3: Perfil mínimo de desempenho para certificação.



Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016.

O cliente desempenha uma função essencial no SGE, que pode ser considerada uma ferramenta relevante para a melhoria do desempenho ambiental do empreendimento. O empreendedor atua na realização e constante melhoria do sistema, sem deixar de lado o papel dos demais agentes, como projetistas, gestores e construtoras.

Assim como em todos os processos de certificação e de acordo com recomendações de pesquisas na área do desenvolvimento sustentável, ressalta-se a importância do envolvimento do cliente com a sustentabilidade desde o início do projeto, já que a certificação AQUA-HQE compreende um sistema de gestão do empreendimento (SGE) e possui 14 categorias de qualidade ambiental do empreendimento (QAE):

- 1- Relação do edifício com o seu entorno;
- 2- Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos;
- 3- Canteiro de obras de baixo impacto ambiental;
- 4- Gestão da energia;
- 5- Gestão da água;
- 6- Gestão de resíduos de uso e operação do edifício;
- 7- Manutenção – permanência do desempenho ambiental;
- 8- Conforto higrotérmico;

- 9- Conforto acústico;
- 10-Conforto visual;
- 11-Conforto olfativo;
- 12-Qualidade sanitária dos ambientes;
- 13-Qualidade sanitária do ar;
- 14-Qualidade sanitária da água;

A Fundação Vanzolini (2016) apresenta as três fases para a avaliação da QAE:

- Fase Pré-Projeto: neste momento é elaborado o programa de necessidades e são definidas as tipologias de desempenho nas 14 categorias e desenvolvidas análises de viabilidade para o cumprimento das metas. O Sistema de Gestão do Empreendimento orienta o gerenciamento do empreendimento ao longo do processo;
- Fase Projeto: elaboração da concepção arquitetônica e técnica do empreendimento, os projetos são elaborados para atender os critérios correspondentes às 14 categorias de desempenho pelo empreendedor e depois é sujeito a auditoria da Fundação Vanzolini;
- Fase Execução: a obra é construída e entregue atendendo aos critérios correspondentes desempenho adequado segunda as 14 categorias de desempenho pelo cliente, mediante auditoria da Fundação Vanzolini.

Na figura AC.4 esquematiza-se o processo de certificação AQUA-HQE:

Figura AC.4: Perfil mínimo de desempenho para certificação.



Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016.

A Fundação Vanzolini (2016) lista na tabela AC.1 os benefícios da certificação para o empreendedor, para o usuário e para a sociedade e o meio ambiente.

De acordo com a Fundação existem hoje 395 edifícios certificados no Brasil, dentre eles residenciais, não residenciais e unidades habitacionais. E ainda 235 empreendimentos certificados, compreendendo hospitais, loteamentos, bairros, residências e não residências.

Tabela AC.1: Beneficiados e benefícios do AQUA – HQE.

Beneficiados	Benefícios
Empreendedor	<ul style="list-style-type: none"> • Comprovação da alta qualidade ambiental das suas construções; • Diferenciação dentro do mercado; • Manutenção do valor do patrimônio ao longo do tempo; • Associação da imagem da empresa ao desenvolvimento sustentável; • Melhoria do relacionamento com órgãos ambientais e comunidades; • Reconhecimento internacional.
Usuário	<ul style="list-style-type: none"> • Minimização do consumo de água e de energia elétrica; • Maximização de conforto e saúde; • Manutenção do valor do patrimônio ao longo do tempo; • Consciência de sua contribuição para o desenvolvimento sustentável.
Sociedade e meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição da demanda sobre as infraestruturas urbanas e recursos naturais; • Redução da poluição e de emissões de gases que contribuam para o efeito estufa; • Melhoria das condições de saúde na edificação; • Minimização do impacto à vizinhança; • Maior qualidade de vida; • Gestão adequada de resíduos sólidos;

Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016.

