



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM CONSTRUÇÃO METÁLICA



O PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA EM AÇO
COM FOCO NO CONFORTO AMBIENTAL

Ouro Preto – MG
2016



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MESTRADO EM CONSTRUÇÃO METÁLICA



O PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA EM AÇO
COM FOCO NO CONFORTO AMBIENTAL

Autor: Plínio Carlos Machado
Orientador: Prof. Dr. Henor Artur de Souza
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes

Dissertação de Mestrado 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: Construção Metálica; Linha de Pesquisa: Arquitetura e Ambiente Construído.

Ouro Preto-MG
2016

M1491 Machado, Plínio Carlos.
O processo de projeto de arquitetura em aço com foco no conforto ambiental [manuscrito] / Plínio Carlos Machado. - 2016.
191f.: il.: color; grafs; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Henor Artur Souza.
Coorientador: Prof. Dr. Adriano Pinto Gomes.

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

1. Arquitetura - Conforto humano. 2. Arquitetura - Aspectos ambientais. 3. Aço - Estruturas. 4. Projetos - Elaboração. 5. Arquitetura - Projetos e plantas. I. Souza, Henor Artur. II. Gomes, Adriano Pinto. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU: 624.014

O PROCESSO DE PROJETO DE ARQUITETURA EM AÇO COM FOCO NO CONFORTO AMBIENTAL

AUTOR: PLÍNIO CARLOS MACHADO

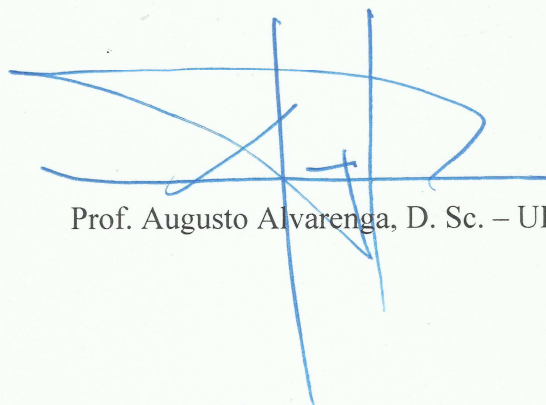
Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 18 de novembro de 2016, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



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



Prof. Adriano Pinto Gomes, D. Sc. – IFMG



Prof. Augusto Alvarenga, D. Sc. – UFES



Profª. Maria Lúcia Malard, D. Sc. - UFMG

AGRADECIMENTOS

À cidade de Ouro Preto, pelo abrigo tão aconchegante e inspirador, à UFOP e ao PROPEC, pelos incentivos.

Ao Professor Doutor Henor Artur de Souza pela objetividade que conduziu as orientações do mestrado e pela confiança.

Ao Professor Doutor Adriano Pinto Gomes pelas contribuições e segurança transmitida.

A Stéfany Cau pela inspiração e pela colaboração com este trabalho.

*Interessa hoje uma “arquitetura-ação”,
definida desde uma vontade “atuante”, de
(inter)atuar. Quer dizer, de ativar, de gerar, de
produzir, de expressar, de mover, de
intercambiar e de relacionar. De agitar
acontecimentos, espaços e conceitos e inércias,
propiciando interações entre as coisas mais que
intervenções nelas mesmas. Movimentos mais que
posições. Ações, pois, mais que figurações.
Processos mais do que sucessos.*

Manuel Gausa, 2006

RESUMO

O projeto de arquitetura necessita ter como requisito a eficácia em seu processo de desenvolvimento, consorciando as diversas especialidades projetuais, a qualidade da representação e a busca pelo menor tempo de trabalho, de forma que seja inteligível e viável economicamente; com total respeito à legislação em vigor e aos melhores índices de conforto e segurança para os futuros usuários da edificação. Com base nestas necessidades, neste trabalho estuda-se o processo de projeto de arquitetura tendo como referencial a busca pelo adequado desempenho térmico, acústico, lumínico e antropométrico em edificações estruturadas em aço. Foram realizadas revisões bibliográficas nos temas correlatos, tais como: conforto ambiental, arquitetura em aço e processos de projeto. A pesquisa tem o intuito de compreender qual a importância dada ao conforto humano dentro do processo projetual. Após a fundamentação, com base nos dados descritos, foram esquematizados desenhos de processo projetual que buscam englobar todos os conceitos avaliados na pesquisa, de forma a dar prioridade ao conforto humano enquanto condição essencial para a eficácia do processo de projeto de arquitetura em aço. Sendo assim, os resultados compreendem a indicação e a conexão de requisitos e critérios de desempenho relacionados ao conforto térmico, acústico, lumínico e antropométrico dentro do processo de projeto de arquitetura com ênfase no sistema estrutural em aço.

Palavras chaves: Conforto Ambiental. Projeto de Arquitetura. Estrutura em Aço. Processos de Projeto.

ABSTRACT

The architectural design has the effectiveness as the requirement for its process of development. It must connect different projective specialties, the quality of representation and the shortest timework, in order to be intelligible and economically viable, respecting the current legislation and the best comfort and security indexes for the future building users. Therefore, this work studies the process of architectural design in steel-structured buildings, taking into account the search for adequate thermal, acoustic, luminal and anthropometric performances. A literature review was addressed on the related topics, such as environmental comfort and design processes in architecture. This research aims to understand what the importance given to human comfort within the architectural design process. Forward to the systematic review, strategies for the projects development were proposed and an architectural design process for steel-structured buildings was outlined, which includes all the evaluated concepts, prioritizing human comfort as an essential condition for its effectiveness. Thus, the results included the indication and the connection of requirements and thermal, acoustic comfort, luminal and anthropometric performance criteria in the process of architectural design with emphasis on structural steel system.

Key words: Environmental Comfort. Architectural Design. Steel-Structured Buildings. Project Processes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2. CONFORTO E DESEMPENHO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.1 - As proporções do corpo humano definidas pela Seção Áurea | 26 |
| Figura 2.2 - O Modulor de Le Corbusier | 27 |
| Figura 2.3 - Resumo esquemático da estruturação da norma NBR15.575..... | 42 |
| Figura 2.4 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro | 46 |
| Figura 2.5 - Carta bioclimática de Givoni, adaptada..... | 47 |

CAPÍTULO 3. ARQUITETURA EM AÇO

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 3.1 - Utilização dos serviços de arquitetos..... | 64 |
| Figura 3.2 - Edifício Copan (São Paulo, 1966) | 65 |
| Figura 3.3 - Procuradoria Geral da República (Brasília, 2002)..... | 65 |
| Figura 3.4 - Mercado Ver-o-Peso, Belém, Pará - estrutura importada da Europa..... | 70 |
| Figura 3.5 - Teatro José de Alencar, Fortaleza, Ceará - estrutura importada da Europa..... | 70 |
| Figura 3.6 - Estação da Luz, São Paulo, capital - estrutura importada da Europa | 71 |
| Figura 3.7 - Construção dos edifícios da Esplanada dos Ministérios..... | 72 |
| Figura 3.8 - Hospital Sarah, Brasília, Distrito Federal 2000 | 73 |
| Figura 3.9 - Ponte JK, Brasília, Distrito Federal – arquiteto Alexandre Cham, 2002..... | 74 |
| Figura 3.10 - Arena do Futuro - Jogos Olímpicos Rio 2016..... | 74 |
| Figura 3.11 - Perspectiva ilustrativa do Museu do Amanhã, Rio de Janeiro | 75 |
| Figura 3.12 - Evolução da participação dos principais setores consumidores de aço | 76 |

CAPÍTULO 4. PROCESSOS DE PROJETO

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 4.1 - O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício | 83 |
| Figura 4.2 - Condicionantes projetuais, conceito e partido arquitetônico. | 85 |
| Figura 4.3 - Ciclo de definições do processo de projeto | 86 |
| Figura 4.4 - Esquema de desenvolvimento do projeto | 92 |
| Figura 4.5 - Proposta para a sequência de projeto | 93 |
| Figura 4.6 - Relação entre agentes em processos de projeto lineares (convencionais). | 95 |
| Figura 4.7 - Relação entre agentes em processos de projeto integrados | 97 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.8 - Modelo genérico para organização do processo de projeto de forma integrada e simultânea..... | 99 |
| Figura 4.9 - Modelo integrado para projeto de estruturas em aço..... | 109 |
| Figura 4.10 - Diagrama do processo de produção da estrutura em aço..... | 110 |
| Figura 4.11 - Diagrama do processo de produção da estrutura em aço..... | 112 |

CAPÍTULO 5. DESENVOLVIMENTO, RESULTADOS E DISCUSSÃO

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 5.1 - Metodologia para estruturação do Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental..... | 136 |
| Figura 5.2 - Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura | 27 |
| Figura 5.3 - Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura em Aço..... | 142 |
| Figura 5.4 - Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Térmico..... | 1463 |
| Figura 5.5 - Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Acústico | 146 |
| Figura 5.6 - Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Lumínico..... | 146 |
| Figura 5.7 - Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Conforto Tátil, Antropodinâmico, a Funcionalidade e a Acessibilidade..... | 46 |
| Figura 5.8 - Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental. | 151 |

APÊNDICE A. Análise de Caso Estudado

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura A.1 - Vista geral do projeto de ampliação do CENPES II, Rio de Janeiro, 2010..... | 165 |
| Figura A.2 - Implantação do conjunto da ampliação do centro de pesquisas da Petrobras.... | 168 |
| Figura A.3 - Modelo físico do complexo arquitetônico do CENPES II..... | 169 |
| Figura A.4 - Avaliação do percurso do sol e direcionamento dos ventos para definição de proteções solares e aberturas. | 178 |
| Figura A.5 - Avaliação do percurso do sol e do sombreamento..... | 178 |
| Figura A.6 - Avaliação de ventilação no conjunto | 179 |
| Figura A. 7 - Estudos de pressão e velocidade do vento nas envoltórias dos edifícios..... | 179 |
| Figura A. 8 - Estudos de paisagismo para o Centro de Convenções | 180 |
| Figura A. 9 - Simulação da iluminação natural – pavimento 4 do prédio central – distribuição de iluminâncias antes da definição do leiaute. | 180 |
| Figura A.10 - Modelo de simulação do desempenho térmico..... | 181 |
| Figura A.11 - Resultado de simulação de desempenho térmico..... | 181 |

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2. CONFORTO E DESEMPENHO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 2.1- Normas relacionadas ao Conforto | 40 |
| Tabela 2.2 - Vida Útil de Projeto (VUP) | 43 |
| Tabela 2.3 - Desempenho Térmico (DT)..... | 48 |
| Tabela 2.4 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar | 49 |
| Tabela 2.5 - Desempenho Acústico (DA) | 51 |
| Tabela 2.6 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, do fechamento externo de dormitório, para desempenho mínimo | 51 |
| Tabela 2.7 - Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$, para desempenho mínimo..... | 52 |
| Tabela 2.8 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes, para desempenho mínimo..... | 52 |
| Tabela 2.9 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, - desempenho mínimo..... | 53 |
| Tabela 2.10 - Parâmetros acústicos de avaliação | 53 |
| Tabela 2.11 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$ | 54 |
| Tabela 2.12 - Desempenho Lumínico (DL)..... | 55 |
| Tabela 2.13 - Nível de iluminância geral para iluminação natural - desempenho mínimo..... | 56 |
| Tabela 2.14 - Nível de iluminância geral para iluminação artificial - desempenho mínimo ... | 57 |
| Tabela 2.15 - Funcionalidade e Acessibilidade (FA) | 58 |
| Tabela 2.16 - Móveis e equipamentos-padrão..... | 60 |
| Tabela 2.17 - Conforto Tátil e Antropodinâmico (TA)..... | 61 |

CAPÍTULO 4. PROCESSOS DE PROJETO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 4.1 - Fases do Projeto de Arquitetura | 89 |
| Tabela 4.2 - Relação de Projetos | 90 |
| Tabela 4.3 - Planejamento e Construção em Estrutura Metálica..... | 106 |
| Tabela 4.4 - Processo de Projeto para o Desempenho Térmico | 116 |
| Tabela 4.5 - Processo de Projeto para o Desempenho Acústico | 121 |
| Tabela 4.6 - Processo de Projeto para o Desempenho Lumínico | 125 |
| Tabela 4.7 - Processo de Projeto para Funcionalidade e Acessibilidade..... | 128 |
| Tabela 4.8 - Processo de projeto para o Conforto Tátil e Antropodinâmico..... | 129 |

CAPÍTULO 5. DESENVOLVIMENTO, RESULTADOS E DISCUSSÃO

| | |
|-------------------------------------------------------------|------|
| Tabela 5.1 – Processo de Projeto de Arquitetura em Aço..... | 1489 |
|-------------------------------------------------------------|------|

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E CÓDIGOS

| | |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | Aberturas para ventilação |
| ABECE | Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABRAVA | Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento |
| AÇO 1 | Demanda |
| AÇO 2 | Análise crítica e seletividade de oportunidades |
| AÇO 3 | Pré-dimensionamento e Lista de Material Avançada |
| AÇO 4 | Orçamento final |
| AÇO 5 | Cálculo e detalhamento do projeto; Desenhos de projeto e Lista de Material Definitiva |
| AÇO 6 | Transporte |
| AÇO 7 | Montagem |
| AGESC | Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto |
| AP | Anteprojeto |
| AQ | Arquitetura |
| AsBAI | Associação Brasileira de Arquitetos de Iluminação |
| AsBEA | Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura |
| ASHRAE | <i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i> |
| BIM | <i>Building Information Model</i> |
| CAD | <i>Computer Aided Design</i> |
| CAU-BR | Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil |
| CBCA | Câmara Brasileira da Construção em Aço |
| CBIC | Câmara Brasileira da Indústria da Construção |
| CENPES | Centro de Pesquisas da Petrobras |
| CS | Consultorias |
| D _{2m,nT,w} | Diferença padronizada de nível ponderada |
| DA1 | Isolação acústica de paredes externas |
| DA2 | Isolação acústica entre pisos e paredes internas |
| DA3 | Níveis de ruídos permitidos na habitação |
| DA4 | Nível de ruído de impacto em coberturas acessíveis de uso coletivo |
| DL1 | Iluminação natural |
| DL2 | Iluminação artificial |
| DT1 | Adequação de paredes externas |
| DT2 | Isolação térmica da cobertura |
| DT3 | Aberturas para ventilação |
| EP | Estudo Preliminar |
| FA1 | Altura mínima de pé-direito |
| FA2 | Disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação |
| FA3 | Adequação para pessoas com deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida |
| FA4 | Sistema de pisos para pessoas portadoras de deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida |

| | |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| FA5 | Possibilitar a instalação, manutenção, e desinstalação de equipamentos e dispositivos para operação do edifício |
| FLD | Fator de luz diurna |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| IT | Instalações |
| $L'_{nT,w}$ | Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado |
| LMA | Lista de Material Avançada |
| LMD | Lista de Material Definitiva |
| LUX | Unidade de iluminamento, intensidade de iluminação ou iluminância |
| N | Newton |
| N.m | Newton vezes metro |
| NBR | Norma Brasileira |
| PB | Projeto Básico |
| PE | Projeto Executivo |
| PMR | Pessoas com mobilidade reduzida |
| PMV | <i>Predicted Mean Vote</i> |
| PPD | <i>Percentage of Dissatisfied</i> |
| PROACÚSTICA | Associação Brasileira para a Qualidade Acústica |
| ST | Estrutura |
| TA1 | Conforto na operação dos sistemas prediais |
| TA2 | Conforto tátil e adaptação ergonômica |
| TA3 | Homogeneidade quanto à planicidade da camada de acabamento |
| TA4 | Adequação antropodinâmica dos elementos de manobra |
| VUP | Vida Útil de Projeto |

SUMÁRIO

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| RESUMO..... | VII |
| ABSTRACT | VIII |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES..... | IX |
| LISTA DE TABELAS | XI |
| LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS..... | XII |
| SUMÁRIO..... | XIV |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 16 |
| 1.1 Problematização..... | 16 |
| 1.2 Objetivos | 20 |
| 1.2.1 <i>Objetivo Geral</i> | 20 |
| 1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i> | 20 |
| 1.3 Estrutura da Dissertação | 20 |
| | |
| 2. CONFORTO E DESEMPENHO | 22 |
| 2.1 Considerações Iniciais | 22 |
| 2.2 Arquitetura e Antropometria | 25 |
| 2.3 Conforto Térmico | 28 |
| 2.4 Conforto Acústico | 32 |
| 2.5 Conforto Lumínico | 35 |
| 2.6 Considerações sobre Conforto Subjetivo e os critérios objetivos | 37 |
| 2.7 Normas e Legislações..... | 39 |
| 2.7.1 <i>Norma NBR15.575 - Edificações Habitacionais - Desempenho</i> | 41 |
| a) <i>Desempenho Térmico</i> | 45 |
| b) <i>Desempenho Acústico</i> | 49 |
| c) <i>Desempenho Lumínico</i> | 54 |
| d) <i>Funcionalidade e Acessibilidade</i> | 57 |
| e) <i>Conforto Tátil e Antropodinâmico</i> | 60 |
| 2.8 Considerações sobre as temáticas de Conforto e Desempenho..... | 62 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3. ARQUITETURA EM AÇO..... | 63 |
| 3.1 Considerações Iniciais | 63 |
| 3.2 Ambiente Artificial Construído | 63 |
| 3.3 Aplicação e Estatísticas quanto ao uso do Aço | 66 |
| 3.4 Questões Construtivas da Arquitetura em Aço..... | 75 |
| | |
| 4. PROCESSOS DE PROJETO..... | 82 |
| 4.1 Considerações Iniciais | 82 |
| 4.2 Processo de Projeto de Arquitetura | 84 |
| 4.3 Processo de Projeto Estrutural em Aço | 103 |
| 4.4 Processos de Projeto das Especialidades de Conforto..... | 113 |
| 4.4.1 <i>Conforto Térmico e o Projeto de Arquitetura.....</i> | <i>115</i> |
| 4.4.2 <i>Conforto Acústico e o Projeto de Arquitetura</i> | <i>119</i> |
| 4.4.3 <i>Conforto Lumínico e o Projeto de Arquitetura.....</i> | <i>124</i> |
| 4.4.4 <i>Conforto Tátil, Antropométrico, Funcionalidade e Acessibilidade.....</i> | <i>127</i> |
| 4.4.5 <i>Processos de Projeto na plataforma BIM.....</i> | <i>130</i> |
| 4.5 Inter-relações Bibliográficas..... | 133 |
| | |
| 5. DESENVOLVIMENTO, RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 135 |
| 5.1 Metodologia..... | 135 |
| 5.2 Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura | 136 |
| 5.3 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço..... | 139 |
| 5.4 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Térmico..... | 142 |
| 5.5 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Acústico..... | 144 |
| 5.6 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Lumínico..... | 146 |
| 5.7 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço, o Conforto Tátil, Antropodinâmico, Funcionalidade e Acessibilidade | 146 |
| 5.8 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental | 150 |
| | |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 152 |
| | |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 154 |
| | |
| APÊNDICE A – Análise de caso estudado | 165 |
| APÊNDICE B – Conversa com arquitetos | 182 |

1. INTRODUÇÃO

Em muitos campos de atuação, constatamos e diagnosticamos a mesma doença mental, a prisão técnica: para aprender uma disciplina ou habilidade devemos estudar muitos detalhes, tecnologias e procedimentos que são padrões na solução de problemas. No processo, perdemos de vista o panorama geral, o propósito do que estamos fazendo, como cada problema que enfrentamos é diferente e exige uma abordagem diferente. Deve-se evitar concentrar num foco estreito sobre questões técnicas sem compreender o panorama mais amplo.

Robert Greene, 2013

Esta pesquisa tem o propósito de compreender e explicitar temas relacionados ao conforto ambiental em projetos de arquitetura estruturados em aço. Os temas são relevantes para o entendimento do processo de projeto de arquitetura que deve pautar-se por desenvolver soluções que ofereçam cada vez mais condições plenas de conforto e segurança aos usuários da edificação. Neste capítulo inicial apresentam-se os principais alicerces na formação do tema proposto, descrevendo a apresentação do problema, os objetivos que norteiam o desenvolvimento da presente pesquisa e a estrutura concebida para a realização do trabalho.

1.1 Problematização

A normatização de parâmetros que estabelecem condições mais adequadas de conforto ambiental nas edificações tem sido mais frequente com o desenvolvimento tecnológico, que possibilita ferramentas de análises precisas e a realização de testes com maior exatidão. O crescimento da construção civil, com programas habitacionais que democratizam o acesso à moradia própria, vem ao encontro da necessidade de humanizar os ambientes construídos, provendo-os dos melhores aspectos de conforto e segurança.

Novas normatizações tornam o processo de projeto, especificamente o arquitetônico, mais complexo, na medida em que são necessárias atualizações nos sistemas construtivos para garantir o pleno cumprimento dos critérios. Em estruturas tradicionais, em que há um domínio maior sobre as etapas de projeto, a tarefa de atualizar os mecanismos normatizados torna-se, de certa forma, intuitiva. Nas estruturas industrializadas, de uso ainda não predominante no mercado da construção civil brasileira, como as de aço, a atualização dos parâmetros

normativos torna-se mais complexa, uma vez que o domínio sobre o processo de projeto dessas estruturas ainda não se configura claro e objetivo.

Há que se considerar que a utilização do aço como material estrutural das edificações tem crescido ao longo dos últimos tempos, decorrência da necessidade de industrialização dos processos construtivos, com vistas a diminuir o tempo de execução, garantir maior exatidão espaço-temporal, gerar menor impacto ambiental e menos resíduos de obra, dentre outros motivos.

Ainda assim, com o crescimento marcante da construção de edifícios estruturados em aço, a falta de domínio pelo arquiteto dos princípios determinantes para a concepção da estrutura em aço é um dos fatores que contribuem para sua pouca utilização, se comparado com as estruturas tradicionais em alvenaria e concreto armado. Por esta característica, geralmente o projeto arquitetônico com estruturas em aço ocorre como um processo usual de projeto com outros sistemas construtivos, diferenciando-se apenas no momento do detalhamento da estrutura, desconsiderando as vantagens que o uso do aço permite (PARREIRAS, 2001).

A estrutura em aço é um complexo sistema estrutural de tecnologia limpa, com total controle de qualidade e precisão dimensional milimétrica que evita sobras ou desperdícios. Nesse contexto, o uso de novas tecnologias visando uma produção mais controlada por processos industrializados, deveria fazer do canteiro de obras o local de montagem. Isso implica numa abordagem planejada de todo ciclo produtivo da obra, desde a elaboração de projetos detalhados e compatibilizados (ZANETTINI, 2007).

Neste contexto, os arquitetos devem ter subsídios e conhecimentos para que o projeto arquitetônico seja desenvolvido dentro dos conceitos das estruturas em aço, aproveitando das possibilidades oferecidas de se construir com eficiência e organização e garantindo a atualização de normas técnicas. A necessidade de estudos que tornem claros os aspectos arquitetônicos, com evidência na obediência às questões de conforto, dentro dos sistemas construtivos estruturados em aço, torna-se, portanto, emergente.

Sendo assim, existem aqui três contextos a serem pesquisados: a importância de um processo de projeto arquitetônico que seja compatibilizado eficientemente com as dinâmicas e

possibilidades das estruturas em aço; a necessidade de que o processo de projeto privilegie o conforto como uma condição fundamental para a eficiência arquitetônica, garantindo o pleno cumprimento às normas técnicas e acompanhando a evolução dos critérios normatizados; e, como consequência destas duas, torna-se imprescindível estudar o processo de projeto de arquitetura em aço com vistas à obtenção do pleno conforto no ambiente construído.

Nesse ínterim, o presente trabalho baseia-se no fato de que o ambiente em geral e em particular o construído, ao qual será dada atenção, exercem forte influência nas pessoas abrigadas, conforme estudado por diferentes autores. Os efeitos se verificam na sensação percebida de conforto e têm reflexos nas reações, na conduta e atitudes dos usuários e, desta maneira, na formação pessoal e na forma de interagir com o ambiente.

A arquitetura, ao priorizar historicamente o caráter artístico da edificação, tomando a função como objetivo geral do projeto, muitas vezes coloca em segundo plano as condicionantes técnicas, nas quais se incluem os quesitos de conforto. Constata-se que poucas vezes o atendimento às solicitações de conforto ultrapassa uma análise preliminar. O conforto de maneira mais objetiva e aprofundada aparenta ser objeto de menor interesse e atenção maior só é dada quando se faz necessário resolver algum ou outro problema específico não habitual ou emergente, sendo então aceita e requerida a assessoria de um especialista que, como tal, trata do assunto de forma isolada (VILLAR, 2009).

Ao realizar revisão bibliográfica sobre conforto são encontradas muitas referências que tratam focalmente de cada especialidade: térmico, acústico, lumínico e ergonômico. É notória a escassez de trabalhos que busquem compatibilizar tais especialidades em uma análise ampla e que direcione para a solução projetual de forma consorciada, sem a segregação que, muitas vezes, privilegia uma delas em detrimento da outra e provoca incompatibilidades no processo de projeto.

Empreende-se, por conseguinte, que o conforto deve ser avaliado de forma holística, abrangente e com especificidades integradas. Essa integração precisa estar clara à análise do projeto de arquitetura, fato que torna justificável a elaboração de uma pesquisa que busque interconectar os conceitos de conforto e inseri-los dentro de um modelo de processo de projeto que seja inteligível e atenda às demais condicionantes do planejamento do

empreendimento – prazo, custo, viabilidade ambiental etc. – em empreendimentos de múltiplos andares estruturados em aço.

Determinadas questões importantes surgem quando se analisa a produção arquitetônica e a necessidade de se produzir ambientes confortáveis, tais como: a) formas de garantir que o ambiente construído seja dotado das melhores condições de conforto, indispensáveis para que os usuários da edificação sintam-se adequadamente abrigados; b) responsabilidades do arquiteto na produção de ambientes construídos plenamente confortáveis; c) estratégias de conciliação do processo de projeto de arquitetura em aço, geralmente subjugado ao menor prazo de desenvolvimento, com a investigação necessária dos critérios de conforto adequados para cada condicionante do projeto; d) dinâmica da evolução tecnológica, com o crescimento da utilização de novas possibilidades estruturais, tais como o aço, e a necessidade de se compatibilizar novas ferramentas projetuais e novas normas técnicas, em constante revisão e atualização. O papel do arquiteto é fundamental para o atendimento às questões supracitadas e para tanto ele tem de estar preparado e instrumentado para participar decisivamente desse processo de forma segura.

A partir da sucinta apresentação das questões que permeiam a presente pesquisa, infere-se que os avanços tecnológicos e as mudanças globais das relações sociais e econômicas influenciam substancialmente o projeto de arquitetura. A complexidade do projeto e a exigência da qualidade ambiental das construções de grande porte têm aumentado. Citam-se, os seguintes motivos principais: o avanço tecnológico; a mudança de percepção e de necessidade dos usuários e empreendedores; a crescente importância dada ao edifício como facilitador da produtividade; a importância da crescente troca de informações e do controle humano sobre os espaços; e a necessidade de se empreender ambientes que busquem o menor impacto ambiental, a maior eficiência energética e, portanto, as melhores condições de conforto humano (KOWALTOWSKI et al., 2006).

Sendo assim, a necessidade de inter-relacionar arquitetura, estrutura e conforto, configura-se como tarefa dinâmica e contínua, dado o surgimento de novas possibilidades, novas ferramentas e novos critérios normativos: eis o trabalho a que se presta a presente pesquisa.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Estruturar um processo de projeto de arquitetura com ênfase no sistema estrutural em aço e que tenha como prerrogativa a obediência irrestrita às condições de conforto no ambiente construído.

1.2.2 Objetivos Específicos

a) Caracterizar conceitualmente o estado de conforto humano no ambiente construído, buscando uma abordagem integrada das especialidades de conforto ambiental;

b) Analisar as normas e legislações vigentes com o intuito de integrar suas exigências aos conceitos usuais de conforto;

c) Analisar o processo de projeto em aço, enfatizando o projeto arquitetônico e buscando uma organização temporal das tarefas, de forma que seja possível estabelecer um modelo de processo que privilegie o atendimento completo aos parâmetros de conforto;

d) Analisar casos já estudados para visualizar o método de avaliação das condições de conforto dentro do processo de projeto de arquitetura;

e) Desenvolver desenhos de processo de projeto de arquitetura em aço com foco no desempenho de cada especialidade de conforto ambiental (térmico, acústico, lumínico e antropométrico).

1.3 Estrutura da Dissertação

No capítulo introdutório, em curso neste momento, expõem-se as motivações gerais para a realização da pesquisa, traçando um panorama da importância do tema e de suas interfaces com a produção do ambiente construído.

Nos três capítulos seguintes revisam-se bibliograficamente os temas das três grandes áreas de interesse dessa pesquisa. No Capítulo 2, disserta-se sobre Conforto e Desempenho, buscando compreender a importância dos parâmetros humanos para a noção de conforto

ambiental; empreendendo considerações sobre as diferentes especialidades de conforto – térmico, acústico, lumínico e antropométrico; e analisando normas e legislações vigentes que tratam do assunto. No terceiro capítulo – Arquitetura em Aço – são realizadas análises sobre o ambiente artificial construído; a aplicação do aço como sistema arquitetônico-estrutural e as estatísticas quanto ao uso do sistema na indústria da construção civil brasileira; e descrevem-se questões construtivas importantes que impactam no processo de projeto do sistema. No Capítulo 4, a temática “Processos de Projeto” é abordada a partir de análises com relação aos aspectos arquitetônicos, estruturais, das disciplinas de conforto e quanto à utilização da plataforma BIM no desenho de processos de projeto.

No Capítulo 5, denominado “Desenvolvimento, Resultados e Discussões”, apresentaram-se a metodologia utilizada neste trabalho e os resultados e discussões quanto às análises realizadas nos capítulos anteriores, explicitando resultados relacionados aos desenhos dos processos de projeto de arquitetura em aço com foco em cada especialidade de conforto ambiental e, por fim, um processo de projeto que conecta todas as especialidades.

No sexto capítulo descrevem-se as Considerações Finais da pesquisa e sugerem-se possibilidades para a realização de futuras pesquisas que se relacionem com os resultados do presente trabalho. Por fim, apresentam-se as fontes bibliográficas utilizadas como base para a pesquisa. Nos anexos consta uma análise de caso estudado que engloba todas as temáticas abordadas na pesquisa e entrevistas realizadas com arquitetos sobre tais temáticas.

2. CONFORTO E DESEMPENHO

2.1 Considerações Iniciais

Neste capítulo são apresentadas análises sobre a importância dos parâmetros humanos como referências para o estabelecimento dos critérios de conforto, apresentando-se definições importantes das diferentes especialidades do conforto ambiental; e produzindo uma análise descritiva sobre as normas e legislações relacionadas ao conforto humano.

Schmid (2005), em uma revisão sobre o tema **conforto** com base em outros autores, descreve quatro contextos em que o conforto se configura: físico, psico-espiritual, sociocultural e ambiental. O contexto físico relaciona-se às sensações corporais e de equilíbrio homeostático, por exemplo; o psico-espiritual liga-se à consciência pessoal: estima, sexualidade, espiritualidade; o sociocultural caracteriza-se pelas relações interpessoais, familiares e sociais, rituais, tradições etc.; e o contexto ambiental relaciona-se às condições de temperatura, luz, cor, som, odor, mobiliário, paisagem etc.

O termo **conforto** apresenta diferentes acepções e torna-se interessante descrevê-las para que se obtenha uma percepção da palavra em diferentes abordagens. Serra (2004), ao tratar do tema, o classifica em duas categorias: os parâmetros ambientais de conforto e os fatores de conforto. Os parâmetros ambientais relacionam-se às características objetivas que devem constar em determinado espaço e que são externos ao usuário; constituem, na acepção do autor, o objetivo imediato do desenho ambiental na arquitetura. Tais critérios são classificados em parâmetros específicos (acústicos, térmicos, visuais etc.) e parâmetros gerais (relacionados ao espaço e ao tempo, por exemplo). Já os fatores de conforto são relacionados aos usuários do espaço e podem se classificar biológico-fisiologicamente: idade, sexo, genética etc.; socialmente: atividade, educação, ambiente familiar, moda, alimentação, cultura etc.; e psicologicamente.

A palavra conforto, do latim *cumfortare*, deriva de *cum-fortis*, que significa aliviar dor ou fadiga. No francês *confort* tem a ver com o conceito de consolo ou apoio. O termo em inglês *comfort*, derivado do francês no século XIII, deu origem ao termo “conforto” em português. A evolução da cultura ocidental, com a mudança dos valores espirituais do início

do cristianismo para a atual busca do bem estar material, gerou mudanças na acepção do termo, ao longo do tempo. A partir da década de 1950 o conforto passou a se relacionar com estudos ergonômicos. Na atualidade, relaciona-se ao prazer - fisiológico, físico e psicológico - entre o ser humano e o ambiente. Há que se considerar que as definições de conforto relacionam-se com a opinião do sujeito em um dado momento, durante ou logo após a experiência (VAN DER LINDEN; GUIMARÃES, 2015).

Nesse contexto, somente a partir dos trabalhos de Olgyay e de Aronin, na década de 1950, o conforto passou a ser entendido de forma mais ampla e objetiva, técnico-científica e sistematizada. Com estes trabalhos, tornou-se importante a relação entre os efeitos dos agentes climáticos, as condições do bem estar físico humano e as soluções arquitetônicas para compreender tais caracteres. Considera-se, pois, que é uma temática relativamente recente, o que faz Villar (2009) englobá-la junto com temas como “ecologia, sustentabilidade, autossuficiência, eficiência energética, reciclagem e preservação dos recursos naturais”, do que se poder constatar a necessidade de uma postura profissional que busque alternativas técnicas e de proceder projetual para um fazer arquitetônico adequado.

O conforto ambiental torna-se decisivo para as condições de vivência e apropriação dos espaços. As sensações de desconforto físico decorrem das condições climáticas ou microclimáticas do local em que se vive, assim como são determinantes as características do ambiente construído e das atividades que se pratica neste ambiente. Cada variável assume importância na sensação dos usuários da edificação e pode provocar mal-estar e aflição emocional, gerando, em última análise, circunstâncias comportamentais radicais, depressão e violência (MENDONÇA, 2002).

Villar (2009) apreende, a partir da análise de pesquisas diversas envolvendo a psicologia ambiental, que ambientes apertados, ao criarem a sensação de aglomeração, podem provocar brigas. Ambientes excessivamente ventilados, mal orientados, com calor intenso, estimulam mal-estar, fastios e desavenças. O arquiteto, ainda que não exclusivamente responsável pela decisão sobre os aspectos que definem a configuração do uso e ocupação do edifício, pode trabalhar para que a edificação não se torne “doente”, na medida em que pode prevenir a má orientação, as condições insuficientes de ventilação e iluminação, os quesitos espaciais que provoquem sensações de sufocamento ou de não pertencimento ao local; fatores

diversos relacionados ao conforto humano que provocam desequilíbrio emocional quanto à utilização do ambiente construído.

Outro aspecto interessante, e mais peculiar, para exemplificar a sensação provocada por características intrínsecas ao ambiente construído e que influencia na avaliação do conforto é o cheiro. Heschong (2002) infere que o cheiro traz lembranças de vivências passadas, talvez inconscientes e decorrentes das questões genéticas. Estar em um ambiente que satisfaça as melhores condições estéticas e funcionais e aguce sensações positivas na visão, no tato, na audição ou no olfato, mas que seja invadido por um forte cheiro ruim, faz com que o local deixe de incitar satisfação e bem-estar, gerando desconforto.

Outra exemplificação envolve a iluminação. O modo que cada luz e forma interagem define a percepção do espaço e a sua classificação – habitável e confortável ou inabitável e desconfortável. A cultura e as circunstâncias históricas, ao longo do tempo, alteram a forma de perceber a luz.

Nesse ínterim, a percepção da cor no ambiente construído também se configura importante para a sensação de conforto. A importância das cores na simbologia e nas reações psicológicas das pessoas, a ponto de influir no estado emocional, na produtividade ou na qualidade do trabalho é notória. Cita-se o caso de uma alteração na tonalidade da embalagem de produto que provocou um aumento de vendas de 1000% (IIDA, 2005). Quanto à alteração das relações nos ambientes de trabalho provenientes das cores que o compõem, a norma NBR7.195 (ABNT, 1995) determina que para prevenir acidentes sejam utilizadas cores essencialmente suaves, harmônicas e claras.

Observa-se, por conseguinte, a importância de diferentes fatores que, ao se relacionarem provocam a formação de conceitos sobre a confortabilidade do ambiente construído. As características funcionais e físicas do ambiente definem ou orientam o comportamento. Sendo assim, este trabalho entende conforto como uma sensação de bem-estar físico, mental e psicológico, proveniente de estímulos físicos e psicológicos presentes em um ambiente construído, em sua infraestrutura, em seu funcionamento e uso; experimentada pelos usuários da edificação.

Sendo objetivo do presente trabalho uma abordagem ampla sobre os conceitos do conforto, há que se empreender análises descritivas quanto aos parâmetros objetivos de cada segmento do conforto ambiental: antropométrico, térmico, acústico e lumínico. Buscando uma abrangência do conceito de conforto e suas inter-relações, esta pesquisa realiza múltiplas interpretações que contribuem para a caracterização de conforto; logo, seus vários contextos, conforme supracitado, são considerados na revisão bibliográfica.

2.2 Arquitetura e Antropometria

Os padrões humanos são referências para a produção arquitetônica e para as análises correlatas durante o processo de projeto. Não raro, entretanto, a arquitetura privilegia a criação artística por meio da aparência estética da obra em detrimento de um apuro na busca por melhores condições de conforto para os usuários.

Lidar com a existência de um modelo humano, por vezes, gera interpretações superficiais e muito técnicas. Sabe-se que, para muito além de um conceito tipológico, as condições humanas estão arraigadas no subjetivo e no psicológico, características muitas vezes imensuráveis, mas que precisam ser consideradas em um projeto que preze pelo pleno conforto dos usuários da edificação. Por outro lado, as condições ambientais são reais e mensuráveis.

A dicotomia entre a necessidade de uma abordagem subjetiva, estabelecida no conceito do projeto, e a indispensável obediência aos critérios técnico-objetivos precisa ser equilibrada para que se obtenha um processo projetivo eficaz e para que a arquitetura atenda aos requisitos estético-funcionais necessários.

Neuffert (2004) estabelece que o exercício projetual deva pautar-se pela noção de escala e proporções do projetado: móveis, salas, edifícios. E defende que uma ideia mais correta da escala de qualquer coisa só é possível se observá-la com um parâmetro comparativo humano, ou uma imagem que represente as dimensões humanas. As relações entre os membros de um homem normal e qual é o espaço que necessita para se deslocar, para trabalhar ou para descansar em várias posições devem ser conhecidas.

A engenharia antropométrica estuda as relações espaço-tridimensionais existentes entre o ser humano e o espaço que ele ocupa. Boueri Filho (2008) escreve sobre a história do estudo das proporções humanas, iniciada em 300 a.C. por Euclides, com a criação da Seção Áurea (Figura 2.1), a qual foi pregada na arquitetura antiga e medieval, e que tem como característica interessante as relações das medidas do corpo humano: distância entre o umbigo e sola do pé; entre o umbigo e o ponto mais alto da cabeça e a distância total.

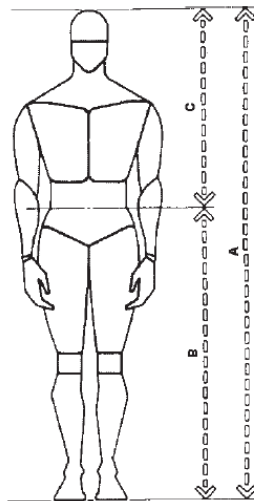


Figura 2.1 - As proporções do corpo humano definidas pela Seção Áurea
Fonte: BOUERI FILHO, 2008.

Vitrúvio, no século 1 a.C., inferiu que os gregos estudaram não somente as dimensões proporcionais do corpo humano necessárias em todas as operações construtivas (polegar, pé, palmo, cubo), mas também aplicavam uma modulação clássica com finalidade principalmente estética. Os romanos, além de criar a unidade de medida milha, que correspondia a mil passos de soldados em marcha, projetaram edifícios e planejaram cidades com base em uma retícula modular do *passus* romano, unidade de medida antropométrica.

Já no século 15, o italiano Cenino Cennini descreveu a altura do homem como sendo igual à sua largura de braços estendidos. Leonardo da Vinci, na Renascença, criou seu desenho da figura humana baseado nas considerações de Vitrúvio. Linne, Buffon e White, no século 18, criaram a antropometria racial, distinguindo caracteres diferenciadores das proporções humanas em raças diferentes. Em 1870 foi publicado o trabalho “Antropometrie”, pelo matemático belga Quetlet, em que foram realizados estudos aprofundados sobre as dimensões do corpo humano. Le Corbusier, no século 20, criou o Modulor (Figura 2.2) que

parte da ideia de que o homem realiza uma ou mais atividades em uma quantidade de espaço, o qual deve ser necessário e suficiente para o desempenho adequado destas atividades.

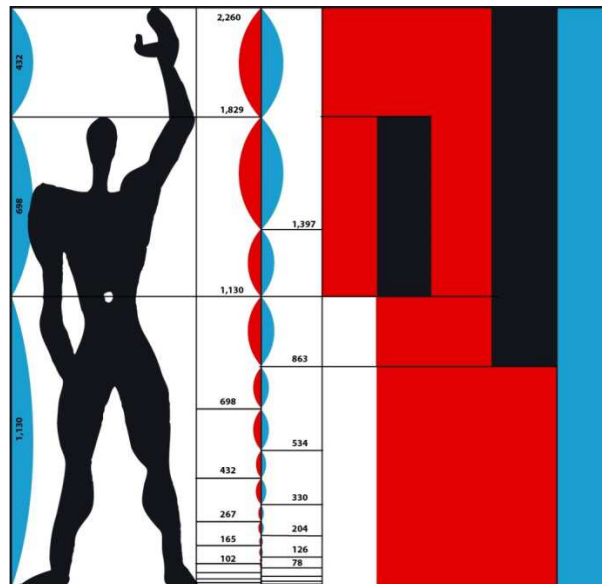


Figura 2.2 - O Modulor de Le Corbusier
Fonte: MODULOR..., 2015

Após a década de 1950, com o surgimento de novos equipamentos, com o aprimoramento da indústria bélica e com a evolução social e econômica, tornou-se necessário integrar melhor o espaço e as atividades humanas nele realizadas. Com a informatização, a partir do final do século 20, houve uma considerável evolução na análise de dados estatísticos e na pesquisa antropométrica.

Para além das questões antropométricas objetivas, devem ser consideradas outras acepções necessárias às relações do homem com o ambiente construído. Boueri Filho (2008) defende que o arquiteto deve conhecer as exigências físicas, fisiológicas, psicossociológicas, culturais etc., para conceber os espaços, estabelecendo relações entre o ambiente a ser projetado e as atividades e comportamentos das pessoas que usufruirão deste ambiente.

Ao não se considerar a questão cultural nos seus propósitos projetuais e tentar implantar um modelo pré-estabelecido em uma realidade diferente, o arquiteto “provoca, normalmente não apenas modificações espúrias e equívocas em sua própria sociedade, como inclusive sérias perturbações psicológicas nos usuários desses espaços” (BOUERI FILHO, 2008).

A partir da análise da história da arquitetura, pode-se compreender que os valores artísticos ou simbólicos da obra arquitetônica são mais permanentes do que os prático-utilitários, vinculando-se aos primeiros a sobrevivência da obra quando ela não apresenta mais eficiência prático-funcional. A questão simbólica torna-se fundamental para as civilizações, como é o caso das pirâmides, as quais estão intimamente associadas à civilização egípcia. Da mesma forma que os templos, teatros abertos e estádios remontam à Grécia e os castelos e catedrais simbolizam a Idade Média (BOUERI FILHO, 2008).

Villar (2009) defende que o “padrão”, seja dimensional, social ou comportamental, dentre outros, é um referente que simplifica e caracteriza o trabalho do arquiteto na medida em que define um perfil do ser e suas necessidades:

Homens e mulheres, crianças, jovens, adultos e velhos, saudáveis ou doentes, de estratos sociais, culturas, regiões geográficas e climáticas e etnias diferentes, são algumas das variáveis que evidenciam a dificuldade de trabalhar com “padrões” nítidos ou rígidos, sejam eles biofísicos ou comportamentais. Objetivamente: como tratar o conforto humano nos ambientes edificados baseado em tais padrões ou para atender pessoas onde a variabilidade é tão vasta? Esta complicação aumenta quando se observa outra dimensão bem mais intrincada do ser: a psicológica.

Há que se compreender, a partir das bibliografias sintetizadas, que não há como definir uma condição de conforto pleno somente a partir de um modelo humano ideal, já que o ser humano é múltiplo de referências físicas e comportamentos, que resultam em múltiplas variáveis. A condição de conforto sentida depende da função, da pessoa, do momento, do estado psicológico etc. Sendo assim, este trabalho busca compreender as múltiplas características que possibilitem obter as bases para a obtenção das melhores condições de conforto no ambiente construído.

2.3 Conforto Térmico

De acordo com a norma ASHRAE 55 (2013), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Se o balanço de todas as trocas de calor a que está submetido o corpo for nulo e a temperatura da pele e o suor estiverem dentro de certos limites, pode-se dizer que o homem sente conforto térmico. Como a sensação é subjetiva, varia de acordo com cada pessoa, por isso um ambiente termicamente

confortável para uma pessoa pode ser desconfortável para outra. Assim, as condições ambientais de conforto num ambiente são aquelas que propiciam bem-estar ao maior número de pessoas.

O conforto térmico é dado por trocas térmicas influenciadas por diversos fatores, ambientais ou pessoais, coordenados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e eventualmente condução. As trocas térmicas dependem da produção de calor metabólico, do nível de fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura média radiante) e do tipo de vestimenta que o indivíduo estiver usando. O efeito conjugado destes fatores é que define o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas (FONTANELLA, 2009).

O desconforto térmico pode ser causado por altas temperaturas, ventilação insuficiente, umidade excessiva num ambiente de temperaturas altas, radiação térmica em decorrência do aquecimento das superfícies; e pode gerar efeitos psicológicos e fisiológicos, como alteração dos batimentos cardíacos e aumento da sudorese.

O ganho de calor no corpo se dá por meio de produção de calor pelo metabolismo, e as perdas de calor se sucedem por meio da respiração e pela pele. As perdas de calor, de maneira sensível e latente pela pele e pela respiração, são expressas em termos de fatores ambientais. Levam-se em conta a resistência térmica e a permeabilidade das roupas.

São duas as categorias de parâmetros de conforto térmico: individuais e ambientais, as quais são incorporadas ao modelo do estado estacionário. Os parâmetros individuais relacionam o metabolismo e a vestimenta e os parâmetros ambientais relacionam a temperatura do ar, a umidade do ar, a velocidade do ar e a temperatura radiante média, cujos conceitos são:

- **Metabolismo:** conjunto de processos fisiológicos e químicos pelos quais se mantém vivo o organismo. A produção de calor metabólico depende do ambiente exterior e da dieta, do tamanho do corpo, da idade e do nível de atividade executada. A taxa de metabolismo basal depende do volume corpóreo, da cobertura superficial e da idade: quanto maior o tamanho do corpo, maior a taxa e quanto maior a idade, menor a taxa. Além disso, o metabolismo está relacionado ao calor produzido pela atividade muscular.