Godoi (2012) investigou estudos de aplicação do Processo AQUA para edifícios residenciais e percebeu que a aplicação dos pré-requisitos exigidos pelo

sistema no canteiro de obras não é eficiente e em geral não cumpre as determinações devido às dificuldades de alteração no modo de projetar e construir. Apesar de o processo de certificação possuir uma certificação mínima e estar atrelada ao desenvolvimento sustentável há ainda algumas barreiras a serem transpostas neste sentido.

A autora reafirma os pontos positivos do sistema de certificação, dando maior importância para o Sistema de Gestão do Empreendimento, que organiza e garante o cumprimento das determinações durante as fases de projeto e construção, envolvendo o cliente (empreendedor) na busca pela qualidade ambiental.

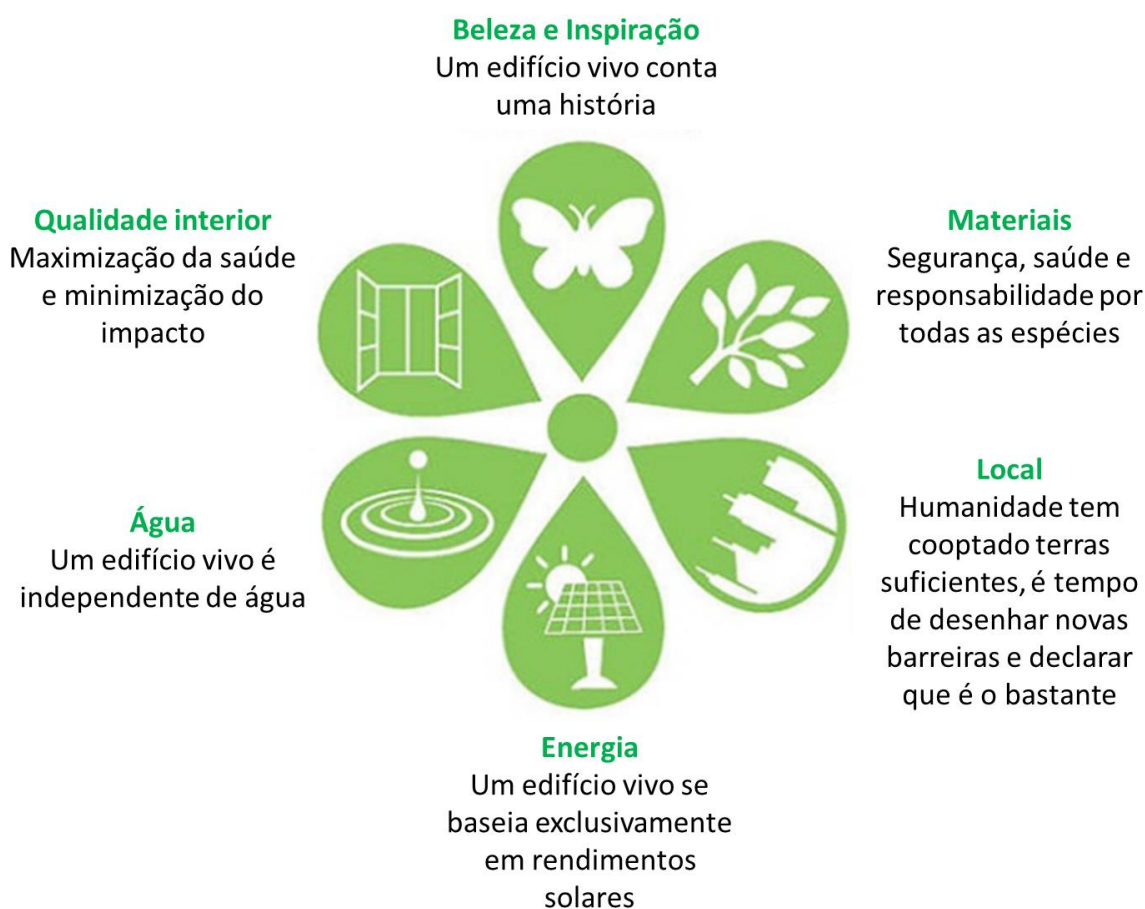
Apêndice C.3 LBC (Living Building Challenge)

O LBC é um sistema de certificação de edificações criado em 2006, pelo Cascadia Green Building Council, que é uma divisão do U.S. Green Building Council e do Canada Green Building Council, para encorajar a preocupação ambiental na sociedade (VIEIRA, 2015). A certificação incita os incorporadores, projetistas e construtores a pensar desde concepção até a construção do edifício como uma oportunidade para impactar positivamente a vida da comunidade e do meio ambiente onde este edifício está ou será inserido.

O LBC possui seis áreas de avaliação, chamadas de pétalas (Figura AC.5): lugar, água, energia, saúde e felicidade, materiais, igualdade e beleza. Não existe uma lista de pré-requisitos, mas 20 indicadores de desempenho ambiental que devem ser comprovados durante o primeiro ano de operação da edificação.

Não é obrigatório o atendimento de todos os indicadores, entretanto o sistema prevê exceções temporárias frente a impossibilidades temporárias de mercado. O LBC não se baseia em estimativas, mas em dados reais e por isso a edificação analisada deve estar em uso por pelo menos um ano, segundo Vieira (2015).

Figura AC.5: Esferas de avaliação do LBC.



Fonte: VIEIRA, 2015.

O sistema possui três níveis de certificação:

- Certificação Vivo (*Living Certification*): para edifícios em conformidade com os 20 indicadores obrigatórios;
- Certificação Pétala (*Petal Certification*): atribuído aos edifícios que atendem pelo menos três pétalas, desde que esteja incluída pelo menos uma das seguintes: Água, Energia ou Materiais;
- Certificação Net Energia Zero (*Net Zero Energy Certification*): para edifícios que produzem 100% da energia necessária para o seu funcionamento por meio de fontes renováveis e que não sejam à base de combustão.

As tipologias de edificações às quais pode ser aplicado o sistema de certificação são as mais variadas, compreendendo:

- Edifícios novos ou existentes;
- Residência unifamiliar;

- Edifícios residenciais multifamiliares;
- Edifícios institucionais;
- Edifícios comerciais;
- Hospitais e laboratórios.

A maior diferença entre o LBC e outros sistemas de certificação de edifícios como o LEED, reside no fato de o LBC se basear no desempenho efetivo dos edifícios e não em estudos e simulações. De acordo com Vieira (2015) estudos mostram uma grande diferença entre o desempenho esperado para os edifícios certificados LEED durante a fase de projeto e de construção e o que realmente é verificado durante a operação.

Apêndice C.4 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

O sistema de certificação BREEAM foi desenvolvido na Inglaterra em 1992 e, de acordo com BREEAM (2016), já certificou mais de 551 mil construções. O primeiro método de avaliação de edifícios sustentáveis do mundo apresenta a vantagem de fácil adaptação a diversas zonas climáticas e o acúmulo de pontos de certificações locais, como a brasileira Procel de eficiência energética (ARQUITETA..., 2015).

O selo fornece uma série de benefícios a empreendimentos certificados no Reino Unido, por já fazer parte da legislação inglesa e por propiciar vantagens para o proprietário do imóvel. O emprego das exigências nos projetos, mesmo que não se objetive a certificação, agrega grande valor à construção, aos moradores e ao entorno, de modo que se observa o retorno do valor dos custos de adequação ou implantação do sistema ao longo do tempo, devido à economia de recursos como água e energia elétrica (ARQUITETA..., 2015).

O BREEAM (2016) possui uma estrutura de avaliação dividida em oito categorias principais:

- Gestão;
- Saúde e conforto;
- Uso de energia;
- Transporte;

- Uso da água;
- Uso do solo;
- Ecologia local;
- Poluição.

E fornece aos clientes e projetistas benefícios como o reconhecimento do mercado para edifícios de baixo impacto ambiental, confiança de aplicação de conceitos de proteção ambiental certificada e de referência, redução de custos operacionais e melhoria de ambientes e qualidade de vida de usuários.