- **Vestimenta:** refere-se a uma resistência térmica entre o corpo e o meio externo e à permeabilidade ao vapor de água. A quantidade de calor trocada depende da diferença entre o meio e a vestimenta e entre o meio e o corpo. Roupas mais espessas, menos condutoras e menos permeáveis dificultam a troca de calor do organismo com o meio ambiente. A unidade usada para determinar o valor de isolamento da vestimenta é o clo (*clothing*), sendo que 1 clo equivale a $0,15^{\circ}\text{CW}/\text{m}^2$. A ausência de roupa gera um valor de 0,0 clo e uma pessoa vestindo um terno gera um valor de 1,0 clo, de acordo com a norma ISO 7730 (ISO, 2005).
- **Temperatura do ar:** exerce influência sobre a troca de calor do corpo humano por convecção e na temperatura do ar expirado. Com temperaturas ambientes elevadas torna-se mais difícil a dissipação do calor por convecção.
- **Umidade do ar:** interfere nos mecanismos de perda de água do corpo humano: difusão do vapor de água através da pele (transpiração imperceptível), evaporação do suor da pele e umidificação do ar respirado.
- **Velocidade do ar:** também influencia na troca de calor por convecção entre o corpo e o meio ambiente. Uma velocidade maior do ar aliada a temperaturas do ar de até 37°C ocasionará aumento da quantidade de calor trocada entre o corpo e o ar, diminuindo a sensação de calor.
- **Temperatura radiante média:** influencia no processo de troca de calor por radiação térmica entre a pessoa e as superfícies do ambiente, objetos e equipamentos. Relaciona-se à temperatura uniforme de um meio constituído de superfícies negras com o qual a pessoa, também admitida como uma superfície negra, troca a mesma quantidade de calor por radiação que aquela trocada com o meio real (ASHRAE, 2013).

Duas linhas de avaliação do conforto térmico são utilizadas: a abordagem estática e a abordagem adaptativa. A abordagem estática, cujas pesquisas são realizadas em câmaras climatizadas, considera o homem como um simples receptor passivo do ambiente térmico. A abordagem adaptativa, cujas pesquisas são realizadas por meio de estudos de campo, considera o homem como um agente ativo, interagindo com o ambiente em resposta às suas sensações e preferências térmicas.

Nas pesquisas em câmara climatizadas, tanto as variáveis ambientais como as variáveis pessoais ou subjetivas são manipuladas, a fim de se encontrar a melhor combinação possível

entre elas, resultando em uma situação confortável. Ole Fanger (1970), que realizou diversos experimentos na Dinamarca sobre conforto térmico, é o principal representante da linha analítica de avaliação das sensações térmicas humanas. Suas equações e métodos têm sido utilizados mundialmente e serviram de base para a elaboração de Normas Internacionais importantes, fornecendo subsídios para o equacionamento e cálculos analíticos de conforto térmico e conhecidos hoje como o método PMV/PPD, sendo: PMV (*Predicted Mean Vote*) um valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor, utilizado para calcular a combinação das variáveis ambientais e PPD (*Percentage of Dissatisfied*) a porcentagem de pessoas insatisfeitas.

Posteriormente, a utilização do modelo estático desenvolvido por Fanger (1970) como um modelo universal se tornou discutível, já que este modelo analisa os limites confortáveis de temperatura como sendo “limites universais”, e os efeitos de um determinado ambiente térmico acontecem exclusivamente pelas trocas físicas de calor com a superfície do corpo, enquanto que a manutenção da temperatura interna de um indivíduo necessita de certa resposta fisiológica.

Com o avanço das pesquisas, muitos estudos foram realizados não só em câmaras climatizadas, mas também em situações reais do cotidiano, com pessoas desempenhando suas atividades rotineiras. Nestas pesquisas de campo o pesquisador não interfere nas variáveis ambientais e pessoais, e as pessoas expressam suas sensações e preferências térmicas de acordo com escalas apropriadas. A partir desta avaliação da sensação térmica em ambientes reais, Michael Humphreys (1975) propôs o modelo adaptativo, supondo que as pessoas adaptam-se diferentemente ao lugar onde estão sendo as ações adaptativas uma forma de ajuste do corpo ao meio térmico. Pode-se afirmar que a abordagem adaptativa considera fatores além dos físicos e psicológicos que interagem na percepção térmica. Estes estudos têm como base os conceitos de aclimação, e os fatores considerados podem incluir características inerentes à demografia (gênero, idade, classe social), contexto (composição da edificação, estação, clima) e cognição (atitudes, preferências e expectativas) (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). São três os mecanismos de adaptação utilizados pelo corpo humano para se defender dos efeitos do clima:

- **Ajustes comportamentais:** são as modificações conscientes ou inconscientes das pessoas; podem modificar o fluxo de calor e massa que governam as trocas térmicas do

corpo. Estes ajustes podem ainda ser divididos em subcategorias, conhecidos como os ajustes pessoais (roupa, atividade, postura), ajustes tecnológicos ou ambientais (abrir/fechar janelas, ligar ventiladores, usar óculos escuros) e os ajustes culturais.

- **Ajustes fisiológicos:** são aqueles que incluem todas as mudanças nas respostas fisiológicas das pessoas, que são resultado da exposição a fatores ambientais e térmicos, conduzindo a uma diminuição gradual na tensão criada por tal exposição. As mudanças fisiológicas podem ser divididas em: adaptação genética, que são aquelas que se tornaram parte da herança genética de um indivíduo ou grupo de pessoas; e a aclimatação, que são as mudanças inerentes ao sistema termorregulador.
- **Ajustes psicológicos:** percepções e reações das informações sensoriais. A percepção térmica é diretamente atenuada por sensações e expectativas ao clima interno. Esta forma de adaptação pode ser comparada à noção de hábito, exposição repetida ou crônica, que conduz a uma diminuição da intensidade da sensação evocada anteriormente.

Embora vários estudos defendam a abordagem adaptativa como uma ferramenta ideal para a avaliação precisa do conforto humano em relação à temperatura, as duas correntes de pesquisa acabam por possuir o mesmo objetivo final: buscar as condições que mais satisfaçam o homem com relação às suas sensações térmicas.

2.4 Conforto Acústico

A acústica estuda os fenômenos do som e sua interação com sentidos humanos para minimizar as condições desfavoráveis, como ruídos, buscando: eliminar ou reduzir ao máximo os ruídos que podem comprometer a audição; “controlar” os sons, evitando interferências excessivas (ecos, reverberações, etc.), garantindo entendimento perfeito entre ouvinte e locutor.

O conforto acústico pode ser avaliado sob duas escalas: a escala da cidade, isto é, a acústica dos espaços abertos em que se insere a questão do planejamento urbanístico das cidades; e a escala do edifício, isto é, a acústica dos ambientes fechados. Na escala do edifício, objeto de interesse do presente trabalho, algumas variáveis são importantes: a forma geométrica do ambiente, a absorção acústica, reflexões e difrações das várias paredes e

elementos internos, fontes sonoras, seus espectros e diretividade, posição das fontes sonoras e efeitos das aberturas no ambiente, dentre outras (BISTAFA, 2006).

A função do ambiente interno determinará as condições acústicas que devem ser satisfeitas, dependendo da atividade realizada em seu interior. O conforto acústico existe quando no ambiente há boa inteligibilidade da fala (ou clareza musical) e ausência de sons indesejáveis, proporcionando uma sensação de paz e bem-estar. Dependendo do caso, o conforto acústico pode depender de uma boa absorção sonora, de um eficiente isolamento acústico, ou de ambos simultaneamente.

O som é gerado pela variação da pressão ou da velocidade das moléculas em um meio compressível, resultando em uma transmissão de energia, e pode ser representado por uma série de compressões e rarefações do meio no qual ele se propaga. Cada rarefação e compressão juntas formam a onda acústica e a taxa de ocorrência da onda é a frequência (f), que é dada em ciclos por segundo ou Hertz (Hz). Na faixa de frequências entre 20 e 20000 Hz, as ondas de pressão no meio podem ser audíveis (GERGES, 2000; BIES; HANSEN, 2003).

Em ambientes fechados, existem dois campos sonoros: da fonte e o refletido. Chegando juntos, reforçam o som, chegando separados, em pequeno intervalo, atrapalham o entendimento, caracterizando a reverberação. O tempo de reverberação mede o tempo entre o desligamento da fonte e a extinção do som no ambiente e representa a capacidade de absorção sonora do ambiente. Esta medida depende do volume da sala (mais importante) da área das superfícies, do coeficiente de absorção de cada revestimento e da absorção. Tempos de reverberação de 3 a 2 segundos são aceitáveis; de 2 a 1,5s, bons e de 1,5 a 0,5s muito bons (BISTAFA, 2006).

O eco é a repetição nítida e distinta de um som direto que, depois de refletido, é ouvido em um intervalo acima de 1/15 de segundo. Considerando-se a velocidade do som no ar em 345 m/s, o objeto que causa essa reflexão no som deve estar a uma distância de 23 metros ou mais.

Uma conversa depende da inteligibilidade (nível de ruído baixo, ausência de ressonância forte, eco e concentração sonora) permitindo a compreensão do som em todo o

ambiente, ainda que razoavelmente. É útil o som que chega ao ouvido antes de 0,05 s, aumentando a sensação auditiva. Acima deste intervalo é prejudicial, dá origem à reverberação, pois, o ouvido bloqueia e se recompõe naquele intervalo. Para cada volume de ambiente existe uma reverberação ideal garantindo a inteligibilidade. Para tempo de reverberação alto, uma palavra não tem tempo ser ouvida antes que se pronuncie a seguinte. À relação entre som direto e som útil, chama-se nitidez ou clareza.

Ao causar interferência nas atividades realizadas pelo homem, o ruído se torna um problema. O tipo de atividade vai indicar o nível de interferência e a reação das pessoas ao ruído depende de fatores tais como audibilidade, distribuição espectral, hora de ocorrência, duração, dentre outros.

Os métodos de avaliação de ruídos, associados a critérios de aceitabilidade que refletem o grau de incômodo e interferência com as atividades humanas, vêm sendo desenvolvidos, considerando fatores físicos e comportamentais que sejam significativos para situações específicas. Esse procedimento torna objetiva a avaliação de ruído permitindo classificações e comparações que formam a base de normas e legislações. Avaliar problemas de ruído é complexo, em razão de sua natureza ser bastante variável (RIBAS, 2013).

O ruído pode ser definido como a “mistura de tons cujas frequências diferem entre si por valor inferior à discriminação (em frequência) do ouvido humano.” (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2009). Um projeto de isolamento ou controle de ruído inicia-se no planejamento, considerando: a localização e a classificação do som: objetiva e física; os níveis sonoros adequados às diferentes situações, horários e locais; o custo: opções técnicas reduzem a utilização de materiais isolantes que tendem a ter alto custo.

Algumas estratégias são importantes para o planejamento do projeto:

- Determinar o nível de ruído produzido por fontes e dependências, classificando-os conforme o nível aceitável;
- A locação: edificações, fontes e cômodos, segundo a função e silêncio necessários - ruidosos e silenciosos o mais distante possível;
- A locação de fontes e máquinas que transmitam seus ruídos através da estrutura e diretamente acima das fundações;
- Adequar aberturas (portas e janelas) aos interesses do isolamento.

A resistividade acústica - velocidade do som no material multiplicado por sua densidade - define o material acusticamente duro (resistividade alta) e mole (resistividade baixa). Devem ser o mais diferente possível da substância em cuja propagação do som se deseja isolar (Lei de Berger). A absorção ajuda a reduzir o som reverberante, mas seu efeito é pequeno frente ao isolamento. Assim, técnicas de isolamento tendem a diminuir o custo do projeto (SOUZA; ALMEIDA; BRAGANÇA, 2009).

Para obter um bom isolamento sonoro é conveniente verificar o índice de redução sonora proporcionado pelo material. No caso de paredes simples, quanto mais “pesado” (ou denso) for o obstáculo, menor será a quantidade de energia sonora transmitida. Segundo a Lei da Massa, cada vez que a espessura da parede é dobrada o isolamento aumenta ± 4 dB, sendo maior para as altas frequências. A utilização de paredes compostas é conveniente quando se deseja (ou necessita) evitar o uso de paredes muito espessas e pesadas. Materiais absorventes, quando colocados entre painéis rígidos, funcionam como “mola” minimizando a transmissão do ruído.

2.5 Conforto Lumínico

O conforto lumínico refere-se aos ajustes dos níveis absolutos e relativos de brilho das coisas ao propósito que se tem para os ambientes, onde as fontes de luz servem para iluminarem os objetos e não para serem vistas. Desse modo, procura-se ver sem ferir os olhos e sem sofrer estresse, e ver mais daquilo que cada tarefa pede e menos daquilo que desvia a atenção da tarefa (SCHMID, 2005).

Lamberts, Dutra e Pereira (1997) afirmam que o conforto visual pode ser obtido a partir da existência de um conjunto de condições em determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade (medida da habilidade do olho humano em discernir detalhes) e precisão visual.

Luz, ou radiação visível, é energia em forma de ondas eletromagnéticas capazes de excitar o sistema humano olho-cérebro, produzindo diretamente uma sensação visual. Ao contrário do som ou vibração, que são vibrações mecânicas, ondas eletromagnéticas não

necessitam do meio para sua transmissão. Elas passam através de sólidos, líquidos ou gases, mas se propagam mais eficientemente no vácuo, onde não há nada para absorver a energia radiante. A fonte natural de radiação eletromagnética é o sol. Lâmpadas são fontes artificiais comuns (SILVA, 1992).

De acordo com Iida (2005), o correto planejamento da iluminação das cores contribui para aumentar a satisfação no trabalho, melhorar a produtividade e reduzir a fadiga e os acidentes. Um bom sistema de iluminação deve assegurar níveis de iluminação que mantenham o conforto visual, garantindo o contraste adequado à tarefa a ser realizada e o controle dos ofuscamentos. Uma inadequação deste sistema poderá acarretar em danos a saúde visual das pessoas no ambiente e uma piora para os que apresentam problemas de visão.

Segundo Romero e Ornstein (2003), os parâmetros a serem observados para o bom desempenho da iluminação do ambiente construído são: características das aberturas, considerando suas tipologias e dimensões, tipos de vidros e fatores de sombra internos ou externos. Acrescentam-se a estes parâmetros a incidência da luz natural na edificação e as características do ambiente interno, tais como: cores das paredes, tetos, pisos e mobiliário, quantidade e potência das luzes artificiais.

Os fatores dominantes das variáveis climáticas que influem consideravelmente nas radiações luminosas são a radiação solar, a umidade e a nebulosidade do tempo. As variáveis humanas relativas à iluminação estão ligadas à idade dos usuários e ao órgão receptor da visão, o olho, que apresenta as seguintes características denominadas de: acomodação, adaptação, campo de visão, acuidade, persistência visual e, finalmente, visão de cores.

A determinação da iluminação de cada ambiente deve valer-se de critérios funcionais e econômicos. O projeto deve criar identidade para os espaços da edificação delineando, a partir da iluminação, as funções de cada ambiente e as percepções que se deseja, cuidando de criar um conceito global para a edificação como um todo. A iluminância adotada para cada ambiente dá a possibilidade de expressar uma posição hierárquica e a importância do ambiente no todo da edificação (CYPRIANO, 2013).

Também a tonalidade do ambiente tem a função de se tornar um indício da importância do espaço no imóvel. Para estabelecer a tonalidade que contribua para a melhor percepção

visual no ambiente, deve-se analisar o tipo e a dimensão do ambiente, o tipo de tarefa visual exercida, a iluminância do ambiente, o horário de uso predominante e o clima do local.

A reprodução de cores, ou seja, a influência exercida pelo conteúdo de cores da fonte luminosa sobre a cor de determinada superfície, também funciona como uma possibilidade de criar a identidade desejada para cada ambiente da edificação. Assim como a modelagem que proporciona a diferenciação entre diferentes ambientes por meio do uso de contrastes provocados pelo tipo de iluminação, difusa ou dirigida, escolhido para o ambiente (CYPRIANO, 2013).

Ressalta-se, portanto, que o projeto de iluminação, por meio dos efeitos de luz, cor e dramaticidade, possui a competência de dinamizar superfícies e volumes arquitetônicos, visando alcançar a percepção adequada para cada espaço. Deve, portanto, estar compatibilizado com o projeto de arquitetura, dando o destaque necessário para as características projetuais, de acordo com o conceito adotado pelo arquiteto.

2.6 Considerações sobre Conforto Subjetivo e os critérios objetivos

Ao longo da fundamentação realizada sobre Conforto Ambiental percebeu-se que a abordagem subjetiva na temática é recorrente, já que o conforto é uma sensação individual. Há importantes estudos que tratam de determinar as diversas variáveis subjetivas que conformam a arquitetura com privilégio para o conforto dos usuários. Villar (2009) elencou na conclusão de sua pesquisa dezenas de fatores que “afetam, definem ou proporcionam o conforto que têm relação com a arquitetura do ambiente ou do que esta propicia”, os quais se descrevem a seguir:

- Ambiência (1. arranjo, organização, layout e aspecto geral do ambiente, 2. estilo e decoração do ambiente).
- Ambiente externo (condições em geral).
- Barreiras.
- Cheiros.
- Clima do lugar geográfico.
- Condições de salubridade (benéfico à saúde, saudável).
- Cores (elementos físicos construtivos, decoração, mobiliário, paisagem, paisagismo).

- Destino funcional (algumas funções podem causar repulsa).
- Equilíbrio dos ambientes e articulação entre eles.
- Equipamentos.
- Ergonomia (relativa à construção, funções e mobiliário).
- Escala (tamanho relativo se referido a uma criança, por exemplo).
- Exiguidade/fartura exagerada, inadequação do espaço físico.
- Forma e condições de percepção (crianças/velhos/cegos/paraplégicos/etc.).
- Formas e geometria dos elementos componentes.
- Funcionalidade (adequação à).
- Geometria do ambiente/espaço.
- Legibilidade visual (e funcional). (LYNCH, 1980, pág.199).
- Luz natural/artificial.
- Manutenção (custos, trabalho).
- Mecanismos de controle (existência ou carência de possibilidade de).
- Mobiliário.
- Ordem/desordem.
- Paisagem externa (qualidade e relação com).
- Pó, gases, fluidos, limpeza/sujeira.
- População usuária.
- Pragas, Insetos, Vírus.
- Privacidade.
- Produtos químicos (composição dos materiais e componentes, efeitos).
- Recursos técnicos, financeiros e humanos.
- Relação com áreas exteriores mediatas.
- Relações de uso entre usuários. Segurança.
- Sensação térmica (temperatura, vento, pressão, umidade).
- Som, Ruído.
- Tamanho e proporções dos ambientes.
- Textura (das paredes, pisos, etc.).
- Tranquilidade/paz/aconchego (sugerida, estimulada pela arquitetura).

Constata-se, pois, ser virtualmente impossível conseguir condições satisfatórias a todos os ocupantes de um grande ambiente, a menos que se dê, a cada um, a possibilidade de controlar o microambiente que o cerca. As normas técnicas que abordam os aspectos de conforto ambiental fornecem critérios quantitativos para que a grande maioria (pelo menos 80%) dos ocupantes se sinta em condições satisfatórias de conforto e que a totalidade de pessoas saudáveis esteja em condições salubres. Esses critérios são estabelecidos em termos de variáveis ambientais ou de grau de satisfação dos ocupantes, cabendo aos projetistas desenvolver as soluções técnicas.

Villar (2009) discute também sobre a “condição do mercado e o conforto objetivo” constatando que a produção imobiliária contemporânea, durante o desenvolvimento dos empreendimentos, muitas vezes pautado pela repetição de unidades, abstém-se de critérios básicos como a orientação solar adequada, o posicionamento de janelas e a direção predominante dos ventos. O autor discorre sobre o contexto econômico que gera tal problema, o qual marcadamente tem nas prerrogativas do lucro a motivação para deixar de lado análises básicas de conforto ambiental. Diante dos efeitos da baixa qualidade da produção arquitetônica no país no que se refere à confortabilidade, a vigência de novas regras e a necessidade de se atender a requisitos e critérios normatizados para a obtenção do conforto torna-se uma solução para o cenário de descaso constatado.

Sendo assim, torna-se necessário consultar as normas vigentes para que se alcancem as condições de materializar os conceitos de conforto ambiental em critérios e requisitos que proporcionem a condição de conforto no ambiente construído.

2.7 Normas e Legislações

O desenvolvimento tecnológico, ao proporcionar novas possibilidades de insumos e materiais para a construção civil, gera a necessidade de que os sistemas construtivos sejam avaliados de forma a cumprir os índices de conforto e segurança imprescindíveis aos usuários das edificações.

Também no caso de edificações em estrutura de aço, os sistemas construtivos devem ser compatibilizados buscando uma interface entre as diferentes tecnologias empregadas visando

atender aos diferentes aspectos de conforto, notadamente o conforto acústico e o conforto térmico. Nestes quesitos, o sistema de fechamento da edificação assume notória importância, por exemplo. A avaliação do desempenho de cada componente da edificação torna-se, por conseguinte, indispensável para gerar critérios eficazes de projeto.

As normas e legislações configuram-se como fundamentos imprescindíveis para a consolidação de diretrizes projetuais, já que determinam índices de conforto e segurança baseados em estudos técnicos aprofundados. Neste contexto, Bastos (2004) concluiu em sua pesquisa que as avaliações de desempenho de sistemas inovadores, bem como, das práticas construtivas a eles associadas configuram-se instrumentos fundamentais para o processo de projeto, na medida em que geram informações que retroalimentam o sistema.

Nesta parte da pesquisa trata-se de compreender as normativas e legislações relacionadas ao conforto ambiental das edificações. Busca-se, portanto, empreender um resumo descritivo das principais regulamentações relacionadas ao desempenho térmico, acústico, lumínico e antropométrico para o conforto ambiental no ambiente construído, abordando os níveis adequados de desempenho para os elementos de uma edificação. A principal norma consultada foi a Norma de Desempenho das Edificações NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual compreende uma compilação de critérios e requisitos baseados em diferentes normas técnicas anteriormente existentes. Outras normas que merecem destaque neste trabalho estão descritas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1- Normas relacionadas ao Conforto

| NORMA | DESCRIÇÃO |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| NBR15220 (ABNT, 2003) | Desempenho Térmico |
| NBR10151 (ABNT, 2003a) | Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando ao Conforto da Comunidade |
| NBR10152 (ABNT, 1992) | Níveis de Ruído para Conforto Acústico |
| NBR5461 (ABNT, 1991) | Iluminação |
| NBR5413 (ABNT, 1992a) | Iluminância de Interiores |
| NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) | Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior |
| NBR15215 (ABNT, 2005) | Iluminação Natural |
| NBR9050 (ABNT, 2015) | Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos |

Buscar-se-á, quando julgado necessário, estabelecer um comparativo destas normas com outras legislações nacionais e internacionais relacionadas ao conforto ambiental das edificações. Algumas considerações críticas sobre o impacto destas normas no ambiente da construção civil e no setor público também são explicitadas neste capítulo.

2.7.1 Norma NBR15.575 - Edificações Habitacionais - Desempenho

A Norma de Desempenho NBR15.575 (ABNT, 2013) trata especificamente de edificações habitacionais e preconiza a avaliação da expectativa de vida útil, o desempenho, a eficiência, a sustentabilidade e a manutenção dessas edificações. Traz para o cenário da construção civil conceitos que buscam inserir o fator qualidade como condição fundamental no desenvolvimento e na execução de projetos arquitetônicos. Há, no entanto, uma suposição de que progressivamente a Norma de Desempenho abrangerá edificações outras tipologias além da residencial, o que faz deduzir a necessidade de se avaliar os requisitos mesmo em projetos de edificações comerciais, institucionais e multifuncionais (AsBEA, 2014).

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) engloba uma extensa relação de normas vigentes anteriormente, das mais diversas disciplinas e relacionadas ao tema, e estabelece ampla e solidária junção de incumbências entre os intervenientes do processo. Por seu caráter amplo, a norma induz a mudança de vários paradigmas na cultura brasileira da construção, sobremaneira quanto à especificação e elaboração de projetos que inclui o conhecimento do comportamento em uso dos inúmeros materiais, componentes, elementos e sistemas construtivos que compõem a edificação (AsBEA, 2014).

Esta norma classifica o desempenho do edifício em três categorias: mínimo, intermediário e superior, e deve ser definido pelo projetista, em acordo com o empreendedor e outros agentes do processo, já na fase de projeto. A abordagem explora conceitos que muitas vezes não são considerados em normas específicas definindo, por exemplo, durabilidade dos sistemas, capacidade de manutenção do edifício e conforto tátil e antropodinâmico de usuários. Para o alcance dos resultados exigidos, estipula incumbências para os diferentes intervenientes do processo de projeto, sendo as seguintes incumbências designadas ao projeto de arquitetura: especificações compatíveis com VUP (Vida Útil de Projeto) e Utilização, considerando as atividades de manutenção previstas na fase de projeto; considerações sobre as condições de exposição e uso previstas para cada empreendimento; especificações incluindo

características de desempenho de cada material e/ou sistema; indicação das simulações e dos ensaios a serem efetuados na fase de projeto; detalhamento dos sistemas construtivos adotados.

A adoção da norma permitirá que todos os envolvidos na cadeia produtiva da construção civil trabalhem com a mesma base de informações, diminuindo significativamente erros e desvios ligados a falhas nas especificações dos materiais e sistemas. Ela foca no comportamento em uso dos elementos e sistemas do edifício no atendimento dos requisitos dos usuários e não na prescrição de como os sistemas são construídos. Os requisitos (características qualitativas) e os critérios (grandezas quantitativas) foram definidos a partir dos elementos do edifício e consideram as condições de implantação do edifício e as exigências de seus usuários, conforme sintetizado na Figura 2.3.

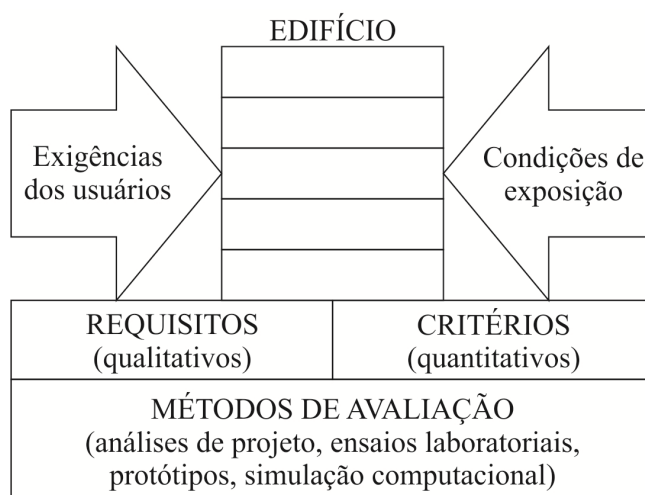


Figura 2.3 - Resumo esquemático da estruturação da norma NBR15.575.

Fonte: Adaptado de AsBEA, 2014.

Um dos conceitos fundamentais para a estruturação da norma é o de Vida Útil (VU), o qual a norma NBR15.575 (ABNT, 2013) assim caracteriza:

“Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas, elementos e componentes se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando: 1- o atendimento dos níveis de desempenho previstos na norma NBR 15.575, e 2- a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”.

A Vida Útil se inicia com a emissão do Habite-se ou Auto de Conclusão da Obra e depende diretamente de que cada envolvido na construção da edificação cumpra seu papel. Não se deve confundir Vida Útil com: garantia contratual - que é o período de tempo

concedido pelo incorporador ou construtor ao comprador para reclamação de defeitos ou vícios do produto adquirido; garantia legal - que é o período de tempo que o comprador tem direito legalmente para reclamação de defeitos ou vícios do produto adquirido.

Interessa entender o conceito de Vida Útil de Projeto (VUP), o qual a norma NBR15.575 (ABNT, 2013) caracteriza assim:

“Período de tempo **estimado** para o qual um edifício e/ou seus sistemas, elementos e componentes são **projetados** a fim de atender às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando: 1- o atendimento dos níveis de desempenho previstos na norma NBR 15.575, e 2- a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção”. *[grifo nosso]*

A VUP deve ser definida pelo incorporador e seus prepostos e norteará todo o trabalho de projeto a ser desenvolvido. É fundamental para sua correta análise o levantamento e registro das condições do entorno da edificação identificando as condições de exposição e risco. O projeto deve especificar o valor teórico para a Vida Útil de Projeto (VUP) para cada um dos sistemas que o compõem, não inferiores aos estabelecidos pela Norma, conforme exemplo da Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Vida Útil de Projeto (VUP)

| Sistema | VUP mínima em anos |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Estrutura | Segundo ABNT NBR8681:2003 |
| Pisos internos | ≥ 13 |
| Vedação vertical externa | ≥ 40 |
| Vedação vertical interna | ≥ 20 |
| Cobertura | ≥ 20 |
| Hidrossanitário | ≥ 20 |
| Considerando periodicidade e processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à NBR5674 (ABNT, 2012). | |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Os requisitos dos usuários devem ser atendidos de forma a promover segurança, habitabilidade e sustentabilidade, tendo para cada um desses tópicos solicitações particulares e expressos pelos seguintes fatores:

- **SEGURANÇA:** Segurança estrutural; Segurança contra o fogo; Segurança no uso e na operação.
- **HABITABILIDADE:** Estanqueidade; Desempenho térmico; Desempenho acústico; Desempenho lumínico; Saúde, higiene e qualidade do ar; Funcionalidade e acessibilidade; Conforto tátil e antropodinâmico.

- SUSTENTABILIDADE: Durabilidade; Manutenibilidade; Impacto ambiental.

A norma divide-se em seis partes. Os fatores supracitados são abordados separadamente em cada uma das seguintes partes da norma NBR15.575 (ABNT, 2013):

- Parte 1: Requisitos gerais;
- Parte 2: Sistemas estruturais;
- Parte 3: Sistemas de pisos;
- Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas;
- Parte 5: Sistemas de coberturas;
- Parte 6: Sistemas hidrossanitários.

A AsBEA (2014) recomenda que a partir da leitura e análise dos critérios e requisitos expostos na norma o arquiteto crie a seguinte rotina de projeto:

- Adoção de um sistema de especificação de materiais que inclua a referência a normas técnicas e ensaios pertinentes;
- Indicação clara em documentação de projeto dos níveis de desempenho definidos com o contratante, lembrando-se de que os níveis mínimos são obrigatórios;
- Indicação clara em projeto dos usos e equipamentos previstos para cada ambiente, inclusive cobertura, ático etc. Caso não haja uso previsto declarar na documentação;
- Exigência da apresentação pelos fornecedores à construtora de ensaios que comprovem o atendimento à norma para iniciar o fornecimento de materiais e/ou serviços;
- Indicação em projeto dos ensaios previstos na norma e o condicionamento de sua execução e conformidade para liberação da execução.

Para a consolidação dos objetivos do presente trabalho, ater-se-á ao fator “Habitabilidade” da norma NBR15.575 (ABNT, 2013), com foco nos itens desempenho térmico; desempenho acústico; desempenho lumínico; funcionalidade e acessibilidade; e conforto tátil e antropodinâmico. Esta definição torna-se necessária, uma vez que a pesquisa objetiva um desenho de processo de projeto de arquitetura em aço que dê ênfase na obtenção do conforto ambiental. O recorte temático, portanto, torna-se imprescindível para que estejam claros os desdobramentos e os resultados os quais se pretende alcançar.

O rebatimento das questões de conforto ambiental, definidas na norma de desempenho, em estruturas industrializadas em aço compreende também uma contribuição teórica importante. Isto porque a estrutura em aço ainda não se configura como uma alternativa construtiva disseminada no cenário da construção civil brasileira, conforme constatado nesta pesquisa, e estudos que realizem interfaces conceituais entre exigências normativas e o fazer projetual em aço podem contribuir para a ampliação do uso do aço.

Adiante são expostos os critérios e requisitos relacionados a cada um dos itens referidos. Para que se obtenha uma estruturação do trabalho são informados códigos para cada exigência normatizada, os quais são posteriormente referenciados no desenho do processo de projeto que se desenvolverá.

a) Desempenho Térmico

O conforto térmico da edificação advém da relação adequada entre o ambiente interno, as condições climáticas e o entorno da edificação, conforme explicitado anteriormente. O pleno atendimento das necessidades dos usuários das edificações, considerando a economia de energia, é o objetivo da avaliação de desempenho térmico, que visa inter-relacionar as condições do ambiente edificado, no que concerne a satisfação dos usuários, a resposta global da edificação e as trocas de calor e de massa entre o interior e o exterior da construção. A avaliação de desempenho pode se feita de forma simplificada, com base em propriedades térmicas das fachadas e das coberturas, ou por simulação computacional, onde são aferidos simultaneamente todos os elementos e todos os fenômenos intervenientes. As diversas características do local de implantação da construção, tais como: topografia, temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento, etc.; e as características do imóvel, tais como: materiais utilizados, número de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé-direito, orientação da fachada, etc.; são variáveis que interferem em diferentes graus no desempenho térmico.

As condições de ventilação – posicionamento e dimensões das aberturas – são influências importantes na sensação térmica. Somam-se a estas influências, características tais como: tipo da atividade realizada no ambiente em análise, quantidade e características do mobiliário, modelo das vestimentas, número de ocupantes, idade, sexo e condições fisiológicas e psicológicas dos usuários. Com estas várias variáveis torna-se necessário estabelecer cálculos que obtenham índices médios de conforto térmico, ou seja, objetivando

satisfazer a maior parte dos usuários da edificação: eis o objetivo dos critérios de desempenho térmico (CBIC, 2013).

O comportamento térmico de uma edificação deve considerar a resistência térmica dos elementos de fechamento, as trocas térmicas dinâmicas entre os ambientes e a interação entre fachada, cobertura e piso. Além das já mencionadas características de implantação e condições bioclimáticas. A grande extensão do território brasileiro obriga que a análise das condições bioclimáticas seja realizada com base em oito zonas, mapeadas no zoneamento mostrado na Figura 2.4. Para cada uma dessas zonas climáticas é definido o dia típico de inverno e o dia típico de verão, estabelecidos com base na temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar incidente para o dia mais frio e para o dia mais quente do ano respectivamente, segundo a média observada num número representativo de anos.

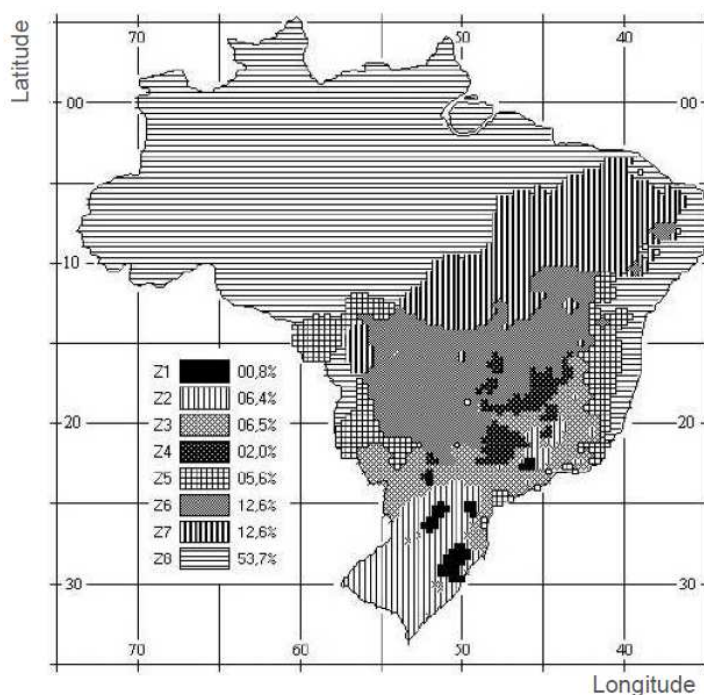


Figura 2.4 - Zoneamento Bioclimático Brasileiro
Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005)

Argumenta-se que o mapa de zonas bioclimáticas brasileiras possui alguns pontos de atenção: foi desenhado com base em análises climatológicas de pouco mais de 300 municípios de diferentes partes do país e ampliado para municípios com semelhanças no clima, o que gerou um elevado nível de incerteza em determinados locais, dada a notória extensão do território brasileiro. O zoneamento foi desenvolvido para Habitações de Interesse Social e acaba por ser aplicado em outras tipologias de edificações, o que faz supor a existência de

potenciais equívocos quando dessa generalização; e, por fim, os limites geográficos de cada zona foram estabelecidos a partir de critérios baseados tanto na Carta Bioclimática de Givoni, Figura 2.5, quanto nas Planilhas de Mahoney, sistema de ponderação que considera a duração e a gravidade dos fatores climáticos em climas compostos, em que os requisitos sazonais podem ser contraditórios (RORIZ, 2012; POUHEY; SILVA, 2010).

Fato é que o cruzamento dessas duas metodologias resultou em zonas com baixa homogeneidade climática e em um número total de zonas insuficiente para refletir a diversidade climática do Brasil. Diante das inconstâncias supracitadas, muitos estudos têm sido desenvolvidos para a revisão do mapa de zonas bioclimáticas brasileiras. Antes que isto aconteça e diante das grandes contribuições que essa estratégia, associada às normas que a implementa, tem oferecido à melhoria do desempenho térmico das edificações, salienta-se que é imprescindível considerá-la nas análises de conforto térmico.

Outro gráfico importante para a análise bioclimática é a Carta de Givoni (1992) que estabelece uma relação entre as condições bioclimáticas e a arquitetura, baseando-se em temperaturas internas de uma edificação e aproveitando suas características para satisfazer as exigências de conforto térmico dos seus usuários. A carta bioclimática de Givoni foi adaptada a partir de experiências acadêmicas e profissionais de especialistas de comissões de estudo e de alguns aspectos da cultura construtiva inerente a cada região, com base no zoneamento bioclimático do Brasil; e mostra estratégias de condicionamento térmico passivo para cada zona, conforme diagrama mostrado na Figura 2.5.

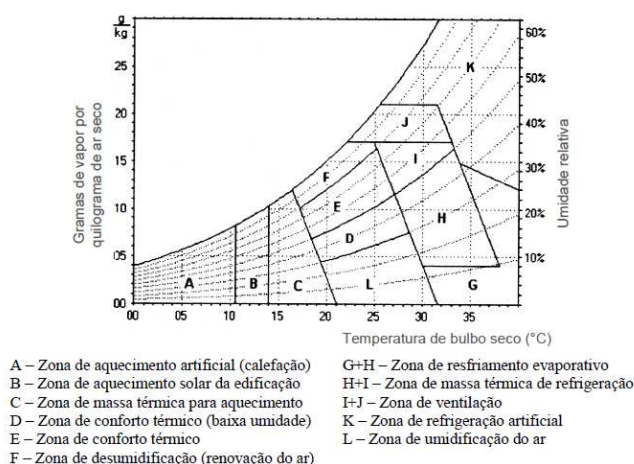


Figura 2.5 - Carta bioclimática de Givoni, adaptada
 Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005)

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) descreve as exigências seguintes para a avaliação do item Desempenho Térmico: a adequação de paredes externas; a isolamento térmica da

cobertura; e quanto às aberturas para ventilação. Na Tabela 2.3 apresenta-se sinteticamente a descrição de cada uma dessas exigências e as ações a serem tomadas dentro do processo de projeto de arquitetura para a obtenção do desempenho térmico adequado e, conseqüentemente, para a obtenção do conforto térmico objetivo.

Tabela 2.3 - Desempenho Térmico (DT)

| EXIGÊNCIA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AÇÕES |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADEQUAÇÃO DE PAREDES EXTERNAS (DT1) | Cálculo da transmitância térmica máxima das paredes externas e da capacidade térmica mínima de paredes externas. | Obter resultados do cálculo simplificado ou de Simulação Computacional para basear as soluções de projeto para a zona bioclimática do empreendimento. |
| ISOLAÇÃO TÉRMICA DA COBERTURA (DT2) | Cálculo da transmitância térmica máxima da cobertura. | Obter resultados do cálculo simplificado ou de Simulação Computacional para basear as soluções de projeto para a zona bioclimática do empreendimento. |
| ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO (DT3) | Cálculo das áreas de aberturas para ventilação mínimas em ambientes de permanência prolongada conforme legislação ou valores da NBR15.575-4 (ABNT, 2013). | Indicar em projeto área de aberturas para ventilação em relação à área de piso, considerando a área efetivamente sem obstrução (descontar vidros e perfis). |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

A norma NBR15220 (ABNT, 2005) – parte 2 indica os métodos de cálculo da transmitância e da capacidade térmica das paredes e coberturas, tabelando valores das propriedades físicas que devem ser utilizadas nos cálculos, como: condutividade térmica e calor específico de vários materiais, coeficientes de troca de calor superficial por convecção e radiação internos e externos. Na parte 3 a norma em questão apresenta no seu Anexo D valores de transmitância e capacidade térmica para diversas configurações de paredes e coberturas. A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) apresenta orientações importantes quanto às possibilidades de realizações dos cálculos e simulações, o que deve ser considerado durante o desenvolvimento dos projetos de condicionamento térmico.

Quanto às aberturas para ventilação de ambientes de permanência prolongada, ou seja, salas e dormitórios devem atender à legislação específica do local da obra (Código de Obras, Códigos Sanitários, Leis de Uso e Ocupação do Solo, Planos Diretores, dentre outros). Quando não houver requisitos legais no local devem ser adotados os valores constantes na tabela 15 da norma NBR15.575 (ABNT, 2013) – parte 4, conforme mostrado na Tabela 2.4.

Neste caso, a relação percentual entre a área de ventilação e a área do piso correspondente deve considerar que a área efetiva da abertura para ventilação é a área da janela que permite a livre circulação do ar, descontando as áreas de perfis, vidros e de qualquer outro obstáculo.

Tabela 2.4 - Área mínima de ventilação em dormitórios e salas de estar

| ZONAS 1 a 7 ABERTURAS MÉDIAS | ZONA 8 ABERTURAS GRANDES |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A \geq 7\%$ da área do piso | $A \geq 12\%$ da área do piso – Região Norte $A \geq 8\%$ da área do piso – Regiões Nordeste e Sudeste |
| Nota: Nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio. | |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Torna-se necessário criticar, no entanto, que a norma indica critérios para a determinação da área de ventilação dos ambientes, mas não ressalta a importância de que se criem alternativas de ventilação cruzada nos ambientes, de forma que haja a circulação de ar adequada, a forma de fato produtora para se alcançar o conforto térmico por meio da ventilação natural.

b) Desempenho Acústico

A avaliação do desempenho acústico de uma edificação é realizada com base em parâmetros específicos, para os quais há métodos padronizados de medição em campo, para edifícios construídos, ou em laboratório, para edifícios em fase de projeto.

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) estipula critérios para a atenuação acústica dos ruídos de impactos aplicados às lajes de piso e para a isolamento ao som aéreo dos pisos e do envelope da construção (fachadas e coberturas). Considera ainda a necessidade de isolamento acústico de paredes de geminação entre unidades autônomas e de paredes divisórias entre áreas privativas e áreas comuns nas edificações multifamiliares. Na presente versão da norma, não são estabelecidos limites para a isolamento acústica entre cômodos de uma mesma unidade (CBIC, 2013).

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) não fixa critérios de conforto acústico, como por exemplo, “a máxima intensidade sonora admitida para o repouso noturno”, o que é tratado na norma NBR10.152 (ABNT, 2000b). Também não compreende a forma de quantificar níveis de ruído externos à edificação, assunto pertinente à norma NBR10.151 (ABNT, 2000a).

Todavia, considerando ruídos externos com intensidade da ordem de 55 a 60dB(A), típicos de áreas residenciais ou pequenos centros comerciais, os valores estipulados para a isolamento acústica foram pensados para repercutir em condições razoáveis de desempenho. Para áreas com a presença de importantes fontes de ruído (rodovias, aeroportos etc.), a norma estabelece que devem ser realizados levantamentos no local e estudos específicos de tratamento acústico (CBIC, 2013).

Para avaliação acústica dos sistemas construtivos, os critérios de desempenho devem ser verificados com a realização de ensaios de campo. Para balizar o desenvolvimento de projetos que venham a atender às exigências de desempenho acústico, a norma prevê a realização de ensaios de laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos, indicando valores de referência que poderão se traduzir no potencial atendimento das implantações reais. No caso de conversa em voz alta num determinado recinto, a norma NBR15.575-4 (ABNT, 2013) apresenta estimativa simplificada do grau de inteligibilidade ou capacidade de entendimento do que se está falando em um ambiente adjacente em função do grau de isolamento acústico entre eles, mesmo com certo nível de ruído neste segundo ambiente.

A referida norma descreve as exigências seguintes para a avaliação do item Desempenho Acústico: isolamento acústica de paredes externas; isolamento acústica entre pisos e paredes internas; níveis de ruídos permitidos na habitação; e nível de ruído de impacto em coberturas acessíveis de uso coletivo. Na Tabela 2.5 apresenta-se sinteticamente a descrição de cada uma dessas exigências e as ações a serem tomadas dentro do processo de projeto de arquitetura para a obtenção do desempenho acústico adequado e, conseqüentemente, para a obtenção do conforto acústico objetivo.

Para a isolamento acústica de paredes externas (DA1), conforme mostrado na Tabela 2.5, no início do processo de projeto devem ser realizadas medições do nível de ruído no terreno e no entorno imediato de forma que se obtenha o enquadramento na classe de ruído. Devem ser previstas atenuações de acordo com a tabela 17 – parte 4 da NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual apresenta os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, do fechamento externo de dormitório, conforme apresentado na Tabela 2.6; e de acordo com a tabela 6 – parte 5 da NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual determina o nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$, conforme mostrado na Tabela 2.7. Deve ser especificada a realização de ensaios para liberar a execução.

Tabela 2.5 - Desempenho Acústico (DA)

| EXIGÊNCIA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AÇÕES |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ISOLAÇÃO ACÚSTICA DE PAREDES EXTERNAS (DA1) | Atender limites mínimos da NBR15.575 -4 e NBR15.575 -5. | Solicitar medição de nível de ruído no local e no entorno imediato para orientar o enquadramento na classe de ruído. Os sistemas devem prever atenuações conforme a tabela 17, das partes 4 e Tabela 6 da parte 5 da norma. Especificar a realização de ensaios para liberar a execução. |
| ISOLAÇÃO ACÚSTICA ENTRE PISOS E PAREDES INTERNAS (DA2) | Pisos e fechamentos verticais que atendam aos requisitos da NBR15.575 -3 e NBR15.575 -4. | Os sistemas devem prever atenuações conforme a tabela 18 das partes 4 e Tabela 7 da parte 3 da norma. Especificar a realização de ensaios para liberar a execução. |
| NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS NA HABITAÇÃO (DA3) | Ruído de impacto no sistema de pisos: dormitórios; Diferença padronizada de nível ponderada do fechamento externo em dormitórios; Isolamento do ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais: dormitórios; Diferença padronizada de nível ponderada do fechamento entre ambientes; Isolamento acústico da cobertura a sons aéreos. | Os sistemas devem prever níveis de pressão conforme a tabela 5 da parte 3 e Tabela 18 da parte 4 da norma. Especificar a realização de ensaios para liberar a execução. |
| NÍVEL DE RUÍDO DE IMPACTO EM COBERTURAS ACESSÍVEIS DE USO COLETIVO (DA4) | Nível de ruído de impacto em coberturas acessíveis de uso coletivo; Análise em dormitórios e salas de estar. | Os sistemas devem prever níveis de pressão conforme a tabela E.1 da NBR15.575 – parte 3 e da Tabela I.6 da parte 5. Especificar a realização de ensaios para liberar a execução. |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Tabela 2.6 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, do fechamento externo de dormitório, para desempenho mínimo

| CLASSE DE RUÍDO | LOCALIZAÇÃO DA HABITAÇÃO | $D_{2m,nT,w}$ [dB] |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| I | Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas. | ≥ 20 |
| II | Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III | ≥ 25 |
| III | Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que conforme a legislação. | ≥ 30 |

Nota 1: Para fechamento externo de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.
Nota 2: Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudos específicos

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Tabela 2.7 - Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$, para desempenho mínimo

| SISTEMA | $L'_{nT,w}$ [dB] |
|-------------------------------------|------------------|
| Cobertura acessível de uso coletivo | ≤ 55 |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Frestas nas coberturas e nas fachadas modificam de forma considerável o desempenho acústico da envoltória do edifício. Frestas pequenas podem ser responsáveis por reduzir em até 30% a isolamento acústica. Outras características devem ser verificadas para que ocorram perdas acústicas consideráveis, tais como: juntas secas em alvenarias; irregularidades ou falta de adensamento do material das juntas de assentamento e das ligações das paredes com fundos de vigas e lajes; falta de vedação adequada entre folhas fixas e folhas móveis de janelas; falta de rejuntamento no encontro de paredes e caixilhos de esquadrias (CBIC, 2013).