Existem cinco níveis de certificação e a pontuação mínima equivale a 30 pontos para o primeiro nível, denominado *Pass* (aprovado), para o segundo nível, *Good* (bom), são exigidos 45 pontos, o terceiro nível, *Very Good*, (muito bom) demanda 55 pontos, o quarto nível, *Excellent* (excelente) exige 70 pontos e o quinto e mais alto nível, *Outstanding* (excepcional) requer 85 pontos.

Algumas diferenças entre o BREEAM e outros métodos são o reconhecimento internacional e adaptabilidade de aplicação em diferentes localidades.

Apêndice C.5 Selo CASA AZUL

O Selo Casa Azul foi lançado em 2010 pela Caixa Econômica Federal e se constitui como o primeiro sistema brasileiro de certificação em sustentabilidade para habitações e é voluntário e voltado para projetos habitacionais financiados pela Caixa. O selo deve ser encarado como uma contribuição para o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação.

Segundo o Selo Casa Azul (2010) existem 53 critérios de avaliação, que são divididos em seis categorias:

- Qualidade Urbana;
- Projeto e Conforto;
- Eficiência Energética;
- Conservação de Recursos Materiais;
- Gestão da Água;
- Práticas Sociais.

Na tabela AC.2 apresenta um resumo dos critérios estabelecidos pelo Selo Casa Azul (2010) de acordo com as categorias apresentadas anteriormente.

Tabela AC.2: Critérios, categorias e classificação do Selo Casa Azul.
(Continua)

Critérios/Categorias	Classificação		
	BRONZE	PRATA	OURO
1. QUALIDADE URBANA			
Qualidade do entorno – infraestrutura	Obrigatório	Critérios obrigatórios mais seis itens de livre escolha	Critérios obrigatórios mais 12 itens de livre escolha
Qualidade do entorno – impactos	Obrigatório		
Melhorias do entorno			
Recuperação de áreas degradadas			
Reabilitação de imóveis			
2. PROJETO E CONFORTO			
Paisagismo	Obrigatório		
Flexibilidade			
Relação com a vizinhança			
Solução alternativa de transporte			
Local para coleta seletiva	Obrigatório		
Equipamentos de lazer, sociais e esportivos	Obrigatório		
2. PROJETO E CONFORTO			
Desempenho térmico – vedação	Obrigatório		
Desempenho térmico – orientação ao sol e ventos	Obrigatório		
Iluminação natural de áreas comuns			
Ventilação e iluminação natural de banheiros			
Adequação às condições físicas do terreno			
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
Lâmpadas de baixo consumo – áreas privativas	Obrigatório		
Dispositivos economizadores – áreas comuns	Obrigatório		
Sistema de aquecimento solar			
Sistema de aquecimento a gás			
Medição individualizada – gás	Obrigatório		

Fonte: Adaptado de SELO CASA AZUL, 2010.

Tabela AC.2: Critérios, categorias e classificação do Selo Casa Azul.
(Continua)

Critérios/Categorias	Classificação		
	BRONZE	PRATA	OURO
3. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA			
Elevadores eficientes			
Eletrrodomésticos eficientes			
Fontes alternativas de energia			
4. CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS			
Coordenação modular			
Qualidade de materiais e componentes	Obrigatório		
Componentes industrializados ou pré-fabricados			
Formas e escoras reutilizáveis	Obrigatório		
Gestão de resíduos de construção e demolição	Obrigatório		
Concreto com dosagem otimizada		Critérios obrigatórios mais seis itens de livre escolha	Critérios obrigatórios mais 12 itens de livre escolha
Cimento de alto forno e pozolânico			
Pavimentação com resíduos de construção e demolição			
Facilidade de manutenção da fachada			
Madeira plantada ou certificada			
5. GESTÃO DA ÁGUA			
Medição individualizada – água	Obrigatório		
Dispositivos economizadores – sistema de descarga	Obrigatório		
Dispositivos economizadores – aeradores			
Dispositivos economizadores – registro regulador de vazão			
Aproveitamento de águas pluviais			
Retenção de águas pluviais			
Infiltração de águas pluviais			

Fonte: Adaptado de SELO CASA AZUL, 2010.