Quanto à isolamento acústica entre pisos e paredes internas (DA2), devem ser previstas formas de atenuação de acordo com a tabela 18 – parte 4 da NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual apresenta os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes, conforme apresentado na Tabela 2.8; e de acordo com a tabela 7 – parte 3 da NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual especifica critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, conforme mostrado na Tabela 2.9. Para liberar a execução deve-se especificar a realização de ensaios.

Tabela 2.8 - Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes, para desempenho mínimo

| ELEMENTO | $D_{nT,w}$ [dB] |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório | ≥ 40 |
| Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), caso pelo menos um dos ambientes seja dormitório | ≥ 45 |
| Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos | ≥ 40 |
| Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos | ≥ 30 |
| Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | ≥ 45 |
| Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (D unidades). | ≥ 40 |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Tabela 2.9 - Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, para desempenho mínimo

| ELEMENTO | $D_{nT,w}$ [dB] |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório | ≥ 45 |
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos | ≥ 40 |
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas | ≥ 45 |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Para atendimento ao nível de ruídos permitidos na habitação (DA3) devem-se prever níveis de pressão de acordo com a tabela 5 – parte 3 da NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual apresenta os parâmetros acústicos de avaliação, conforme apresentado na Tabela 2.10; e de acordo com a tabela 18 – parte 4 da NBR15.575 (ABNT, 2013), a qual apresenta os valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes, conforme mostrado na Tabela 2.8. Para liberar a execução deve-se especificar a realização de ensaios.

Tabela 2.10 - Parâmetros acústicos de avaliação

| SÍMBOLO | DESCRIÇÃO | NORMA | APLICAÇÃO |
|----------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| $L'_{nT,w}$ | Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado | ISO 140-7 (1998) ISO 717-2 (2013) | Sistema de piso |
| $D_{nT,w}$ | Diferença padronizada de nível ponderada | ISO 140-4 (1998) ISO 717-1 (2013) | Fechamentos verticais e horizontais, em edifícios (pisos, paredes etc.) |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Observa-se que a norma NBR15.575 (ABNT, 2013) indica as normas ISO como fonte dos parâmetros acústicos de avaliação para o nível de pressão sonora de impacto e para a diferença padronizada de nível. As normas recomendadas servirão de base para os cálculos acústicos de sistemas de pisos, de fechamentos externos e de ruído aéreo entre unidades habitacionais diferentes, todos os casos em dormitórios; além da vedação entre ambientes e do isolamento acústico da cobertura devido a sons aéreos.

Impactos aplicados no piso de unidade autônoma imediatamente superior ou em cobertura acessível de uso coletivo (DA4) são normatizados pela ISO 140-7 (ISO, 1998). Nestes casos, o nível de pressão sonora de impacto padronizada ponderado no ambiente

analisado deve estar dentro dos limites apresentados na Tabela 2.11, de acordo com a tabela E.1 da NBR15.575 (ABNT, 2013) – parte 3 e da Tabela I.6 da parte 5.

Tabela 2.11 - Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

| ELEMENTO | $L'_{nT,w}$ [dB] |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos | 66 a 80 |
| Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividades de lazer e esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas | 51 a 55 |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Questões construtivas importantes devem ser consideradas durante o desenvolvimento do projeto de arquitetura para que se obtenham melhores resultados de desempenho acústico, dentre as quais se citam: evitar a locação de dormitórios próximos a poços de elevadores, a escadas de uso comum, a prumadas de água e outros locais em que haja ruídos rotineiros, devendo-se prever estratégias para amenizar o impacto dos ruídos, caso inevitável a proximidade; isolar acusticamente shafts em que haja prumadas hidrossanitárias; encapar as tubulações com isolantes ou absorvedores acústicos; para o caso de vibrações e ruídos originados pelo contato entre as instalações prediais e os materiais sólidos da construção, como alvenarias, revestimentos, lajes, vigas e pilares, deve-se prever a utilização de tubos plásticos, tubulações metálicas flexíveis e encapar as tubulações metálicas com mantas elásticas, utilizar amortecedores ou apoios antivibratórios em equipamentos, dentre outros (CBIC, 2013).

c) Desempenho Lumínico

Considerando apenas a iluminação artificial, a norma NBR5.413 (ABNT, 1992) estipula as iluminâncias requeridas para várias tarefas e atividades, para diferentes tipos de edificações (habitações, escolas, comércio etc.). A norma de desempenho NBR15.575 (ABNT, 2013) estipula níveis requeridos de iluminância natural e artificial nas habitações, reproduzindo, neste último caso, as próprias exigências da NBR5.413 (ABNT, 1992).

O desempenho lumínico pode ser obtido ou melhorado mediante diversos recursos, particularmente aplicação de cores claras nos tetos/paredes internas e adoção de caixilhos com

áreas envidraçadas relativamente grandes. No segundo caso, contudo, o envidraçamento comum permitirá não só a passagem de luz como também de grande quantidade de radiação solar, podendo comprometer o desempenho térmico (CBIC, 2013).

O posicionamento das janelas nas paredes é importante não só para garantir a iluminação, mas também a comunicação com o exterior, sendo que neste caso particular a norma NBR15.575-1 (ABNT, 2013) recomenda que as cotas dos peitoris estejam posicionadas no máximo a 100 cm do piso interno, e a cota das testeiras dos vãos no máximo a 220 cm a partir do piso interno. Distanciamento adequado entre edificações, e destas a taludes, muros e outros obstáculos, é essencial para garantir condições adequadas de ventilação e de iluminação natural.

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) descreve as exigências seguintes para a avaliação do item Desempenho Lumínico: iluminação natural e iluminação artificial. Na Tabela 2.12 apresenta-se sinteticamente a descrição de cada uma dessas exigências e as ações a serem tomadas dentro do processo de projeto de arquitetura para a obtenção do desempenho lumínico adequado e, conseqüentemente, para a obtenção do conforto lumínico objetivo.

Tabela 2.12 - Desempenho Lumínico (DL)

| EXIGÊNCIA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AÇÕES |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ILUMINAÇÃO NATURAL (DL1) | Simulação - níveis mínimos de iluminância natural: Contando unicamente com iluminação natural, os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências das construções habitacionais devem atender ao disposto na Tabela 4 da NBR15.575 -1. Medição in loco - Fator de luz diurna (FLD): Contando unicamente com iluminação natural, o FLD nas diferentes dependências das construções habitacionais: atender ao disposto na Tabela 5 da NBR15.575.1. | Recomendar a contratação de consultoria específica para garantir o atendimento conforme NBR15.575 -3 e NBR15.575 -4. |
| ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (DL2) | Níveis mínimos de iluminação artificial: Os níveis gerais de iluminação promovidos nas diferentes dependências dos edifícios habitacionais por iluminação artificial devem atender ao disposto na Tabela 6 da NBR15.575 -1. | Recomendar a contratação de consultoria específica para garantir o atendimento conforme NBR ISO CIE 8995 -1 (ABNT, 2013) - Substituiu a NBR 5413. |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Considerando exclusivamente a iluminação natural nos ambientes, a norma NBR15.575 (ABNT, 2013) especifica na tabela 13.1 – parte1 níveis de iluminância geral para iluminação natural, conforme apresentado na Tabela 2.13.

Tabela 2.13 - Nível de iluminância geral para iluminação natural para o desempenho mínimo

| DEPENDÊNCIA | ILUMINÂNCIA GERAL (LUX) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Sala de estar; Dormitório; Copa/Cozinha; Área de Serviço. | ≥ 60 |
| Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos. | Não requerido |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

As simulações de iluminamento geral para atendimento aos índices supracitados, de acordo com a tabela E.3 da parte 1 da norma NBR15.575 (ABNT, 2013) devem ser realizadas com emprego do algoritmo apresentado na parte 3 da referida norma. No pavimento térreo ou pavimento abaixo da cota da rua de edifícios de múltiplos andares, permitem-se níveis de iluminância no máximo 20% menores do que os indicados na tabela, sendo que tais níveis não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.

As condições mínimas requeridas pela legislação do local de implantação do edifício devem ser atendidas. A NBR15.575 (ABNT, 2013) apresenta também, na tabela E.4 da parte 1, os níveis requeridos de Fator de Luz Diurna (FLD) para execução de medição *in loco* e na tabela E.3 os níveis de iluminância para os demais padrões de desempenho (intermediário e superior). O FLD corresponde à razão percentual entre a iluminância interna no ponto de referência (centro do cômodo, a 0,75m de altura) e a iluminância externa disponível, sem incidência da radiação direta do sol.

Quanto aos níveis requeridos para a Iluminação Artificial, a tabela 13.3 da Norma de Desempenho apresenta os valores para os diferentes ambientes habitacionais para o desempenho mínimo, conforme apresentado na Tabela 2.14. Na tabela E.4, no Anexo E da norma, são apresentados os valores para os demais níveis de desempenho (intermediário e superior).

Tabela 2.14 - Nível de iluminância geral para iluminação artificial para o desempenho mínimo

| DEPENDÊNCIA | ILUMINÂNCIA GERAL (LUX) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Sala de estar; Dormitório; Banheiro; Área de Serviço. | ≥ 100 |
| Copa/cozinha | $\geq 200^*$ |
| Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/estacionamentos internos e cobertos. | $\geq 75^*$ |
| Garagens/estacionamentos descobertos | $\geq 20^*$ |

* Valores retirados da NBR5413 - Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

d) Funcionalidade e Acessibilidade

A compartimentação adequada e a existência de espaços suficientes para a disposição de mobiliários e utensílios domésticos tornam-se de suma importância para o conforto dos usuários da edificação. Além dos espaços e pé direito mínimos devem ser atendidos critérios que garantam a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida, com necessidades especiais ou com deficiência física.

Os critérios normatizados na NBR15.575 (ABNT, 2013) determinam que as áreas comuns e as áreas privativas, quando contratado, sejam objeto de avaliação projetual para que se configurem acessos adequados e instalações de fácil manutenção. Deve-se prever a substituição de escadas por rampas ou a execução dos dois elementos de acesso, a limitação de declividades e de espaços de circulação a serem percorridos para acessar a edificação, a compatibilização da largura de corredores e portas, das alturas de peças sanitárias e a instalação de alças e barras de apoio para pessoas com mobilidade reduzida. Nas habitações para pessoas com deficiência visual a sinalização do piso deve ser adequada com elementos podotáteis e demais estratégias para possibilitar o percurso e a caminhada com segurança. O projeto deve ser bem detalhado nessas questões, especificando os materiais adequados e a configuração correta de degraus e rampas, especificando altura de soleiras e ressaltos, a qual deve considerar o limite máximo previsto na norma.

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) descreve as exigências seguintes para a avaliação do item Funcionalidade e Acessibilidade: altura mínima de pé-direito; disponibilidade mínima

de espaços para uso e operação da habitação; adequação para pessoas com deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida (PMR); possibilidade de ampliação da unidade habitacional; sistema de pisos para pessoas portadoras de deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida (PMR); possibilitar a instalação, manutenção, e desinstalação de dispositivos e equipamentos necessários à operação do edifício habitacional; funcionamento das instalações de água - atender as necessidades de abastecimento de água fria e quente; funcionamento das instalações de esgoto - coletar e afastar, até a rede pública ou sistema de tratamento e disposição privados, os efluentes gerados pela edificação habitacional; funcionamento das instalações de águas pluviais - coletar e conduzir água de chuva.

Na Tabela 2.15 apresenta-se sinteticamente a descrição das exigências de funcionalidade e acessibilidade relacionadas diretamente ao conforto ambiental e as ações a serem tomadas dentro do processo de projeto de arquitetura para a obtenção dos melhores resultados relacionados ao conforto objetivo na edificação.

Tabela 2.15 - Funcionalidade e Acessibilidade (FA) (continua)

| EXIGÊNCIA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AÇÕES |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ALTURA MÍNIMA DE PÉ-DIREITO (FA1) | <p>Apresentar a altura mínima de pé-direito dos ambientes da habitação compatíveis com as necessidades humanas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A altura mínima de pé-direito não pode ser inferior a 2,50m; - Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé-direito seja reduzido ao mínimo de 2,30m; - Nos tetos com vigas, inclinados, abobadados ou, em geral, contendo superfícies salientes na altura piso a piso e/ou o pé-direito mínimo, devem ser mantidos pelo menos 80% da superfície do teto, permitindo-se que o pé-direito livre possa descer até o mínimo de 2,30m. | <p>Rever pé-direito dentro dos critérios da norma, no projeto.</p> |
| DISPONIBILIDADE MÍNIMA DE ESPAÇOS PARA USO E OPERAÇÃO DA HABITAÇÃO (FA2) | <p>Para os projetos de arquitetura de unidades habitacionais, sugere-se prever no mínimo a disponibilidade de espaço nos cômodos da edificação habitacional para colocação e utilização dos móveis e equipamentos-padrão listados no Anexo F da norma.</p> | <p>Apresentar planta ambientada com móveis e equipamentos-padrão do Anexo F, Parte 1, Página 67 da norma.</p> |

Tabela 2.16 - Funcionalidade e Acessibilidade (FA) (conclusão)

| EXIGÊNCIA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AÇÕES |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>ADEQUAÇÃO PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA OU PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA (PMR) (FA3)</p> | <p>Adaptações de áreas comuns e privativas: Áreas privativas com adaptações necessárias para pessoas com deficiência física ou mobilidade reduzida nos percentuais previstos na legislação, e áreas de uso comum conforme NBR 9050 (ABNT, 2015). O projeto deve prever para as áreas comuns e, quando contratado, também para áreas privativas, as adaptações que normalmente referem-se a: acessos e instalações; limitação de declividades e de espaços a percorrer; substituição de escadas por rampas; largura de corredores e portas; altura de peças sanitárias; disponibilidade de alças e barras de apoio.</p> | <p>Projetar unidades adaptadas em número conforme com o solicitado pela legislação local que atendam a NBR 9050 (ABNT, 2015), bem como todas as áreas de uso comum que devem atender a NBR 9050 (ABNT, 2015).</p> |
| <p>SISTEMA DE PISOS PARA PESSOAS PORTADORAS DE DEFICIÊNCIA FÍSICA OU PESSOAS COM MOBILIDADE REDUZIDA (PMR). (FA4)</p> | <p>Sistema de piso para área privativa: O sistema de piso para área privativa deve estar adaptado à moradia de pessoas portadoras de deficiência física ou pessoas com mobilidade reduzida.</p> | <p>Projetar sistema de piso adaptado a pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida ou atender a NBR 9050. Especificar a sinalização e locais de sinalização, além de considerar a adequação da camada de acabamento dos degraus das escadas e das rampas, bem como deve especificar desníveis entre as alturas das soleiras.</p> |
| <p>POSSIBILITAR A INSTALAÇÃO, MANUTENÇÃO, E DESINSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS PARA OPERAÇÃO DO EDIFÍCIO (FA5)</p> | <p>Instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos da cobertura: ser passível de proporcionar meios pelos quais permitam atender fácil e tecnicamente às vistorias, manutenções e instalações previstas em projeto.</p> | <p>Análise dos projetos de arquitetura conforme normas NBR 13532 (ABNT, 1995), NBR 9575 (ABNT, 2010), NBR 5419 (2015), NBR 10844 (1989). O projeto deve: compatibilizar o dispositivo nas normas NBR 5419, NBR 10844 e NBR 9575; prever todos os componentes, materiais e seus detalhes construtivos integrados ao sistema de cobertura.</p> |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Quanto à disponibilidade mínima de espaços para uso e operação da habitação, a NBR15.575 (ABNT, 2013) orienta, por meio da tabela F.1 da parte 1, o mobiliário para a organização funcional dos espaços de forma que as necessidades humanas sejam atendidas. O projeto arquitetônico deve prever o mínimo de conforto para a vivência humana nos espaços, para a colocação e utilização de móveis e equipamentos, conforme mostrado na Tabela 2.16.

Tabela 2.17 - Móveis e equipamentos-padrão

| ATIVIDADES ESSENCIAIS/CÔMODOS | MÓVEIS E EQUIPAMENTOS-PADRÃO |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dormir/Dormitório de casal | Cama de casal + guarda-roupa + criado-mudo (mínimo 1) |
| Dormir/Dormitório para duas pessoas (2º Dormitório) | Duas Camas de solteiro + guarda-roupa + criado-mudo ou mesa de estudo |
| Dormir/Dormitório para uma pessoa (3º Dormitório) | Cama de solteiro + guarda-roupa + criado-mudo |
| Estar | Sofá de dois ou três lugares + armário/estante + poltrona |
| Cozinhar | Fogão + geladeira + pia de cozinha + armário sobre a pia + gabinete + apoio para refeição (2 pessoas) |
| Alimentar/tomar refeições | Mesa + quatro cadeiras |
| Fazer higiene pessoal | Lavatório + chuveiro (box) + vaso sanitário <i>NOTA: No caso de lavabos, não é necessário o chuveiro.</i> |
| Lavar, secar e passar roupas | Tanque (externo para unidades habitacionais térreas) + máquina de lavar roupa |
| Estudar, ler, escrever, costurar, reparar e guardar objetos diversos | Escritivaninha ou mesa + cadeira |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013), na tabela F.2 da parte 1, estabelece também dimensões mínimas orientativas para cada mobiliário. Não estabelece, entretanto, dimensões mínimas de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes.

e) Conforto Tátil e Antropodinâmico

O desenvolvimento dos componentes e equipamentos das edificações devem considerar a ergonomia, a estatura medida das pessoas e a força física que deve ser requerida por adultos e crianças para o acionamento de dispositivos. A norma NBR15.575-1 (ABNT, 2013) estabelece critérios de desempenho recomendando a forma e limitando a força necessária para o acionamento de trincos, torneiras e outros dispositivos. Estabelece ainda a planicidade requerida para os pisos que, projetados conforme a Parte 2 da norma, limitarão também as vibrações que poderiam causar desconforto (CBIC, 2013).

A norma NBR15.575 (ABNT, 2013) descreve as exigências seguintes para a avaliação do item Conforto Tátil e Antropodinâmico: conforto na operação dos sistemas prediais;

conforto tátil e adaptação ergonômica; homogeneidade quanto à planicidade da camada de acabamento; e adequação antropodinâmica dos elementos de manobra. Na Tabela 2.17 apresenta-se sinteticamente a descrição das exigências de conforto tátil e antropodinâmico relacionadas diretamente ao conforto ambiental e as ações a serem desenvolvidas dentro do processo de projeto de arquitetura para a obtenção dos melhores resultados relacionados ao conforto objetivo na edificação.

Tabela 2.18 - Conforto Tátil e Antropodinâmico (TA)

| EXIGÊNCIA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AÇÕES |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CONFORTO NA OPERAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS (TA1) | As peças de utilização, inclusive registros de manobra, devem possuir volantes ou dispositivos com formato e dimensões que proporcionem torque ou força de acionamento conforme normas brasileiras, e devem ser isentos de rebarbas, rugosidades ou ressaltos que possam causar ferimentos. | Especificar peças que atendam as normas indicadas. |
| CONFORTO TÁTIL E ADAPTAÇÃO ERGONÔMICA (TA2) | Adequação ergonômica de dispositivos de manobra: trincos, puxadores, cremonas, guilhotinas, etc. devem ser projetados, construídos e montados de forma a não provocar ferimento nos usuários. Para instalações hidrossanitárias, NBR15.575 -6. | Especificar elementos e componentes que atendam aos critérios. Caso necessário solicitar dos fornecedores resultados de ensaios dos elementos e componentes. |
| HOMOGENEIDADE QUANTO À PLANICIDADE DA CAMADA DE ACABAMENTO (TA3) | Planicidade da camada de acabamento ou superfícies regularizadas para fixação da camada de acabamento das áreas comuns e privativas: apresentar valores iguais ou inferiores a 3mm com régua de 2m em qualquer direção exceto para camadas de acabamento em relevo ou por motivos arquitetônicos. | Especificar a planicidade, conforme o critério, no projeto de pisos ou esclarecer que não poderá ser observada por motivos arquitetônicos. Atenção à NBR 9050 (ABNT, 2015) que não aceita desníveis superiores a 5mm. |
| ADEQUAÇÃO ANTROPODINÂMICA DOS ELEMENTOS DE MANOBRA (TA4) | Força necessária para acionamento de dispositivos de manobra: Componentes, equipamentos e dispositivos de manobra devem ser projetados, construídos e montados de forma que: força para acionamento menor que 10 N; toque para acionamento menor que 20 N.m. | Especificar elementos e componentes que atendam aos critérios e exigir comprovação por meio de resultados de ensaios dos elementos e componentes para o fornecimento. |

Fonte: NBR15.575 (ABNT, 2013)

Há que se inferir que quanto ao conforto antropodinâmico, a deformabilidade de pisos, a declividade de rampas, a velocidade de elevadores, relações para a configuração de degraus de escadas, dentre outros aspectos, têm limitações impostas pela norma. Para edificações destinadas a usuários com deficiências físicas e pessoas com mobilidade reduzida (PMR), os dispositivos de manobra, apoios, alças e outros equipamentos devem atender às prescrições da NBR9050 (ABNT, 2015).

2.8 Considerações sobre as temáticas de Conforto e Desempenho

As análises referentes aos conceitos de conforto e às exigências normativas para o alcance do desempenho, o qual se materializa por meio de critérios e requisitos que proporcionam uma análise objetiva para a obtenção da confortabilidade no ambiente construído, geraram uma carga conceitual indispensável aos objetivos da dissertação. O desenvolvimento de um processo de projeto de arquitetura que tenha como base o atendimento irrestrito das demandas relacionadas ao conforto ambiental precisa ater-se nas normatizações vigentes para que se obtenha uma noção global de todas as inferências a serem realizadas.

Observou-se que o conforto é um tema amplo e de muitas interfaces, o que torna complexa a busca pelo pleno atendimento de todas as especialidades sem que as soluções relacionadas a determinada especialidade gere impacto negativos sobre as soluções de outra especialidade. Para tanto, compreender as características de cada uma delas com base em critérios de desempenho torna-se importante para que se estructurem soluções de desenvolvimento de projeto. É necessário ter ciência também de que em estruturas em aço, as quais se caracterizam pela menor massa construída, o alcance dos critérios de conforto normatizados pode demandar uma série de avaliações mais aprofundadas, o que deve ser objeto de análise durante as definições do projeto de arquitetura.

Depois de realizadas as análises deste capítulo, são empreendidas revisões sobre as temáticas de Arquitetura em Aço, no Capítulo 3, e sobre Processos de Projeto, no Capítulo 4. Neste quarto capítulo, os requisitos e critérios de desempenho aqui detalhados são retomados para que se obtenha uma noção de como cada exigência se relaciona durante as fases projetuais de arquitetura.

3. ARQUITETURA EM AÇO

3.1 Considerações Iniciais

O entendimento das condições históricas e econômicas relativas à utilização do aço como sistema estrutural no mercado da construção brasileira torna-se importante para a presente pesquisa na medida em que se pretende desenvolver estratégias de projeto que aperfeiçoem a utilização do aço na arquitetura, visando alcançar as melhores condições de conforto.

3.2 Ambiente Artificial Construído

Busca-se, nesta temática da pesquisa, tratar da arquitetura sob a ótica da confortabilidade, empreendendo análises sobre a conformação do espaço construído. No desenvolvimento do texto são discutidos os objetivos primordiais da arquitetura: a forma, a função e a funcionalidade. Historicamente, o apelo formal é tido como um dos principais investimentos do projeto arquitetônico: a pretensão de beleza, os volumes e as figuras são bases objetivas e essenciais na configuração da construção. Para além da forma, a função do abrigo e suas facetas técnicas que permitem a utilização da edificação em condições humanizadas nas quais se inserem as questões do conforto, muitas vezes relegadas pelo arquiteto, devem ser profundamente avaliadas no desenvolvimento do projeto.

Tratar de uma arquitetura confortável deveria soar como uma redundância, pois toda arquitetura deveria ter a confortabilidade como essência e atributo principal, o que não se confirma na prática projetual.

Pesquisa Datafolha/CAU-BR divulgada em outubro de 2015 apresenta um importante diagnóstico da participação do projeto de arquitetura na rotina das construções brasileiras. Apenas cerca de 7% dos entrevistados já utilizaram serviços de arquitetos para construir (Figura 3.1). Este dado, ao deflagrar a insipiente participação da arquitetura na rotina das pessoas, faz supor a desastrosa qualidade da maioria das construções do país. Nesse contexto,

as condições ambientais importantes para a efetivação de espaços confortáveis e que deveriam ser inerentes às edificações são abnegadas.

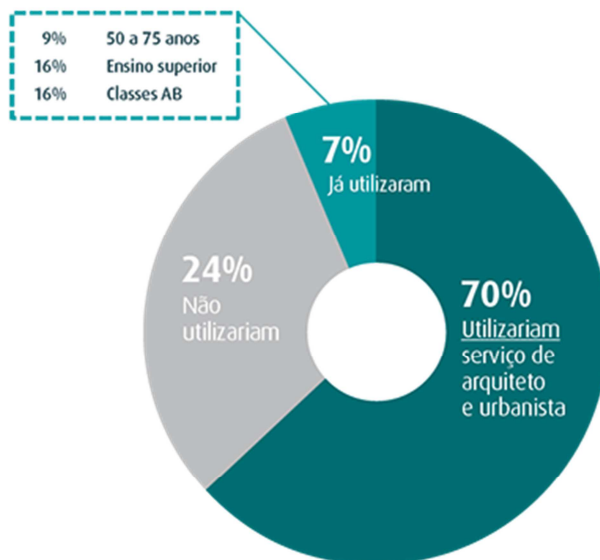


Figura 3.1 - Utilização dos serviços de arquitetos
Fonte: DATAFOLHA, 2015

Gauzin-Müller (2011) infere que além da incipiente participação da arquitetura formal nas edificações construídas no Brasil, “pouquíssimas delas contam com um projeto adequado” ao clima e contexto em que se inserem. São composições construtivas com uma heterogeneidade de conceitos, “pastiches presentes em qualquer parte do mundo, carregadas de equívocos de desenho e de aplicação de tecnologia construtiva, verdadeiras minas de desperdício”.

Dentre problemas que podem ser citados, muitos edifícios comerciais recentes não utilizam proteção solar nas fachadas, expondo grandes superfícies envidraçadas aos rigores do sol tropical, o que se atribui ao alto custo gerado pela manutenção de fachadas complexas que oneram sobremaneira o valor dos condomínios, levando empreendedores e investidores a optar por soluções pragmáticas (GAUZIN-MÜLLER, 2011).

A negação das soluções necessárias ao conforto decorrente da falta de contextualização do edifício no clima em que se implanta, na fase de planejamento, resolve-se atualmente com a adoção de meios mecânicos e tecnológicos. O ar condicionado, por exemplo, substituiu, com enormes prejuízos energéticos, soluções que marcaram o período heroico da arquitetura

moderna brasileira. Oscar Niemeyer, destacado na grande habilidade de projetar com o controle da incidência solar e com o aproveitamento eficiente da ventilação natural, como no Edifício Copan em São Paulo (Figura 3.2), rendeu-se às peles de vidro em suas últimas obras, como na Sede da Procuradoria Geral da República (PGR) em Brasília (Figura 3.3), o que em uma análise específica gerou críticas. A relevância de se construir com menor impacto ambiental, gerando menos poluição, e assumindo uma busca pela sustentabilidade, tão propagandeada nos últimos tempos, é renegada constantemente em grandes obras no Brasil.



Figura 3.2 - Edifício Copan (São Paulo, 1966)



Figura 3.3 - Procuradoria Geral da República (Brasília, 2002)

Dois momentos da produção arquitetônica da Oscar Niemeyer. Fontes: COPAN..., 2015; PGR..., 2015.

A construção moderna, ao se aventurar pela alta produtividade sem avaliar o uso de quantidade desmedida de elementos nocivos em forma de substâncias voláteis, materiais cancerígenos, espaços sem ventilação e desperdício de energia, vai de encontro ao avanço na consciência de que a edificação não basta servir como abrigo, deve ser saudável e confortável. O destaque do setor da construção civil como propulsor da economia, em um contexto de especulação imobiliária, com o uso de materiais de baixa qualidade e de mão de obra barata, com vistas a obter o rendimento máximo, faz com que o ambiente construído pereça de estratégias positivas de conforto (MIRALLES, 2011).

Na construção de imagens a serem vendidas, pouco importando o conteúdo da obra, grande parte dos projetos contemporâneos assume um caráter meramente formal, em detrimento de quesitos técnicos e psicológicos que os tornem eficientes e confortáveis,

embora o resultado estético de considerável gama de edifícios construídos na atualidade seja questionável. O arquiteto Richard Rogers ao dizer “forma segue lucro: é o princípio estético de nossos tempos” (DUSHKES, 2014, p.41) atesta essa ocorrência formal da arquitetura atual como um ponto problemático, na medida em que a obra se torna um objeto de valor estético questionável. Bruno Zevi, ao opinar que “a fachada e as paredes de uma construção são apenas o recipiente, a caixa que as paredes formam; o conteúdo é o espaço interno” (DUSHKES, 2014, p.90) explicita uma tendência necessária à arquitetura: a de prover espaços que sejam suficientes para o conforto do usuário. Não se trata aqui de contestar a função estética da arquitetura, mas de explicitar a importância do projeto arquitetônico para a criação de espaços que compreendam o usuário e lhe proporcione as melhores sensações de conforto.

No contexto sugerido de que a produção arquitetônica precisa combinar suas propostas formais com seu funcionamento para promover qualidade de vida e conforto ambiental, o exercício tende a ser uma análise constante do contexto em que se insere e uma busca pelos parâmetros técnicos que lhe condicionem a servir de estímulo à vida de seus usuários. Como conclusão a esta análise sucinta do ambiente construído torna-se interessante citar as palavras do arquiteto Billie Tsien:

[...] um valor importante para nós é combinar todos os diversos elementos da arquitetura – materiais, espaço, forma, iluminação, cor – e produzir um todo unificado. Não estamos interessados em produzir uma colagem, de forma alguma. As vidas das pessoas são a colagem, e ninguém precisa de uma colagem sobre outra colagem. O que você precisa é oferecer um senso de integridade de que modo que o caleidoscópio possa acontecer dentro disso (DUSHKES, 2014, p.128).

3.3 Aplicação e Estatísticas quanto ao uso do Aço

Sabe-se que o aço apresenta muitas vantagens como material estrutural, dentre as quais podem ser citadas (CBCA, 2015; BORSATO, 2009; BAUERMANN, 2002).

- A tecnologia do aço possibilita grande liberdade de criação, permitindo a elaboração de projetos arrojados e de expressão arquitetônica marcante;
- As seções dos pilares e vigas de aço são substancialmente mais esbeltas do que as equivalentes em concreto, resultando em melhor aproveitamento do espaço interno e aumento da área útil, fator muito importante principalmente em estacionamentos;

- Como tipologia estrutural mostra-se especialmente indicada nos casos onde há necessidade de adaptações, ampliações, reformas e mudança de ocupação de edifícios. Além disso, torna mais fácil a passagem de instalações de água, ar condicionado, eletricidade, esgoto, telefonia, informática etc.;
- O sistema construtivo em aço é compatível com diversos tipos de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, admitindo desde os mais tradicionais (tijolos e blocos, lajes moldadas in loco) até componentes pré-fabricados (lajes e painéis de concreto, painéis *drywall*, etc.);
- A fabricação da estrutura em paralelo com a execução das fundações, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos tradicionais;
- Numa obra, por meio de processos tradicionais, o desperdício de materiais pode chegar a 25% em peso. A estrutura em aço possibilita a adoção de sistemas industrializados, fazendo com que o desperdício seja sensivelmente reduzido;
- Por serem mais leves, as estruturas em aço podem reduzir em até 30% o custo das fundações;
- A fabricação dos elementos estruturais ocorre dentro de uma indústria e conta com mão-de-obra altamente qualificada, o que dá ao cliente a garantia de uma obra com qualidade superior devido ao rígido controle existente durante todo o processo industrial;
- Em função da maior velocidade de execução da obra, há um ganho adicional pela ocupação antecipada do imóvel e pela rapidez no retorno do capital investido;
- Como a estrutura é totalmente pré-fabricada, há uma melhor organização do canteiro devido, entre outros, à ausência de grandes depósitos de areia, brita, cimento, madeiras e ferragens, reduzindo também o desperdício desses materiais. O ambiente limpo com menor geração de entulho oferece ainda melhores condições de segurança ao trabalhador, contribuindo para a redução dos acidentes na obra;
- O aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas;
- A estrutura em aço é menos agressiva ao meio ambiente, pois além de reduzir o consumo de madeira na obra, diminui a emissão de material particulado e poluição sonora gerada pelas serras e outros equipamentos destinados a trabalhar a madeira.

A existência de tantos fatores positivos, embora pareça credenciar o aço como sistema muito superior aos demais, na prática, muitas vezes não consegue fazer viabilizar a escolha da estrutura em aço. Isto porque, para definir o sistema a ser utilizado, o empreendedor primeiro considera o custo, segundo, o custo e terceiro, o custo; conforme descreveu Viotto (2001, apud BAUERMANN 2002) de uma resposta de um empreendedor, segundo o qual apenas fatores arquitetônicos, técnicos ou de prazo superam os “três primeiros fatores”.

A construção em aço surgiu inicialmente na Inglaterra – há cerca de 200 anos – e desde então vem aprimorando sua tecnologia e contribuindo para o desenvolvimento do setor em todo o mundo. No Brasil, a história é mais recente. Foi no final do século XIX e início do século XX que o aço começou a ser utilizado, mas ainda na forma de estruturas pré-fabricadas importadas para atender à demanda crescente por pontes e edifícios.

Apenas a partir do início de operação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) a primeira siderúrgica integrada instalada no país, em 1946, é que o aço importado passou a ser substituído pelo produto de fabricação nacional. A princípio, contudo, o aço produzido no Brasil tinha como destino prioritário o setor industrial, que crescia com vigor, impulsionado pela ênfase na política de substituição de importações e pelo crescimento do setor automotivo.

Assim, desde o início do século passado, a construção civil no Brasil se desenvolveu privilegiando o concreto e a alvenaria, tendo como característica o uso intensivo de mão de obra, principalmente a de baixa qualificação. Mesmo recentemente, como no período entre 1980 e 2004, este conservadorismo se manteve e foi reforçado, provavelmente devido às baixas taxas de crescimento do setor da construção, que atingiram média de apenas 0,5% anual no período. De lá para cá muita coisa mudou nesse cenário.

A partir de 2003 a construção encontrou um novo ritmo de crescimento. A expansão também trouxe grandes alterações qualitativas e um crescente amadurecimento do mercado, que passou a exigir obras cada vez mais rápidas e com maior qualidade. Com a elevação do custo da mão de obra tornou-se indispensável a racionalização de processos e a busca por maior produtividade e com melhor qualificação dos trabalhadores. O bom desempenho das edificações tornou-se um requisito obrigatório, incorporando também a preocupação com o menor impacto ambiental dos materiais e da obra como um todo, o que é uma exigência cada vez mais importante para os clientes e para a sociedade. Essas demandas encontraram a

resposta adequada nos sistemas construtivos industrializados, entre os quais se destacam os sistemas construtivos em aço. Com o objetivo de se obter uma visão espaço-temporal da utilização do aço no Brasil realizou-se um apanhado histórico, conforme se descreve a seguir. Os primeiros instrumentos de ferro fabricados no Brasil foram feitos por escravos, que trouxeram o conhecimento do continente africano.

Nas primeiras décadas do século XIX, foram descobertas reservas de carvão e minerais ricos em ferro no interior do sudeste do país, onde se estabeleceram as primeiras “fábricas de ferro”. O material produzido era de baixa qualidade, pois era rico em fósforo, que reduzia sua ductilidade e o tornava quebradiço. Seu custo também era alto, devido à dificuldade de transporte para os principais centros urbanos, que se situavam no litoral.

Com isso, o ferro produzido no país não conseguiu competir com o material que era importado da Inglaterra. A transferência da corte portuguesa para o Brasil intensificou o comércio com a Inglaterra, por meio de diversos tratados assinados por Portugal. Isso também contribuiu para que a concorrência com os produtos ingleses impedisse o desenvolvimento da metalurgia no país.

O Brasil importava o ferro na forma de produtos acabados, como grades, guarda-corpos, máquinas industriais e agrícolas. A importação contribuiu para o desenvolvimento das ferrovias e, como na Europa, foram construídas várias estações e edifícios de apoio com a estrutura em ferro fundido. Na segunda metade do século XIX, a burguesia emergente, enriquecida pelo cultivo do café (na região sudeste) e da borracha (na região norte) e pelo desenvolvimento do comércio, voltava-se para o consumo dos produtos europeus. Edifícios inteiros eram comprados, desde teatros, mercados até estações ferroviárias.

Nesse período, a região amazônica era a única produtora de borracha do mundo, o que promoveu um rápido enriquecimento de seus exploradores, fazendo com que Belém, fosse um dos centros urbanos brasileiros que mais importou edifícios de ferro da Europa. Pode-se citar como exemplo dessa arquitetura, ainda presente na cidade, o Mercado do Ver-o-Peso (Figura 3.4). As estruturas importadas da Europa marcaram a arquitetura da época e muitos exemplares ainda podem ser vistos em algumas cidades brasileiras, como o Teatro José de Alencar, em Fortaleza (Figura 3.5).



Figura 3.4 - Mercado Ver-o-Peso, Belém, Pará - estrutura importada da Europa.
Fonte: MERCADO..., 2015.



Figura 3.5 - Teatro José de Alencar, Fortaleza, Ceará - estrutura importada da Europa
Fonte: TEATRO..., 2015.

São Paulo também foi uma das cidades que mais importou edifícios europeus. Um exemplo ainda existente é a Estação da Luz (Figura 3.6), que adotou um partido semelhante às estações londrinas. A importação de ferro e de aço foi dificultada na primeira guerra mundial e a demanda por estes materiais aumentou. Com isso, o setor siderúrgico começou a se desenvolver no Brasil. Entre 1917 e 1930, com a criação, em Sabará/MG, da Companhia

Siderúrgica Brasileira, a siderurgia nacional deu um grande salto com a construção de um alto-forno mais moderno.



Figura 3.6 - Estação da Luz, São Paulo, capital - estrutura importada da Europa
Fonte: ESTAÇÃO..., 2015.

Em 1922 a empresa se transformou na Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, e em 1937, inaugurou uma fábrica em João Monlevade/MG, que passou a produzir pequenos perfilados e arames. Em 1930, a produção da Belgo-Mineira e de outras pequenas instalações somava 21 mil toneladas de aço e 36 mil toneladas de ferrogusa, e as importações de artefatos de ferro e aço ultrapassavam a cifra de 300 mil toneladas (DIAS, 2001).

Na década de 1930, o então presidente Getúlio Vargas investiu na industrialização do país, e o setor siderúrgico se desenvolveu para sustentar a construção de novas fábricas. A indústria pesada acabou gerando altos lucros para as usinas siderúrgicas, que não investiram na construção civil e cresceram voltadas para atender a outros setores industriais, principalmente o automobilístico.

Em 1942, foi criada a Usina da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro, e a Companhia Vale do Rio Doce, para exploração do minério de ferro. Foi nesta mesma época que a indústria de cimento se desenvolveu no Brasil, influenciando o setor da construção civil a partir da década de 1920 e possibilitando o desenvolvimento de uma arquitetura voltada para o uso do concreto armado.

Nos anos 1960 foi inaugurada a Companhia Siderúrgica de São Paulo (COSIPA) e a Usina Siderúrgica de Minas Gerais (USIMINAS), e em 1976 foi construída a Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST), localizada no Espírito Santo, que iniciou suas operações em 1983. A AÇOMINAS, localizada em Ouro Branco, Minas Gerais, começou a produzir, posteriormente, em 1986 e atualmente está integrada ao Grupo GERDAU.

Sendo assim, somente no final da década de 1950 e na década de 1960, a estrutura de aço começou a ser utilizada no país. Nesta época, a estrutura de aço era usada basicamente como um esqueleto interno do edifício e sua forma e seu sistema estrutural eram pouco trabalhados. Como exemplo, podem-se citar os onze edifícios da Esplanada dos Ministérios, em Brasília, construídos com estrutura importada dos Estados Unidos, em 1958 (Figura 3.7).



Figura 3.7 - Construção dos edifícios da Esplanada dos Ministérios, Brasília, Distrito Federal
Fonte: EDIFÍCIOS..., 2015.

O Palácio do Comércio, em São Paulo, 1959, foi o primeiro edifício de andares múltiplos para fins comerciais construído no país com estrutura de aço. O Edifício Avenida Central, no Rio de Janeiro, construído em 1961, possui toda a estrutura externa revestida em alumínio para a proteção contra incêndio. Esses exemplos, entre outros, marcaram uma época onde a estrutura de aço era, na maioria das vezes, completamente revestida e usada simplesmente como um elemento de sustentação.

A siderurgia do Brasil atingiu um patamar de excelência nos anos 1980, desenvolvendo produtos com certificados de qualidade exigidos mundialmente. Nesse período também, o emprego do aço na arquitetura passa a ser significativo, quando a estrutura começa a surgir nas fachadas das edificações e a fazer parte da estética dos edifícios. Aos poucos, os

arquitetos passaram a trabalhar essa estrutura como parte integrante da composição e da concepção de seus projetos.

O Brasil passou de importador para exportador de produtos siderúrgicos com a consolidação do setor siderúrgico. Por outro lado, as maiores usinas siderúrgicas criadas eram empresas estatais, cuja atuação no mercado acontece de forma mais lenta, devido à grande burocracia do governo. Com isso, a construção civil deixou de ser, por muito tempo, um cliente para o setor.

Nos anos de 1990, inicia-se a privatização das empresas, que passam a possuir uma filosofia de atuação diferente da anterior, com a necessidade de expansão do seu mercado, momento em que a construção civil passa a ser um grande consumidor em potencial. Além disso, o desaquecimento do mercado das indústrias pesadas fez com que os investimentos fossem direcionados para outras áreas. Aços especiais com alta resistência mecânica e resistência à corrosão passaram a ser desenvolvidos para a utilização em sistemas estruturais.

Gradualmente, os arquitetos brasileiros adquiriram conhecimento quanto ao uso do aço e, com a consultoria de profissionais especializados, apoiados pela tecnologia desenvolvida, começaram a criar com esta tipologia estrutural, desde a concepção inicial do projeto. O mercado nacional já oferece aos interessados nos sistemas construtivos em aço uma ampla série de produtos e soluções, além de empresas e profissionais especializados, consultorias, montadoras e equipamentos para montagem. Obras como o Hospital Sarah de Brasília (Figura 3.8) e a Ponte JK (Figura 3.9), também em Brasília, representam bem o momento de dinamização na utilização do aço como sistema estrutural.



Figura 3.8 - Hospital Sarah, Brasília, Distrito Federal – arquiteto João Filgueiras Lima, 2000
Fonte: HOSPITAL..., 2015.



Figura 3.9 - Ponte JK, Brasília, Distrito Federal – arquiteto Alexandre Cham, 2002
Fonte: PONTE JK..., 2015.

O uso do aço em obras recentes, como estádios para a Copa do Mundo de Futebol em 2014 e arenas para os Jogos Olímpicos 2016 (Figura 3.10), aeroportos, edifícios corporativos, hotéis e até edifícios do Minha Casa Minha Vida, atestam a enorme contribuição que a construção em aço oferece para que se tenham obras cada vez mais rápidas, eficientes, com destaque estético e menor impacto ambiental.



Figura 3.10 - Arena do Futuro - Jogos Olímpicos Rio 2016
Fonte: ARENA..., 2016

Uma das obras de destaque no cenário brasileiro atual é o Museu do Amanhã (Figura 3.11), projetado pelo arquiteto espanhol Santiago Calatrava, na cidade do Rio de Janeiro, um novo marco na paisagem da cidade. Na estrutura, 3.800 toneladas de aço ocupam 330 m de comprimento em uma área de 35,8 mil m², viabilizando balanços de 75m nas extremidades (CBCA, 2015).



Figura 3.11 - Perspectiva ilustrativa do Museu do Amanhã, Rio de Janeiro, capital, Santiago Calatrava
Fonte: MUSEU..., 2015.

Siegbert Zanettini, na publicação *Evolução e Perspectivas da Construção em Aço no Brasil* (CBCA, 2015), sintetiza a situação atual do uso do aço na construção civil:

“Após cinco décadas de pesquisa, estudos e projetos efetuados, não temos mais dúvidas em afirmar que a tecnologia do aço é, dentre todas as conhecidas, aquela que possui o maior e mais profundo relacionamento com os conceitos de produção industrializada. Ela supera as demais em diversos aspectos, como velocidade, limpeza de canteiro, ausência de desperdícios, previsibilidade e planejamento do processo construtivo, permitindo que se defina com extrema precisão as quantidades, a qualidade e a viabilidade de custo anteriormente à execução de um empreendimento. O aço é um material inteiramente reciclável, uma tecnologia limpa, atendendo aos anseios da sociedade que hoje se volta à busca de soluções para um desenvolvimento mais sustentável. Venho assistindo a crescente demanda por cursos e informações, e a multiplicação das experiências realizadas por alunos, além do crescimento significativo de trabalhos adotando estrutura metálica nas faculdades, o que indica uma tendência irreversível na sua utilização”.

3.4 Questões Construtivas da Arquitetura em Aço

A construção civil é o setor que mais consome produtos siderúrgicos no Brasil, assim como no mundo todo. Atualmente, responde por 37% do total do consumo aparente de aço no país. E a Pesquisa Industrial Anual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indica que a construção em aço no Brasil cresceu ao ritmo de 11% ao ano, em média, no período entre 2002 e 2012, atingindo o consumo de 1,7 milhão de toneladas. Enquanto isso, a construção civil como um todo crescia 4,3% ao ano e o PIB nacional registrou média de apenas 3,9% no mesmo período (CBCA, 2015).

Na Figura 3.12 visualiza-se a evolução da participação dos principais setores consumidores de aço, em que a construção civil assume posição de destaque e apresenta períodos de consideráveis crescimentos no período entre 2006 e 2013.