**Tabela AC.2: Critérios, categorias e classificação do Selo Casa Azul.
(Conclusão)**

Critérios/Categorias	Classificação		
	BRONZE	PRATA	OURO
5. GESTÃO DA ÁGUA	Obrigatório		
Áreas permeáveis			
6. PRÁTICAS SOCIAIS			
Educação para a gestão de resíduos de construção e demolição	Obrigatório		
Educação ambiental dos empregados	Obrigatório		
Desenvolvimento pessoal dos empregados			
Capacitação profissional dos empregados			
Inclusão de trabalhadores locais			
Participação da comunidade na elaboração dos projetos			
Orientação aos moradores	Obrigatório		
Educação ambiental dos moradores			
Capacitação para gestão do empreendimento			
Ações para mitigação dos riscos sociais			
Ações para a geração de emprego e renda			

Fonte: Adaptado de SELO CASA AZUL, 2010.

O empreendimento recebe a certificação quando cumpre pelo menos 19 critérios obrigatórios, além de critérios opcionais, podendo receber o selo nível bronze, prata ou ouro. O selo bronze corresponde à certificação mínima e atende aos 19 itens obrigatórios. O selo prata contempla os 19 itens obrigatórios, mais seis opcionais e o ouro atende aos 19 itens obrigatórios além de, no mínimo, 12 itens opcionais.

Segundo o Selo Casa Azul (2010), o empreendedor que opta por incluir preceitos do desenvolvimento sustentável ao empreendimento desenvolve uma visão da sua responsabilidade socioambiental na sociedade. As características do

empreendimento podem impactar em grande escala o meio ambiente e a sociedade onde está inserido.

Como as edificações são projetadas para os usuários, estes devem ter condições de operar e manter a habitação do edifício e este conceito está estritamente associado à sustentabilidade e cabe ao projetista promover e garantir a relação eficiente entre usuário e construção.

O Selo Casa Azul (2010, p. 31) afirma que “a sustentabilidade exige soluções economicamente viáveis. E, diferentemente do senso comum, é sempre possível fazer algo pela sustentabilidade dentro do orçamento existente”. Deste modo, quando as soluções ditas sustentáveis demandam grandes gastos que não se pagam durante a vida útil do equipamento ou da construção não se justificam e não devem ser aplicadas. E a busca por alternativas e inovações deve ser estimulada nas equipes de trabalho e têm maiores chances de sucesso com a interdisciplinaridade de agentes envolvidos no empreendimento.

APÊNDICE D – Roteiro de Questionário para Entrevistas

A entrevista foi elaborada visando esclarecer o processo de projeto dos arquitetos para obras estruturadas em aço e sua visão acerca da sustentabilidade. A estrutura adotada foi de entrevista aberta e semi-estruturada, na qual se buscou:

- a) Compreender o processo de projeto de edificações de pequeno porte estruturadas em aço do escritório;
- b) Permitir que o entrevistado relatasse suas experiências em obras de pequeno porte em aço;
- c) Dar espaço ao entrevistado para elucidar sobre suas impressões em relação à situação atual do mercado da construção civil com o foco em estruturas metálicas de pequeno porte e no desenvolvimento sustentável;
- d) Explorar as dificuldades encontradas ao projetar edificações com este perfil;
- e) Beneficiar a pesquisa através das contribuições dos profissionais que colaboraram com o trabalho.

Estruturação da entrevista:

A entrevista foi dividida em pontos centrais de interesse e para cada questão foram abordados durante a fala dos entrevistados pontos necessários para a compreensão do escritório e do processo de projeto de cada profissional. Deste modo, o foco da pesquisa e das entrevistas foi o processo de projeto de edificações de pequeno porte estruturadas em aço abordando aspectos do desenvolvimento sustentável e não a análise de obras específicas.