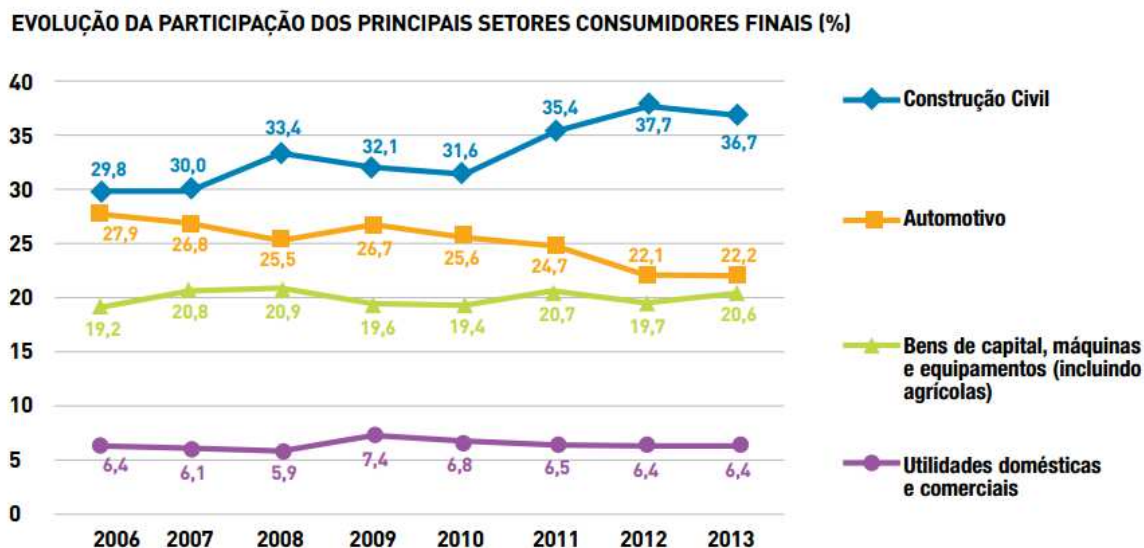


Figura 3.12 - Evolução da participação dos principais setores consumidores de aço
Fonte: CBCA, 2015.

De acordo com dados da pesquisa Perfil dos Fabricantes de Estruturas de Aço – 2014, do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) em parceria com a Associação Brasileira da Construção Metálica (ABCCEM), abrangendo um universo de 166 empresas participantes, a construção em aço representa atualmente cerca de 14% do universo do setor de edificações.

Conforme dados do Instituto Aço Brasil, o consumo de aço para estruturas voltadas para a construção cresceu 6,4% entre 2012 e 2013. Em 2013, o setor dos fabricantes de estruturas de aço empregou aproximadamente 31 mil trabalhadores e faturou cerca de R\$ 9 bilhões. O segmento estimou um crescimento de 5% para 2014. No período de 12 meses, houve um crescimento de 1,4% da capacidade produtiva destas empresas em relação a 2012. O nível de utilização dessa capacidade ficou em 73%.

Outra pesquisa realizada pelo CBCA e ABCCEM pelo segundo ano consecutivo com os fabricantes de telhas de aço e *steel deck* apresentou para esse setor uma produção total em 2013 de cerca de 415 mil toneladas, representando 16,5% do mercado brasileiro de coberturas, com 60% de participação no segmento industrial e comercial. As telhas

trapezoidais e/ou onduladas foram responsáveis por cerca de 75% dessa produção. Em relação à capacidade produtiva instalada, o setor apresentou um volume de cerca de 832 mil toneladas, com um nível de utilização de cerca de 53,5%. O segmento expressa também a preocupação com a qualidade e conformidade com seus processos de produção: 70% das empresas mantém algum tipo de certificação. Considerando-se que o segmento residencial representa cerca de 72% do mercado total de coberturas, e que o aço ainda é inexpressivo nessa categoria, conclui-se que há um enorme potencial de crescimento nesse importante mercado.

Pesquisa realizada pelo CBCA em parceria com o Instituto de Metais Não Ferrosos (ICZ) em 2014, denominada Cenário dos Fabricantes de Perfis Galvanizados, mostrou que o segmento apresentou uma produção total de cerca de 36 mil toneladas de perfis para Light Steel Frame em 2013, com capacidade produtiva instalada de 78 mil toneladas. Já a produção total de perfis para *Drywall* no mesmo período ficou em cerca de 69 mil toneladas, com capacidade instalada de cerca de 123 mil toneladas.

Questões de caráter projetual e de execução influenciam a qualidade do processo construtivo em aço e precisam ser planejadas corretamente para que se tenham resultados positivos que contribuam para a defesa da estrutura como um sistema seguro e viável economicamente.

Bauermann (2002) concluiu que determinadas ações ocasionam retrabalhos, desperdícios de capital, de material e de tempo, tais como: o planejamento do processo de execução ser efetuado depois do desenvolvimento do projeto; a elaboração simultânea dos projetos das diferentes especialidades e ao longo das fases, que são definidas em decorrência da complexidade dos desenhos, com marcos de início e fim; o desenvolvimento de projetos de acordo com o cronograma de execução da obra; o fato de somente as equipes de compatibilização e coordenação serem responsáveis por avaliar a viabilidade das soluções, o que faz com que essa avaliação acontece após a elaboração dos projetos; e desconsideração do processo de projeto como um processo de produção, sem o planejamento das atividades.

A autora sugere determinadas medidas para a correção destas questões, tais como: definir os sistemas construtivos industrializados antes de iniciar o desenvolvimento dos projetos executivos; iniciar o planejamento do processo de execução após a definição dos

sistemas construtivos e antes de se iniciar os projetos executivos; planejar o desenvolvimento dos projetos executivos como um processo de produção, considerando a interface entre as especialidades de projeto, considerando a logística de execução e considerando os prazos para fabricação e transporte dos componentes industrializados; e iniciar a compatibilização das soluções na fase de planejamento do processo de projeto e efetuar a compatibilização durante a elaboração dos projetos.

Na pesquisa de Bauermann (2002) algumas questões físicas importantes foram observadas nos estudos de caso realizados e se relacionam com as especialidades de projeto, como por exemplo: sistema de elevadores, quanto à fixação das guias de corrida e das portas; sistema de ar condicionado, quanto às dimensões dos dutos e equipamentos e localização das áreas técnicas; sistema de fechamento vertical, quanto à fixação dos painéis por conta da tolerância de dimensões entre os sistemas e da determinação de sobrecargas; paisagismo, quanto à definição de sobrecargas nas lajes; e arquitetura, quanto às áreas úteis, definição de vãos livres, áreas de passagem e na interface entre todos os sistemas da edificação. A autora conclui também que os problemas detectados são causados pela

“falta de uma equipe de projeto preparada para atender a um processo de construção e a uma equipe multidisciplinar e não, simplesmente, à linha de produção, e pelas falhas ainda existentes na comunicação interna entre os departamentos comerciais, de projeto e de fabricação das próprias empresas. A linguagem gráfica comumente empregada na representação dos projetos estruturais também influencia o processo de projeto negativamente” (BAUERMAN, 2002).

Outras situações configuram-se importantes, senão decisivas, para a escolha do aço como sistema construtivo para empreendimentos. Algumas, se não corretamente analisadas geram problemas que afetam a qualidade da construção e denigrem o sistema como uma solução segura e viável. Algumas dessas desvantagens são descritas a seguir (BORSATO, 2009; BAUERMAN, 2002):

- Necessidade de desembolso financeiro imediato para contratação da estrutura;
- Limitação de fabricação em função do transporte até o local da montagem final, assim como o custo desse mesmo transporte, em geral bastante oneroso;
- Necessidade de tratamento superficial das peças estruturais contra oxidação devido ao contato com o ar, sendo que esse ponto tem sido minorado por meio da utilização de perfis de alta resistência à corrosão atmosférica, cuja capacidade está na ordem de quatro vezes superior aos perfis de aço carbono convencionais;

- Necessidade de mão-de-obra e equipamentos especializados para a fabricação e montagem;
- Limitação, em algumas ocasiões, na disponibilidade de perfis estruturais, sendo sempre aconselhável antes do início de projetos estruturais, verificar junto ao mercado fornecedor, os perfis que possam estar em falta nesse mercado;
- Insuficiência de materiais complementares industrializados (fechamentos, por exemplo) ou fornecedores nacionais;
- Exigência de manutenção maior que as estruturas de concreto armado;
- Exigência de grau maior de especialização da mão-de-obra de montagem no canteiro de obras, o que eleva o gasto com equipamentos, normalmente alugados ou amortizados pela obra específica;
- Dependendo do porte da edificação, exige uma proteção contra incêndio que aumenta seu preço. Essa proteção não é, normalmente, exigida em estruturas de concreto armado;
- Ensino ainda pouco aprofundado e específico sobre sistemas construtivos metálicos na formação de arquitetos, engenheiros e projetistas, fazendo com que haja uma carência de profissionais especializados no mercado;
- O conforto térmico e o conforto acústico são prejudicados devido à retirada de massa, recomendando alternativas para tratamento.

Dos itens elencados acima, os dois últimos possuem importância maior no contexto do presente trabalho, uma vez que a carência de formação e informação relativas ao projeto de arquitetura estruturado em aço faz com que os arquitetos desconheçam o processo de concepção e, por conseguinte, o retirem em detrimento das estruturas tradicionais; e o fato de ser necessária uma atenção maior para as questões de conforto térmico e acústico.

Interessante observar a avaliação de alguns profissionais quanto aos pontos de atenção e às possibilidades que o aço pode oferecer à construção civil. O arquiteto Emerson Vidigal (Estúdio 41 Arquitetura) autor do projeto da nova Estação Antártica Comandante Ferraz, na Península Keller, Antártica, diz o seguinte:

“[...] O aço poderia se encaixar bem para projetar e fabricar sistemas modulares que permitissem construir de casas a escolas, de hotéis a hospitais, por exemplo. Mas seria fundamental uma parceria entre equipes profissionais da arquitetura e engenharia com a indústria, um diálogo estreito

entre os envolvidos, mas acredito que é um caminho possível e importante. Se tomarmos os devidos cuidados poderemos implantar essas construções e, ao mesmo tempo, gerar qualidade arquitetônica e qualidade de vida urbana.” (CBCA, 2015).

O engenheiro João Alberto Vendramini acredita que investir em mão de obra, em cursos de qualificação e em melhorias na normatização trará diferencial para o uso do aço na construção civil:

“[...] julgo importante a maior qualificação da mão de obra diretamente ligada à produção das estruturas em aço, especialmente a empregada na obra onde ainda temos carências. Por fim, vejo que precisamos fortalecer a engenharia nacional, aumentando os cursos diretamente ligados às estruturas metálicas, seja no âmbito da graduação ou mesmo nos cursos de extensão profissional. Ainda temos muito que trabalhar na questão da normatização, priorizando a utilização de normas brasileiras desde o projeto até a fabricação das estruturas em aço.” (CBCA, 2015)

O arquiteto Samuel Kruchin, autor do complexo multiuso Praça Pamplona, em São Paulo, acredita haver a necessidade de maior experimentação estrutural, importante para que o aço seja utilizado como um sistema mais flexível:

“[...] sentimos falta de um aprofundamento da experimentação com o material, seja ela técnica ou formal. Desenhar em aço, explorar as potencialidades plásticas do material, como algo intrínseco à arquitetura, ainda é um exercício incipiente entre nós e há muito a fazer nesse sentido. Parece-me, contudo, que está consolidado o caminho das soluções que dependam cada vez menos de uma mão de obra convencional e que apontem para a necessidade de uma trajetória de experimentação estrutural mais ousada e rica, onde o aço deve ter um papel central. Os sistemas robotizados de produção, as infinitas possibilidades de composição entre perfis, de curvaturas das peças controladas digitalmente, a otimização das ligações; enfim, todos os componentes da linguagem da arquitetura em aço estão disponíveis como uma biblioteca tecnológica a ser utilizada, mas ainda é preciso que a arquitetura veja, conheça e incorpore estas possibilidades de forma definitiva.” (CBCA, 2015)

Siegbert Zanettini, reconhecido como um dos maiores especialistas em edificações estruturadas em aço do país e vencedor de diversos prêmios nacionais e internacionais de arquitetura e sustentabilidade, acredita que logística, financiamento e o processo de projeto precisam receber atenção:

“[...] as indústrias de estruturas metálicas, em sua maioria, ainda estão situadas nos grandes centros, o que dificulta a adoção dessa tecnologia em regiões mais longínquas. Outra questão limitante é o financiamento. Há ainda uma incompreensão por parte dos financiadores em relação à dinâmica de produção do edifício metálico. Acostumados com processos convencionais de construção e à tradicional forma de liberação das parcelas dos financiamentos, eles não dispõem de novas formas de avaliação capazes de incorporar a questão industrial do sistema metálico, o que implica na

aquisição do produto praticamente no início da obra, alterando o sistema de medição e pagamento. Afirmar que ‘a obra em aço é mais cara do que a de concreto’ não é o correto. É preciso reverter essa situação, mas para isso os empresários do setor da construção civil precisarão primeiramente superar alguns erros da trajetória do aço no Brasil, como a construção sem projeto ou com projetos mal desenvolvidos, uma vez que é inerente a esse sistema o planejamento.” (CBCA, 2015)

Conforme constatado neste capítulo, o número de projetos de arquitetura em estrutura de aço tem aumentado ao longo dos últimos anos. O processo de projeto ainda se configura como um ponto para a melhoria do sistema. Entende-se, portanto, que ao delinear estratégias projetuais de conforto ambiental para projetos de arquitetura em aço que se pretende para o presente trabalho, são obtidas contribuições importantes para a dinamização do processo de projeto e da melhoria da integração entre algumas das mais importantes disciplinas de projeto.

4. PROCESSOS DE PROJETO

4.1 Considerações Iniciais

O conceito de projeto abrange diferentes áreas disciplinares. Novaes (2001) classifica o termo projeto em duas categorias: estático e dinâmico. Projeto estático tem a ver com produto, no sentido de elaboração de elementos gráficos e descritivos, com linguagem apropriada para o atendimento das demandas da etapa de produção; com viés tecnológico, pois se busca soluções que visam o aperfeiçoamento projetual. Quanto ao projeto dinâmico, o autor relaciona com um processo, por meio do qual se criam soluções que precisam ser compatibilizadas; com viés gerencial, pois se criam etapas diferenciadas e há a participação de um grupo de responsáveis pelas decisões técnicas, econômicas e cronológicas.

Fabrício (2002) infere que há duas dimensões de projeto inter-relacionadas: uma que trata o termo como um produto e outra que o trata como um processo. O projeto como um produto deve gerar especificações técnicas e representações gráficas a partir de requisitos preestabelecidos pelos clientes. O projeto entendido como um processo relaciona-se a um produto projetual com atividades distintas e coordenadas no qual participam responsáveis pelo seu desenvolvimento nas diversas fases do empreendimento. As normas brasileiras NBR 5670 (ABNT, 1977) e NBR 13531 (ABNT, 1995) expõem conceitos técnicos para o termo projeto. A NBR 13531 (ABNT, 1995) classifica projeto como a “determinação e representação prévias dos atributos funcionais, formais e técnicos de elementos de edificação a construir, a pré-fabricar, a montar, a ampliar, [...] abrangendo os ambientes exteriores e os projetos de elementos da edificação e das instalações prediais”. Melhado (1994) classifica projeto como

“uma atividade ou serviço integrante do processo de construção, responsável pelo desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas especificadas para uma obra, a serem consideradas na fase de execução”.

O desenvolvimento de projetos arquitetônicos configura-se como um processo intrincado em que a gestão contínua e a retroalimentação das etapas tornam-se imprescindíveis para o alcance do produto desejado.

Com a evolução tecnológica e o surgimento de ferramentas de coordenação eficazes, o processo de projeto torna-se cada vez mais dinâmico e sua gestão pode ser feita por diferentes atores dentro do sistema, tais como: o arquiteto, o engenheiro, o coordenador de obra, os projetistas complementares, dentre outros. Programas computacionais, como o PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), por exemplo, dão conta de possibilitar uma participação múltipla no processo e permitem ao gerente do projeto uma gestão ramificada, possibilitando a visualização do todo projetual com melhor amplitude e diferentes formas de controle do processo. Vários autores inferem que o projeto é responsável por 20% dos custos de falhas internas da qualidade - ocorridas e retificadas nas fases de síntese e projeto - e por 51% dos custos de falhas externas - ocorridas após a vistoria e entrega do imóvel (HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992 apud BAUERMANN, 2002).

Mesmo diante de dados e pesquisas que comprovam a importância do projeto para a qualidade da edificação e para os custos finais do empreendimento, os empreendedores o veem como uma despesa que deve ser minimizada o quanto for possível. A necessidade de investir no projeto na fase inicial do empreendimento, quando ainda não aprovado pelos órgãos responsáveis provoca incerteza e motiva essa visão questionável (MELHADO, 1995). A capacidade de a fase de projeto influenciar o custo final do empreendimento mostra-se muito grande, juntamente com o estudo de viabilidade, conforme apresentado na Figura 4.1.

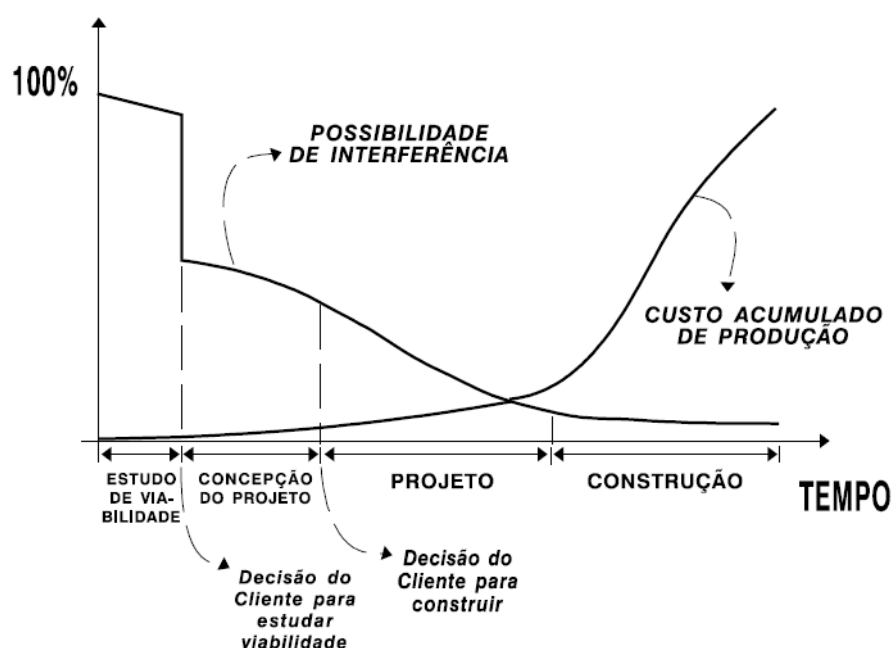


Figura 4.1 - O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo de falhas do edifício
 Fonte: (HAMMARLUND; JOSEPHSON, 1992 apud MELHADO, 1995)

Encarar o desenvolvimento do projeto como uma possibilidade de aperfeiçoar o processo de construção torna-se, por conseguinte, uma estratégia impreterível e preemptória para o êxito do empreendimento.

4.2 Processo de Projeto de Arquitetura

A concepção em arquitetura, segundo Maciel (2003), conforme sintetizado na Figura 4.2, parte de três principais prerrogativas: o programa de necessidades que engloba os usos da edificação, as questões tipológicas, a questão de viabilidade econômica, dentre outros; o lugar, que se caracteriza pela geotecnia, pela topografia, pelas análises climáticas, e por questões espaciais e ambientais diversas, além de legislações e normas; e pelo modo de construir que tem a ver com as tecnologias construtivas a serem adotadas, os processos de construção e demais caracteres técnicos relacionados.

A compreensão do lugar gera o “conhecimento necessário para se evitarem equívocos banais que podem comprometer a habitabilidade dos espaços, gerando incompatibilidades em relação ao clima e à natureza, que interferem na vida cotidiana”. Além disso, as condicionantes naturais – topografia, planimetria, estrutura urbana, paisagem etc. – podem repercutir na configuração final do objeto arquitetônico. Quanto ao programa, torna-se determinante para a definição de dimensões dos espaços a fim de acomodar as diversas atividades propostas para o edifício. Além disso, o programa deve contemplar as questões econômicas, os usos e as atividades a serem desenvolvidas na edificação. No que se refere ao modo de construir, a definição de materiais, tecnologias, elementos e soluções técnicas viabilizam a realização do espaço imaginado e proporcionam a forma arquitetônica (MACIEL, 2003).

Essas três bases principais são materializadas no desenho, a representação gráfica que deve explicitar com clareza os procedimentos para a construção, o qual pode ser efetuado por meio de ferramentas analógicas, como croquis; ferramentas digitais como os programas computacionais em 2D e 3D; e por meio de *softwares* de modelagem da plataforma BIM, que na verdade não são modalidades de desenho, mas de gestão do projeto, conforme se verificará adiante. Além disso, metodologias diagramáticas também são importantes mecanismos de

representação. Sendo assim, os mecanismos de desenho (ou de representação) das três condicionantes têm a função de transformar a ideia inicial em uma realidade concreta.

O conceito na maioria das vezes se configura como uma ideia abstrata ou simbólica que justifica o projeto, e na medida em que surge para dar base à realização do projeto aprofunda-se se obtido depois da análise completa das três condicionantes que o conformam (o programa, o lugar e o modo de construir). Já o partido arquitetônico é compreendido como ideia principal ou central, quando o projeto já se apresenta concluído, não importando quando esta ideia surgiu. É a ideia que o projeto é capaz de veicular ou expressar, o conteúdo intelectual de um edifício ou projeto enquanto manifestação, mediada por uma linguagem (MACIEL, 2003).

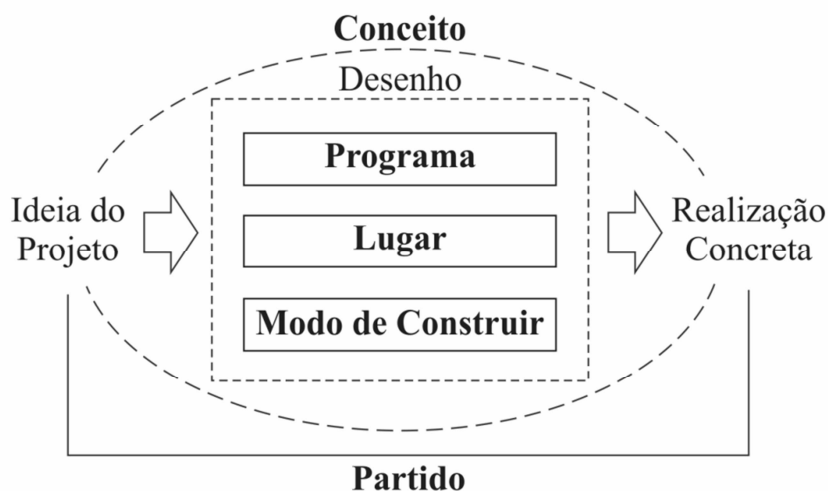


Figura 4.2 - Condicionantes projetuais, conceito e partido arquitetônico.
Fonte: Com base em MACIEL (2003)

Lawson (2005) infere que o processo de projeto se configura em uma ação para mudar, de alguma maneira, o ambiente; considerando, pois, que há duas alternativas técnicas utilizadas pelo arquiteto em seu trabalho, ou em sua ação projetual, quais sejam: a redução do número de requisitos de forma que se obtenham parâmetros em quantidade necessária para se chegar à solução e a sobreposição de princípios de organização projetual. Quanto à redução do número de requisitos, o autor afirma que se trata de considerar, nas primeiras fases do processo de projeto apenas critérios que poderão alterar de alguma forma as principais características da edificação, os requisitos de menor importância e maior especificidade deverão ser avaliados no decorrer do processo de projeto. Quanto à sobreposição de princípios de organização projetual, o autor exemplifica com o fato de que informações não relevantes

em um dado momento do desenvolvimento projetual são excluídas e tal tarefa é materializada por meio de diagramas que possibilitam a organização de poucos requisitos essenciais à determinada etapa do processo.

A definição de se iniciar um processo de projeto por um esboço geral ou por um detalhe pode variar conforme o perfil e o porte do projeto. Lawson (2005) ilustra o processo de projeto simplificadamente através de uma sequência de decisões pautada em três variáveis: a análise, a síntese e a avaliação; as quais representam um processo de projeto articulado, flexível e cíclico, características que devem ser apresentadas conjuntamente, conforme mostrado na Figura 4.3.

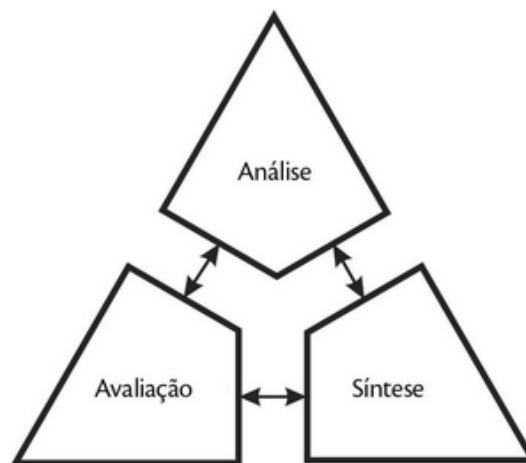


Figura 4.3 - Ciclo de definições do processo de projeto
Fonte: LAWSON (2005)

Kowaltowski et al. (2011), também apresentando os conceitos de Lawson (2005) classificam em quatro as fases do processo de projeto arquitetônico: análise, síntese, avaliação e representação. A fase de análise é descrita como o momento de identificação dos elementos mais importantes que configuram o problema projetual, em que devem ser definidos as metas e os objetivos do projeto; os critérios de desempenho da edificação; os pontos de atenção e restrições; e as influências positivas e negativas que as possibilidades de soluções gerarão para os usuários, para os clientes e para o local de implantação, dentre outros. A fase de síntese refere-se à fase criativa dos estágios de decisão, momento da concepção de ideias e apresentação de possibilidades de soluções para os objetivos do projeto e para atendimento às restrições e demais demandas definidas na fase de análise. Organizam-se formas, materiais, visuais principais, orientações, iluminação, direcionamentos etc. criando ideias passíveis de serem materializadas.

A terceira fase – avaliação – deve dar conta de encontrar uma proposta de solução mais eficaz para a demanda projetual, antevendo características que poderão gerar problemas quando da evolução do processo, os quais ocasionarão retrabalhos e falhas que impactam de diversas formas no projeto. Na fase de avaliação deve-se analisar se todos os critérios discutidos na primeira fase estão sendo atendidos. A quarta e última fase – representação – trata de materializar as decisões tomadas nas demais fases, as quais devem ser contínuas e articuladas. A comunicação torna-se, portanto, um fator diferencial indispensável ao sucesso das decisões de cada fase do processo. O envolvimento das diferentes equipes envolvidas – engenheiros estruturais, engenheiros mecânicos, economistas, advogados, especialistas em código de edifício, especialistas em eficiência energética, contratantes, subcontratantes, fabricantes e coordenadores, entre outros – torna-se fundamental para o processo de projeto arquitetônico. O fluxo de informações deve ser mais intenso e diversificado quanto mais complexo for a edificação e deve ser potencializado com a utilização de ferramentas tecnológicas e a inserção de novas modalidades de ferramentas de gestão, modelagem e interação, como softwares da plataforma BIM (Building Information Modeling ou Modelagem da Informação da Construção), conforme será descrito no item 4.4.5 deste capítulo (KOWALTOWSKI et al., 2011).

Malard (2013) considera que o projeto inventa a construção, na medida em que a antecipa ou precede. A autora salienta que o processo do projeto arquitetônico ocorre por tentativa, por meio do desenvolvimento de hipóteses projetuais, e eliminação de erros através da avaliação crítica. As hipóteses projetuais, as conjecturas sobre como poderia ser uma edificação e as teorias sobre as espacializações de determinado problema são conduções do pensamento para gerar possibilidades de soluções arquitetônicas. Malard (2005) infere que:

Podemos então considerar que o processo de projeto é também um processo de aquisição (ou produção) de conhecimento sobre o objeto que se projeta. É aquisição de conhecimentos quando os dados sobre o objeto a ser projetado já são conhecidos e disponíveis; nesse caso vamos apenas utilizá-los. É um processo de produção de conhecimento quando o objeto ainda não foi projetado e precisa ser criado em todos os seus contornos técnico-construtivos e funcionais; aí temos que descobrir, antes, quais são esses contornos para podermos elaborar o projeto. Em qualquer uma das duas situações partimos de um problema e conduzimos algum tipo de pesquisa: fazemos levantamentos, observações, medições, ensaios e assim por diante.

O processo de produção de edifícios, caracterizado pela marcante divisão em seu desenvolvimento, pela atuação de diferentes agentes de diferentes áreas de formação em

muitas fases complexas e pela grande diferenciação entre empreendimentos, faz gerar pontos de atenção importantes que podem desencadear inconsistências e patologias, o que se observa historicamente no cenário da construção civil brasileira. A adoção de processos eficazes para a gestão de projetos torna-se, por conseguinte, indispensável para que se obtenha um controle adequado das características complexas do sistema em questão.

Os agentes principais do processo de projeto são o empreendedor, os projetistas, as empresas construtoras e o usuário. O empreendedor promove o lançamento do produto, definindo os recursos financeiros, a tecnologia construtiva, as características do empreendimento, os fornecedores de materiais, os projetistas, as estratégias de venda, as empresas construtoras e o planejamento do negócio.

Os projetistas atuam na concepção arquitetônica, técnica e econômica do empreendimento, por vezes submetidos a um Coordenador de Projeto, o qual gere todas as especialidades projetuais para a formalização do produto e participa das principais decisões para o desenvolvimento do empreendimento. As empresas construtoras são responsáveis pela materialização (ou fabricação) do produto, realizando a organização e a execução das obras. E o usuário ao utilizar o produto deve se responsabilizar pela manutenção adequada durante a vida útil planejada. Os investidores e financiadores do empreendimento se relacionam com os agentes supracitados, disponibilizando recursos para a viabilização econômica. Destacam-se ainda como agentes secundários, mas imprescindíveis ao processo, os fornecedores de tecnologias, sistemas, materiais e componentes construtivos e as empreiteiras e subempreiteiras, que realizam serviços específicos indispensáveis à execução da obra.

Compreendidas as funções dos agentes que proporcionam a efetivação do processo construtivo, torna-se necessário para o presente trabalho compreender as etapas do processo de projeto de arquitetura. A Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura (AsBEA) por meio do Manual de Escopo de Projetos de Arquitetura e Urbanismo, com base na NBR13531 (ABNT, 1995), apresenta uma organização das fases do projeto de Arquitetura, transcrita na Tabela 4.1. A análise das fases de projeto mostradas na referida tabela permite inferir que as etapas de trabalho descritas são de caráter lógico e que evoluções na tecnologia da produção de projeto e obra não interfiram na sequência definida.

Tabela 4.1 - Fases do Projeto de Arquitetura

| | DENOMINAÇÃO | ESCOPO | SUBFASES | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------|
| FASE A (EP) | CONCEPÇÃO DO PRODUTO (Estudo preliminar conforme NBR 13.531) | Conjunto de informações de caráter técnico, legal, financeiro e programático que deverão ser levantadas e que nortearão a definição do partido arquitetônico e urbanístico, das soluções de sistemas e do produto imobiliário pretendido. | LV | Levantamento de dados |
| | | | PN | Programa de Necessidades |
| | | | EV | Estudo de Viabilidade |
| FASE B (AP) | DEFINIÇÃO DO PRODUTO (Anteprojeto conforme NBR 13.531) | Definição do Partido Arquitetônico e Urbanístico fruto da análise e consolidação das informações levantadas na etapa anterior. | EP | Estudo Preliminar |
| | | | AP | Anteprojeto |
| | | | PL | Projeto Legal |
| FASE C (PB) | IDENTIFICAÇÃO E SOLUÇÃO DE INTERFACES (Projeto Básico ou Pré- executivo conforme NBR 13.531) | Consolidação do Partido Arquitetônico considerando a interferência e compatibilização de todas as disciplinas complementares e suas soluções balizadas pela avaliação de custos, métodos construtivos e prazos de execução. | PB | Projeto Básico |
| FASE D (PE) | DETALHAMENTO DE ESPECIALIDADES (Projeto Executivo conforme NBR 13.531) | Detalhamento geral de todos os elementos, sistemas e componentes do empreendimento gerando um conjunto de informações técnicas claras e concisas com objetivo de fornecer informação confiável e suficiente para a correta orçamentação e execução da obra. | PE | Projeto Executivo |
| FASE E | PÓS ENTREGA DO PROJETO | Checar se as informações estão claras para orçamentação e obras. | | |
| FASE F | PÓS ENTREGA DA OBRA | Identificar e registrar as alterações efetuadas em obra e avaliar a edificação em uso. | As Built | |
| Legenda: EP = Estudo Preliminar; AP = Anteprojeto; PB = Projeto Básico; e PE = Projeto Executivo. | | | | |

Fonte: AsBEA, 2014

A AsBEA defende que o uso de tecnologias como CAD (*Computer Aided Design*, o que se traduz em Desenho Assistido por Computador) ou BIM (*Building Information Model*, o

que se traduz em Modelo da Informação da Construção) proporciona controle mais rigoroso sobre as etapas de projeção, gerando quantitativos melhor estimados e noções mais assertivas de custos em fases preliminares, além de simulações mais realistas que embasem melhor as tomadas de decisão pertinentes a cada etapa. A associação reitera, entretanto, que não considera factível que se produzam desenhos de execução (PE) antes de se definir o que construir (EP) ou como construir (AP). Sendo assim, verifica-se que a determinação das fases de projeto configura-se uma organização necessária para um desenho de processo de projeto adequado (ASBEA, 2014).

Entendidas as fases que conformam o desenvolvimento do projeto de arquitetura, apresenta-se na Tabela 4.2 uma relação de especialidades relacionadas ao processo projetual para o desenvolvimento de um empreendimento, conforme definido também no Manual de Escopos de Projetos e Serviços de Coordenação de Projetos (AGESC, 2011).

Tabela 4.2 - Relação de Projetos

| PROJETO | | ESPECIALIDADES |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AQ | Arquitetura | Projeto Arquitetônico. |
| | Projetos Especializados | Interiores; Paisagismo; Fechamentos; Coberturas; Pavimentação; Acessibilidade; Pisos; Comunicação Visual. |
| ST | Fundações/Solo | Projeto de Fundações; Projeto de Mecânica dos Solos. |
| | Sistemas Estruturais | Concreto Armado; Concreto Pré-Moldado; Estruturas Metálicas ; Estruturas de Madeira; Ancoragem; Contenções. |
| IT | Hidráulica | Água Fria e Quente; Esgoto Predial; Água Pluvial. |
| | Combate a Incêndio | Hidrantes; Extintores; Sprinklers; Detectores de Fumaça; SPDA. |
| | Infraestrutura | Abastecimento de Água (em loteamentos); Drenagem; Redes de Esgoto (em loteamentos); Iluminação Pública (em loteamentos); Sistema Viário (em loteamentos); Pavimentação; Projetos Geométricos; Mecânica dos Solos. |
| | Energia | Gás; Elétrica; Geradores de Energia; Geradores de Água Quente. |
| | Instalações Mecânicas | Ar Condicionado; Exaustão Mecânica; Ventilação Mecânica; Pressurização; Aspiração Central; Controle de Fumaça; Água Gelada. |
| | Comunicações | Telefonia Interna; Telefonia Externa; Dados; Sonorização; Circuito de TV; TV a Cabo; Automação (Patrimonial, BMS, Acesso, etc.). |
| CS | Consultorias Especializadas | Solo; Troca de Solo (contaminação); Acústica ; Sustentabilidade; Conforto ambiental ; Desempenho ; Esquadrias; Iluminação / luminotécnica ; Impermeabilização; Fachadas; Revestimentos; Transporte vertical (elevadores); Combate à Incêndio. |
| Legenda: | | |
| AQ = Arquitetura; ST = Estrutura; IT = Instalações; e CS = Consultorias Especializadas. | | |

Fonte: AsBEA, 2014

A visualização das múltiplas especialidades de projeto, de acordo com o que foi apresentado na Tabela 4.2, permite compreender a necessidade de estudos que busquem estratégias para a dinamização do processo projetual com o objetivo de torná-lo compatível com as diversas tarefas que compõem o desenvolvimento de um empreendimento. Os projetos e especialidades destacados na referida tabela compreendem os temas centrais do presente trabalho, quais sejam: a Arquitetura, o Sistema Estrutural em Estrutura Metálica (Aço), a Acústica, o Conforto Ambiental, o Desempenho da Edificação e a Iluminação/Luminotécnica.

Kowaltowski et al. (2011) inferem que o planejamento do processo de projeto compreende o estabelecimento de objetivos e parâmetros para o desenvolvimento do projeto; definição do escopo, segundo especialidades e etapas; planejamento de recursos, das etapas e dos prazos das diferentes etapas de acordo com as especialidades, para produzir cronogramas. Após o planejamento são necessárias ações para gestão, tais como: controlar e ajustar os prazos planejados para as diversas etapas e especialidades; controlar os custos de desenvolvimento de acordo com o que foi planejado; garantir a qualidade das soluções técnicas; validar as etapas de desenvolvimento e os projetos resultantes; coordenar a comunicação entre os diferentes agentes do projeto; coordenar as interfaces e garantir a compatibilidade entre as soluções das várias especialidades envolvidas; integrar as soluções com as fases subsequentes do empreendimento, nas relações com a execução e as fases de uso, operação e manutenção da obra.

Melhado (1998a) atesta que a implementação de programas de padronização e gestão dos processos, patrocinada por empreendedores, construtores, projetistas e fornecedores brasileiros, surge da necessidade de transformar o cenário produtivo, de forma a atender as exigências do mercado e aperfeiçoar os prazos e os custos.

O planejamento preciso do processo de projeto, que deve abranger todas as etapas do processo construtivo, torna-se imperativo diante da crescente competitividade mercadológica, das determinações normativas e legais que visam promover a qualidade construtiva, da complexidade cada vez maior dos edifícios, dos processos de projeto e da sobreposição das etapas de projeto e construção. Planejar corretamente um empreendimento envolve conhecer precisamente a viabilidade de lançamento, compreender e atender as exigências do cliente, obedecer aos critérios mercadológicos de qualidade, definir estrategicamente o lançamento do

imóvel para o mercado, buscar reduzir ao máximo o prazo de entrega da obra; tais caracteres são decisivos para o sucesso do empreendimento.

O desenho do processo de projeto deve atender aos requisitos técnicos e normativos, além das especificidades de cada empreendimento. Melhado (1998b) apresenta um fluxograma de desenvolvimento do projeto, ilustrado na Figura 4.4.

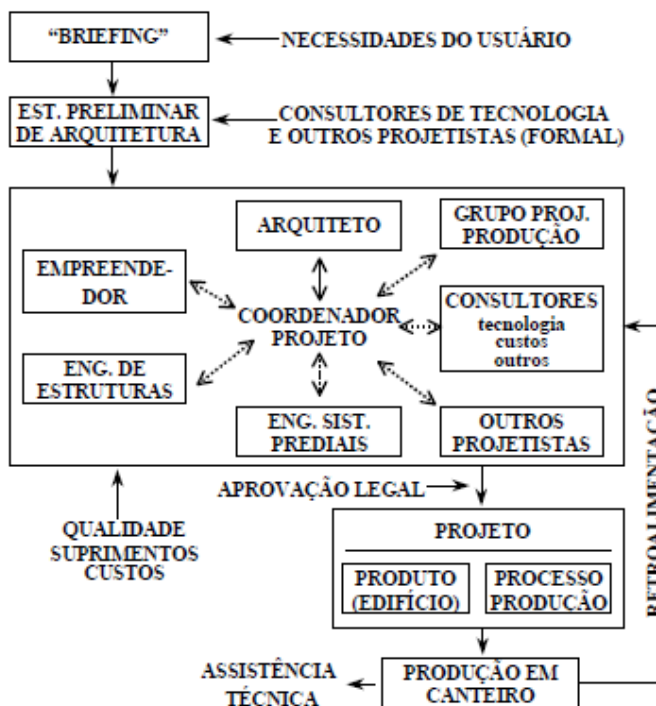


Figura 4.4 - Esquema de desenvolvimento do projeto
Fonte: MELHADO (1998b).

Do esquema apresentado na Figura 4.2 pode-se inferir que a partir da definição das necessidades dos futuros usuários da edificação o projeto começa a se delinear. Com a elaboração do *briefing* inicia-se a fase de estudo preliminar de arquitetura, em que os autores consideram a participação de consultores de tecnologia e outros projetistas. Na fase de estudo preliminar torna-se importante a interferência de diferentes disciplinas de projeto para garantir que as próximas fases ocorram com melhor embasamento técnico, evitando modificações conceituais no projeto. Na fase de anteprojeto, uma equipe multidisciplinar participa ativamente do processo: o empreendedor, o arquiteto, o engenheiro estrutural, os engenheiros de instalações, a equipe de produção, consultores de áreas diversas (tecnologia e custos, por exemplo), a equipe de projetos para a obra e demais projetistas que forem demandados, dependendo da especificidade do empreendimento. Nesta fase, a figura de um coordenador de projetos é imprescindível para concatenar as informações de todas as disciplinas e garantir a

unificação do conceito do projeto. Na sequência, o projeto aprovado pelo órgão responsável entra na fase executiva em que há duas vertentes em que se ater: o produto, ou seja, o edifício propriamente dito; e o processo de produção para a consolidação do edifício. Inicia-se a fase de produção do edifício, fase em que se tem a necessidade de retroalimentar a equipe de projetos constantemente; e também gerar informações para a equipe de assistência técnica.

Fabrício e Melhado (2001) apresentam uma sequência das atividades de concepção e desenvolvimento do projeto de construção de edifícios, ilustrado na Figura 4.5.

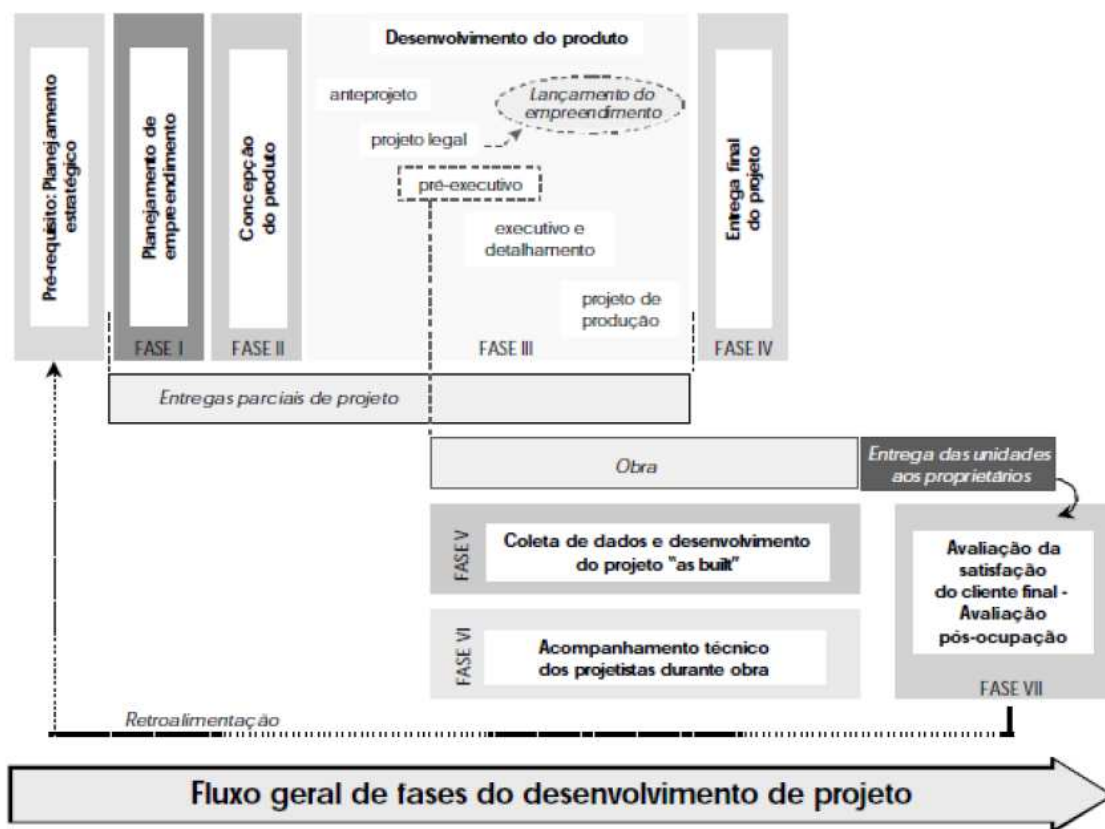


Figura 4.5 - Proposta para a sequência de projeto
Fonte: FABRICIO; MELHADO (2001)

O fluxo apresentado por Fabrício e Melhado (2001) se assemelha ao esquema de Melhado (1998b), apresentando um detalhamento maior de todo o processo de projeto. O início do processo dá-se com o planejamento estratégico, pelo qual são vislumbradas todas as necessidades, expectativas e possíveis dificuldades do projeto. A Fase I denomina-se planejamento do empreendimento; a Fase II de concepção do produto, em que são feitos os estudos preliminares; a Fase III compreende o desenvolvimento do produto, em que o autor insere as etapas de anteprojeto, projeto legal, pré-executivo, executivo e detalhamento e projeto de produção; a Fase IV é chamada de entrega final do projeto; neste ínterim a obra já

foi iniciada; a Fase V de coleta de dados e desenvolvimento do projeto *as built*, no final do processo construtivo; a Fase VI de acompanhamento técnico dos projetistas durante a obra; e a Fase VII compreende a avaliação da satisfação do cliente final ou avaliação pós-ocupação.

Importante observar que na sequência analisada as entregas parciais de projeto começam logo na fase de planejamento do empreendimento (estudos de massa) e vão até o final do desenvolvimento do produto. O lançamento do empreendimento para o mercado acontece após a aprovação do projeto legal (registro do memorial de incorporação em cartório). A obra começa com a entrega dos projetos pré-executivos. E, por fim, com os dados da pesquisa de pós-ocupação é feita a retroalimentação de todo o processo, isto é, os índices e as críticas são considerados para o planejamento estratégico dos próximos empreendimentos.

Pesquisas tratam de duas linhas de processo de projeto de arquitetura: o processo de projeto sequencial e o processo de projeto simultâneo. No processo de projeto tradicional e sequencial acontece a sucessão de diferentes etapas, sendo que cada etapa tem como condicionante os resultados da etapa anterior, que geralmente é concluída antes que se inicie a etapa subsequente. Esta condição gera retrabalhos impactantes quando o projetista responsável por uma etapa solicita alterações que exigem revisões na etapa anterior, potencialmente concluída (FABRÍCIO, 2002).

Fabrício (2002) expõe que o processo de projeto sequencial utilizado em boa parte dos processos construtivos no Brasil configura-se muito limitado quanto à tarefa de integrar os agentes e as soluções coordenadas de projetos. O autor empreende que as causas de tal desconexão advêm da cultura, da economia ou das técnicas construtivas como a falta de indicadores de desempenho do projeto. Nesse ínterim, torna-se interessante visualizar as potenciais contribuições que a Norma de Desempenho NBR15.575 (ABNT, 2013) vem oferecer ao cenário da construção civil brasileira, na medida em que apresenta critérios e requisitos que têm por objetivo o desempenho das edificações. Este trabalho vale-se da Norma de Desempenho, no que tange os aspectos relacionados ao Conforto Ambiental nas edificações para propor um desenho de processo de projeto de arquitetura em aço buscando o adequado desempenho acústico, térmico, lumínico e antropométrico.

A International Energy Agency (2003) indica que os processos de projeto sequenciais e sem integração podem gerar os seguintes impactos no que diz respeito ao conforto ambiental

nas edificações: falta de utilização das potencialidades de ganho de calor passivo por conta da radiação solar nos períodos frios do ano, em países de clima frio; falta de proteção adequada à radiação solar, o que pode gerar ganhos de calor excessivos nas épocas quentes do ano; locação e dimensionamento inadequados de áreas envidraçadas ou ausência de alternativas que garantam a penetração solar, prejudicando o aproveitamento da luz natural; desconforto para os usuários, na medida em que há exposição ao superaquecimento de ambientes incorretamente orientados para oeste, por exemplo, ou excesso de luz por conta de sombreamentos inadequados.

A falta de conexão entre especialidades de projeto e agentes intervenientes no processo de projeto linear, marcadamente convencional, pode ser ilustrada por meio da Figura 4.6, a qual mostra como o escritório de arquitetura, primeiro agente contratado pelo cliente, costuma centralizar as relações com os demais agentes, projetistas, consultores e construtora (FIGUEIREDO, 2009).

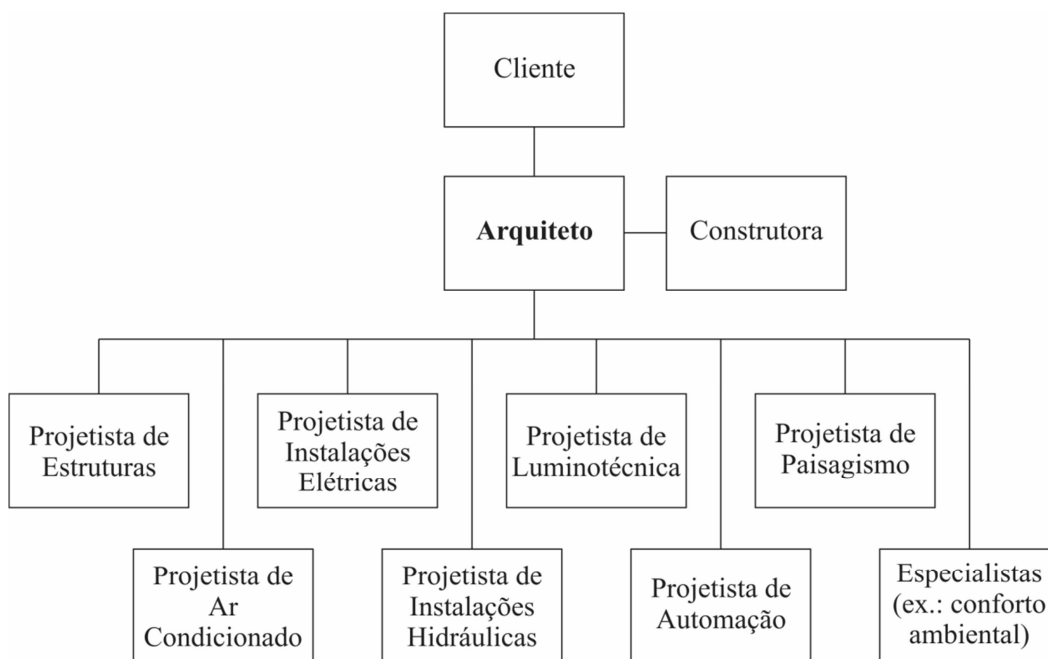


Figura 4.6 - Relação entre agentes em processos de projeto lineares (convencionais).
Fonte: Adaptado de FIGUEIREDO (2009).

Especialistas na análise da Norma de Desempenho concordam que dificilmente um único profissional reunirá o conhecimento e a especialização com a profundidade necessária no universo global do projeto, em determinados sistemas construtivos, em partes da edificação, das condicionantes ou dos processos. Justamente por essa razão, a consultoria ou serviço especializado vem a somar-se ao conhecimento do arquiteto, permitindo ao mesmo

desenvolver o projeto de forma mais assertiva. Por esse motivo é importante na análise inicial do empreendimento definir as consultorias necessárias para que o projeto incorpore seus parâmetros técnicos desde a concepção (AsBEA, 2014).

Dentro dos conceitos citados, observa-se a necessidade de que um processo de projeto seja capaz de conectar as diferentes especialidades de projeto e os agentes envolvidos. Apresenta-se, então, o processo de projeto simultâneo, o qual Fabrício, Melhado e Grilo (2003) conceituam como:

“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 de subempreiteiros e fornecedores de materiais, de forma a orientar o projeto à qualidade ao longo do ciclo de produção e uso do empreendimento.”

Este conceito atesta o que foi comentado inicialmente, ou seja, o processo de projeto deve pautar-se pela interligação das diferentes etapas, promovida pelos agentes envolvidos, e pela retroalimentação entre etapas durante o desenvolvimento, que vai do planejamento do projeto até o momento da ocupação e uso da edificação. Os mesmos autores destacam os seguintes objetivos principais para a aplicação de um processo de projeto simultâneo, conforme conceituado anteriormente,

Ampliar a qualidade do projeto e, por conseguinte, do produto; aumentar a construtibilidade do projeto; subsidiar, de forma mais robusta, a introdução de novas tecnologias e métodos no processo de produção de edifícios; e eventualmente, reduzir os prazos globais de execução por meio de projetos de execução mais rápida. (FABRÍCIO; MELHADO; GRILLO, 2003).

Infere-se daí que um projeto que se desenvolva integradamente poderá dinamizar o processo e fazer enxergar novas possibilidades de execução que poderá contribuir para a diminuição de custos e prazos de execução. Na implantação desse sistema de desenvolvimento de projeto devem ser considerados os seguintes elementos, prioritariamente, de acordo com Fabrício, Melhado e Grilo (2003):

“Valorização do papel do projeto e integração precoce, no projeto, entre os vários especialistas e agentes do empreendimento; transformação cultural e valorização das parcerias entre os agentes do projeto; reorganização do processo de projeto de forma a coordenar concorrentemente os esforços do projeto; utilização das novas tecnologias de informática e telecomunicações na gestão do processo de projeto.”

Figueiredo (2009) infere que os processos simultâneos permitem uma estrutura organizacional que possibilita maior relação entre todos os agentes, o que se representa por meio da Figura 4.7.



Figura 4.7 - Relação entre agentes em processos de projeto integrados
Fonte: Adaptado de FIGUEIREDO (2009).

Fabício (2002) descreve as principais características do modelo de processo de projeto simultâneo, dentre os quais se podem citar:

- Valorização do projeto desde as primeiras fases de concepção, uma vez que as decisões na fase de projeto são as que têm maior impacto sobre o custo do processo, sua qualidade e o tempo de execução;

- Realização simultânea das várias atividades do processo de desenvolvimento do produto e da produção;
- Equipes multidisciplinares de trabalho durante todo o processo: o caráter multidisciplinar é o agente facilitador do desenvolvimento das atividades paralelas integradas, reduzindo os retrabalhos em estágios mais avançados do processo.
- Percepção do produto envolvendo todo seu ciclo de vida;
- Foco na satisfação das demandas dos clientes e do mercado;
- Tecnologia da informação, gerando maior agilidade e integração entre os intervenientes do processo.

Como desdobramento de uma ampla pesquisa sobre o planejamento do processo de projeto, Fabrício (2002) desenha o diagrama representado na Figura 4.8, o qual denomina de “Modelo genérico para organização do processo de projeto de forma integrada e simultânea”, o qual considera um planejamento esquemático e adaptável para as realidades de cada projeto de forma a privilegiar o desenvolvimento simultâneo e integrado do processo de projeto de empreendimentos de construção.

O processo de projeto simultâneo de Fabrício (2002) está estruturado em duas bases: as etapas de desenvolvimento e os agentes ou intervenientes do processo. As etapas de desenvolvimento são as seguintes: Informações Básicas; “*Briefing*” - Concepção; Desenvolvimento; Detalhamento; Execução; e Operação. Os intervenientes do processo são: o Promotor; os Projetistas do Produto (Arquitetura, Estruturas e Sistemas Prediais) e o Projeto para Produção.

Uma interpretação desse modelo permite inferir que o processo inicia-se com a interface de retroalimentação, isto é, as experiências de projetos anteriores, documentadas durante a execução e a operação de empreendimento similar servem de base para o início de um novo processo. Essas experiências materializam-se por meio das pesquisas de pós-ocupação e dos relatórios de assistência técnica, principalmente. Com estes dados o Promotor desenvolve os Estudos de Demanda (levantamento das necessidades do cliente) e evolui para um Programa Estratégico, o qual avança na fase de Concepção e se desenvolve em um Programa Funcional, já com a participação do Arquiteto.

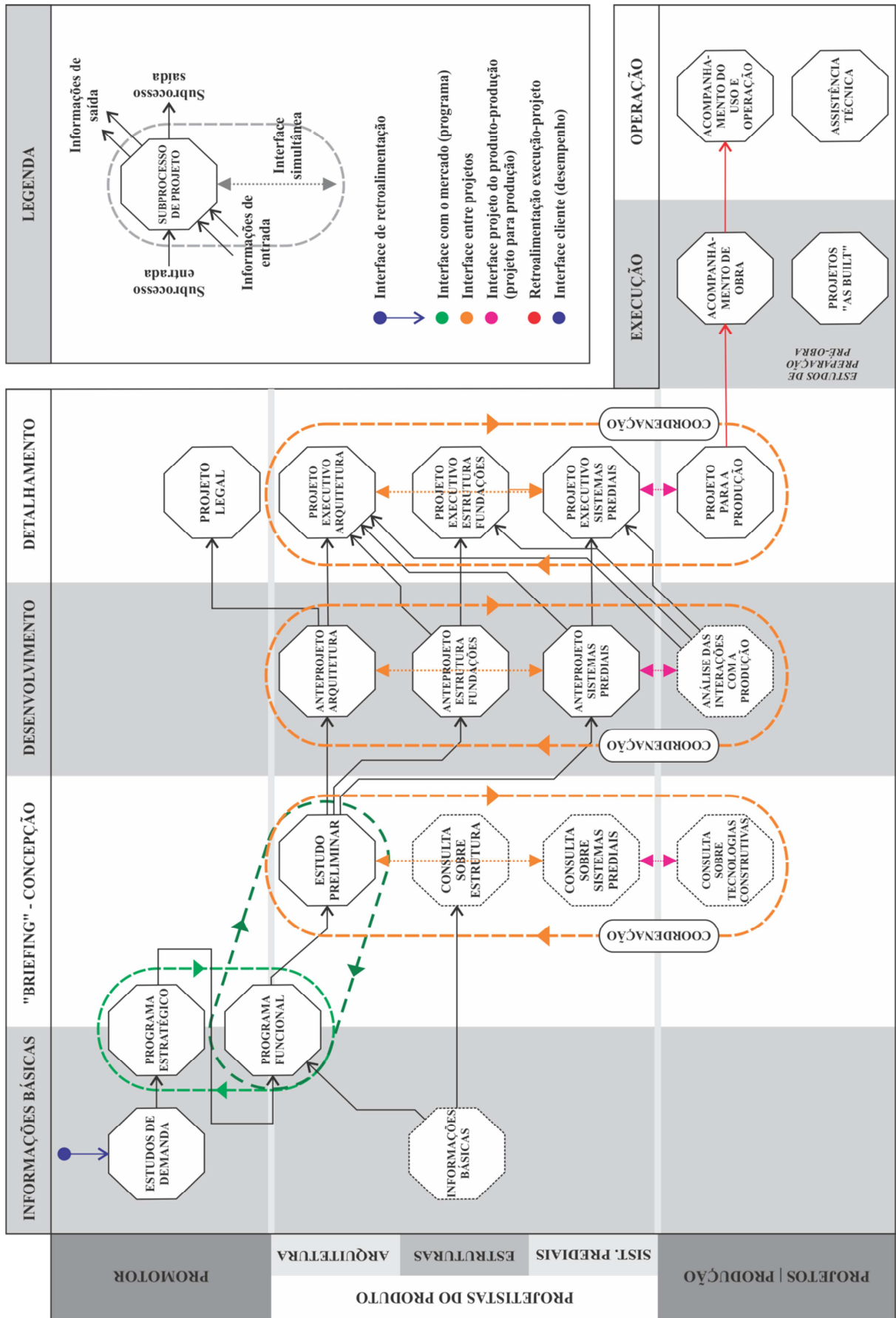


Figura 4.8 - Modelo genérico para organização do processo de projeto de forma integrada e simultânea
 Fonte: FABRÍCIO, 2002.

O Programa Funcional recebe informações básicas do Projetista de Estruturas (sondagem do terreno, mecânica dos solos) e, simultaneamente, evolui para o Estudo Preliminar. Na etapa de Concepção, o Estudo Preliminar é desenvolvido simultaneamente ao recebimento de informações de Consulta sobre Estrutura, Consulta sobre Sistemas Prediais e Consulta sobre Tecnologias Construtivas. Interessante observar que, com exceção do promotor, todos os outros intervenientes do processo necessitam participar diretamente do desenvolvimento do Estudo Preliminar.

Avançando para a fase de Desenvolvimento, o Estudo Preliminar serve de base para o Anteprojeto de Arquitetura, para o Anteprojeto de Estrutura e Fundações e para o Anteprojeto de Sistemas Prediais, o qual recebe Análises das Interfaces com a Produção. Novamente, todas as disciplinas de projeto estão sendo desenvolvidas simultaneamente.

Na etapa de Detalhamento, o Projeto Legal, sob responsabilidade do Promotor, é desenvolvido a partir do Anteprojeto de Arquitetura, o qual serve de base também para o Projeto Executivo de Arquitetura que se desenvolve simultaneamente com o Projeto Executivo de Estrutura e Fundações, com o Projeto Executivo de Sistemas Prediais e com os Projetos para a Produção. Nesta etapa, as informações dos Anteprojetos de cada disciplina são diretamente utilizadas por praticamente todos os Projetos Executivos em desenvolvimento. Os Projetos para a Produção são encaminhados para a fase de Execução para o Acompanhamento da Obra. Nesta fase são gerados os *as built*, desenhos elaborados após a conferência da execução dos projetos para servir de documentação para os futuros usuários da edificação e para a Assistência Técnica, no caso de necessitar corrigir problemas construtivos na fase de Operação. Nesta fase, é realizado o Acompanhamento do Uso e Operação da construção, por meio de Pesquisas de Pós-Ocupação e a Assistência Técnica passa a atuar no acompanhamento da operação do empreendimento.

Sobre as potencialidades do processo de projeto simultâneo e integrado, Fabrício (2002) conclui que:

A adoção do conceito de Projeto Simultâneo representa um significativo avanço na forma de focar o desenvolvimento de produto na construção de edifícios, englobando no processo de projeto todas as facetas do ciclo de vida de um empreendimento imobiliário. As diretrizes para implementação do Projeto Simultâneo compõem um conjunto articulado de ações que, se aplicadas, possibilitam aprimorar o desempenho do processo de projeto e, conseqüentemente, a qualidade dos edifícios.

Diante das grandes contribuições que o estudo do processo de projeto simultâneo oferece à gestão do desenvolvimento de projetos, a presente pesquisa utiliza seus conceitos para a estruturação de um processo de projeto de arquitetura em aço com foco no conforto ambiental, tomando como base o modelo genérico proposto por Fabrício (2002). Há que se argumentar que passados anos após as inferências do autor, boa parte da rotina de desenvolvimento de projetos marcadamente não absorveu critérios de integração e conexão que a torne eficaz e plenamente produtora. Muitas pesquisas subsequentes constaram a importância de se realizar um desenvolvimento projetual pautado pela conectividade e inter-relação entre as especialidades de projeto e os agentes intervenientes do processo de projeto.

Bastos (2004), em uma aprofundada pesquisa baseada em estudos de casos focados na pós-ocupação de edificações industrializadas em aço e componentes pré-fabricados avaliou os pontos negativos e positivos relativos ao uso e manutenção dos edifícios e constatou que a ocorrência de patologias foi resultado direto da qualidade da gestão adotada na produção. A autora inferiu, como deficiência do processo de projeto, uma etapa de concepção fragmentada e caracterizada pela sequência linear de desenvolvimento dos projetos. Reitera-se, pois, a importância de um processo de projeto que integre os projetos e agentes envolvidos durante todo o seu desenvolvimento, tal como Fabrício (2002) defende.

Medeiros (2012), uma década após a pesquisa de Fabrício (2002), depois de muitos estudos de casos e aprofundamentos sobre gestão do processo de projeto percebeu inconsistências importantes e indicou os seguintes aspectos fundamentais, também em consonância com a pesquisa de Fabrício (2002), para a eficácia do processo de projeto: integração entre agentes e sistemas; articulação entre processos, colaboração entre equipes, projetos e empresas; compartilhamento de conhecimento; disseminação de melhores práticas e comunicação eficaz entre todos os agentes envolvidos.

Há que se reiterar como aspecto fundamental do desenvolvimento do projeto de arquitetura, que os usuários da edificação devem ter participação ativa nas definições do ambiente construído. A lógica do mercado, na maioria das vezes impede que essa participação seja efetiva, relegando aos clientes a possibilidade de modificações das unidades durante a fase de obra e as observações durante a pesquisa de pós-ocupação, além de pesquisas de mercado que visam à definição dos produtos imobiliários de acordo com os desejos da classe

social à qual se destina o empreendimento. Entende-se, pois a necessidade de se buscar uma interface ativa entre os desenvolvedores do empreendimento e os usuários da edificação.

Bastos (2004) infere também sobre a falta de participação dos usuários nas decisões de projeto o que provoca “alienação do futuro usuário, que, na maioria das vezes, se deixa convencer apenas pela aparência do produto que vai adquirir ou locar”. A autora conclui que há uma notória falta de domínio técnico na concepção e na execução de edificações que incorporam inovações construtivas por parte dos agentes intervenientes do processo de projeto, o que atesta a importância de estudos que gerem alternativas de planejamento para o desenvolvimento projetual. Essa limitação provoca efeitos nos consumidores finais dos projetos que não recebem as informações adequadas sobre o uso e a manutenção do imóvel. Essa pendência de informações gera dúvidas e incertezas nos usuários sobre as reais vantagens e benefícios do uso de inovações construtivas. Esse ciclo se completa, segundo a autora, com o seguinte fato relativo à visão dos usuários: “apesar de otimista em relação à industrialização da construção no país, ainda se mostra conservadora e resistente às inovações construtivas”.

Sendo assim, percebe-se que o processo de projeto colaborativo, isto é, no qual os agentes intervenientes atuam em simultâneo no desenvolvimento de soluções e interagem episodicamente entre o fim e o início das atividades, também precisa ser participativo, ou seja, deve pautar-se pela atenção irrestrita aos usuários da edificação, o que Lana (2007) reafirma:

No processo participativo, o usuário possui um papel ativo durante a elaboração do projeto. Não é apenas o fornecedor do programa de necessidades a ser atendido ou o mero provedor dos recursos da obra. Não se trata de uma coautoria do projeto, mas de uma participação presente ao longo de todo o desenvolvimento do mesmo. Na elaboração de um projeto arquitetônico, o arquiteto considera uma série de variáveis técnicas e projetuais que o levam a diversas decisões que são tomadas durante o processo de projeto. No projeto participativo, a responsabilidade dessas decisões é dividida com o cliente e não apenas comunicada ou compartilhada.

Constata-se, portanto, que a necessidade de um processo de projeto que busque gerar relações de interação multidisciplinares e interconectadas torna-se indispensável para o desenvolvimento de projetos de edificações. Apesar de pesquisas importantes indicarem a relevância de se adotar tal prática, a resistência persiste no cenário da construção civil por conta dos motivos anteriormente explicitados, sobretudo em razão da tentativa de redução

de custos a curto prazo, o que gera resultados projetuais falhos, retrabalhos e custos maiores a médio e longo prazos. Este trabalho intenta reafirmar a importância do processo de projeto simultâneo, integrado, colaborativo e participativo.

4.3 Processo de Projeto Estrutural em Aço

A adoção de um processo de projeto adequado torna-se necessária em todas as tecnologias construtivas. Há que se ressaltar, sobremaneira, que em um sistema construtivo industrializado, como o aço, torna-se ainda mais coerente pensar em um processo de projeto que compactue com as características desse sistema: precisão, agilidade, organização, planejamento, entre outros. No caso de um projeto de arquitetura em estrutura de aço, foco do presente trabalho, a dinâmica sequencial das etapas do processo de projeto configura-se com algumas especificidades, já que é exigida grande eficiência das fases de planejamento e projeto, pois para viabilizar a utilização do sistema comumente deve-se reduzir o prazo de execução. Além disso, a estrutura em aço é escolhida por conta de restrições técnicas e/ou de logística de execução: locais em que falta matéria prima para os sistemas construtivos tradicionais, locais de difícil acesso ou de trânsito complexo, dentre outros.

Conforme descrito no item 3.4, no cenário da construção civil brasileira, há problemas importantes que impactam negativamente nas soluções arquitetônicas que utilizam o aço como sistema construtivo. O projeto arquitetônico de um edifício estruturado em aço exige um conhecimento amplo dos componentes industrializados, das suas propriedades e das características do processo de projeto, o qual possui características próprias, o que será descrito adiante. A falta de conhecimento aprofundado de projetistas faz com que se utilizem os mesmos conceitos de processos de projeto de sistemas construtivos tradicionais, promovendo adaptações para a tecnologia do aço, o que faz gerar falhas durante a concepção do edifício (CASTRO, 1999).

A norma NBR8800 (ABNT, 1986), a qual serve de base para os projetos estruturais da tecnologia construtiva em aço, infere que o projeto de uma estrutura metálica engloba o “conjunto de cálculos, desenhos, especificações de fabricação e de montagem da estrutura”. No que se refere ao processo de representação da estrutura metálica, a norma especifica três etapas de desenho:

- Desenhos de projeto: devem englobar todas as especificações e dados necessários ao detalhamento da estrutura, aos desenhos de montagem e ao projeto de fundação. A escala precisa estar correta, as normas utilizadas devem ser citadas, os esforços solicitantes para a estrutura devem ser indicados, de forma que os desenhos de fabricação estejam embasados e devem especificar as características das ligações.
- Desenhos de fabricação: devem informar sobre os elementos que compõem a estrutura, sobre as especificações de materiais e de ligações, cuidando de apresentar, se for o caso, a ordem de execução das ligações. Têm, portanto, a função de mostrar para a fábrica todas as características e informações apresentadas nos desenhos de projeto.
- Desenhos de montagem: balizam a montagem da estrutura, portanto, devem indicar as dimensões principais da estrutura, as dimensões de barras, marcas das peças, dimensões de chumbadores, dentre outros.

Bauermann (2002) afirma que “é função dos desenhos de projeto, além de servir de base para elaboração dos desenhos de fabricação e montagem, fornecer elementos para o desenvolvimento e compatibilização de todos os projetos da edificação”. Em suas conclusões quanto ao processo de projeto em edifícios industrializados e estruturados em aço destacou que:

A dificuldade de comunicação entre a equipe de projetos de um fabricante de estrutura metálica e a equipe de projetos do edifício, mesmo quando não chega a inviabilizar a estrutura metálica, tende a atribuir ao aço a imagem de sistema rígido, inflexível, do ponto de vista dos projetistas (arquitetura, ar-condicionado) e de profissionais da construção.

Observa-se uma preocupação em organizar a sequência do desenvolvimento dos desenhos de forma que as informações de uma etapa sejam compatibilizadas com as necessidades técnicas da etapa subsequente. Com esse intuito, a Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural (ABECE) elaborou o Manual de Escopo de Serviços e Projeto de Estrutura, no qual especifica as fases para o desenvolvimento do projeto estrutural (ABECE, 2011):

- Apoio à Concepção do Produto (ACP): fase que visa a assessorar conceitualmente arquitetos e empreendedores por meio de relatórios quantitativos baseados nas informações repassadas pela arquitetura: croquis do terreno, planta do pavimento tipo e características do edifício (existência de subsolo, número de pavimentos etc.).

- Apoio à Definição do Produto (ADP): fase que objetiva fornecer dados e informações para colaborar nos estudos de viabilidade do empreendimento e oferecer subsídios necessários à elaboração do orçamento prévio. Desenvolve-se uma concepção inicial do sistema estrutural e avaliam-se comparativamente as possibilidades de sistema estrutural disponíveis para o empreendimento.
- Identificação e Solução das Interfaces (ISI): os desenhos da estrutura são gerados pelo engenheiro estrutural contendo as informações necessárias para que se realize uma interface com os demais projetistas envolvidos.
- Detalhamento das Especialidades (DET): o Projeto Estrutural Unifilar Básico, o projeto de obra, além do projeto de Fabricação e Montagem da estrutura são desenvolvido pela engenharia estrutural, buscando o detalhamento necessário e considerando a compatibilização com os demais projetos.
- Pós-entrega do Projeto: com o intuito de se garantir a correta aplicação dos projetos no local da obra nesta fase o acompanhamento da interpretação e compreensão do projeto é realizado.
- Pós-entrega da Obra: realiza-se uma avaliação da estrutura em uso ou adaptações para o caso de novas condições de uso.

Meseguer (1991) classifica em cinco as etapas do processo de desenvolvimento de edifícios em construção metálica, as quais estão sob o gerenciamento que tem por função coordenar e compatibilizar as informações de cada etapa, de acordo com a seguinte descrição:

- Planejamento: etapa que inclui planejar a implantação, realizar a pesquisa de mercado, efetivar a compra do terreno, definir o programa de necessidades, organizar os documentos para o lançamento e efetuar retroalimentação de acordo com informações coletadas de clientes.
- Projeto: etapa que objetiva o atendimento das expectativas do empreendedor (cliente) para definir a conformação do produto final, neste caso um processo estratégico.
- Materiais: etapa de fabricação de componentes e materiais e o envio dos elementos fabricados para o local da obra. Esta etapa pode ser desmembrada em uma etapa de seleção de materiais, outra de fabricação e mais uma de transporte dos elementos.
- Construção/Montagem: sequência de atividades planejadas em obediência aos critérios técnicos e operacionais movida pelo trabalho de equipes coordenadas.

- **Manutenção:** etapa realizada após a construção do empreendimento, em que se verificam e diagnosticam problemas e gera-se a retroalimentação do processo (informações para o planejamento de um novo empreendimento).

Raad Junior (1999) dissertou sobre diretrizes para fabricação e montagem de estruturas metálicas, trabalho a partir do qual se elaborou a Tabela 4.3, que descreve a sequência de negociação e elaboração do projeto em estrutura metálica com vistas à fabricação da estrutura, de acordo com as descrições adiante.

Tabela 4.3 - Planejamento e Construção em Estrutura Metálica

| ETAPA (CÓDIGO) | DESCRIÇÃO | AGENTES |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Demanda (AÇO 1) | Criação de perspectivas para a utilização do aço como alternativa de solução estrutural | Cliente; Departamento Comercial. |
| Análise crítica e seletividade de oportunidades (AÇO 2) | A partir da demanda do cliente é realizada a busca pela criação de oportunidades para atender às necessidades do projeto. | Cliente; Departamento de Planejamento; Departamento de Controle da Produção; Engenharia de Orçamento. |
| Pré-dimensionamento e Lista de Material Avançada LMA (AÇO 3) | Criação de soluções integradas e cálculo do peso da estrutura. Com a aprovação das propostas iniciais pelo cliente, inicia-se a concepção do projeto. | Engenharia de Orçamento; Departamento de Suprimentos. |
| Orçamento final (AÇO 4) | Com a liberação do pré-dimensionamento, acontece a finalização do orçamento, o qual, se aprovado pelo cliente, promove a ativação do projeto, o qual será coordenado por um Administrador do Projeto. | Departamento de Suprimentos; Cliente; Departamento Comercial. |
| Cálculo e detalhamento do projeto; Desenhos de projeto e Lista de Material Definitiva LMD (AÇO 5) | O Administrador do Projeto encaminha a documentação para a Engenharia realizar o detalhamento do projeto. O Departamento de Produção elaborará a programação. Inicia-se a produção. | Departamento Comercial; Administrador do Projeto; Engenharia; Departamento de Planejamento e Controle da Produção; Cliente. |
| Transporte (AÇO 6) | As peças produzidas são transportadas para o local de montagem | Engenharia; Departamento de Planejamento e Controle da Produção; Cliente. |
| Montagem (AÇO 7) | A estrutura é montada no local da obra | Engenharia; Departamento de Planejamento e Controle da Produção; Cliente. |

Fonte: RAAD JUNIOR, 1999

Todo o ciclo começa com a identificação de necessidades e a criação de oportunidades pelo Departamento Comercial das empresas fabricantes de estruturas em aço. As informações obtidas são processadas em parceria com o Departamento de Planejamento, com o Departamento de Controle da Produção e em contato com o cliente. A análise crítica e a seletividade de oportunidades obtidas de tal processamento são encaminhadas para a Engenharia de Orçamentação, que busca soluções integradas e realiza a estimativa do peso da estrutura (RAAD JUNIOR, 1999).

Das informações processadas e relatadas ao cliente define-se por antecipar a concepção do projeto. Caso seja uma obra promissora, realiza-se o pré-dimensionamento e elabora-se a Lista de Material Avançada, documentos que são encaminhados ao Departamento de Suprimentos que finalizará o orçamento. Com o orçamento liberado e aprovado, o Departamento Comercial em reunião conjunta com os agentes do projeto, incluindo o cliente, ativa o projeto, o qual é encaminhado para um Administrador do Projeto (RAAD JUNIOR, 1999).

O Administrador do Projeto encaminhará a solicitação para a Engenharia, a qual processará o cálculo e o detalhamento do projeto, produzindo os desenhos de conjunto e a Lista de Material Definitiva. Estes documentos são encaminhados para o Departamento de Planejamento e Controle da Produção que elaborará a programação da fabricação. Com a programação efetuada inicia-se a produção que demandará estudos de logística, a fabricação propriamente dita, o transporte e a montagem da estrutura (RAAD JUNIOR, 1999).

Constata-se, a partir da observação deste processo que desde o momento em que se inicia a compatibilização das informações referentes ao projeto estrutural em aço há a necessidade de um projeto de arquitetura para dar base à análise crítica e possibilitar a seleção de oportunidades para o empreendimento analisado. A estimativa de peso precisa ser realizada com base em um projeto de arquitetura bem delineado, uma vez que o custo do projeto será calculado com relação ao peso da estrutura. Sendo assim, essa dinâmica altera substancialmente um modelo de processo de projeto de um sistema estrutural tradicional.

Segundo Moraes (2000), a construção em aço permite que os projetos e detalhes construtivos utilizem o milímetro como escala de medida. Desta forma, tem-se uma precisão

maior que os demais sistemas construtivos. Entretanto, esta característica não é aplicada em muitos casos em função dos seguintes fatores:

- Necessidade de colocar o produto no mercado, elaborando-se, muitas vezes, apenas os projetos para a configuração básica da edificação (arquitetura, estruturas e instalações);
- Contratação de projetistas em etapas posteriores à definição do projeto, não podendo contribuir com soluções otimizadas no processo de projeto o que leva a um planejamento do processo de projeto ineficiente e até mesmo inexistente;
- Prática de se manter algumas especificações indefinidas no decorrer do processo de projeto;
- Falta de visão sistêmica do cliente do sistema construtivo em aço, solicitando modificações demasiadas quando o empreendimento está em fase de construção;
- Falta de visão sistêmica dos principais envolvidos no processo de projeto, que apresentam abordagem restrita a sua área de atuação.

Teixeira (2007) desenvolveu uma pesquisa que trata do processo de projeto estrutural em aço, do qual se inferem os principais pontos de atenção:

- Escolha tardia do sistema estrutural em aço;
- Mudança dos requisitos de projeto já com a obra em andamento;
- Comunicação insuficiente entre os projetistas;
- Falta de coordenadores de projeto ou coordenação ineficiente;
- Desenvolvimento dos projetos de forma sequencial sem compatibilização entre as diversas especialidades;
- As ligações entre os elementos da estrutura em aço, se não detalhadas adequadamente podem comprometer a montagem no canteiro de obras, diminuindo o ritmo de trabalho e causando retrabalhos;
- Erros de compatibilidade entre a estrutura e o posicionamento das fundações. As fundações comumente acabam sendo executadas antes do projeto estrutural finalizado, o que pode ocasionar problemas caso haja a necessidade de mudança de posicionamento da estrutura.

Com base nos problemas descritos, visualiza-se que para a utilização da construção em aço com o uso de todas as potencialidades que oferece, assim como nos sistemas construtivos

tradicionais, necessita de uma mudança de cultura dos empreendedores e das equipes de projeto (TEIXEIRA, 2007).

Gerken (2003) apresenta um modelo integrado de projeto, o qual tenciona destacar quão importante é o projeto no processo construtivo total. O diagrama mostrado na Figura 4.9 mostra também a importância do arquiteto, a integração multidisciplinar indispensável ao processo e a conexão entre a concepção do projeto e os métodos e possibilidades de produção.

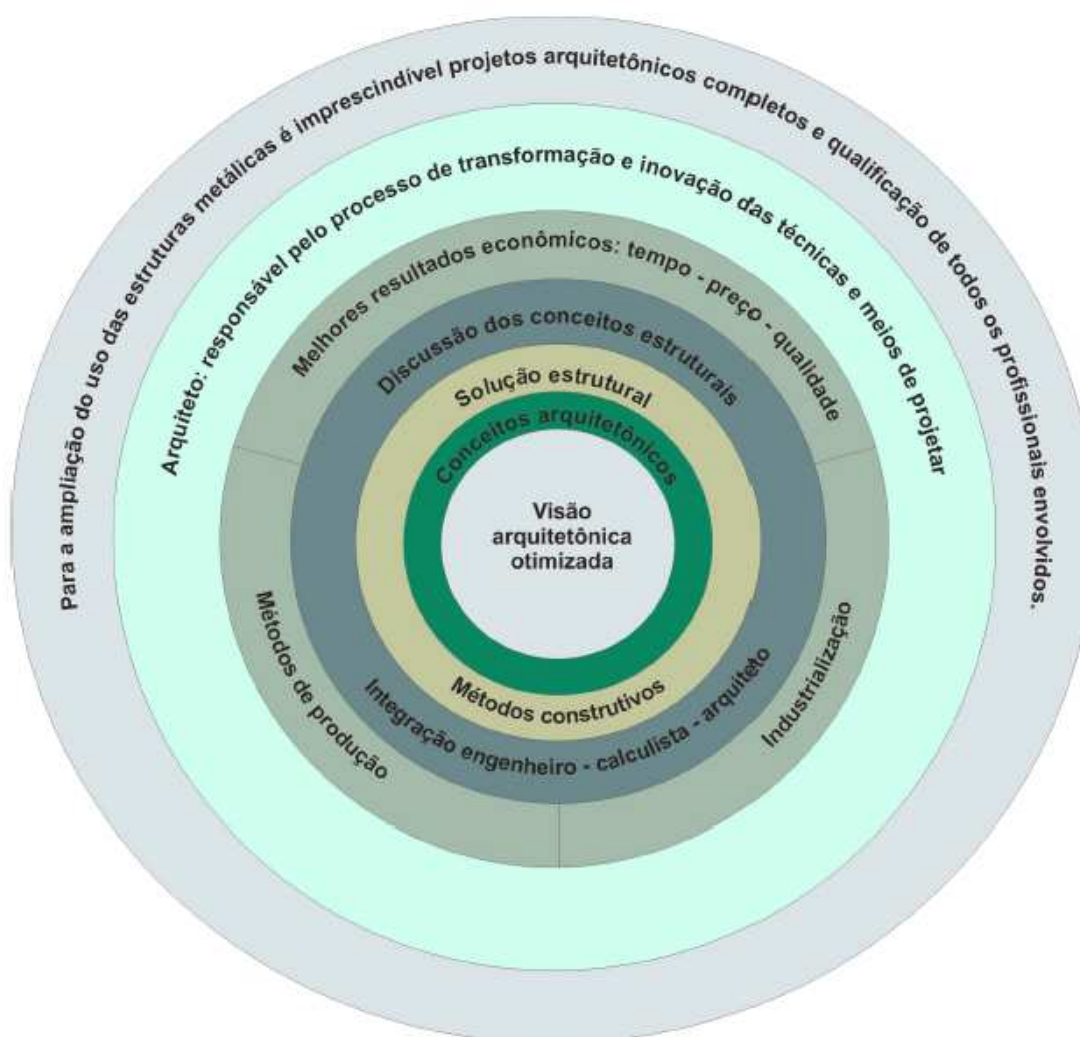


Figura 4.9 - Modelo integrado para projeto de estruturas em aço
Fonte: BORSATO (2009) – adaptado de GERKEN (2003).

Crasto (2005) explicita que as deficiências nos projetos de estruturas em aço advêm da falta de preparo técnico dos profissionais de engenharia e arquitetura, que aprendem na prática os conceitos e especificidades da estrutura, o que a formação acadêmica não tem

ensinado eficientemente. Com isso, faz-se uso errado da tecnologia e dos materiais, gerando um senso comum de que a estrutura em aço é problemática, o que inibe a sua utilização.

Borsato (2009) constata que “a obra em estrutura de aço, como qualquer obra industrializada, deve ser toda pensada em profundidade, projetada, detalhada e fabricada fora do canteiro de obras”. De acordo com a autora torna-se necessário compreender que “é preferível investir em bons projetos, que podem ser feitos e refeitos, examinando-se as várias opções até que se encontre a solução mais adequada para o projeto, como forma de garantir a qualidade e o melhor custo/benefício”. Isto porque, conforme já citado anteriormente, o custo do projeto é menor do que qualquer custo posterior ocasionado por falhas projetuais.

Bauermann (2002) estudou com profundidade casos em que foram utilizados sistemas industrializados para a construção de edifícios, objetivando, dentre outros pontos, investigar o processo construtivo em aço, com ênfase na etapa de projeto, para identificar o desempenho dos processos utilizados; e propor melhorias no processo de projeto. Do trabalho de Bauermann (2002), e com base em Raad Junior (1999), obteve-se o fluxograma mostrado na Figura 4.10, em que está ordenado o processo de produção da estrutura em aço.

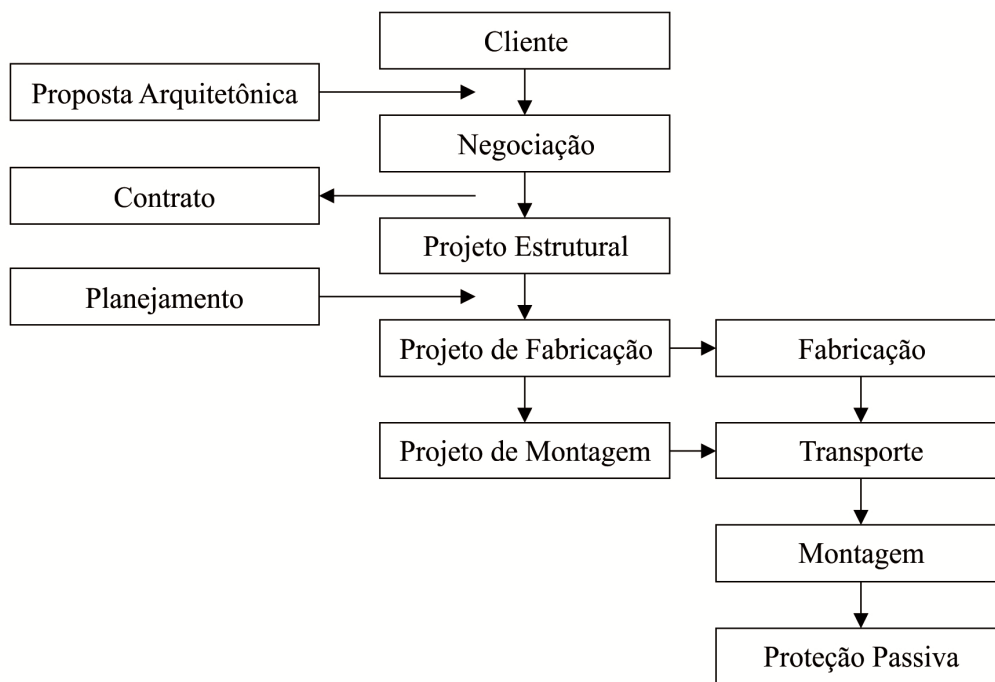


Figura 4.10 - Diagrama do processo de produção da estrutura em aço
Fonte: BAUERMANN, 2002.

Observa-se, ao analisar o diagrama, que os projetos do sistema estrutural começam a ser desenvolvidos após a negociação, efetivada com base em uma proposta arquitetônica apresentada pelo cliente (o empreendedor). Considerando o menor prazo de execução como um dos principais motivadores da utilização da estrutura em aço, há que se supor que a proposta arquitetônica apresentada pelo empreendedor para o início do projeto da estrutura esteja minimamente adequada aos requisitos técnicos e legais. Sendo assim, o estudo preliminar de arquitetura deve ser elaborado com a análise crítica de projetistas e compatibilizado com as legislações em vigor, o que necessita ser previamente contemplado no planejamento do empreendimento, considerando o tempo necessário para a elaboração de estudos preliminares com as informações adequadas.

O diagrama apresentado por Bauermann (2002) se desmembra em outras etapas quando se analisa o processo de produção da estrutura em aço com foco no projeto estrutural, em consonância com o processo proposto por Raad Junior (1999), supracitado. Podem-se descrever as seguintes características de tal processo, conforme mostrado na Figura 4.11.

A equipe de engenharia, responsável pelo desenvolvimento do projeto estrutural recebe o projeto de arquitetura. É elaborado o esquema estático da estrutura metálica, o qual serve de base para a análise estrutural e para o dimensionamento da estrutura. São elaborados os desenhos e a memória de cálculo do projeto, momento em que se geram as especificações das ligações a serem executadas e a lista preliminar de materiais. Com base nos desenhos e memória de cálculo são elaborados o projeto de fabricação, o projeto de montagem e são especificados os elementos que servirem de base para os demais projetos do empreendimento. Do projeto de fabricação, que recebe informações de logística da etapa de planejamento, constam o detalhamento da estrutura e as especificações de materiais. Com o detalhamento e as especificações mais os desenhos e memória cálculo é elaborado o projeto de montagem da estrutura, o qual detalha e denomina as peças que são transportadas para o local da obra para a execução da montagem (TEIXEIRA, 2007).

Bauermann (2002) conclui que para melhorar o processo de projeto, diminuindo patologias e aumentando a qualidade das edificações estruturadas em aço, dentre outras medidas, os sistemas construtivos industrializados devem ser definidos antes de se iniciar o desenvolvimento dos projetos; o planejamento do processo de execução deve ser iniciado

juntamente com a definição das tecnologias e sistemas construtivos; e a compatibilização das soluções projetuais devem ser iniciadas durante o planejamento do processo de projeto.

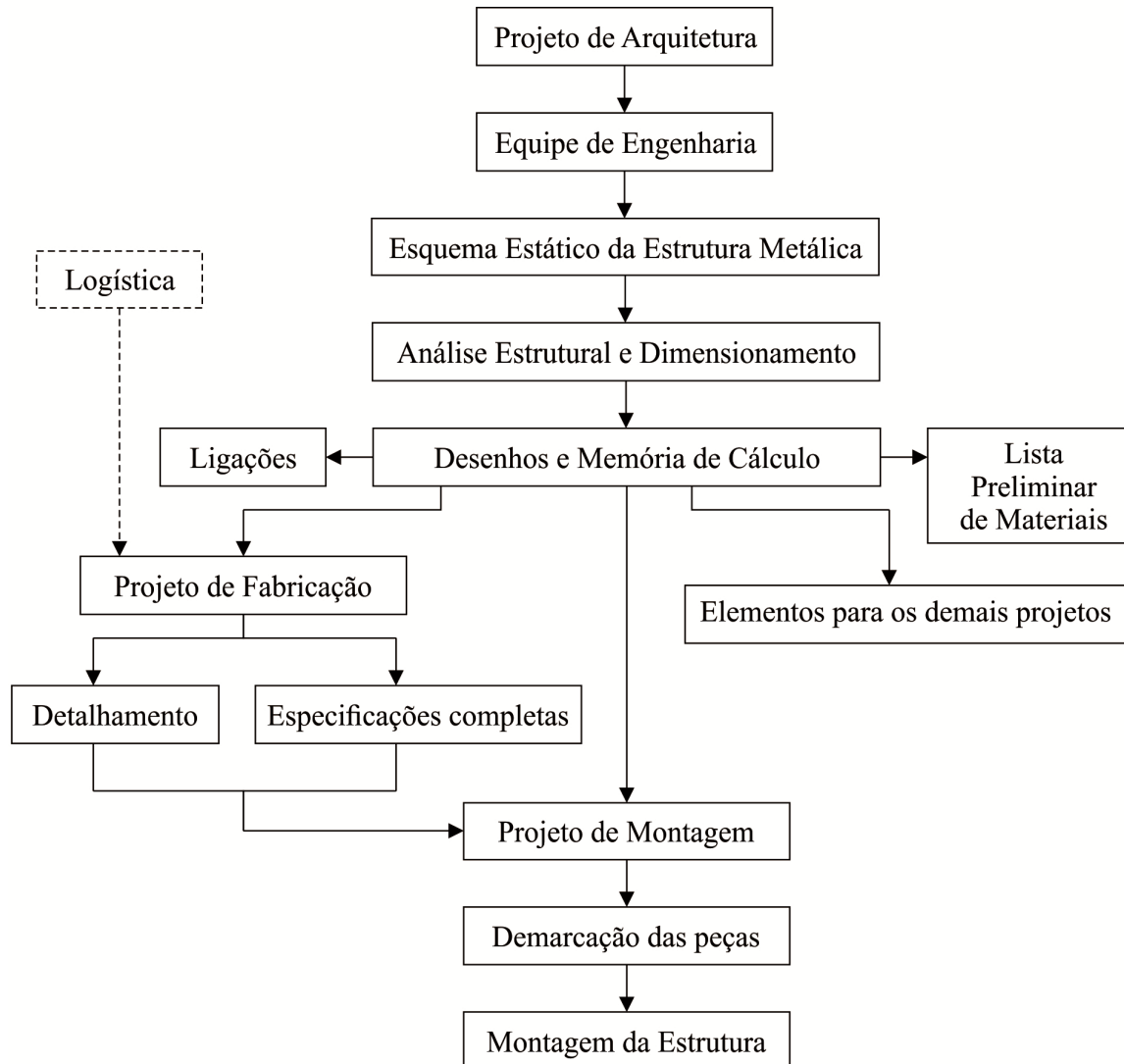


Figura 4.11 - Diagrama do processo de produção da estrutura em aço
Fonte: BAUERMANN, 2002.

De acordo com o trabalho de Moraes (2000) melhorar a qualidade do projeto é uma condição fundamental para aumentar a eficiência da etapa de produção (fabricação, transporte e montagem) da estrutura metálica. O autor sugere diretrizes para a melhoria do processo de projeto de edificações estruturadas em aço, dentre as quais se destacam:

- Reduzir as atividades que não agregam valor ao produto dispensando atenção especial aos aspectos de fluxo e valorizando os aspectos de conversão. Os aspectos de fluxo se relacionam ao tempo de transferência de informações, tempo de espera para execução de tarefas subsequentes no processo, perda de tempo relacionada à demora em

aprovações e perda de tempo por conta de inspeções nos projetos que ocorrem aleatoriamente. Quanto aos aspectos de conversão, citam-se a dificuldade em se identificar as necessidades reais dos clientes, a falta de informações, além de mudanças ao longo do processo de projeto que ocasionam perdas e retrabalhos gerados por erros de projeto;

- Aumentar o valor do produto com base na obediência aos requisitos do cliente, o que se pode obter com a elaboração de um planejamento adequado do processo de projeto e com o desenvolvimento de mais projetos para a produção, evitando a falta de informações;
- Reduzir a variabilidade do processo, desenvolvendo um modelo para o processo de projeto, incorporando a possibilidade de modificações neste processo;
- Controlar o processo ao longo de todo o seu desenvolvimento, criando um modelo de processo de projeto que contenha indicadores de qualidade; e
- Buscar a melhoria contínua, o que também pode ser feito com o desenvolvimento de um modelo de processo de projeto e de um banco de dados que retroalimente o processo, contendo indicadores de qualidade do processo.