1. Estrutura organizacional do escritório

- Como é formada a equipe do escritório?
 - Número de arquitetos
 - Número de engenheiros
 - Presença de desenhistas e/ou estagiários
- Como se dá a troca de conhecimento e informações entre os engenheiros, construtores, outros profissionais, e os arquitetos no seu escritório na prática de projetos?
 - Dificuldades encontradas na transmissão de informações

- Modo de realização de trabalhos interdisciplinares

2. Processo de projeto

- No caso de edificações de pequeno porte não seriadas e estruturadas em aço, como é desenvolvido o processo de projeto?
 - Como se dá a compatibilização dos projetos
 - Como se dá o cumprimento dos prazos
 - Como é realizado o acompanhamento das obras
 - Dificuldades encontradas durante o processo de projeto de edificações com esta tipologia
- É possível definir um perfil de clientes para projetos de edificações de pequeno porte não seriadas e estruturadas em aço?
 - Identificação de um possível perfil de demanda de edificações com esta tipologia
- Quais são as dificuldades enfrentadas ao se construir em aço?
 - Compreender os desafios encarados em uma construção estruturada em aço
- Como se dá a fabricação, o fornecimento e a montagem de estruturas metálicas para obras de pequeno porte e não seriadas?
 - Processo de obtenção da estrutura
 - Processo de produção da estrutura
- E em relação ao custo dessas obras?
 - Estimativa de custo
 - Paralelo de custos entre estrutura metálica e estruturas em concreto armado
- Como se poderia viabilizar a escolha do aço como sistema estrutural construtivo para edificações deste tipo?
 - Estratégia de barateamento da estrutura
- Em que se diferencia o processo de projeto de construções em aço para construções em concreto?
 - Compreensão das divergências na tomada de decisões durante o processo de projeto

- Para trabalhar com o aço foi necessária uma reformulação da forma de se projetar?
 - Processo de adequação ao projeto estruturado em aço

3. Impressões sobre a situação atual do mercado

- A falta da tradição na construção com aço no Brasil atrasou o desenvolvimento de soluções inovadoras?
 - Percepção sobre as soluções e concepções de construções com a tipologia abordada na pesquisa
- É possível perceber uma mudança neste cenário com a evolução recente da nossa indústria?
 - Tendência de modificação do mercado
- O que acontece com a sustentabilidade em meio a questões econômicas e de mercado imobiliário atualmente?
 - Valorização da sustentabilidade no mercado
 - Como são encarados edifícios que buscam se adequar ao desenvolvimento sustentável

4. Desenvolvimento sustentável

- Quando se opta pelo uso do aço nas construções se pensa em sustentabilidade?
 - Relação entre a estrutura metálica e o desenvolvimento sustentável
- Como entra a sustentabilidade no processo de projeto arquitetônico?
 - Existência de decisões pautadas no desenvolvimento sustentável durante o processo de projeto
- Muitos empreendimentos tentam ter um selo sustentável ou adaptar alguns pontos do edifício para serem bem vistos pelo público com relação ao ecologicamente correto. Quais são suas impressões sobre essa tendência?
 - Percepção do colaborador sobre os aspectos citados acima
- Como controlar a moda da sustentabilidade para promover o que é necessário?
 - Compreender o que o escritório ou o colaborador entendem como necessário dentro do contexto do desenvolvimento sustentável

- É possível ir além das questões de coleta seletiva e economia de recursos hídricos para tornar os empreendimentos sustentáveis para seus futuros moradores?
 - Compreender a profundidade de ações do escritório frente ao desenvolvimento sustentável
- Quais são os custos e a viabilidade de uma obra sustentável?
 - Verificação de relação custo/benefício de uma construção sustentável
- O que falta nas escolas de arquitetura em geral para que os profissionais que se formem estejam aptos a trabalhar com a estrutura metálica e com a sustentabilidade?
 - Compreender as necessidades e habilitações dos novos profissionais