Observa-se, portanto, uma congruência entre as conclusões de Moraes (2000) com os objetivos do presente trabalho, qual seja a elaboração de um modelo de processo de projeto de arquitetura em aço, acrescentando a ele atenção especial aos critérios e requisitos de conforto ambiental no desenho deste processo.

4.4 Processos de Projeto das Especialidades de Conforto

Frente aos objetivos do presente trabalho, busca-se sintetizar aqui experiências e estudos que buscaram compatibilizar de forma eficiente o processo de projeto de arquitetura com os conceitos das especialidades de conforto ambiental durante o desenvolvimento projetual. Sabe-se que o arquiteto deve atender todos os requisitos e as condicionantes da proposta arquitetônica, as expectativas do cliente, cumprindo as demandas do programa arquitetônico e obedecendo criteriosamente os custos estimados, materializando todas essas questões por meio de uma arquitetura qualitativamente eficaz. A eficácia projetual só se apresentará plena se o edifício parecer confortável e seguro aos usuários, proporcionando as melhores experiências de vivência e apropriação dos espaços edificados.

O estudo do clima do local onde o edifício será implantado deve ser uma das primeiras tarefas do arquiteto. Mueller (2007) desenvolve uma sequência de etapas para o desenvolvimento de um projeto de arquitetura com qualidade ambiental, quais sejam:

- 1) Análise do programa arquitetônico: definição da localização das funções a serem cumpridas pelo edifício de acordo com as prioridades relacionadas à acessibilidade, orientação solar, conforto térmico, luminoso e acústico; e tratamento dos espaços externos de acordo com os microclimas desejados.
- 2) Análise do terreno e do entorno: visita ao terreno para visualização das características do local, do entorno construído, vias, acessos, fluxo de veículos e pedestres, topografia, vegetação, norte magnético e possíveis elementos que possam afetar a radiação solar direta e refletiva, outros que possam modificar o percurso natural dos ventos e interferir na propagação de ruídos; documentação fotográfica e vídeo; o clima na região, de forma a se obter diretrizes de projeto para amenizar climas muito rigorosos; insolação, radiação e luz natural na região, utilizando a carta solar da latitude onde se localiza o terreno, de forma a visualizar o percurso do sol nas diferentes estações do ano e as sombras projetadas, visualizando também as características das superfícies circundantes para se avaliar a reflexão da luz e da radiação solar ao incidir sobre essas superfícies o que permitirá decisões importantes de projeto, como a implantação do edifício no terreno e o detalhamento de fachadas, esquadrias e sistemas de proteção solar; o ruído na região; verificação e/ou retificação do Norte; entrevista com moradores e usuários da vizinhança; e pesquisa sobre as leis de ocupação do terreno.
- 3) Aplicação da bioclimatologia à arquitetura: do diagnóstico climático à aquisição de diretrizes de projeto utilizando a carta bioclimática (construída sobre o diagrama psicrométrico que relaciona a temperatura e a umidade do ar) para avaliar se o clima do local oferece ou não condições de conforto para os usuários, buscando estratégias passivas ou ativas de condicionamento térmico, quando necessário; escolha dos componentes construtivos, o que deve ser iniciado desde o início da concepção projetual, buscando componentes que apresentem características e propriedades termofísicas apropriadas ao clima do local e ao tipo de uso do edifício, definindo-os de acordo com a facilidade de manutenção e com o custo x durabilidade, utilizando informações de fornecedores quanto às propriedades dos elementos e o desempenho térmico, acústico e lumínico deles; busca pela forma ótima, racionalidade construtiva e exequibilidade da obra, diretrizes das mais importantes do processo projetual, já que

sintetiza todas as condicionantes: econômicas, técnicas, ambientais, tecnológicas, construtivas, estéticas etc.

- 4) Avaliação do desempenho do edifício: critérios para avaliação – parâmetros de conforto, buscando os índices que devem ser obedecidos para se obter o correto desempenho do edifício; cálculos preliminares e programas computacionais de simulação de desempenho.
- 5) Reavaliação do projeto e detalhamento.

Observa-se, portanto, a partir das etapas descritas acima, que o processo projetual para se desenvolver um projeto que atenda aos melhores índices de conforto ambiental passa por um planejamento adequado, resultando em um processo de projeto que seja analítico e integrador das diferentes especialidades de conforto ambiental. Com base em uma revisão bibliográfica, adiante são expostas considerações específicas sobre o processo de projeto de cada especialidade.

4.4.1 Conforto Térmico e o Projeto de Arquitetura

As primeiras decisões projetuais configuram-se muito importantes para a avaliação do desempenho térmico e do consumo energético em edificações. Esta afirmação destoa da prática projetual, a qual se caracteriza na maioria das vezes pela busca tardia por suporte na avaliação de desempenho da edificação, por vezes na fase de detalhamento do projeto, momento em que há poucas possibilidades de mudanças (PEDRINI; SZOLOKAY, 2005).

Mahoney (1971) enfatiza que as prerrogativas relacionadas ao condicionamento térmico devem ser avaliadas em todas as fases do processo de projeto, pois se deixadas somente para a fase final de projeto levarão a problemas de execução e minimização do condicionamento térmico natural. A relação do edifício com o clima local deve ser considerada na fase de estudo preliminar, possibilitando prever a orientação, a distribuição e a volumetria da edificação, tomando partido dos fatores positivos e buscando minimizar os impactos negativos do clima. Os materiais e as técnicas de condicionamento passivo, os quais contribuirão para o conforto térmico, deverão ser avaliados na fase de anteprojeto.

Após avaliar diferentes estudos, Ribeiro (2008) afirma que há uma considerável parcela de profissionais ligados à arquitetura que não se preocupa com as questões de conforto térmico no processo de projeto e outra parcela possui limitações quanto às análises do desempenho térmico das edificações. Constata também que existe um distanciamento problemático entre o ambiente de pesquisa e o mercado, o que gera flagrante deficiência na avaliação térmica na prática de projeto. E conclui que providenciar ferramentas que convertam o conhecimento científico em recomendações práticas para o projeto, em diferentes realidades bioclimáticas, torna-se importante para reverter as constatações de que não há um correto direcionamento das questões de conforto térmico na aplicação projetual.

Busca-se, por conseguinte, neste momento, apresentar os critérios e requisitos apresentados na Tabela 2.3 de acordo com a norma NBR15.575 (ABNT, 2013), consorciando-os com as fases de projeto de arquitetura da Tabela 4.1 e com as disciplinas de projeto de acordo com a relação de projetos mostrada na Tabela 4.2, de forma a se visualizar uma organização de processo de projeto da especialidade de conforto térmico com base na ASBEA (2014), apresentada na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Processo de Projeto para o Desempenho Térmico

| Tabela 2.3 | Tabela 4.1 | | | | Tabela 4.2 | | | |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|----|----|-------------------------------------|----|----|----|
| EXIGÊNCIAS PARA O DESEMPENHO TÉRMICO (CÓDIGO) | FASES DO PROJETO DE ARQUITETURA (CÓDIGO) | | | | PROJETOS ENVOLVIDOS (CÓDIGO) | | | |
| ADEQUAÇÃO DE PAREDES EXTERNAS (DT1) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ISOLAÇÃO TÉRMICA DA COBERTURA (DT2) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO (DT3) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |

Sendo, EP: Estudo Preliminar; AP: Anteprojeto; PB: Projeto Básico; e PE: Projeto Executivo. AQ: Arquitetura; ST: Estrutura; IT: Instalações; e CS: Consultorias Especializadas.

Sendo assim, percebe-se que a adequação de paredes externas (DT1) e a Isolação Térmica da Cobertura (DT2) devem ser compatibilizadas após os estudos preliminares, a partir da fase de Anteprojeto e deve envolver os Projetos de Arquitetura, de Estrutura e a Consultoria Especializada em Condicionamento Térmico (Ventilação, Exaustão e Ar

Condicionado). As aberturas para ventilação devem ser verificadas durante todo o processo de projeto de arquitetura.

De forma a se obter o conforto térmico adequado nas edificações, podem-se buscar alternativas baseadas no condicionamento térmico artificial. Sendo assim, interessa aqui apresentar o que descreve o Manual de Escopo de Projeto e Serviços de Ar Condicionado e Ventilação da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) para cada fase de projeto para que compatibilize as informações necessárias para o conforto térmico no ambiente construído.

Na fase de Estudo Preliminar (EP) deve ser realizado o estudo de implantação do empreendimento, a análise e obtenção de informações preliminares quanto aos condicionantes topográficos, de incidência solar e influência das condições do meio externo, definindo, as normas técnicas a serem obedecidas, o nível de desempenho requerido no empreendimento (mínimo, intermediário e superior), os níveis de sustentabilidade e as exigências relacionadas aos equipamentos que devem ser utilizados. Com estas informações, devem-se gerar relatórios que contenham recomendações preliminares que influenciem no desempenho dos sistemas como: altura de entre forro, tipo de vidro, materiais de construção, sombreamento, afastamento com vizinhos, orientação solar, requisitos de tomada de ar exterior e descarga de exaustão, além de verificar a necessidade de implantação de sistema de controle de fumaça, em caso de incêndio. Nesta fase, torna-se necessária a avaliação preliminar dos sistemas de ar condicionado viáveis de serem adotados, em caso de necessidade de condicionamento artificial, indicando o investimento necessário, a necessidade de instalações de energia (ponto de força) e de água (reserva) e um pré-dimensionamento dos espaços a serem ocupados pelos equipamentos (ABRAVA, 2011).

Na fase de Anteprojeto (AP) devem ser efetuados os cálculos de carga térmica e de vazões de ar, definindo o zoneamento térmico dos ambientes. Deve-se utilizar como base informações do programa funcional delineado pelo promotor do empreendimento, desenhos e prerrogativas da arquitetura e tipo e potência das luminárias. A determinação das dimensões dos equipamentos a serem utilizados e das áreas necessárias para as instalações assim como a definição dos espaços de caminhamento de dutos, fluídos de resfriamento, parâmetros requeridos pelos projetos hidráulico e elétrico e acessibilidade dos equipamentos às casas de máquinas são requisitos importantes a serem definidos na fase em questão. Após essas

definições, deve-se dimensionar o trajeto das redes de dutos e tubulações principais por meio de desenhos esquemáticos. E, como última atividade desta fase, gera-se um relatório contendo a descrição geral dos sistemas alternativos em estudo e a indicação de dados comparativos com as estimativas de custos iniciais; de custos operacionais, incluindo manutenção; a confiabilidade dos sistemas; os espaços físicos necessários; e as demais características físicas e operacionais (ABRAVA, 2011).

A fase de Projeto Básico (PB) deve ser iniciada com a consolidação dos cálculos apresentados na fase de Definição do Produto e a seleção dos equipamentos, utilizando as informações de todas as demais especialidades de projeto, de forma que sejam compatibilizadas todas as prerrogativas do empreendimento. Define-se o leiaute da Casa de Máquinas em consonância com o Projeto de Acústica, ou seja, prevendo amortecimento de vibrações dos equipamentos e juntamente com o Projeto de Estrutura indica-se a localização de furos para passagem de dutos, cuidando ainda da interface com os projetos hidráulico, elétrico e de combate a incêndio. Outra definição importante a ser realizada nesta fase é o estudo de leiaute dos elementos de difusão de ar, compatibilizando com a locação de luminárias, *sprinklers*, sistema de sonorização e detectores de fumaça, quando existirem esses elementos na edificação. Com os dados já analisados, deve ser definido o dimensionamento e o trajeto das redes de dutos, representados por meio de desenhos de todos os pavimentos e cortes com a compatibilização entre o sistema de condicionamento e os demais projetos (ABRAVA, 2011).

Na fase de Projeto Executivo (PE) deve ser feito o detalhamento das instalações em plantas baixas e em cortes contemplando listas de materiais, características técnicas dos equipamentos e os detalhes construtivos necessários para a execução do sistema. A casa de máquinas deve ter o detalhamento adequado com todos os requisitos necessários à configuração espacial, locação de equipamentos e instalações. Devem ser elaborados os diagramas de alimentação elétrica; os memoriais descritivos e as especificações técnicas de materiais e equipamentos; os fluxogramas de ar, água ou refrigerante do sistema; os diagramas de controle; as plantas específicas com a indicação de furação de lajes e vigas; as marcações e especificações de suportes dos dutos e das tubulações; os diagramas de comandos elétricos; o detalhamento dos quadros elétricos; as planilhas de materiais e serviços; o orçamento; e as minutas contratuais (ABRAVA, 2011).

Na fase de Pós-Entrega do Projeto, deve-se realizar a apresentação aos agentes intervenientes envolvidos no processo; o esclarecimento de dúvidas; a análise técnica de proposta de fornecedores; a análise de soluções alternativas que se mostrarem interessantes; as alterações no projeto que por ventura se fizerem necessárias; a análise dos desenhos de fabricação e planilha de seleção dos equipamentos oferecidos pelo instalador; a elaboração dos desenhos de fabricação; o acompanhamento técnico da obra; as orientações necessárias à execução dos sistemas; a inspeção dos equipamentos na fábrica; o acompanhamento de testes, balanceamentos e partidas dos sistemas e o recebimento da obra; os desenhos *as built*; e, por fim, o fornecimento de informações para a elaboração do manual de operação e manutenção do sistema de ar condicionado e ventilação. E, na fase de Pós-Entrega da Obra, deve-se realizar visitas para avaliação do funcionamento do sistema e efetuar alterações nos projetos para adequações ocasionadas por ajustes nos sistemas (ABRAVA, 2011).

Nota-se, portanto, que as demandas projetuais do sistema de condicionamento de ar e ventilação relacionam-se diretamente com os demais sistemas da edificação, necessitando de uma interface constante entre as especialidades de projeto para que se obtenha resultados econômica e funcionalmente eficazes.

4.4.2 *Conforto Acústico e o Projeto de Arquitetura*

Reafirmando o que foi descrito anteriormente, é necessário citar que o ambiente acústico sofre influência de diferentes fatores correlacionados e interdependentes no desenvolvimento do projeto de um edifício: a definição do terreno, a tipologia de implantação, a ambiência dos espaços internos, os materiais e tecnologias construtivas são determinantes para o atingimento dos requisitos acústicos necessários para o conforto dos usuários. influenciado por inúmeros fatores correlacionados e interdependentes, associados ao projeto do edifício (CAVANAUGH; WILKES, 1999).

Considerando a acústica no projeto de edifícios, torna-se imprescindível compatibilizar as condicionantes térmicas, lumínicas e acústicas; considerar o acabamento das superfícies; analisar corretamente o entorno, a localização e as dimensões do terreno; avaliar a localização de áreas geradoras de ruídos e de áreas sensíveis aos ruídos; especificar corretamente os

materiais de fechamento e cuidar do isolamento dos ambientes; tratando sempre de prevenir os problemas acústicos em vez de corrigi-los (SEEP et al., 2002).

Lopes (2010) constata que se o conceito arquitetônico, formulado no início do processo de projeto, for acusticamente insuficiente pode gerar resultados acústicos deficientes mesmo quando utilizados materiais adequados e alcançada a forma arquitetônica correta. Faz-se necessária a integração e a cooperação do consultor acústico desde o início do processo de projeto, para que se avalie simultaneamente a implantação, a forma, o volume, a estrutura, os materiais e o leiaute. Torna-se difícil modificar estes fatores quando já integrados ao conjunto do projeto.

A obediência aos requisitos acústicos não se configura como um limitador da qualidade arquitetônica. Eles devem ser tomados como oportunidades de solução que potencialize a eficácia do projeto, aliando qualidade acústica, funcionalidade e estética, gerando elementos inovadores - difusores, texturas, forros, painéis etc. (LOPES, 2010)

Lopes (2010) deixa como sugestão, ao final da sua pesquisa, a necessidade de se desenvolver um método de projeto em que os requisitos acústicos também sejam tomados como fatores determinantes, possibilitando estratégias arquitetônicas que enriqueçam visualmente a solução arquitetônica. Indicar a potencialidade de se efetuar o aprofundamento da análise acústica durante o processo de projeto arquitetônico, onde os aspectos técnicos e estéticos devem ser tomados de maneira equilibrada e inseparável: eis, pois, um dos intuitos do presente trabalho.

Busca-se, por conseguinte, neste momento, apresentar os critérios e requisitos da Tabela 2.5 de acordo com a norma NBR15.575 (ABNT, 2013), consorciando-os com as fases de projeto de arquitetura apresentadas na Tabela 4.1 e com as disciplinas de projeto de acordo com a relação de projetos mostrada na Tabela 4.2, de forma a se visualizar uma organização de processo de projeto da especialidade de conforto térmico com base na AsBEA (2014) apresentada na Tabela 4.5.

Sendo assim, percebe-se que todas as exigências devem ser avaliadas durante todas as fases de desenvolvimento do projeto de Arquitetura, sendo de responsabilidade da Consultoria Especializada de Acústica. A análise isolamento acústica de paredes externas deve ser iniciada

nas primeiras fases do processo de projeto, pois se configura a partir da avaliação do terreno sem a implantação do empreendimento para a classificação do nível de ruído pré-existente no local, conforme descrito anteriormente. Os demais critérios podem ser analisados após o desenvolvimento do estudo preliminar, pois tratam de questões que envolvem certo nível de detalhamento e especificação do projeto. Conhecendo estes critérios, o projeto de arquitetura terá condições de prever as características que os atendam.

Tabela 4.5 - Processo de Projeto para o Desempenho Acústico

| Tabela 2.5 | Tabela 4.1 | | | | Tabela 4.2 | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| EXIGÊNCIAS PARA O DESEMPENHO ACÚSTICO (CÓDIGO) | FASES DO PROJETO DE ARQUITETURA (CÓDIGO) | | | | PROJETOS ENVOLVIDOS (CÓDIGO) | | | |
| ISOLAÇÃO ACÚSTICA DE PAREDES EXTERNAS (DA1) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ISOLAÇÃO ACÚSTICA ENTRE PISOS E PAREDES INTERNAS (DA2) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS NA HABITAÇÃO (DA3) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| NÍVEL DE RUÍDO DE IMPACTO EM COBERTURAS ACESSÍVEIS DE USO COLETIVO (DA4) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |

Sendo, EP: Estudo Preliminar; AP: Anteprojeto; PB: Projeto Básico; e PE: Projeto Executivo. AQ: Arquitetura; ST: Estrutura; IT: Instalações; e CS: Consultorias Especializadas.

Durante a fase de Estudo Preliminar (EP) ou Concepção do Produto, o Projeto de Acústica realizará o estudo de implantação do empreendimento, verificando condicionantes relacionados à topografia, às edificações vizinhas, ao ruído de tráfego urbano de superfície e aéreo; informações precisas sobre a paisagem sonora urbana do entorno, identificando o nível de ruído pré-existente durante o dia e à noite, de acordo com a norma NBR10151 (ABNT, 2000a); gerando um relatório preliminar de condicionantes locais. Nesta fase deverá ser realizada avaliação preliminar dos tipos de solução acústica a serem adotados a partir da definição do nível de desempenho (mínimo, intermediário e superior) a ser alcançado, de acordo com a NBR15.575 (ABNT, 2013), gerando um relatório com orçamento prévio das

soluções em estudo e os locais a serem objeto de tratamento, com o desempenho acústico previsto (PROACÚSTICA, 2011).

Na fase de Anteprojeto (AP) ou Definição do Produto, deverão ser definidas as áreas a receber solução acústica, com a coleta de dados necessários à definição, o mapeamento dos ambientes a serem tratados e a elaboração de planilhas, com base no estudo preliminar da arquitetura e na caracterização dos elementos construtivos. Nesta fase também deverão ser verificadas interferências nas áreas que receberão solução acústica específica e deverão ser geradas as plantas e os cortes esquemáticos do Projeto de Acústica, além de um relatório com as possibilidades de soluções acústicas, caracterizadas pelas providências construtivas complementares, não abrangidas pelos projetos arquitetônico e estrutural, além da inserção de sistemas antivibratórios em equipamentos motorizados do edifício. Também está no escopo desta fase a elaboração de estudos técnicos e econômicos dos tipos de tratamentos acústicos a serem adotados, com base nos diversos projetos que têm interferência na solução acústica como estrutura, elétrica, hidráulica, ar-condicionado e fechamentos, gerando ao final um relatório com estimativas de custos, com descrição do desempenho e com a caracterização das soluções. Na fase de Anteprojeto, deve-se também estimular as possibilidades de utilização de tecnologias alternativas inovadoras (PROACÚSTICA, 2011).

Na fase de Projeto Básico (PB) também chamada de Projeto Pré-Executivo ou Identificação e Solução de Interfaces deve-se revisar as soluções acústicas até então implementadas no processo de projeto, considerando as atualizações dos demais projetos; gerando plantas e planilhas revisadas com os resultados decorrentes das definições dos tipos de solução acústica a serem utilizadas no empreendimento. Deve-se também analisar detalhadamente cada solução empregada considerando as diferenças de uso dos ambientes, tipos de materiais (brutos e de acabamento), com respectivas espessuras e efetuar estudos aprofundados para soluções específicas que demandem detalhes adicionais na execução, produzindo desenhos contendo plantas de fechamentos, cortes com detalhe das alturas dos tratamentos acústicos, espessuras e cotas do sistema construtivo, além de desenhos específicos para áreas tratadas em subsolos, térreo, casas de máquinas e outros equipamentos motorizados que necessitem de tratamento acústico (PROACÚSTICA, 2011).

Na fase de Projeto Básico deve-se realizar a compatibilização do Projeto de Acústica com os Projetos de Instalações Hidráulicas; de Instalações Elétricas; de Ar Condicionado,

Ventilação e Instalações Eletromecânicas; e de Impermeabilização e Isolamento Térmico. Deve-se gerar desenhos específicos para cada interface da solução acústica com as supracitadas especialidades de projetos.

Na fase de Projeto Executivo (PE), também chamada de Detalhamento ou de Detalhamento das Especialidades, o Projeto Acústico deve gerar o detalhamento dos tipos de solução acústica, a elaboração de memoriais descritivos, especificações técnicas e orçamento, considerando materiais e mão de obra, a elaboração de minutas contratuais com empresas de execução e fornecimento de serviços e materiais para as soluções acústicas detalhadas (PROACÚSTICA, 2011).

Na fase de Pós-Entrega do Projeto realiza-se uma reunião para apresentação do projeto final, com todas as características dos sistemas acústicos projetados e especificados, com o objetivo de esclarecer todos os pontos para a execução. Nesta fase deve-se dar suporte técnico na análise da proposta de fornecedores das soluções acústicas, gerando relatórios com informações necessárias aos proponentes. A análise de soluções alternativas também deve ser feita a partir da interface com outros agentes intervenientes do processo de projeto. Havendo a substituição de materiais, conceitos, sistemas ou tecnologias anteriormente definidas, deverão ser realizadas as revisões no projeto por solicitação do empreendedor. Com o transcorrer da execução do edifício, deve-se realizar o acompanhamento regular da obra de acordo com o planejamento realizado, dar suporte orientativo na execução dos sistemas acústicos e realizar vistoria final para verificar a execução das soluções. Finalizada a execução, deverão ser gerados os *as built* – desenhos de “como construído” com as atualizações e possíveis modificações necessárias na execução (PROACÚSTICA, 2011).

Também faz parte do escopo da Pós-Entrega do Projeto o acompanhamento dos ensaios de tratamento acústico, gerando relatório com a interpretação dos resultados dos ensaios acústicos e laudo técnico comprovando o atendimento à Norma de Desempenho. Quando solicitado, o projetista deverá dar subsídios à elaboração do Manual do Proprietário e Manual do Síndico do empreendimento, descrevendo as características de cada tipo de solução acústica, a forma e cuidados de utilização dos sistemas, o programa de manutenção preventiva, testes e ensaios necessários, e a relação de fornecedores das soluções acústicas (PROACÚSTICA, 2011).

Na fase de Pós-Entrega da Obra, deve-se cuidar da execução do projeto de possíveis alterações necessárias após a execução dos sistemas. O projetista das soluções acústicas deve participar também nas atividades de avaliação ou certificação do edifício, se for o caso.

Observa-se, ao verificar a descrição do escopo do Projeto de Acústica que a interface com os demais projetos e uma relação estreita com os diversos intervenientes do processo de projeto de arquitetura torna-se imprescindível em todas as fases de projeto.

4.4.3 Conforto Lumínico e o Projeto de Arquitetura

O projeto do sistema de iluminação de um ambiente baseia-se no conceito de iluminação natural e artificial integradas. Assim, devem-se definir os parâmetros de conforto visual e também das qualidades estéticas dos espaços relacionadas com a percepção do ambiente visual, tais como: a iluminância necessária, o controle do ofuscamento causado pelas fontes de luz, a existência ou não de sombras, a homogeneidade, o controle das iluminâncias do ambiente e a reprodução de cores (CYPRIANO, 2013).

O projeto luminotécnico tem como pontos de atenção, geralmente, as questões econômicas, o consumo de energia, a definição de equipamentos (lâmpadas, luminárias, reatores), e a necessidade de uma interface com o projeto de arquitetura para que se obtenham os melhores resultados.

Busca-se, por conseguinte, neste momento, apresentar os critérios e requisitos da Tabela 2.12 de acordo com a norma NBR15.575 (ABNT, 2013), consorciando-os com as fases de projeto de arquitetura apresentadas na Tabela 4.1 e com as disciplinas de projeto de acordo com a relação de projetos mostrada na Tabela 4.2, de forma a se visualizar uma organização de processo de projeto da especialidade de conforto térmico com base na AsBEA (2014) apresentada na Tabela 4.6.

Analisando a organização de projeto mostrada na Tabela 4.6, percebe-se que ambas as exigências relacionadas ao desempenho lumínico devem ser avaliadas durante todas as fases de desenvolvimento do projeto de Arquitetura, sendo de responsabilidade da Consultoria

Especializada de Luminotécnica. A iluminação artificial deve ainda envolver o projeto de instalações elétricas.

Tabela 4.6 - Processo de Projeto para o Desempenho Lumínico

| Tabela 2.12 | Tabela 4.1 | | | | Tabela 4.2 | | | |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| EXIGÊNCIAS PARA O DESEMPENHO LUMÍNICO (CÓDIGO) | FASES DO PROJETO DE ARQUITETURA (CÓDIGO) | | | | PROJETOS ENVOLVIDOS (CÓDIGO) | | | |
| ILUMINAÇÃO NATURAL (DL1) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL (DL2) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |

Sendo, EP: Estudo Preliminar; AP: Anteprojeto; PB: Projeto Básico; e PE: Projeto Executivo. AQ: Arquitetura; ST: Estrutura; IT: Instalações; e CS: Consultorias Especializadas.

Na fase de Estudo Preliminar (EP) devem-se identificar os requisitos luminotécnicos do projeto e as determinações das normas técnicas em cada ambiente da edificação, analisando as atividades a serem realizadas em cada local, produzindo um relatório que contenha os índices luminotécnicos e de necessidade de controle de ofuscamento a serem atendidos, definindo, pois, as prerrogativas projetuais para os sistemas de iluminação. Deve-se também compreender os objetivos do empreendimento – físicos, estéticos, econômicos e de sustentabilidade – por meio de reuniões com o empreendedor e com os demais intervenientes do processo de projeto. A identificação do partido arquitetônico, das condicionantes técnicas e construtivas do empreendimento é imprescindível nesta fase do processo para que se proponham alternativas e estimativas preliminares para o Projeto Luminotécnico. Ainda na fase de Concepção do Produto, o projetista de iluminação deve avaliar e selecionar os recursos tecnológicos de iluminação disponíveis no mercado. Caso o empreendimento seja objeto de certificação ambiental devem ser verificados também os procedimentos para atendimento dos requisitos certificatórios (AsBAI, 2011).

Na fase de Anteprojeto (AP) o Projeto Luminotécnico deve analisar e compreender os dados físicos dos estudos de Arquitetura integrando o estudo preliminar de Estrutura, utilizando também informações dos estudos de Ar Condicionado por conta da localização de dutos e dos estudos de Paisagismo por conta da iluminação de áreas ajardinadas, gerando um compilado de informações para os estudos projetuais de luminotécnica. Devem ser calculadas a iluminância requerida para as áreas de tarefas com necessidades visuais específicas

utilizando como base o projeto de arquitetura no que se refere aos materiais de acabamento e cores, aos leiautes e aos tipos e desenhos de forros, gerando arquivos com as curvas isolux horizontais e/ou verticais das áreas analisadas. Após o embasamento realizado, devem ser gerados os primeiros desenhos com o lançamento dos equipamentos de iluminação, com locação, comandos e composição dos cenários. Nesta atividade também devem ser considerados os projetos de arquitetura, estrutura, ar condicionado, segurança, paisagismo e outros que por ventura se fizerem necessários para que os desenhos e as planilhas de especificações técnicas contenham as informações já compatibilizadas, o que atesta a importância de um processo de projeto simultâneo (AsBAI, 2011).

Ainda nesta fase de Definição do Produto deve-se consolidar a solução de projeto apresentada e indicar possíveis interferências que os demais projetos devam solucionar para que se obtenha a compatibilização necessária. Torna-se necessário elaborar também os demonstrativos de custos e consumo de energia abrangendo as soluções luminotécnicas e a viabilidade econômica da proposta. Devem ser geradas imagens 3D das propostas que representem com fidelidade os resultados projetuais (AsBAI, 2011).

Na fase de Projeto Básico (PB) deve ser realizada a plena compatibilização entre o Projeto Luminotécnico e os demais projetos complementares do empreendimento, gerando plantas de distribuição dos equipamentos de iluminação atualizadas a partir da solução das interferências comentadas na fase de Definição do Produto. Estudos para integrar as luminárias aos detalhes construtivos da arquitetura, do projeto de interiores e do paisagismo devem ser efetuados, gerando desenhos preliminares dessa integração. Deve ser justificado o uso dos tipos de luminárias, lâmpadas e reatores especificados, após análise da quantidade de cada item, de forma a otimizar o repertório geral dos equipamentos (AsBAI, 2011).

Durante a fase de Projeto Executivo (PE) devem ser elaborados os conjuntos de desenhos, informações técnicas e detalhes que proporcionem a plena compreensão do projeto e possibilitem a correta execução. Todos os elementos do Projeto Luminotécnico, com destaque para luminárias especialmente projetadas para a edificação, devem ser corretamente representados e especificados, gerando um acervo de detalhamento que se integre plenamente aos demais projetos do empreendimento (AsBAI, 2011).

Entregue o projeto, a fase de Pós-Entrega do Projeto deve contemplar a apresentação do projeto executivo para os agentes intervenientes do processo de projeto do empreendimento, o acompanhamento da execução dos elementos de iluminação projetados, o esclarecimento de dúvidas, e o direcionamento dos fachos luminosos nos ambientes internos e externos de forma a se obter os efeitos luminosos propostos no projeto, após a execução dos sistemas de iluminação. Deve-se dar suporte à seleção dos fornecedores pelo empreendedor, gerando relatórios comparativos de custos e de efeitos diante da necessidade de substituição de elementos especificados por outros similares; e caso haja substituições de elementos, deve-se revisar o projeto e as especificações técnicas. Assim como nos demais projetos, o suporte à elaboração do manual de utilização e manutenção dos sistemas deve ser outra tarefa do projetista (AsBAI, 2011).

Executada a obra, a fase de Pós-Entrega da Obra deve contar com a visita técnica do projetista de luminotécnica ao empreendimento para a validação do projeto. Todos os dados para facilitar a compreensão dos sistemas de iluminação devem ser compilados bem como deve ser feita a identificação dos equipamentos especificados e das operações de manutenção e de aquisição dos produtos de reposição, gerando um Manual de Operação dos Sistemas de Iluminação. Importante também é a realização de treinamentos para as equipes de operação do empreendimento e a elaboração dos projetos *as built* (AsBAI, 2011).

Notadamente, o Projeto Luminotécnico se desenvolve em etapas que devem ter interface constante com outros projetos específicos do empreendimento, de forma que se obtenha uma interação imprescindível para o melhor desempenho dos sistemas projetados e para que o processo de projeto de arquitetura se configure integrado.

4.4.4 *Conforto Tátil, Antropométrico, Funcionalidade e Acessibilidade*

Dentro do conceito da presente pesquisa, a qual intenta buscar a construção de um processo de projeto de arquitetura em aço com foco no conforto ambiental torna-se necessário também compreender a estruturação dos itens de desempenho relacionados ao conforto físico relacionado à utilização, ao funcionamento e à acessibilidade dos elementos construídos, com base nos itens expostos na norma NBR15.575 (ABNT, 2013).

Busca-se, por conseguinte, neste momento, apresentar os critérios e requisitos de funcionalidade e acessibilidade apresentados na Tabela 2.15 e de conforto tátil e antropodinâmico apresentados na Tabela 2.17 de acordo com a norma NBR15.575 (ABNT, 2013), consorciando-os com as fases de projeto de arquitetura mostradas na Tabela 4.1 e com as disciplinas de projeto de acordo com a relação de projetos apresentada na Tabela 4.2, de forma a se visualizar uma organização de processo de projeto da especialidade de conforto antropodinâmico com base na AsBEA (2014) apresentada na Tabela 4.7 (Funcionalidade e Acessibilidade) e na Tabela 4.8 (Conforto Tátil e Antropodinâmico).

Tabela 4.7 - Processo de Projeto para Funcionalidade e Acessibilidade

| Tabela 2.15 | Tabela 4.1 | | | | Tabela 4.2 | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|----|----|-------------------------------------|----|----|----|
| EXIGÊNCIAS PARA FUNCIONALIDADE E ACESSIBILIDADE (CÓDIGO) | FASES DO PROJETO DE ARQUITETURA (CÓDIGO) | | | | PROJETOS ENVOLVIDOS (CÓDIGO) | | | |
| ALTURA MÍNIMA DE PÉ-DIREITO (FA1) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ESPAÇOS MÍNIMOS PARA USO E OPERAÇÃO (FA2) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ADEQUAÇÃO PARA DEFICIÊNCIA FÍSICA OU MOBILIDADE REDUZIDA (FA3) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| PISOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA FÍSICA MOBILIDADE REDUZIDA (FA4) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| EQUIPAMENTOS E DISPOSITIVOS PARA OPERAÇÃO DO EDIFÍCIO (FA5) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |

Sendo, EP: Estudo Preliminar; AP: Anteprojeto; PB: Projeto Básico; e PE: Projeto Executivo. AQ: Arquitetura; ST: Estrutura; IT: Instalações; e CS: Consultorias Especializadas.

Observa-se que as exigências da Norma de Desempenho quanto às questões de Funcionalidade e Acessibilidade que se relacionam diretamente com o conforto humano na edificação estão diretamente relacionadas ao projeto de Arquitetura, já que se configuram a partir da disposição dos espaços projetados. A altura mínima do pé-direito (FA1), a previsão de espaços mínimos para o uso e a operação da edificação (FA2), a adequação de unidades para pessoas com deficiência física ou mobilidade reduzida (FA3) e a especificação de equipamentos e dispositivos necessários à manutenção do edifício que possam ser instalados,

mantidos e desinstalados com conforto (FA5) podem ser contemplados no projeto após a fase de Estudo Preliminar (EP), sendo que a adaptação de unidades de acordo com o estabelecido pela NBR9.050 (ABNT, 2015) pode contar também com uma consultoria para especializada para análise do projeto. A especificação de pisos adequados para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (FA4) pode ser atendida na fase de Projeto Básico (PB) quanto se compõe a especificação final dos materiais e elementos construtivos.

Tabela 4.8 - Processo de projeto para o Conforto Tátil e Antropodinâmico

| Tabela 2.17 | Tabela 4.1 | | | | Tabela 4.2 | | | |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|-----------|-----------|-------------------------------------|----|-----------|----|
| EXIGÊNCIAS PARA O CONFORTO TÁTIL E ANTROPODINÂMICO (CÓDIGO) | FASES DO PROJETO DE ARQUITETURA (CÓDIGO) | | | | PROJETOS ENVOLVIDOS (CÓDIGO) | | | |
| CONFORTO NA OPERAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS (TA1) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| CONFORTO TÁTIL E ADAPTAÇÃO ERGONÔMICA (TA2) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| HOMOGENEIDADE QUANTO À PLANICIDADE DO ACABAMENTO (TA3) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| ADEQUAÇÃO DOS ELEMENTOS DE MANOBRA (TA4) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |

Sendo, EP: Estudo Preliminar; AP: Anteprojeto; PB: Projeto Básico; e PE: Projeto Executivo. AQ: Arquitetura; ST: Estrutura; IT: Instalações; e CS: Consultorias Especializadas.

As exigências relacionadas ao Conforto Tátil e Antropodinâmico apresentadas na Tabela 4.8 são atendidas a partir da fase de Projeto Básico (PB), uma vez que tratam da especificação de elementos e materiais construtivos que permitem que os sistemas sejam operados com conforto (TA1, TA2 e TA4) no que se refere à facilidade de manobra e utilização de peças, registros, torneiras, trincos, puxadores, cremonas, guilhotinas, instalações hidrossanitárias, portas, janelas etc. e à planicidade de piso (TA3). Também são critérios que se relacionam diretamente ao projeto de Arquitetura, sendo que os elementos que envolvam projetos de instalações hidrossanitárias e elétricas ou outros projetos de instalações devem ter análise específica do projetista envolvido.

4.4.5 Processos de Projeto na plataforma BIM

Diante da notória contribuição que a tecnologia BIM (Building Information Modeling) ou Modelagem da Informação da Construção passou a oferecer ao desenvolvimento e à gestão do processo de projeto de arquitetura, torna-se necessário compreender e descrever suas características principais, as quais promovem novas abordagens nos processos projetuais. BIM não é um tipo de *software*, mas uma atividade humana que envolve modificações consideráveis no processo de projeto, na construção e na utilização do edifício. A plataforma tem como função contemplar informações tais como produtos, processos, documentos, informações geométricas, de desempenho e quaisquer dados pertinentes no ato de criação, além de permitir o estabelecimento de relações entre as informações adicionadas, de forma organizada (EASTMAN et al., 2011).

O desenvolvimento de *softwares* CAD 2D possibilitou uma nova ferramenta de desenho até então representada pelo desenho na prancheta, oferecendo facilidade na edição de desenhos, impressão de múltiplas cópias, aproveitamento de desenhos para elaboração de revisões, mas sem alterar essencialmente o processo de projeto. Em determinadas situações gera efeitos negativos no processo, produzindo informação difusa e desestruturada. Além disso, há grande nível de abstração para a compreensão dos espaços. Com o avanço tecnológico, surgiu a terceira dimensão nos programas de projeto de arquitetura, a qual representou importante ganho na quantidade de informação do projeto que pode ser visualizada. Embora a evolução tenha contribuído com muitos aspectos no processo projetual, da mesma forma que os *softwares* de CAD 2D, os *softwares* de CAD 3D não apresentaram uma revolução na forma de desenvolvimento de projeto, mantendo-se a fragmentação da informação em vários arquivos e formatos, sem interoperabilidade entre si .

Em outra abordagem, muito mais sistemática, o princípio da plataforma BIM é "auxiliar no processo de criação e gerenciamento de informações relacionadas à construção, de modo integrado, reutilizável e automatizado, gerando um modelo digital do edifício em vez de uma série de desenhos". Trata-se de um processo que compreende a centralização de informações relacionadas a um edifício com o estabelecimento de relações entre elas, em um modelo, sendo que esse processo é possível com auxílio de ferramentas digitais. Verifica-se, assim, a busca pelo aperfeiçoamento do processo de projeto, em sua organização e na facilidade de

acesso às informações e na diminuição dos riscos de dúvidas e incertezas ao longo da vida útil do projeto e da edificação (SCHEER et al., 2007).

Uma das características imprescindíveis ao processo de projeto no sistema BIM é a criação de objetos paramétricos. De acordo com Eastman et al. (2011) objetos paramétricos oferecem definições geométricas associadas a dados e regras, evitando redundância de informações, e possibilitando a modificação das características geométricas dos elementos quando inseridos em um modelo. Possibilitam a definição de relações entre os diferentes sistemas construtivos, a exibição ou exportação de conjuntos de atributos, tais como propriedades estruturais, características dos materiais, dados de comportamento acústico, energético, entre outros para outros aplicativos e modelos. Os objetos paramétricos podem também ser referências diretas a produtos desenvolvidos por fabricantes, como janelas, peças pré-fabricadas, acessórios etc. Esses objetos e suas atualizações podem ser obtidos diretamente via internet e futuramente ajustarem automaticamente o seu comportamento aos aspectos do projeto (SCHEER et al., 2007).

Os objetos paramétricos desenvolvidos por *softwares* em consonância com os requisitos da plataforma BIM podem agregar dados de desempenho de componentes e sistemas construtivos. Depois de parametrizados com os dados, os objetos incorporam-se a uma biblioteca digital do sistema, a qual facilita a localização de um produto que tenha maior conformidade para o nível de desempenho requerido, reduzindo o tempo gasto na busca de sistemas construtivos para determinado projeto, viabilizando a utilização do modelo para análises complexas em programas de simulação, de análise estrutural e verificação de normas. Com a organização de informações e características de desempenho de sistemas construtivos, gerando as bibliotecas de famílias de objetos paramétricos, o processo de projeto considerando a norma de desempenho torna-se mais acessível. Por exemplo, em análise estrutural pode-se configurar um componente para que mude de cor no momento em que as deformações ou os deslocamentos sofridos excedam o critério de desempenho indicado em projeto. Da mesma forma, no projeto luminotécnico, áreas que ultrapassem os níveis de iluminância definidos nos critérios de desempenho são destacadas para reavaliação do projetista (WAEKENS; MITIDIARI FILHO, 2012).

Mesmo diante das notórias potencialidades que a parametrização em modelos consonantes com a plataforma BIM oferece para a avaliação de desempenho, ainda são

escassos os dados de desempenho de sistemas construtivos integrados à tecnologia. Apesar de notadamente crescente, a falta de prática de uso das ferramentas BIM no Brasil ainda dificulta a disseminação das potencialidades, as quais se configuram como tendências com grande potencial de modificação sobre as ferramentas atuais de desenvolvimento de projetos (MELO, 2016).

Waelkens e Mitidieri Filho (2012) concluem sobre a viabilidade de se utilizar os critérios da Norma de Desempenho a partir de tabelas de dados de desempenho dos sistemas construtivos e referências de boas práticas de projeto com o auxílio de *softwares* da plataforma BIM. Para os autores, a análise virtual do projeto com o auxílio da ferramenta aumenta significativamente o potencial do edifício construído atender plenamente aos critérios normatizados. Para que isto aconteça, sugerem a necessidade de revisão dos processos de projeto mais utilizados atualmente, notadamente os processos sequenciais; a formação dos profissionais quanto às questões técnicas, como o desempenho de sistemas construtivos; o treinamento na utilização de *softwares*; e o desenvolvimento de bibliotecas virtuais com objetos paramétricos com informações e com formato que permita a interoperabilidade.

Hermund (2009) observa que o BIM ao incorporar a capacidade de lidar com o inesperado e o incomensurável, poderá gerar efetivos benefícios para o processo de projeto de arquitetura. Mas isso significa a não formalização de etapas de investigação do processo criativo, de modo a tornar o sistema mais flexível e mais adaptado a mudanças.

Ibrahim et al. (2004), ao considerarem as potencialidades do BIM no processo de projeto de arquitetura, preconizam o ganho no uso de um modelo distribuído, no qual se considera o modelo do edifício do arquiteto como um modelo de referência, a partir do qual se geram diferentes modelos externos, em que as informações são armazenadas sem a necessidade de incorporá-las a um único modelo digital. Com essa possibilidade, a coordenação e o gerenciamento do fluxo das informações nas fases de projeto devem ser garantidas. Além disso, torna-se possível trabalhar com equipes multidisciplinares e abarcar diferentes fases de projeto e níveis de informação, garantindo a autonomia entre as metodologias de projeto e a participação de todos os envolvidos no processo.

4.5 Inter-relações Bibliográficas

Realizadas as fundamentações teóricas relacionadas às temáticas que perfazem os objetivos do presente trabalho verifica-se necessário vislumbrar as conexões entre o processo de projeto de arquitetura, o projeto estrutural em aço e as questões de conforto ambiental. Há que se verificar os seguintes pontos:

- O estudo do conforto ambiental possibilita afirmar que se torna imprescindível ao processo de projeto de arquitetura buscar todas as estratégias que produzam edificações com as melhores condições térmicas, acústicas, lumínicas e antropométricas, incluindo as questões de acessibilidade.
- Para que criem estratégias de conforto ambiental é preciso que se busquem critérios e requisitos práticos, de forma que se materializem os preceitos teóricos em ambientes construídos adequados ambientalmente para os usuários. Para tanto, há que se buscar as normatizações mais atuais, o que ensejou tomar partido da norma NBR15.575 (ABNT, 2013) como base para as análises.
- Existem diferentes estratégias para a condução do processo de projeto de arquitetura, sendo notória a necessidade cada vez maior de se implantar processos que integrem as diferentes especialidades projetuais e que seja desenvolvido de forma simultânea, para que as soluções se desenvolvam em harmonia, evitando retrabalhos e erros comuns em processos lineares e sequenciais, nos quais a desconexão entre as fases de desenvolvimento torna-se problemática.
- Existem bons estudos de processos de projeto estruturais em aço, mas falta um desenho de processo de projeto que englobe arquitetura com estrutura em aço, fato que permite vislumbrar a potencialidade da presente pesquisa. O processo de projeto de arquitetura em aço precisa ser detalhado corretamente para que se crie uma intimidade dos profissionais envolvidos, o que pode contribuir para a disseminação da cultura do aço no cenário da construção civil brasileira.
- A avaliação do processo de projeto das diferentes especialidades de conforto permite verificar a importância de se buscar integrá-las diretamente ao processo de projeto de arquitetura desde o início do desenvolvimento das edificações. O isolamento de cada área do conforto se configura como um problema, na medida em que uma solução que busque o conforto térmico pode conflitar com uma solução do conforto acústico, por

exemplo. Sendo assim, a compatibilização das diferentes áreas do conforto torna-se importante.

- O estudo de uma forma de representação que busque unificar o desenho das diferentes áreas do conforto é positivo para que o detalhamento do projeto seja realizado com clareza de informações.
- O entendimento da rotina de trabalho de cada disciplina de projeto do empreendimento torna-se importante para que seja possível realizar a inferência dos critérios de conforto em cada etapa do processo.
- E, por fim, para que todo o processo privilegie o conforto, há que se criar uma rotina de trabalho que interconecte cada disciplina de projeto em desenvolvimento com os requisitos definidos em cada especialidade de conforto, de forma que não se perca o foco quando da interface dos diferentes estudos projetuais.

Buscaram-se exemplos de processos de projeto que tenham sido desenvolvidos em busca das melhores condições de conforto na edificação e que fossem estruturados em aço. Constatou-se, durante essa busca, que os casos de sucesso na interface entre arquitetura, conforto ambiental e estrutura em aço são pontuais. De forma a concluir a revisão bibliográfica com um exemplo de edificação que permita uma visualização da inter-relação entre as três temáticas principais aqui delineadas optou-se pelo caso do CENPES II (Centro de Pesquisas da Petrobras Leopoldo A. Miguez de Mello), utilizando dados de pesquisas realizadas de avaliação dos itens de conforto e do processo de projeto, o que se apresenta no Apêndice A.

Outro arquiteto de destaque na conciliação de aspectos arquitetônicos, estruturais e de conforto ambiental cuja obra merece destaque é João Filgueiras Lima (Lelé). Recomenda-se a análise das seguintes obras, cujas fontes constam nas Referências Bibliográficas: GUIMARÃES (2010), LIMA (2012), PERÉN (2006), PINHO (2000), dentre outros.

Também faz parte da presente pesquisa conversas com os arquitetos Augusto Alvarenga (Vitória-ES), Gustavo Pena (Belo Horizonte-MG) e João Diniz (Belo Horizonte-MG), o que se apresenta no Apêndice B. As entrevistas tiveram como intuito uma compreensão da avaliação panorâmica dos arquitetos sobre a utilização do aço como sistema estrutural, o processo de projeto e as noções de conforto ambiental empreendidas durante o desenvolvimento projetual.

5. DESENVOLVIMENTO, RESULTADOS E DISCUSSÕES

Lembre-se sempre da maneira como tudo está interligado, de suas interconexões. Todas as coisas têm implicações entre si e em sintonia umas com as outras. Qualquer evento é consequência de outro. As coisas puxam e empurram umas as outras, respiram juntas, e são uma.

Marco Aurélio, imperador romano.

5.1 Metodologia

O desenvolvimento do presente trabalho fundamenta-se na pesquisa e na revisão da literatura sobre os fatores teóricos e práticos que envolvem o conforto ambiental objetivo e subjetivo e o processo de projeto de arquitetura em aço. Como resultado da revisão bibliográfica discutem-se conceitos, exemplos, fatores gerais e específicos e se propõe a avaliação dos conceitos de conforto e a busca por parâmetros normatizados para adequá-los com prioridade ao processo de projeto de arquitetura em aço.

As análises para a elaboração de prerrogativas para a construção de uma alternativa de processo de projeto de arquitetura em aço com foco no conforto ambiental foram realizadas a partir do referencial bibliográfico pesquisado. Para tanto, foram considerados como base para tal elaboração as seguintes referências:

- As fases do Projeto de Arquitetura e as especialidades de projeto relacionadas, definindo-se, a partir das justificativas descritas, o Processo de Projeto Simultâneo como uma estratégia bem estruturada de acompanhamento do projeto arquitetônico;
- O Processo de Projeto Estrutural em Aço, baseado no estudo de Raad Junior (1999), o qual serviu de bases para diferentes estudos posteriores;
- Os critérios e requisitos da Norma de Desempenho NBR15.575 (ABNT, 2013)) relacionadas ao conforto ambiental, apresentados em conexão com as fases de Projeto e com as Especialidades de projeto envolvidas.
- Os conceitos sobre arquitetura em aço.

Para a estruturação de um Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental são realizadas interações entre as referências supracitadas na seguinte ordem: 1º) Relação entre o processo de projeto de desenvolvimento da estrutura em aço e o

processo de projeto simultâneo, buscando gerar interações entre os dois processos e obter uma sequência que os unifique em um único processo: o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço; 2º) Relação entre as determinações da Norma de Desempenho relacionadas às especialidades de Conforto Ambiental e o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço determinado anteriormente; e 3º) Desenho do Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental como resultado das duas outras interações. De forma a facilitar a visualização desta estruturação desenvolveu-se o fluxograma apresentado na Figura 5.1.

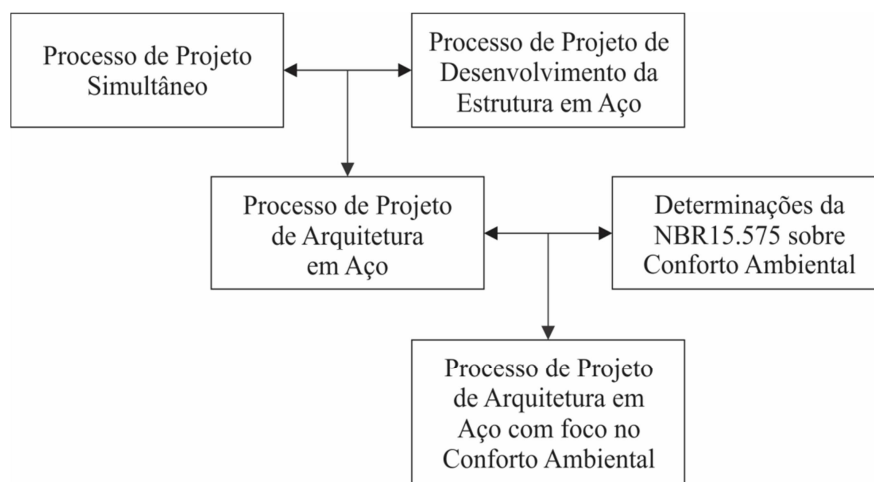


Figura 5.1 - Metodologia para estruturação do Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental

5.2 Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura

As análises realizadas sobre as fases do projeto de arquitetura de acordo com a norma NBR13.531 (ABNT, 1995), apresentadas na Tabela 4.1, e sobre o Processo de Projeto Simultâneo de Fabrício (2002) permitem uma compatibilização entre a Norma de Elaboração de Projetos de Edificações e a referida pesquisa, de forma que se obtenha um processo de projeto simultâneo que englobe as fases de projeto de arquitetura normatizadas.

O modelo genérico desenvolvido na pesquisa de Fabrício (2002) compreendia as seguintes fases para o projeto de arquitetura: Estudo Preliminar de Arquitetura, Anteprojeto de Projeto de Arquitetura e Projeto Executivo de Arquitetura. Já a NBR13.531 (ABNT, 1995) e as fases de projeto delineadas pela AsBEA (2014) compreendem as seguintes fases: Estudo Preliminar de Arquitetura, Anteprojeto de Arquitetura, Projeto Básico ou Projeto Pré-Executivo de Arquitetura e Projeto Executivo de Arquitetura. Nota-se, pois, a inexistência da fase de Projeto Básico de Arquitetura no modelo de Fabrício (2002).

A organização dos processos de projeto das especialidades de conforto, de acordo com a ASBEA (2014), foi realizada considerando a existência da fase de Projeto Básico. Com base nisso, foi redesenhado o Processo de Projeto Simultâneo pesquisado englobando a fase de projeto de arquitetura denominada Projeto Básico (PB) ou Projeto Pré-Executivo entre a fase de Anteprojeto (AP) e de Projeto Executivo (PE), conforme apresentado na Figura 5.2. Sendo assim, após a compatibilização das informações de diferentes especialidades de projeto no Anteprojeto (AP) de Arquitetura, fase em que se define o Partido Arquitetônico e Urbanístico depois de analisadas e consolidadas as informações levantadas na etapa de Estudo Preliminar, desenvolve-se o Projeto Básico (PB) de Arquitetura, o qual tratará de consolidar o Partido Arquitetônico considerando a interferência e compatibilização de todas as disciplinas complementares e suas soluções baseadas na avaliação de custos, de métodos construtivos e de prazos de execução.

Dessa forma, percebe-se muito importante a existência da fase de Projeto Básico no desenvolvimento projetual para que o processo tenha prosseguimento com base em um projeto já compatilizado, uma vez que na sequência, o Projeto Básico dá base para o Projeto Executivo (PE), fase que necessita de um nível de definição superior para evitar falhas e retrabalhos no processo, em que se realiza o detalhamento geral de todos os elementos, sistemas e componentes do empreendimento gerando um conjunto de informações técnicas claras e concisas com objetivo de fornecer informação confiável e suficiente para a correta orçamentação e execução da obra. Essa inferência faz sugerir que o Projeto Legal tenha como base agora o Projeto Básico e se consolide entre as fases de desenvolvimento e de detalhamento no Processo de Projeto Simultâneo. Sendo assim, o Promotor do empreendimento, responsável direto pelo Projeto Legal utiliza as informações já consolidadas no Projeto Básico e dê prosseguimento aos trâmites para aprovação do projeto legal nos órgãos responsáveis. Reitera-se que esta tarefa deve acontecer também integrada ao processo de projeto, uma vez que o objetivo é a interconexão, simultaneidade e interação entre os intervenientes do processo e as etapas de desenvolvimento dos projetos.

Outro ponto destacado na Figura 5.2 é a importância do foco nas necessidades do usuário em todo o processo de projeto, buscando um processo de projeto participativo, conforme constatado na revisão bibliográfica.

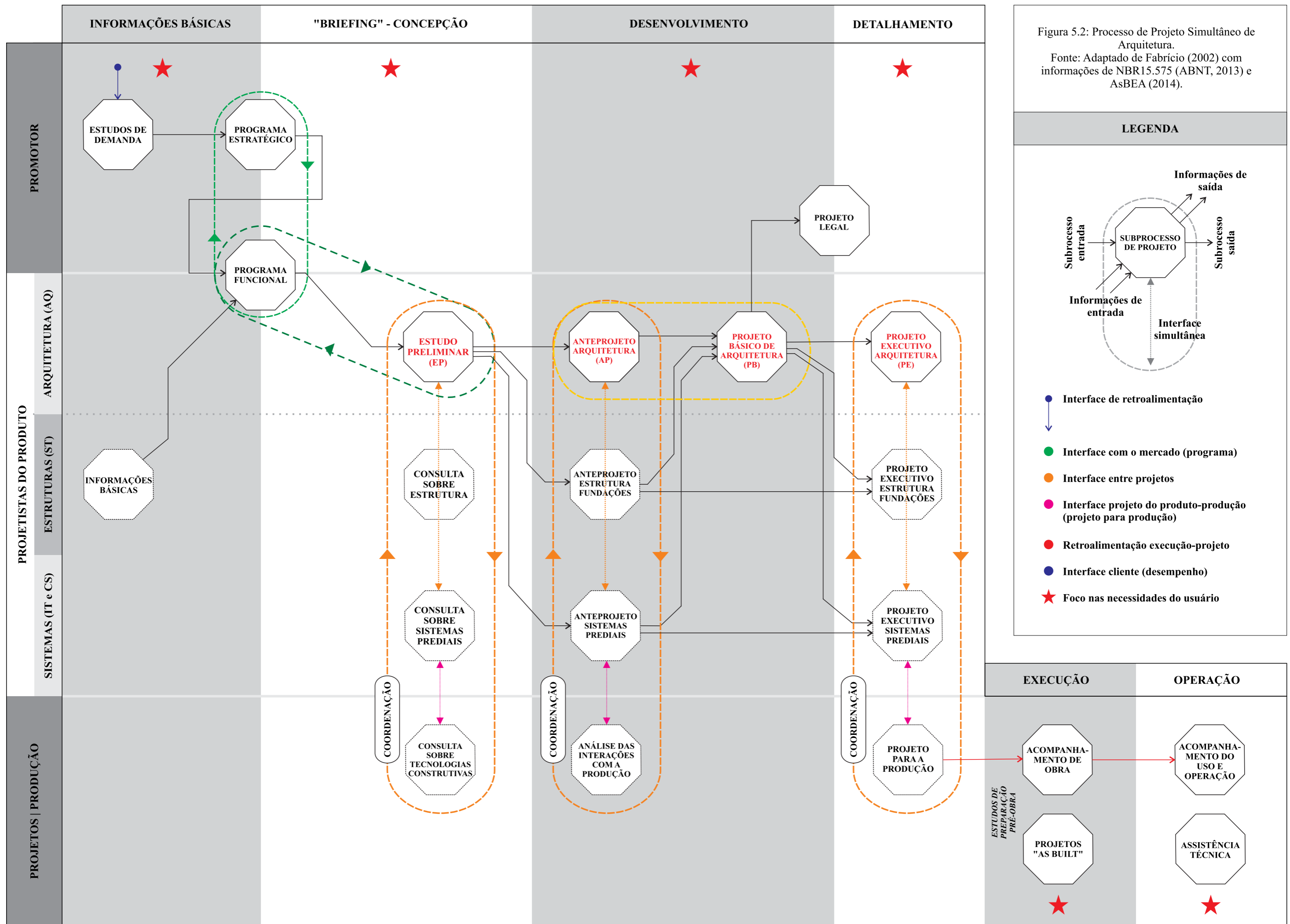


Figura 5.2: Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura.
 Fonte: Adaptado de Fabrício (2002) com informações de NBR15.575 (ABNT, 2013) e AsBEA (2014).

5.3 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço

Considerando a abordagem do presente trabalho, focada no estudo do processo de projeto de arquitetura em aço para que depois sejam inseridas com prioridade as questões relacionadas ao conforto ambiental neste processo de projeto, torna-se necessário analisar em que etapa do processo de projeto de arquitetura as etapas do processo de desenvolvimento da estrutura em aço se encaixam. Para tanto, foram compatibilizadas as informações sobre as fases de projeto de arquitetura mostradas na Tabela 4.1, da relação de projetos apresentada na Tabela 4.2 e do planejamento e construção em estrutura metálica mostrado na Tabela 4.3; obtendo-se uma conjunção de fases que evidenciam uma alternativa de processo de projeto de arquitetura em aço, a qual se sintetiza na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Processo de Projeto de Arquitetura em Aço

| Tabela 4.3 | Tabela 4.1 | | | | Tabela 4.2 | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----|----|----|-------------------------------------|----|----|----|
| ETAPA DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA (CÓDIGO) | FASES DO PROJETO DE ARQUITETURA (CÓDIGO) | | | | PROJETOS ENVOLVIDOS (CÓDIGO) | | | |
| Demanda (AÇO 1) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| Análise crítica e seletividade de oportunidades (AÇO 2) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| Pré-dimensionamento e Lista de Material Avançada - LMA (AÇO 3) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| Orçamento final (AÇO 4) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| Cálculo e detalhamento do projeto; Desenhos de projeto e Lista de Material Definitiva LMD (AÇO 5) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| Transporte (AÇO 6) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |
| Montagem (AÇO 7) | EP | AP | PB | PE | AQ | ST | IT | CS |

Sendo, EP: Estudo Preliminar; AP: Anteprojeto; PB: Projeto Básico; e PE: Projeto Executivo. AQ: Arquitetura; ST: Estrutura; IT: Instalações; e CS: Consultorias Especializadas.

A indicação das fases do Projeto de Arquitetura em que as etapas do processo de desenvolvimento da estrutura são inseridas baseia-se nas análises realizadas na revisão bibliográfica sobre o Processo de Projeto Estrutural em Aço. Observa-se que a análise crítica e seletividade de oportunidades (AÇO 2) devem ser empreendidas durante a fase de Estudo Preliminar (EP), considerando a interface com os estudos de arquitetônicos.

A etapa de pré-dimensionamento e elaboração de Lista de Material Avançada (AÇO 3) deve ser desenvolvida a partir dos dados dos estudos preliminares durante a fase de Anteprojeto (AP) e devem envolver a interface entre Arquitetura, Estrutura e Instalações, de forma que para o pré-dimensionamento tenham sido compatibilizados também os estudos de instalações. Nesta fase é calculado o peso da estrutura e se inicia a concepção do projeto, após a aprovação das informações geradas na fase anterior.

A etapa de Orçamento Final (AÇO 4) inicia-se após a aprovação do pré-dimensionamento, base para o cálculo dos custos estruturais. Com a aprovação do orçamento o projeto é ativado e passa a ser de responsabilidade de um Administrador de Projeto na fase de Projeto Básico (PB), também envolvendo a Arquitetura, a Estrutura propriamente dita e os Projetos de Instalações.

A etapa de cálculo e detalhamento do projeto, de elaboração de desenhos de projeto e Lista de Material Definitiva (AÇO 5) acontece na fase de Projeto Executivo envolvendo todas as especialidades de projeto, já que precisa contemplar as diversas interfaces entre todos os sistemas construtivos. Nesta etapa, o Administrador do Projeto encaminha a documentação para a Engenharia realizar o detalhamento do projeto. O Departamento de Produção elaborará a programação e será iniciada a produção da estrutura, a qual será transportada para o local da construção para início da montagem, conforme as descrições realizadas no Capítulo 2.

De acordo com as análises descritivas realizadas anteriormente e considerando o processo de Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura apresentado na Figura 5.2, desenvolve-se o fluxograma mostrado na Figura 5.3, por meio do qual se inserem as etapas do processo de projeto estrutural em aço nas fases do processo de projeto de arquitetura, representando um Processo de Projeto de Arquitetura em Aço.

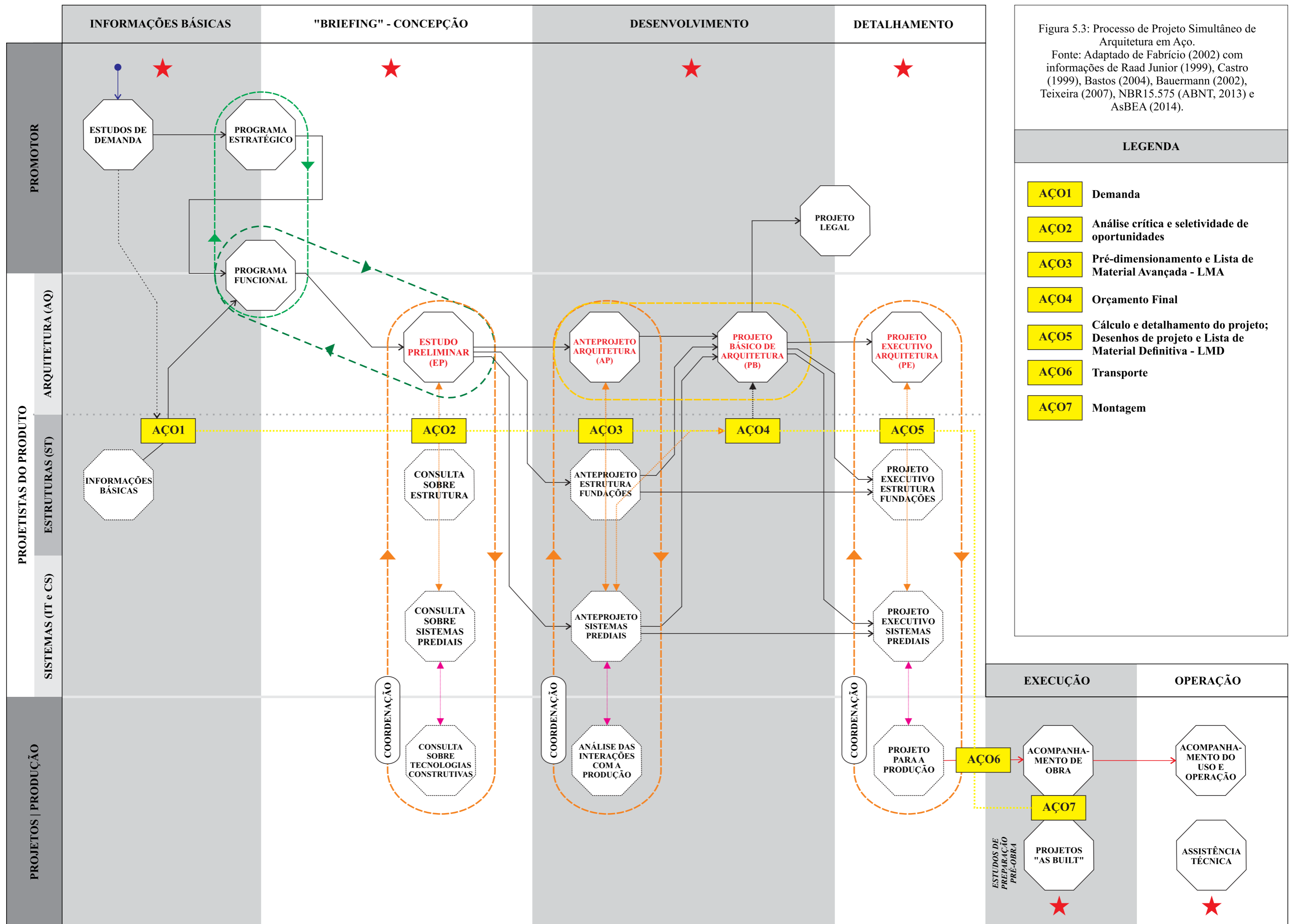


Figura 5.3: Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura em Aço.
 Fonte: Adaptado de Fabrício (2002) com informações de Raad Junior (1999), Castro (1999), Bastos (2004), Bauermann (2002), Teixeira (2007), NBR15.575 (ABNT, 2013) e AsBEA (2014).

Organizado um desenho de processo de projeto de arquitetura em aço, representado por meio do fluxograma mostrado na Figura 5.3, interessa a partir de agora englobar nesse processo os critérios e requisitos das especialidades de conforto ambiental, interesse maior da presente pesquisa. Para que se organize as inferências, cada especialidade de conforto é inserida separadamente no fluxograma do Processo de Projeto de Arquitetura em Aço.

5.4 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Térmico

Conforme descrito anteriormente, os três principais critérios relacionados ao Desempenho Térmico são: Adequação de Paredes Externas (DT1); Isolação Térmica da Cobertura (DT2); Aberturas para Ventilação (DT3).

Na Figura 5.4 está apresentado o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Desempenho Térmico da edificação, de forma que se configurem estratégias para o pleno atendimento aos critérios de desempenho térmico supracitados, detalhados na Tabela 2.3 e na Tabela 4.4.

Observa-se que o projeto de arquitetura deve contemplar na fase de Estudo Preliminar (EP) o correto dimensionamento das Aberturas para Ventilação (DT3) já que se configura uma exigência que gera impacto na concepção do produto, na volumetria e na delimitação dos espaços. Tal critério deve ser verificado também nas demais fases de desenvolvimento e de detalhamento do produto

As fases de Anteprojeto (AP) e de Projeto Básico (PB) de arquitetura, durante o desenvolvimento do produto, devem cuidar da Adequação das Paredes Externas (DT1) e da Isolação Térmica da Cobertura (DT2) itens que se relacionam diretamente com a especificação de materiais e com o dimensionamento de elementos de fechamento. Tais exigências devem ser cumpridas também durante a fase de detalhamento do projeto.

A estruturação dos critérios de desempenho térmico dentro do processo de projeto de arquitetura em aço permite compreender visualmente as necessidades objetivas relacionadas ao atendimento do conforto térmico, de acordo com a Norma de Desempenho.

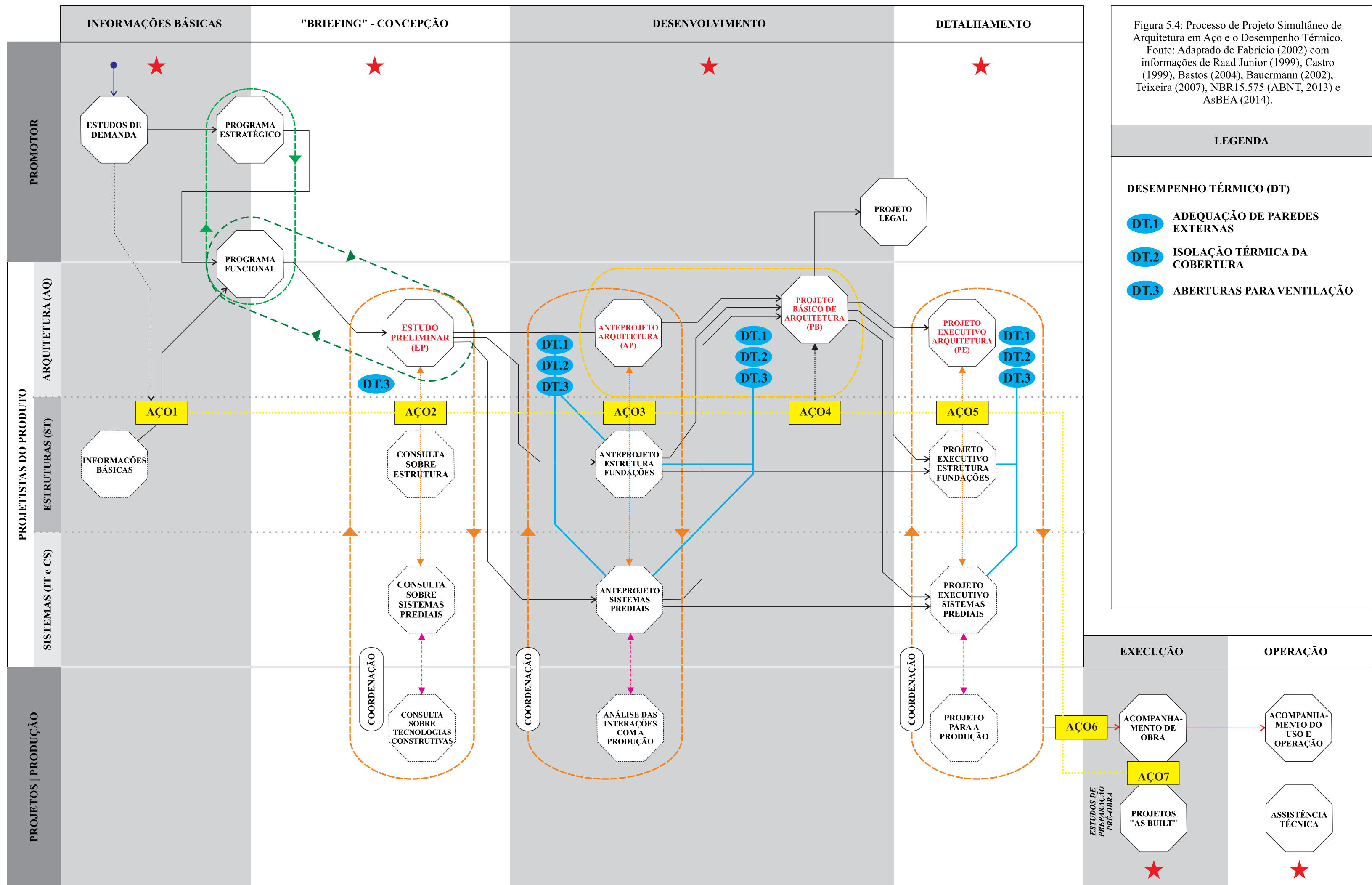


Figura 5.4: Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura em Aço e o Desempenho Térmico.
 Fonte: Adaptado de Fabrício (2002) com informações de Raad Junior (1999), Castro (1999), Bastos (2004), Bauermann (2002), Teixeira (2007), NBR15.575 (ABNT, 2013) e AsBEA (2014).

5.5 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Acústico

Conforme descrito anteriormente, os quatro principais critérios relacionados ao Desempenho Térmico são: Isolação Acústica de Paredes Externas (DA1); Isolação Acústica entre Pisos e Paredes Internas (DA2); Níveis de Ruídos Permitidos na Habitação (DA3); e o Nível de Ruído de Impacto em Coberturas Acessíveis de Uso Coletivo (DA4).

Na Figura 5.5 está apresentado o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Desempenho Acústico da edificação, de forma que se configurem estratégias para o pleno atendimento aos critérios de desempenho acústico supracitados, detalhados na Tabela 2.5 e na Tabela 4.5.

Observa-se que o projeto de arquitetura deve contemplar na fase de Estudo Preliminar (EP) o correto dimensionamento das paredes externas para obtenção da isolamento acústica normatizada (DA1) já que se configura uma exigência que gera impacto na concepção do produto, na volumetria e na delimitação dos espaços. Tal critério deve ser verificado também nas demais fases de desenvolvimento e de detalhamento do produto e deve envolver diretamente a Consultoria Especializada de Acústica, quando houver, e o Projeto de Arquitetura.

As fases de Anteprojeto (AP) e de Projeto Básico (PB) de arquitetura, durante o desenvolvimento do produto, devem cuidar também da Isolação Acústica entre Pisos e Paredes Internas (DA2), Níveis de Ruídos Permitidos na Habitação (DA3), e do Nível de Ruído de Impacto em Coberturas Acessíveis de Uso Coletivo (DA4); itens que se relacionam diretamente com a especificação de materiais e com o dimensionamento de elementos de vedação. Tais exigências devem ser cumpridas também durante a fase de detalhamento do projeto.

A estruturação dos critérios de desempenho acústico dentro do processo de projeto de arquitetura em aço permite compreender visualmente as necessidades objetivas relacionadas ao atendimento do conforto acústico na edificação, de acordo com a Norma de Desempenho.

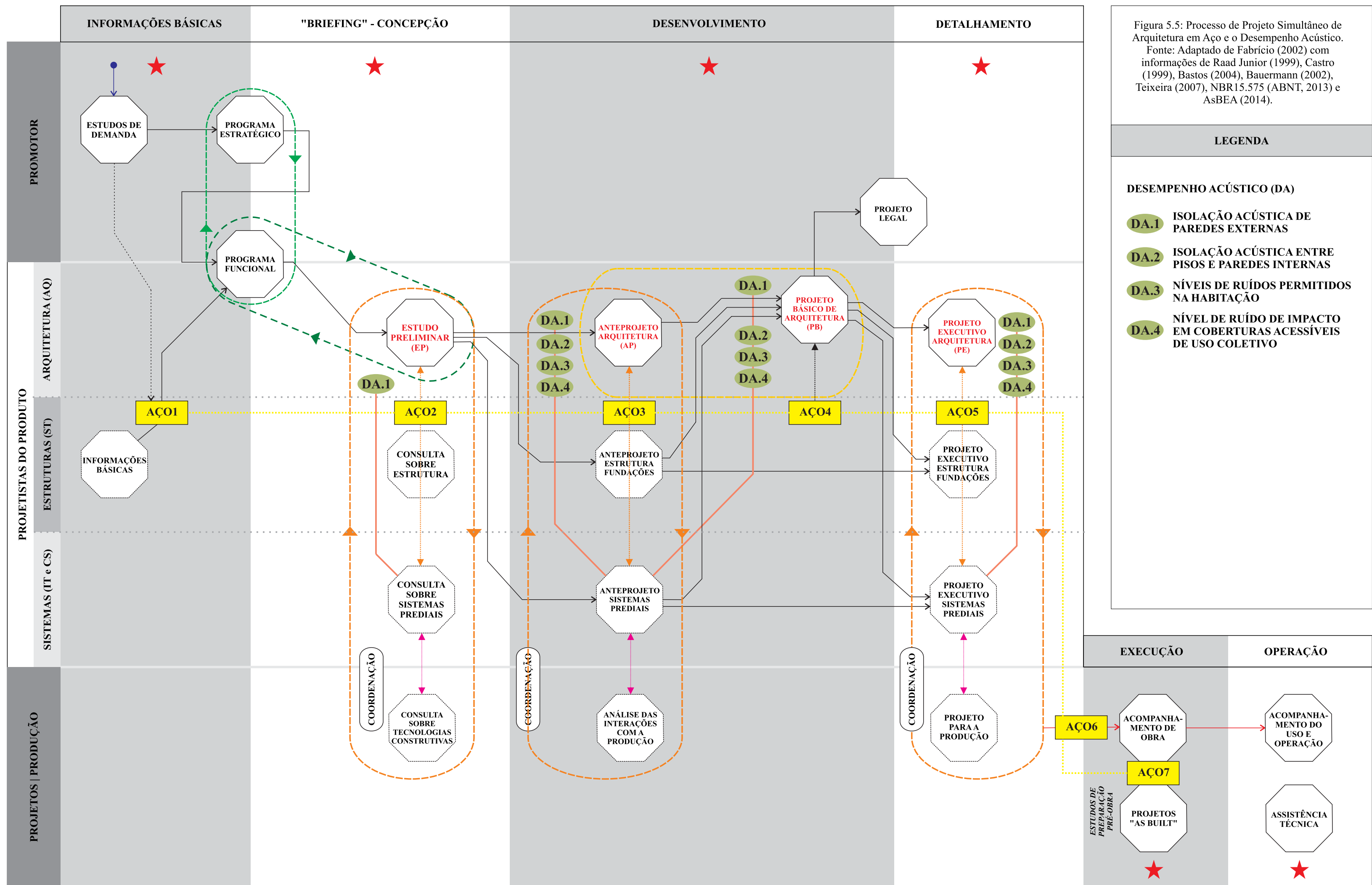


Figura 5.5: Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura em Aço e o Desempenho Acústico.
 Fonte: Adaptado de Fabrício (2002) com informações de Raad Junior (1999), Castro (1999), Bastos (2004), Bauermann (2002), Teixeira (2007), NBR15.575 (ABNT, 2013) e AsBEA (2014).

LEGENDA

- DESEMPENHO ACÚSTICO (DA)**
- DA.1** ISOLAÇÃO ACÚSTICA DE PAREDES EXTERNAS
 - DA.2** ISOLAÇÃO ACÚSTICA ENTRE PISOS E PAREDES INTERNAS
 - DA.3** NÍVEIS DE RUÍDOS PERMITIDOS NA HABITAÇÃO
 - DA.4** NÍVEL DE RUÍDO DE IMPACTO EM COBERTURAS ACESSÍVEIS DE USO COLETIVO

5.6 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço e o Desempenho Lumínico

Conforme descrito anteriormente, os dois principais critérios relacionados ao Desempenho Térmico são: Iluminação Natural (DL1) e Iluminação Artificial (DL2).

Na Figura 5.6 está apresentado o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Desempenho Lumínico da edificação, de forma que se configurem estratégias para o pleno atendimento aos critérios de desempenho lumínico supracitados, detalhados na Tabela 2.12 e na Tabela 4.6.

Os critérios de desempenho lumínico devem ser avaliados durante todas as fases do desenvolvimento do projeto de arquitetura, pois configuram exigências que necessitam de verificação contínua. O atendimento aos índices de iluminação natural deve envolver diretamente os projetos de Arquitetura e a Consultoria Especializada em Luminotécnica, caso exista. Quanto aos índices de iluminação artificial, é importante que sejam atendidos considerando também os projetos de instalações, conforme descrito anteriormente.

A estruturação dos critérios de desempenho lumínico dentro do processo de projeto de arquitetura em aço permite compreender visualmente as necessidades objetivas relacionadas ao atendimento do conforto lumínico na edificação, de acordo com a Norma de Desempenho.

5.7 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço, o Conforto Tátil, Antropodinâmico, Funcionalidade e Acessibilidade

Conforme descrito anteriormente, os itens de desempenho relacionados ao conforto antropométrico relacionam-se ao conforto tátil e antropodinâmico e à funcionalidade e acessibilidade, cujos principais critérios relacionados ao Desempenho Térmico são:

- **Conforto Tátil e Antropodinâmico (TA):** Conforto na Operação dos Sistemas Prediais (TA1); Conforto Tátil e Adaptação Ergonômica (TA2); Homogeneidade quanto à Planicidade do Acabamento (TA3); Adequação dos Elementos de Manobra (TA4).

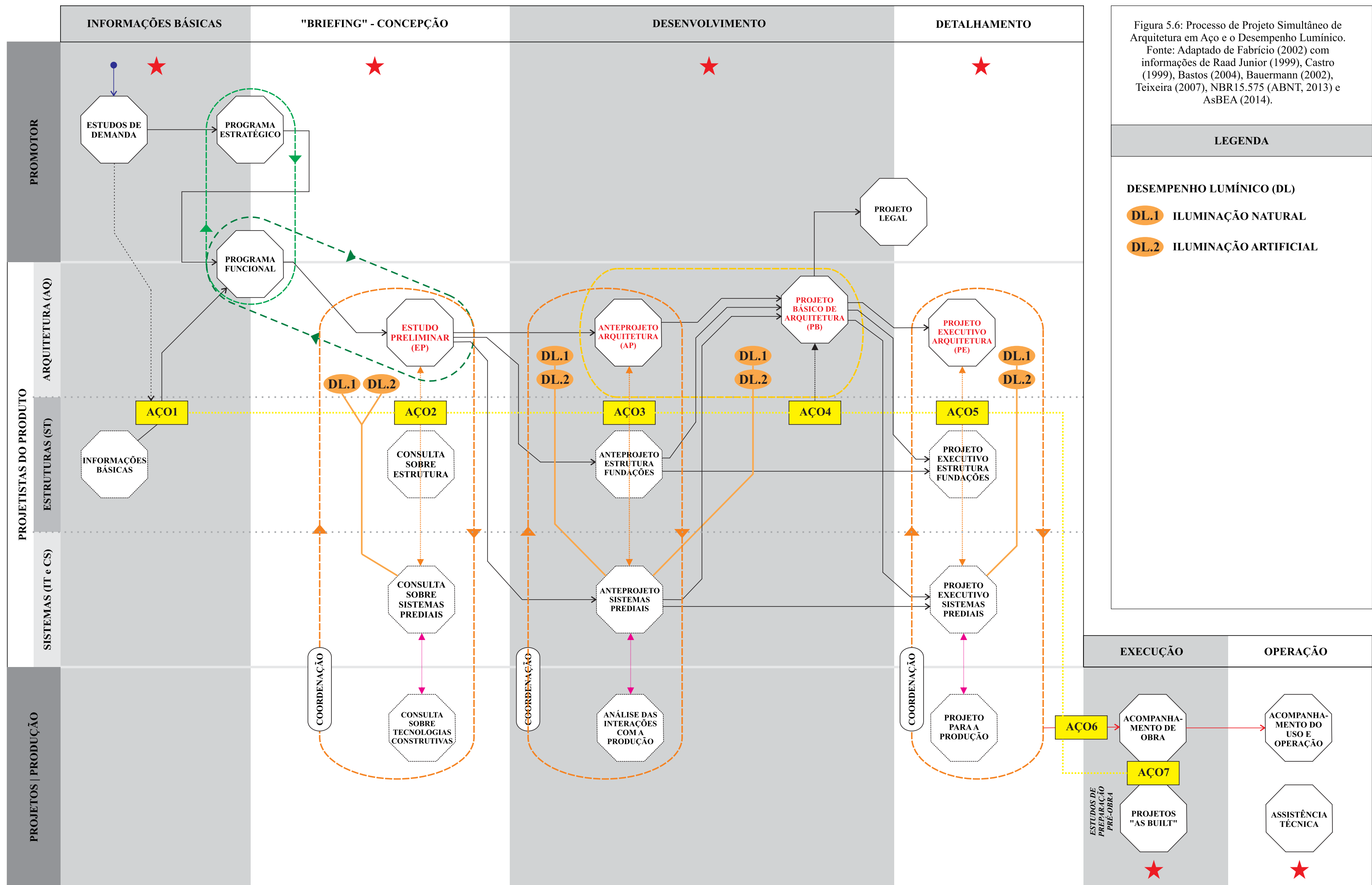


Figura 5.6: Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura em Aço e o Desempenho Lumínico.
 Fonte: Adaptado de Fabrício (2002) com informações de Raad Junior (1999), Castro (1999), Bastos (2004), Bauermann (2002), Teixeira (2007), NBR15.575 (ABNT, 2013) e AsBEA (2014).

- **Funcionalidade e Acessibilidade (FA):** Altura Mínima de Pé-direito (FA1); Espaços Mínimos para Uso e Operação (FA2); Adequação para Deficiência Física ou Mobilidade Reduzida (FA3); Pisos para pessoas com Deficiência Física ou Mobilidade Reduzida (FA4); Equipamentos e Dispositivos para Operação do Edifício (FA5).

Na Figura 5.7 está apresentado o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço, de forma que se configurem estratégias para o pleno atendimento aos critérios de conforto tátil e antropodinâmico supracitados detalhados nas Tabelas 2.17 e de funcionalidade e acessibilidade detalhados na Tabela 2.15 e nas Tabelas 2.24 e 2.25.

A verificação da altura mínima de pé-direito (FA1), dos espaços mínimos para uso e operação (FA2), da adequação para deficiência física ou mobilidade reduzida (FA3) e dos equipamentos e dispositivos para operação do edifício devem ser verificados já no Estudo Preliminar (EP) e posteriormente nas demais etapas, sendo que o item FA3 pode ser objeto de Consultoria Especial, no que diz respeito à norma NBR9050 (ABNT, 2015). A especificação de pisos adequados para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (FA4) deve ser realizada no desenvolvimento do Projeto Básico (PB) e no Projeto Executivo (PE).

O conforto na operação dos sistemas prediais (TA1), o conforto tátil e adaptação ergonômica (TA2), a homogeneidade quanto à planicidade de acabamento (TA3) e a adequação dos elementos de manobra (TA4), itens relacionados ao conforto tátil e antropodinâmico, como se configuram a partir da especificação e detalhamento de materiais e sistemas devem ser verificados no Projeto Básico (PB) e Projeto Executivo (PE). O item TA1 por se relacionar aos diversos sistemas prediais, ou seja, aos projetos de instalações, deve ser especificado em consonância com estes projetos.

Vislumbra-se, portanto, a importância de se estruturar uma organização dos itens de conforto relacionados às condições físicas de uso e operação dos espaços construídos para que se configure claro o momento em que se devem cuidar de cada item normatizado visando obter o desempenho adequado na edificação, e por conseguinte, o conforto para os usuários.

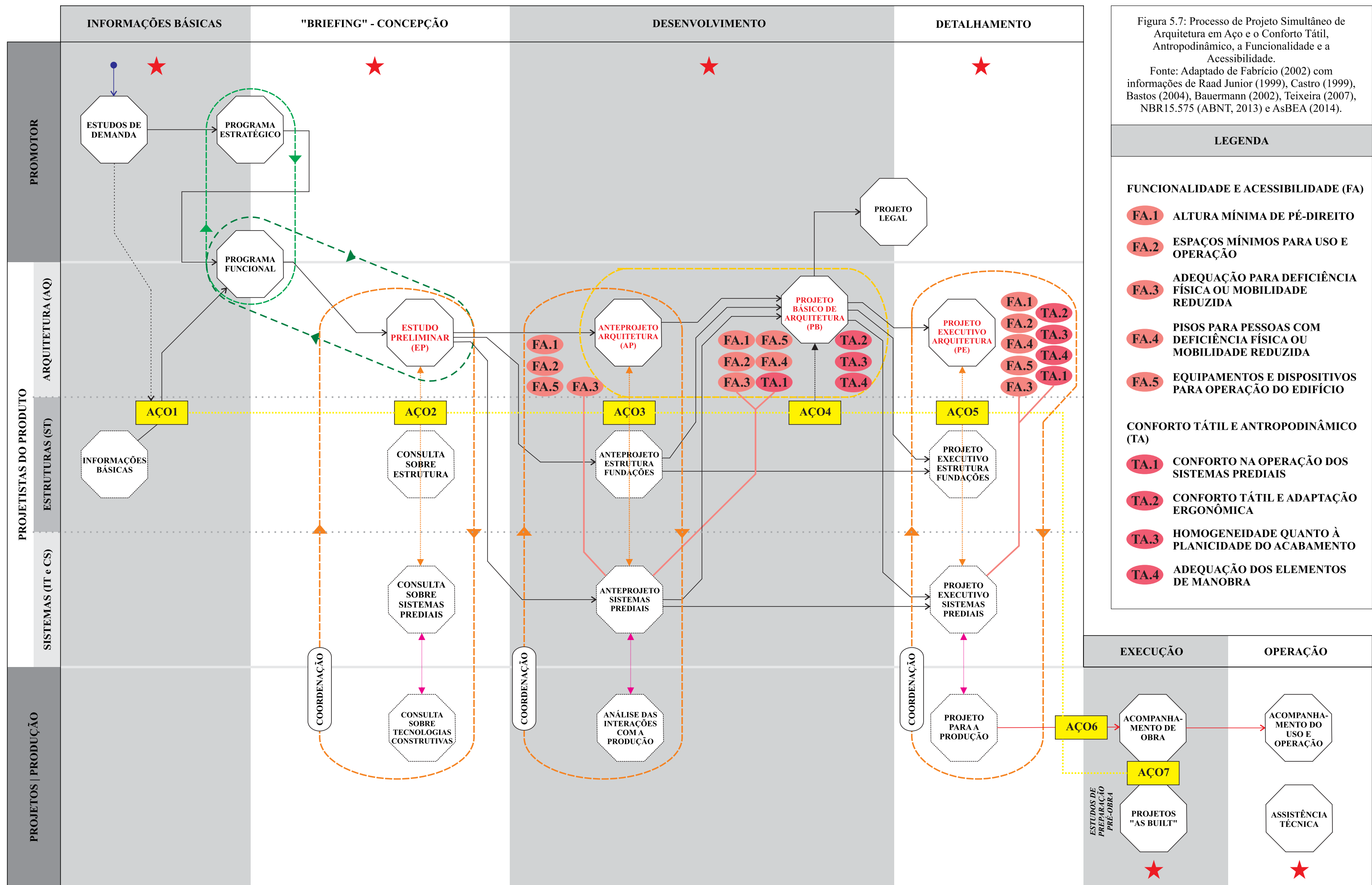


Figura 5.7: Processo de Projeto Simultâneo de Arquitetura em Aço e o Conforto Tátil, Antropodinâmico, a Funcionalidade e a Acessibilidade.
 Fonte: Adaptado de Fabrício (2002) com informações de Raad Junior (1999), Castro (1999), Bastos (2004), Bauermann (2002), Teixeira (2007), NBR15.575 (ABNT, 2013) e AsBEA (2014).

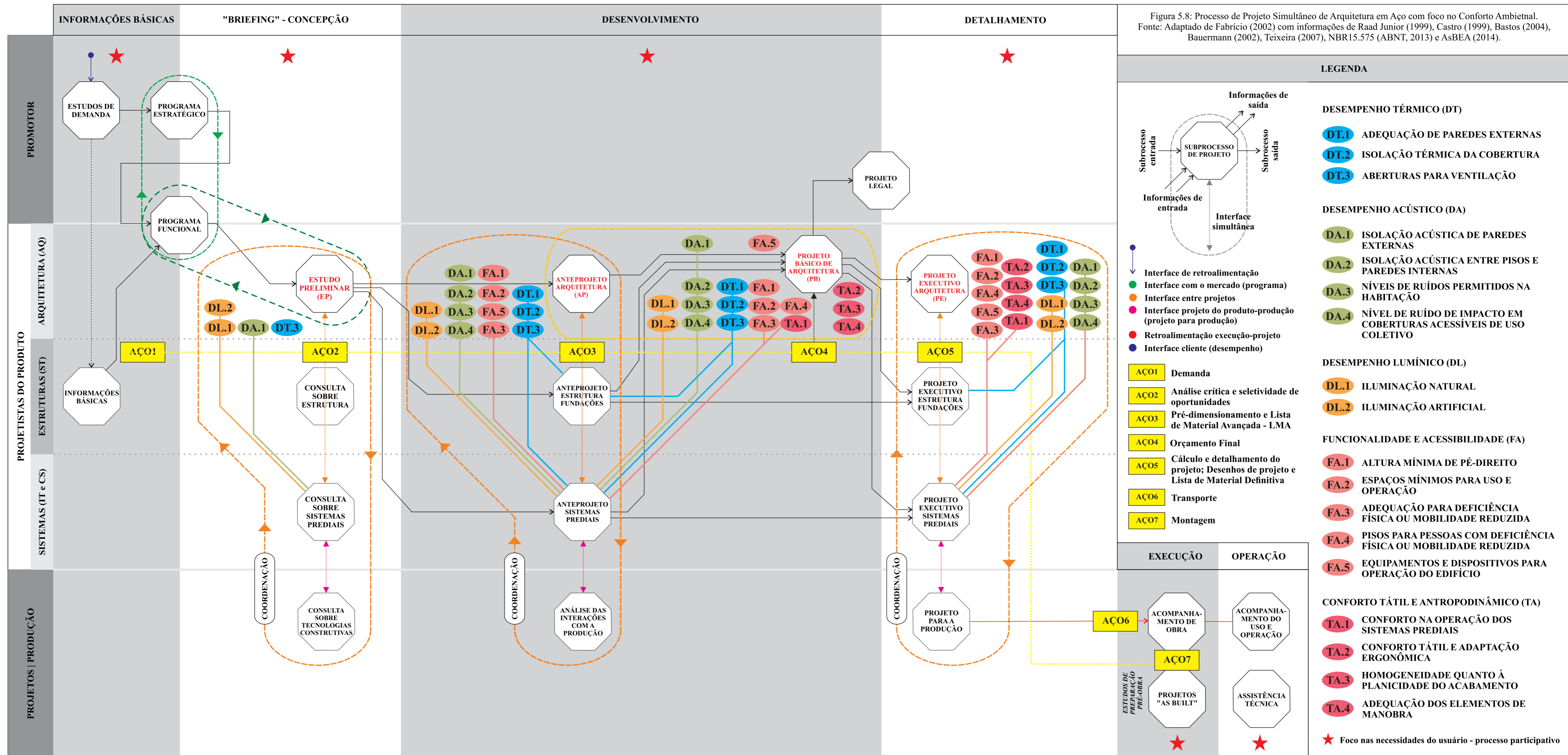
5.8 Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental

Depois de realizadas as inserções dos critérios referentes às especialidades de Conforto Térmico, Acústico, Lumínico e Antropométrico no Processo de Projeto de Arquitetura em Aço, torna-se necessário, como cumprimento ao objetivo principal do presente trabalho, apresentar todas as supracitadas especialidades em um único organograma, o que permite compreender de forma integrada as análises que devem ser realizadas em cada fase do projeto de arquitetura.

Na Figura 5.8 apresenta-se o Processo de Projeto de Arquitetura em Aço com foco no Conforto Ambiental, tal qual idealizado no início do desenvolvimento da pesquisa. À primeira vista, o resultado da integração de todas as especialidades de conforto em um modelo de processo de projeto simultâneo configura-se aparentemente complexo. Entretanto, ao se realizar uma análise mais aprofundada, já com o conhecimento sobre o processo de projeto simultâneo anteriormente explicado, a junção das informações tornam-se muito positivas para o planejamento do processo de projeto.

Pode-se apreender que na fase de Estudo Preliminar devem-se realizar relativamente poucas inferências sobre o Desempenho Acústico, o Desempenho Lumínico e o Desempenho Térmico. Nesta fase torna-se interessante vislumbrar as exigências das próximas fases, com prioridade para o atendimento dos critérios e requisitos da etapa de desenvolvimento do projeto, a qual demanda a maior quantidade de avaliações durante o processo. Tais demandas devem ser confirmadas no momento do Detalhamento do projeto, portanto, precisam estar muito bem delineadas.

Importante perceber também que as etapas do Processo de Desenvolvimento da Estrutura Metálica efetivamente se relaciona com o conjunto do processo, o que potencializa a importância da unificação das três temáticas – processo de projeto de arquitetura, estrutura em aço e conforto ambiental – de forma que se obtenha uma visualização ampla do impacto de cada exigência na conformação do processo de projeto como um todo.



6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O arranjo de estratégias de processos de projeto de arquitetura torna-se importante para a melhoria das condições de desenvolvimento projetual no mercado da construção civil, de forma que se obtenham ganhos de tempo e de recursos por conta do planejamento correto dos processos. Conforme constatado durante as fundamentações teóricas, a falta de uma organização adequada provoca perdas substanciais na qualidade e na eficácia da construção.

Tal constatação majora-se em sistemas construtivos industrializados, ainda não firmados como soluções de fácil adoção pelo setor da construção, muito por conta da falta de estudos que possibilitem um planejamento correto e uma segurança na especificação das tecnologias construtivas industrializadas. Soma-se a essa deficiência a falta de estudos que potencializem tais tecnologias como estratégias adequadas para o atendimento do desempenho das edificações, materializado recentemente pela Norma de Desempenho, com destaque aqui para as questões de conforto ambiental, imprescindível para as condições de habitabilidade e operação dos edifícios.

Diante dessas questões, entende-se que a busca por estratégias de processos de projeto de arquitetura que conectem o uso da tecnologia industrializada do aço com critérios de conforto ambiental configura-se uma excelente possibilidade para contribuir na efetivação do sistema em aço como alternativa segura no mercado da construção civil brasileira. Entende-se, pois, que depois de elaborados os estudos que compuseram o presente trabalho, proporcionou-se uma contribuição para a melhoria das condições de planejamento do processo de projeto.

O desenvolvimento de estratégias considerando estudos anteriores de diferentes autores, os quais constataram a necessidade de pesquisas que buscassem a estruturação de processos de projeto de arquitetura em aço, tornam positivos os resultados obtidos aqui. Sabe-se que a característica dinâmica no setor da construção civil pode gerar a necessidade de adequação do modelo proposto, mas entende-se que a contribuição é uma possibilidade interessante para que essa adequação seja realizada com base em um estudo bem fundamentado.

Insta pontuar também que as questões relacionadas ao conforto ambiental compõem-se de fatores subjetivos que devem ser considerados continuamente no processo de projeto, mas objetivando uma estratégia que fosse de fato palpável optou-se por considerar de fato os aspectos objetivos de desempenho relacionados ao conforto ambiental. O arquiteto deve ter como missão compreender as questões subjetivas relacionadas ao conforto durante o desenvolvimento do projeto, o que dependerá de uma série de fatores relacionados aos usuários da edificação, conforme descrito na revisão bibliográfica.

Ao observar o caminho percorrido até chegar aos resultados da presente dissertação vislumbra-se que há alguns entremeios importantes a serem discutidos em pesquisas futuras, tais como: a adequação da norma de desempenho para edificações de outras tipologias além da habitacional com vistas ao conforto ambiental em edificações estruturadas em aço; a adequação de um processo de projeto de arquitetura em aço dentro da plataforma BIM; a aplicação do processo de projeto proposto para a ratificação e/ou retificação de suas características; a interface entre os diferentes materiais e o sistema construtivo em aço para a confirmação do atendimento dos diferentes critérios de desempenho; a elaboração de um cronograma base de projeto que considera o prazo para a execução de cada fase do processo de projeto de arquitetura em aço, dentre outros.

Pode-se inferir, portanto, que a contribuição do presente trabalho torna-se potencial quando se observam as questões deficientes na elaboração de projetos de arquitetura em sistemas construtivos industrializados como o aço e a usual falta de pleno atendimento às questões de conforto ambiental. Há que se aprofundar continuamente os estudos e tentativas de soluções para que as edificações sejam projetadas de forma economicamente viáveis, ambientalmente eficientes, construtivamente seguras e essencialmente confortáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABECE, Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural. **Manual de Escopo de Projeto e Serviços de Engenharia, 2011.** Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1450> [Acesso em 17 Fevereiro 2016].

ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. **Manual de Escopo de Projeto e Serviços de Ar Condicionado e Ventilação, 2011.** Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1446> [Acesso em 24 Fevereiro 2016].

AGESC, Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto. **Manuais de Escopo, 2011.** Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1449> [Acesso em 15 Fevereiro 2016].

ARENA do Futuro - Jogos Olímpicos Rio 2016. [Online] Disponível em: <https://www.rio2016.com/locais-de-competicao/arena-do-futuro> [Acesso em 10 Setembro 2016].

AsBAI, Associação Brasileira de Arquitetos de Iluminação. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Luminotécnica, 2011.** Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1455> [Acesso em 16 Março 2016].

AsBEA, Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. **Guia para Arquitetos na Aplicação da Norma de Desempenho, 2014** Disponível em: http://www.asbea.org.br/download/2_guia_normas_final.pdf [Acesso em 14 Outubro 2015].

ASHRAE 55, Standard. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.** 2013. Atlanta: ASHRAE Inc..

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5670:** Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada – Procedimento. Rio de Janeiro, 1977. 19 p.

_____. **NBR 10151:** Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000a. 4 p.

_____. **NBR 10152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 2000b. 4 p.

_____. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

_____. **NBR 13531:** Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1995. 10 p.

_____. **NBR 13532:** Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995. 8 p.

_____. **NBR 15215-1:** Iluminação Natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2005. 5 p.

_____. **NBR 15215-2:** Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2005. 21 p.

_____. **NBR 15215-3:** Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005 – Versão corrigida 2007. 36 p.

_____. **NBR 15215-4:** Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005. 16 p.

_____. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações – 5 Partes. Rio de Janeiro, 2005. 92 p.

_____. **NBR 15575-1:** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013. 60 p.

_____. **NBR 15575-2:** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro, 2013. 32 p.

_____. **NBR 15575-3:** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013. 40 p.

_____. **NBR 15575-4:** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013. 57 p.

_____. **NBR 15575-5:** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013. 63 p.

_____. **NBR 15575-6:** Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 6: Sistemas Hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2013. 31 p.

_____. **NBR 5413:** Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992. 75 p.

_____. **NBR 5419:** Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2015. 32 p.

_____. **NBR 5461:** Iluminação. Rio de Janeiro, 1991. 90 p.

_____. **NBR 5674:** Manutenção de edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012. 6 p.

_____. **NBR 7195:** Cores para segurança. Rio de Janeiro, 1995. 3 p.

_____. **NBR 8800:** Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008. 237 p.

_____. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. 148 p.

_____. **NBR 9575**: Impermeabilização – Seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010. 14 p.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. 46 p.

BASTOS, M. A. R. **Avaliação de sistemas construtivos semi e/ou industrializados de edifícios de andares múltiplos através da perspectiva de seus usuários**. 2004. 458p. 2 v. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2004.

BAUERMANN, M. **Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos de aço**. 2002. 254 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2002.

BIES, D.A.; HANSEN, C.H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**. 3^a ed. London and New York: Spon Press, 2003. 719 p.

BISTAFA, S. R. **Acústica Aplicada ao Controle de Ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 368 p.

BORSATO, K. T. **Arquitetura em aço e o processo de projeto**. 2009. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.

BOUERI FILHO, J. J. **Antropometria Aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Desenho Industrial**. São Paulo: Estação das Letras e Cores Editora, 2008, 1^a Edição e-book, 152p.

CASTRO, E. **Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica**. 1999. 202p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 1999.

CAVANAUGH, W. J.; WILKES, J. A. **Architectural Acoustics: Principles and Practice**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1999. 332p.

CBCA, Câmara Brasileira da Construção em Aço. **REVISTA ARQUITETURA & AÇO**: revista trimestral do CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço). Rio de Janeiro: Roma, 2015. 76 p.

CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de Edificações Habitacionais: Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. 2^a ed. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308 p.

CENPES II. **Centro de Pesquisas da Petrobras. Rio de Janeiro-RJ, 2015**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/projetos>>. Acesso em 10 out. 2015.

COPAN. **Edifício Copan**. 2015. Disponível em: <<http://www.copansp.com.br/>>. Acesso em: 05 out. 2015.

CRASTO, R.C.M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.

CYPRIANO, A. **Iluminação artificial na percepção da arquitetura. Considerações sobre aspectos quantitativos e qualitativos no processo de projeto**. 2013. 203 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – São Paulo, 2013.

DATAFOLHA/CAU-BR. **Pesquisa: as atribuições dos arquitetos e urbanistas e sua imagem**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.caubr.gov.br/pesquisa2015>>. Acesso em 08 out. 2015.

DIAS, L. A. M. **Aço e Arquitetura: Estudo de Edificações no Brasil**. São Paulo: Ziguarte, 2001. 171 p.

_____. **Edificações de Aço no Brasil**. São Paulo, Ed. Ziguarte, 1999. 203 p.

DUSHKES, L. S. **Palavra de arquiteto: citações, ironias e doses de sabedoria**. São Paulo: Gustavo Gili, 2014. 159 p.

EASTMAN, C. et al. **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011. 626 p.

EDIFÍCIOS da Esplanada dos Ministérios, Brasília-DF, 2015. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org>>. Acesso em 18 set. 2015.

ESTAÇÃO da Luz, São Paulo-SP, 2015. Disponível em: <<http://www.estacaodaluz.org.br>>. Acesso em 18 set. 2015.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. 2002. 350 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2002.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B.; GRILO, Leonardo M. **Coordenação e coordenadores de projetos: modelos e formação**. In: III Workshop Brasileiro Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifício. 2003.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. 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. 6 p.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering**. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.

FIGUEIREDO, F. G.; SILVA, V. G. **Processo de Projeto Integrado e desempenho ambiental de edificações: os casos do SAP Labs Brazil e da Ampliação do CENPES Petrobras**. Ambiente Construído: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 12, 2012. 97-119.

FONTANELLA, M. S. **Percepção do Ambiente Térmico: Preferências Subjetivas e Conforto Térmico**. 2009. 145f f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

GAUZIN-MÜLLER, D. **Arquitetura Ecológica**. São Paulo: Senac São Paulo, 2011. 304 p.

GERKEN, F. S. **Perfis tubulares: aspectos arquitetônicos e estruturais**. 2003. 385 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.

GERGES, S.N.Y. **Ruído, Fundamentos e Controle**. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 2000. 696 p.

GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, v. 18, n. 1, 1992.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **CENPES II, o novo centro de pesquisas da Petrobras, no Rio de Janeiro: uma atitude ambiental inovadora na arquitetura brasileira**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8. (ENCAC2005); ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4. (ENLACAC2005), Maceió, AL, 2005. Anais... Maceió, AL, 2005. p. 828-837. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/biblioteca>> Acesso em: 14 out. 2016.

GUIMARÃES, A. G. L. **A obra de João Filgueiras Lima no contexto da cultura arquitetônica contemporânea**. 2010. 143 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade: cada erro tem seu preço**. Tradução: Vera M. C. F. Hachich. Técnica, São Paulo, n. 1, p. 32-34, nov./dez. 1992.

HERMUND, A. **Building Information Modeling in the Architectural Design Phases**. In: CONFERENCE ON EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE: COMPUTATION: The New Realm of Architectural Design (ECCAD09), n. 27, 2009, Çolakoglu. Proceedings... Çolakoglu: Çağdas, 10 out. 2016. p.75-81.

HESCHONG, L. **Thermal Delight in Architecture**. USA: The Massachusetts Institute of Technology, 2002. 78 p.

HOSPITAL Sarah, Brasília-DF, 2015. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br>>. Acesso em 18 set. 2015.

HUMPHREYS, M. A. **Field studies of thermal comfort compared and applied**. [S.l.]: Building Research Establishment, 1975.

IBRAHIM, M. et al. **A Web-Based a Approach to Transferring Architectural Information to the Construction Site Based on the BIM Object Concept**. In: THE ASSOCIATION FOR COMPUTER-AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN

ASIA (CAADRIA): CULTURE, TECHNOLOGY AND ARCHITECTURE, Korea. Proceedings... Korea: CAADRIA, 2004. Disponível em: <www.caadria.org/cnf/2004.conf.html>. Acesso em: 10 out. 2016.

IIDA, I. **Ergonomia. Projeto e Produção**. São Paulo: Edgard Blüchec Ltda, 2005. 465 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **The Integrated Design Process in practice: demonstration projects evaluated**. Arnhem, 2002. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 out. 2016

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève, 2005. 52 p.

_____. **ISO 140-1**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Requirements for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission. Genève, 1997. 11 p.

_____. **ISO 140-2**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Determination, verification and application of precision data. Genève, 1991. 13 p.

_____. **ISO 140-3**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation between rooms. Genève, 1995. 20 p.

_____. **ISO 140-4**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Genève, 1998. 24 p.

_____. **ISO 140-5**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurement of airborne sound insulation of façade elements and façades. Genève, 1998. 24 p.

_____. **ISO 140-6**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurement of airborne sound insulation of façade elements and façades. Genève, 1998. 24 p.

_____. **ISO 140-7**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors. Genève, 1998. 17 p.

_____. **ISO 140-8**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor. Genève, 1997. 24 p.

_____. **ISO 140-9**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 9: Laboratory measurement of room-to-room airborne sound insulation of a suspended ceiling with a plenum above it. Genève, 1985. 6p.

_____. **ISO 140-10:** Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 10: Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements. Gèneve, 1991. 16 p.

_____. **ISO 140-12:** Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 12: Laboratory measurement of room-to-room airborne and impact sound insulation of an access floor. Gèneve, 2000. 18 p.

_____. **ISO 140-13:** Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 13: Guidelines. Gèneve, 1997. 79 p.

_____. **ISO 140-14:** Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 14: Guidelines for special situations in the Field. Gèneve, 2004. 31 p.

_____. **ISO 717-1:** Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Gèneve, 2013. 18 p.

_____. **ISO 717-2:** Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 2: Impact sound insulation. Gèneve, 2013. 17 p.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **O Processo de Projeto em Arquitetura: da teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 504 p.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **Reflexão sobre Metodologias de Projeto Arquitetônico.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, Abr/Jun 2006.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. R. O. **Eficiência Energética.** São Paulo: PW Editores, 1997.

LANA, S. M. **O arquiteto e o processo de projeto participativo: o caso do RSV.** 2007. 180f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified.** 4 ed. Oxford: Elsevier/Architectural, 2005.

LIMA, J. F.. **Arquitetura: Uma experiência na área da saúde.** São Paulo, Brazil: Romano Guerra, 2012.

LIMA, R. F. D. **Técnicas, Métodos e Processos de Projeto e Construção do Sistema Construtivo Light Steel Frame.** 2013. 107 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

LOPES, R. K. **Relações e influências da aplicação da acústica no processo de projeto de arquitetura contemporânea.** 2010. 233 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

LYNCH, K. **Planificación del sitio.** Gustavo Gili, 1980. 324 p.

MACIEL, C. A. **Arquitetura, projeto e conceito**. *Arquitextos*, São Paulo, ano 04, n. 043.10, Vitruvius, dez. 2003 <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.043/633>>. Acesso em 14 jun. 2016.

MAHONEY, C. **Climate and House Design**. New York: United Nations, 1971. 93 p.

MALARD, M. L.. **Alguns problemas de projeto ou de ensino de arquitetura**. In: Maria Lucia Malard. (Org.). *Cinco textos sobre arquitetura*.. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005, v. , p. 79-114.

MALARD, M. L.. **Projeto arquitetônico e pensamento científico**. In: Carlos Antônio Leite Brandão, Pierre Caye, Francesco Furlan, Maurício Alves Loureiro. (Org.). *Na Gênese das racionalidades modernas*. 1ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013, v. 1, p. 259-274.

MEDEIROS, M. C. I. **Gestão do conhecimento aplicada ao processo de projeto na construção civil: estudos de caso em construtoras**. 2012. 395p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2012.

MELHADO, S.B. **A qualidade através da integração entre projeto e obra nos empreendimentos habitacionais**. In: SEMINÁRIO O GERENCIAMENTO VERSUS DESPERDÍCIO, São Paulo, 1995. Anais. São Paulo, Édile Serviços Gráficos e Editora, 1995a. p. 69-78.

MELHADO, S.B. **Metodologia de projeto voltada à qualidade na construção de edifícios**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 7. Anais. Florianópolis, 1998. Florianópolis, ANTAC, 1998a.

MELHADO, S.B. **Projetos da produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos**. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 7. Anais. Florianópolis, 1998b. Florianópolis, ANTAC, 1998b.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MELO, N. **O uso da tecnologia BIM na investigação da modulação estrutural para habitação de interesse social em encostas**. 2016. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2016.

MENDONÇA, F. **Clima e Criminalidade. Ensaio Analítico da Correlação entre a Temperatura do Ar e a Incidência de Criminalidade Urbana**. Curitiba: Editora da UFPR, 2002. 182 p.

MESEGUER, A. G. **Controle e Garantia da Qualidade da Construção**. São Paulo: SINDUSCON/SP, 1991.

MIRALLES, J. **A casa ecológica: ideias práticas para um lar ecológico e saudável**. Espanha: Gustavo Gilli, 2011. 159 p.

MODULOR de Le Corbusier. 2015. Disponível em: <<http://www.fondationlecorbusier.fr>> [Acesso em 27 Setembro 2015].

MORAES, F. R. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica - uma visão segundo a nova filosofia de produção**. 2000. 244 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

MUELLER, C. M. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental: o processo metodológico para a elaboração de um anteprojeto**. 2007. 291 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MUSEU do Amanhã, Rio de Janeiro-RJ, 2015. Disponível em: <<http://museudoamanha.org.br>>. Acesso em 18 set. 2015.

NEUFERT, P. **Arte de Projetar em Arquitetura**. 18^a. ed. [S.l.]: G. Gilli, 2004. 567 p.

NOVAES, C. C. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. In: WORKSHOP NACIONAL SOBRE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2001, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC/USP, 2001. 1 CD-ROM.

PARREIRAS, A. O. **O Aço e a Construção Civil no Brasil: um Estudo do Sistema Construtivo Metálico**. Dissertação de Mestrado - FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001. 222p.

PEDRINI, A.; SZOLOKAY, S. **The architects approach to the project of energy efficient office**. BUILDING SIMULATION, v. 9, n. Anais., 2005.

PERÉN, J. I. M. **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé**. 2006. 262 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PETROBRAS. N-1550: **Pintura de Estrutura Metálica** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 11p.

POUEY, J. A. A.; SILVA, A. C. S. **Análise das Estratégias Bioclimáticas para Otimização do Desempenho Térmico de Edificações em locais de grande variação climática**. XIII ENTAC, 10 p., 2010.

PGR, Edifício da Procuradoria Geral da República. 2015. Disponível em: <http://www.pgr.mpf.mp.br>>. Acesso em: 05 out. 2015.

PINHO, R. **João Filgueiras Lima: Lelé**. Lisboa; Editorial Blau; São Paulo; Instituto Lina Bo e PM Bardí, 2000.

PONTE JK, Brasília-DF, 2015. Disponível em: <<http://viagemhoje.com>>. Acesso em 18 set. 2015.

PROACÚSTICA, Associação Brasileira para a Qualidade Acústica. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Acústica**. 2011. Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/Manual/Ver/1445> [Acesso em 15 Março 2016].

RAAD JUNIOR, A. A., **Diretrizes para Fabricação e Montagem de Estruturas Metálicas**. 1999. 243 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

RIBAS, R. A. J. **Método para avaliação do desempenho térmico e acústico de edificações aplicado em painéis industrializados**. 2013. 197 p. Tese (Doutorado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto. 2013.

RIBEIRO, L. P. **Conforto Térmico e a Prática do Projeto de Edificações: recomendação para Ribeirão Preto**. 2008. 213p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

ROMERO, M. A.; ORSTEIN, S. W. **Avaliação pós-ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

RORIZ, M. **Uma Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. São Carlos, SP. 2012. 22p.

SCHEER, S. et al. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura**. VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, 2007.

SCHMID, A. L. **A Ideia de Conforto: Reflexões sobre o Ambiente Construído**. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 352 p.

SEEP, B. et al. **Acústica de Salas de Aula**. Revista de Acústica e Vibrações, v. 29, Julho 2002. Versão traduzida por Stephanie L. B. Mondl.

SERRA, R. **Arquitectura y climas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2004. 94 p.

SILVA, F. A. G. **Conforto Ambiental: Iluminação de Interiores**. João Pessoa: A União, 1992.

SORIANO, F. **100 Hiperminimos**. Madrid: Lampreave Asociados, 2009.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica: Ouvindo a Arquitetura**. 1ª. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2009.

TEATRO José de Alencar, Fortaleza-CE, 2015. Disponível em: <<http://www.nopatiao.com.br>>. Acesso em 18 set. 2015.

TEIXEIRA, Renata Bacelar. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas**. 2007. 269 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas – Belo Horizonte, 2007.

VAN DER LINDEN, J.; GUIMARÃES, L. **O Conceito de Conforto a partir da Opinião de Especialistas**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2015. Disponível em:<<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos>>. Acesso em 01 out. 2015. 5 p.

MERCADO Ver-o-Peso, BÉLEM-PA, 2015. Disponível em: <<http://blog.brasilturista.com.br>>. Acesso em 18 set. 2015.

VILLAR, J. D. **O Conforto Pleno como Referencial no Processo de Projeto Arquitetônico**. 2009. 415 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

VIOTTO, D. A. O aço que não se vê. **Construção Metálica**. São Paulo, ano 11, n. 48, p. 14-21, maio/jun. 2001. ISSN 1414-6517.

WAEKENS, A. C.; MITIDIÉRI FILHO, C. V. **Projeto de arquitetura com base no conceito de desempenho em software BIM**. 2012. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/189/artigo288009-1.aspx> [Acesso em 2016 Abril 2016].

ZANETTINI, S. **A Obra em Aço de Zanettini**. São Paulo: J.J. Carol, 2007.

APÊNDICE A – Análise de caso estudado

Arquitetura, aço e conforto ambiental: o caso do CENPES II - Centro de Pesquisas da Petrobras Leopoldo A. Miguez de Mello.

O Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES II) Leopoldo A. Miguez de Mello, apresentado na Figura A.1, localiza-se no Rio de Janeiro e o projeto em análise, desenvolvido entre março de 2004 e junho 2006, faz parte da ampliação do projeto original que foi executado entre outubro de 2005 e 2010. As informações que caracterizam o empreendimento são dos autores do projeto e foram obtidas na página virtual do escritório de arquitetura responsável pelo desenvolvimento e coordenação projetual. A proprietária do empreendimento é a Petrobras (Petróleo Brasileiro S.A.).

O terreno no qual a edificação foi implantada possui área de 189.604,27 m² e a área total construída é de 124.368,58 m². O projeto arquitetônico é de Siegbert Zanettini com coautoria de José Wagner Garcia; o projeto estrutural em concreto e em estruturas metálicas é da Companhia de Projetos Ltda; o projeto de luminotécnica de Esther Stiller Consultoria S/C Ltda.; o projeto de paisagismo de Benedito Abbud - Arquitetura da Paisagem Ltda.; e a consultoria e projeto de acústica de Sresnewsy Engenharia Ltda.



Figura A.1 - Vista geral do projeto de ampliação do CENPES II, Rio de Janeiro, 2010
Fonte: CENPESII, 2015.

a) *Preceito arquitetônico – justificativa do arquiteto*

O arquiteto justifica a ideia do projeto dizendo que “o impacto negativo da ação humana no meio ambiente torna-se cada dia mais evidente, exigindo respostas ambientalmente responsáveis e eficientes de todos os setores de nossa sociedade”. Segundo Zanettini (2015), no âmbito arquitetônico, conceitos de sustentabilidade e eco-eficiência passam a constituir elementos estruturais, conduzindo a uma mudança de paradigma na profissão, exigindo uma relação com todos os intervenientes do projeto e o trabalho integrado em uma equipe multidisciplinar. Assim, as disciplinas que usualmente são intituladas “complementares”, passam a ser estruturais desde a concepção do projeto, tornando o conhecimento sensível indissociável da racionalidade científica, criando, inovando e comprovando sua influência no resultado final da arquitetura.

Para o arquiteto, como resultado dessa visão sistêmica e holística da arquitetura contemporânea, “o projeto para a extensão do Centro de Pesquisas Petrobras é inovador tanto em seus conceitos como em suas particularidades, integrando e coordenando arquitetura, estrutura, instalações, eco-eficiência, paisagismo, planejamento e organização da obra”. Do desenvolvimento do empreendimento constam trinta especialidades de projeto, as quais o arquiteto classifica como um “corpo sistêmico com contribuições inovadoras, resultando em uma metodologia integrada de projeto, exemplo a ser adotado pela cadeia produtiva da construção civil”.

b) *Conceitos do projeto assimilados pelo arquiteto*

O arquiteto buscou como preceitos para o desenvolvimento do projeto: a forma arquitetônica adequada aos condicionantes climáticos locais e padrão de uso para minimização da carga térmica interna; estética contemporânea visando o equilíbrio e a harmonia arquitetônica, decorrentes do dimensionamento adequado de cada espaço; edifícios com dupla proteção de cobertura; definição das orientações a partir das simulações de insolação para solstício de verão, inverno e equinócio; microclima local e redução de ilha de calor, redução de ruídos e impacto visual; recuperação da restinga; jardim junto aos laboratórios com locais para reunião ao ar livre; jardim coberto nos pavimentos superiores do Prédio Central, criando locais de reunião e pequenos eventos; dimensionamento de beirais e

brises de forma a proteger superfícies envidraçadas e evitar incidência direta do sol nas fachadas; escritórios com circuitos setorizados em função da disponibilidade de iluminação natural, e iluminação complementar nos postos de trabalho; laboratórios com iluminação dimerizável e sensores fotoelétricos; uso de *sheds* para iluminação natural e ventilação na Empreiteirópolis, Oficinas, Planta Piloto e Central de Utilidades; laboratórios implantados de forma a aproveitar vento predominante, direções S-SE-L; jardim coberto do Prédio Central aberto para permitir ventilação; circulação, área de eventos e lanchonete do Centro de Convenções projetadas de modo a aproveitar ventilação natural; uso de painéis fotovoltaicos; acessibilidade a deficientes físicos, auditivos e visuais; redução do tempo de execução da obra; ausência de desperdícios na obra; papel educativo e integrador com comunidades sociais; automação com monitoramento e controle para operação e manutenção de todos os sistemas; uso de tecnologias limpas com o canteiro apenas como local de montagem.

c) Partido Arquitetônico

A implantação surgiu de uma conjunção de inúmeras variáveis e como extensão natural do CENPES existente, articulando-se com ele ambientalmente; energeticamente unindo centros de energia, de controle e de computação e fisicamente por meio de uma galeria subterrânea de pedestres para a integração de atividades culturais, sociais, de produção científica e de apoio de todo o complexo. A circulação e os estacionamentos de veículos e ônibus complementam essa simbiose entre o CENPES existente e sua ampliação.

O projeto de Ampliação do CENPES constituiu-se por um partido predominantemente horizontal que propôs edificações intercaladas por espaços abertos, constituídos de áreas cobertas e descobertas, enriquecidos ambientalmente pela inserção de vegetação com espaços sombreados, conforme Figuras A.2 e A.3.

O Centro de Convenções - com auditório, salas de reuniões, lanchonete e área de eventos – situa-se no local mais próximo possível do CENPES atual, na extremidade oposta da galeria subterrânea, e constitui o portal de entrada do CENPES para o público que a ele se dirige, possibilitando seu uso para as mais diversas atividades culturais e educativas, sem que elas interfiram na vida científica deste novo Centro de pesquisas.

Do Centro de Convenções parte o eixo Norte-Sul principal, coluna vertebral de articulação de todas as atividades de produção científica, dos laboratórios e escritórios no pavimento térreo; dos escritórios nos dois pavimentos superiores, que exploram a visual marinha; e do CRV – Centro de Realidade Virtual, CIC – Centro Integrado de Controle e Biblioteca no 2º pavimento, e ao bloco separado do Holospace. Este eixo em dois níveis (no térreo e no 2º pavimento) constitui a principal circulação de usuários internos e externos. Na extremidade Norte deste eixo estão situados o Restaurante e o Orquidário, unidos ao Prédio Central.

Este eixo articula também todos os sistemas de energia, por meio de um *pipe-rack* central no 1º pavimento de onde ramificam, em mesma cota, todos os *pipe-racks* perpendiculares que atendem aos laboratórios. O *pipe-rack* principal chega até a Central de Utilidades, onde se agrega também, de um lado, a ETRA (Estação de Tratamento e Reuso de Água) e do lado oposto a Oficina, o Almoxarifado e a Empreiteirópolis, ocupando a extremidade sudeste do terreno, que complementam as atividades de apoio do Complexo.

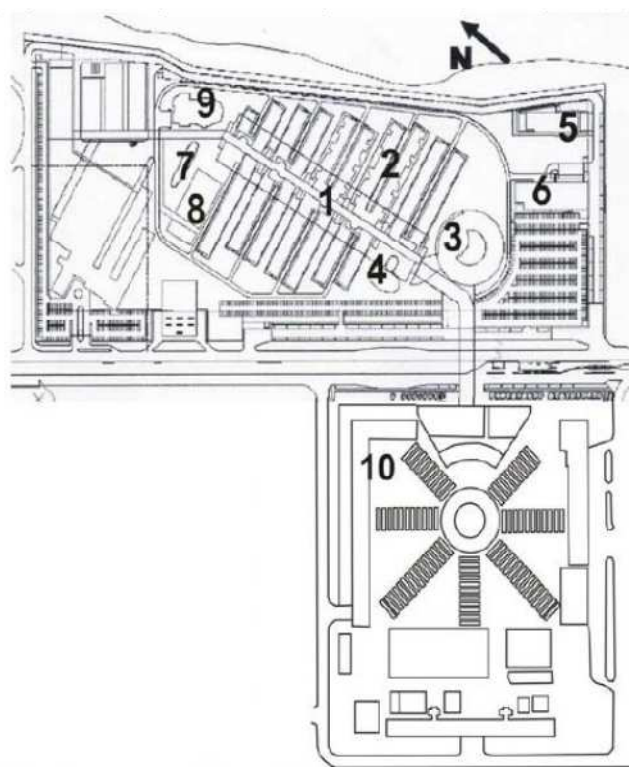


Figura A.2 - Implantação do conjunto da ampliação do centro de pesquisas da Petrobras
(1) Edifício Central, (2) Laboratórios, (3) Centro de Convenções, (4) Laboratório de Realidade Virtual, (5) Empreiteirópolis, (6), Edifício de Apoio e Manutenção, (7) Orquidário, (8) Planta Piloto, (9) Restaurante, (10) CENPES I.

Fonte: FIGUEIREDO; SILVA, 2012.



Figura A.3 - Modelo físico do complexo arquitetônico do CENPES II. Vista da orientação sul
Fonte: FIGUEIREDO; SILVA, 2012.

O sistema viário foi definido de modo que todos os espaços de trabalho sejam atendidos por circulações de serviço, permitindo a circulação de veículos necessários para a operação dos edifícios, bem como para alterações ou ampliações destes. Este sistema viário conecta também os vários blocos de apoio da Empreiteirópolis, Oficinas e Almoxarifado com suas docas de acesso voltadas para uma via secundária externa. Os estacionamentos de veículos ocupam estrategicamente os espaços vazios, distribuídos em função de cada área de trabalho. O estacionamento de ônibus foi situado no setor sul com acesso pela avenida de forma a facilitar a entrada e saída dos veículos.

O partido adotado reflete também a condição de “obra aberta”, que entende o espaço relativizado no tempo em função da evolução das necessidades, imprimindo às soluções grande flexibilidade para ampliações e reformulações, de acordo com novos usos e o contínuo desenvolvimento de novas pesquisas. Vale ressaltar que todas as soluções adotadas, segundo

o escritório de projetos, apoiaram-se em bases científicas, no que diz respeito à urbanização, arquitetura, interiores, aos sistemas de conforto ambiental e eficiência energética, aos sistemas prediais de utilidades, aos sistemas construtivos e estruturais e à recomposição dos ecossistemas naturais.

d) Tecnologia da Construção

Quando a PETROBRAS promoveu o concurso para a Ampliação de seu Centro de Pesquisa destacou, no edital, conceitos norteadores a serem considerados na solução arquitetônica. Dentre outras exigências para o projeto, o edital do concurso inseriu as questões de sustentabilidade na arquitetura (eco-eficiência) em dez tópicos de caráter eliminatório. São eles: orientação solar adequada; forma arquitetônica adequada às condicionantes climáticas locais e padrão de uso para a minimização da carga térmica interna; materiais construtivos termicamente eficientes para superfícies opacas e transparentes; superfícies envidraçadas: taxa de WWR (*window wall ratio*); proteções solares externas adequadas às fachadas; aproveitamento adequado dos ventos para resfriamento e renovação do ar interno; aproveitamento da luz natural; aproveitamento da vegetação; sistemas para uso racional e reuso de água; materiais de baixo impacto ambiental.

Além destes tópicos eliminatórios, citam-se outros conceitos fundamentais como a questão da flexibilidade; possibilitar a expansão e planejamento da obra em fases; atender à complexidade programática e à diversidade de usos, por meio de edifícios com soluções arquitetônicas distintas; atender a conceitos inovadores do ponto de vista de instalações; criar ambientes de trabalho que estimulem a criação científica, tanto laboratórios, escritórios, quanto áreas de convívio e estar; transmitir por meio da arquitetura e de sua tecnologia construtiva a imagem da PETROBRAS, enquanto empresa inovadora e geradora de conhecimento.

A concepção multidisciplinar deste projeto permitiu que cada disciplina, quer estrutura, instalações, eco-eficiência, arquitetura, levantasse soluções ideais que refletissem estes conceitos. O resultado reflete este trabalho em equipe. A solução arquitetônica não é apenas uma forma, mais que isto, é a resultante da concepção integrada destes conceitos.

e) *Concepção Estrutural*

O aço foi adotado enquanto sistema estrutural em todos os edifícios por uma série de razões: (1) por permitir a permeabilidade do olhar e transparência; (2) por permitir simetria e regularidade estrutural; (3) por permitir equalização de vãos e dimensões das peças estruturais; (4) por permitir a padronização em função do uso; (5) pela facilidade de transporte e organização do canteiro de obra; (6) pela racionalização de materiais e mão-de-obra; (7) pela clareza na intenção dos detalhes; (8) pela reversibilidade com passível desmontagem; (9) material com mais alto grau de reciclagem.

O uso do aço permite transformar o canteiro de obra em um espaço de montagem, conforme analisado anteriormente. Segundo o arquiteto, os elementos estruturais foram fabricados, tratados contra corrosão e receberam proteção passiva contra incêndio ainda na indústria. Foram então transportados e montados na obra com ligações aparafusadas, sem solda. Este conceito de montagem se estendeu aos demais componentes dos edifícios, como no caso dos painéis pré-fabricados de concreto para as fachadas, esquadrias em alumínio, etc.

Exceção a isto foram as fundações, vigas baldrames e estruturas moldadas *in loco*, únicos elementos em concreto da obra, cuja execução mantém o conceito convencional de canteiro de obra. As estruturas em concreto foram executadas imediatamente após a terraplenagem, preparando desta forma o canteiro para receber as estruturas em aço com uma dinâmica de montagem bastante veloz.

As fundações em sua grande maioria foram executadas em hélice contínua, além de estacas escavadas, barretes e paredes diafragmas na passagem subterrânea e cisternas. Todos os edifícios têm lajes pré-moldadas em concreto apoiadas sobre vigas baldrames ao nível do solo. As torres de circulação do prédio central, castelos de água potável e de chuva, passagem subterrânea e as seis cisternas são em concreto moldado *in loco*.

Há basicamente cinco soluções estruturais distintas para o complexo, consequência do uso de cada edifício. São elas: (1) estrutura dos Laboratórios; (2) estrutura do Prédio Central; (3) estrutura do Centro de Convenções; (4) estrutura do Centro de Realidade Virtual; e (5) estrutura dos edifícios de apoio. O aço utilizado nas estruturas foi o ASTM A572, e recebeu

proteção contra corrosão de acordo com a norma NBR8800 (ABNT, 1986) e Norma N-1550 (PETROBRAS, 2000); e proteção passiva contra incêndio.

f) O processo de projeto do CENPES II

Figueiredo e Silva (2012) analisaram o processo de projeto de ampliação do CENPES e após análises, descrevem-se adiante as principais informações e conclusões obtidas do estudo consultado. As informações preliminares da análise do artigo são as mesmas já expostas na descrição do empreendimento (ficha técnica, preceitos, conceitos, partido, estrutura, etc.).

A etapa de Estudo Preliminar (início em março e entrega em maio de 2004) correspondeu à elaboração do projeto conceitual para o concurso promovido pela Petrobrás. Uma equipe multidisciplinar de projetistas e de consultores foi constituída, logo no início dos trabalhos, incluindo arquitetura; consultoria e pesquisa em eco-eficiência (para avaliação de térmica, iluminação, acústica e eficiência energética); e projetistas de estruturas, instalações elétricas, hidráulicas e ar condicionado. Os principais conceitos do projeto foram definidos nessa etapa.

Houve um trabalho multidisciplinar muito intenso, com várias reuniões. A equipe de eco-eficiência, por exemplo, trabalhou muitos dias no escritório de arquitetura. Em um primeiro momento, realizou-se uma apresentação das condicionantes climáticas e ambientais do local, com um diagnóstico e indicação de estratégias principais de soluções, incluindo adoção de blocos alongados, privilegiando orientações norte e sul para as fachadas principais, considerando uma menor incidência de radiação solar; adoção de sombreamento; e ventilação natural, considerando as direções predominantes dos ventos. Em seguida, procurou-se atender às necessidades do projeto, com o suporte de análises e simulações simplificadas. A participação da projetista de estruturas também foi intensa. Uma modulação de 10x10 m foi estabelecida em função da otimização da concentração de cargas e estacas, considerando-se as características do solo. Já a participação dos projetistas de instalações foi fundamental para o desenvolvimento do conceito de um piso técnico para *pipe racks*, atravessando todo o complexo e distribuindo todas as instalações.

Após o escritório de arquitetura vencer, houve um período de aproximadamente quatro meses de negociação do contrato global, muito complexo, já que o escritório de arquitetura subcontratava todos os demais projetistas e consultores. Nesse período, foi realizada uma revisão do Estudo Preliminar, com a participação de equipe da Petrobras, incorporando-se uma série de alterações, principalmente em relação à implantação dos edifícios, acessos e sistema viário.

Com a assinatura do contrato, iniciou-se a etapa de Projeto Executivo (início em novembro de 2004 e últimas entregas em junho de 2006). Inicialmente, o contrato previu sete meses para essa etapa, que se estenderam para 19 meses aproximadamente. Não houve datas fixas de entregas gerais, pois os desenhos foram sendo cadastrados separadamente, conforme procedimentos do sistema de gestão definido pela Petrobras. Nessa etapa, a equipe foi ampliada, incluindo também (além dos que participaram do concurso) projetistas de automação, luminotécnica e paisagismo; consultores de esquadrias, acústica e impermeabilização; e consultora técnica para implantação de Plano da Qualidade para o projeto.

O escritório de arquitetura ficou responsável pela coordenação global de todos os projetos e gestão do processo, até a entrega final do conjunto de documentos para licitação e construção. O cliente, CENPES, participou intensamente do processo e teve também o apoio de um robusto corpo técnico da Petrobras (prestadores de serviço internos), com arquitetos e engenheiros, englobando várias disciplinas.

Os trabalhos dos projetistas e consultores foram bastante intensos. A equipe de eco-eficiência conduziu avaliações muito detalhadas, com o uso de ferramentas computacionais avançadas de simulação, englobando conforto térmico, iluminação, acústica e eficiência energética (GONÇALVES; DUARTE, 2005 apud FIGUEIREDO; SILVA, 2012). Esses estudos apoiaram o desenvolvimento do projeto, sendo importantes, por exemplo, para orientar o detalhamento dos dispositivos de sombreamento e fornecer parâmetros para a especificação de vidros e materiais dos fechamentos (externos e internos). A equipe de eco-eficiência também foi responsável pela verificação do projeto quanto ao atendimento a requisitos para certificação LEEDTM.

f.1) Resultados alcançados

Durante a coleta de dados, muitos créditos da avaliação com a ferramenta LEED™ ainda estavam incertos, principalmente por dependerem de extensa documentação proveniente da obra, ainda em andamento. No entanto, independentemente do resultado da avaliação, esta investigação revelou a presença de estratégias agressivas, visando ao desempenho ambiental do complexo.

Até o momento da publicação do trabalho de Figueiredo e Silva (2012), os dados da eficiência energética atingida ainda não estavam disponíveis, mas as soluções de projeto adotadas foram embasadas em critérios corretos e detalhadamente verificadas, com ferramentas de simulação.

A orientação, com fachadas principais Leste-Oeste, adotada para o Edifício Central, apesar de menos favorável, justifica-se por outros critérios, incluindo a vista para a baía e a possibilidade de privilegiar a orientação dos laboratórios, dispostos em eixos perpendiculares ao eixo principal norte-sul. A conceituação e o detalhamento da envoltória e dispositivos de sombreamento levaram em consideração a geometria da insolação, minimizando-se a penetração de radiação solar direta nos ambientes e otimizando-se a iluminação natural.

Também foi fundamental a adoção de sistemas ativos de alto desempenho, com destaque para a iluminação artificial, com luminárias eficientes integradas à disponibilidade de luz natural, e sistema de ar condicionado, com central de água gelada e distribuição em dutos com VAV (Volume de Ar Variável). Um exemplo significativo de integração entre os subsistemas do edifício foi a adoção de insuflamento do ar condicionado pelo piso no Edifício Central, viabilizada pelas seguintes características do projeto: pé-direito mais alto; geometria alongada da edificação; eficiência do sistema de iluminação artificial; e especificação adequada dos vidros, isolamentos, coberturas verdes e elementos de sombreamento (FIGUEIREDO; SILVA, 2012).

Esses elementos permitiram menores dimensões do sistema de ar condicionado, incluindo dutos menores, passíveis de ser locados dentro do piso elevado. Para tanto, foi

fundamental a colaboração entre arquitetura, equipe de eco-eficiência, projetista de ar condicionado, projetista de luminotécnica e consultor de esquadrias.

Em relação ao uso eficiente de água, foram previstos: uma estação de tratamento e reuso de água (ETRA), para tratamento de todo o esgoto gerado e reuso da água nas torres de resfriamento do sistema de ar condicionado; captação e armazenagem da água da chuva, para uso na irrigação dos jardins e bacias; e dispositivos economizadores. Quanto ao grupo materiais e recursos, a obtenção de créditos, não disponíveis na ocasião, dependia de documentação proveniente da obra que comprovasse, por exemplo, o uso de madeira certificada, de materiais com conteúdo reciclado e materiais de origem, processamento e produção regional.

f.2) Análise dos dados

Houve a incorporação de requisitos de desempenho ambiental, com a adoção de sistemas de avaliação e certificação ambiental; maior interação entre as disciplinas de projeto e consultoria, a partir das etapas de Estudo Preliminar; uso de ferramentas computacionais de simulação; e uma intensa participação e motivação do cliente, o qual teve influência significativa sobre os resultados positivos alcançados. Os prazos de projeto foram demasiado curtos, impossibilitando, por exemplo, simulações de desempenho energético de diferentes alternativas de soluções. Uma maior presença dos elementos metodológicos ocorreu apenas após as contratações dos projetos na etapa de Projeto Executivo (FIGUEIREDO; SILVA, 2012).

Não houve discussão e definição consensual de metas específicas e mensuráveis de desempenho ambiental, já que as metas existentes foram definidas apenas pelo cliente. A tarefa de integrar os subsistemas coube principalmente à equipe de arquitetura, também responsável pela coordenação, quando em metodologias de projeto mais avançadas as interações ocorrem também transversalmente entre as várias disciplinas, realizando-se reuniões multidisciplinares com a equipe completa, não só gerenciais e de compatibilização, mas também de conceituação e desenvolvimento das soluções e sistemas.

f.3) Lições observadas no processo de projeto do CENPES II

Figueiredo e Silva (2012) constataram os principais desdobramentos do processo de projeto utilizado no desenvolvimento do empreendimento, os quais são descritos a seguir:

- **Interação entre as disciplinas desde o início do processo:** a inclusão de projetistas e consultores e uma maior interação entre as disciplinas que o usual, a partir da etapa de concurso, tiveram impactos bastante positivos, possibilitando que a conceituação das principais características do projeto levasse em conta princípios básicos para o conforto ambiental e eficiência energética. Por exemplo, volumetrias alongadas em eixos Leste-Oeste foram privilegiadas, configurando fachadas principais norte e sul e plantas estreitas, minimizando ganhos térmicos indesejados e favorecendo a iluminação e ventilação naturais. Também foi importante, em ambos os casos, uma intensa participação do cliente nos processos, com grande envolvimento e motivação. Uma integração maior poderia ser alcançada, ainda, com a realização de reuniões multidisciplinares, com a equipe completa, para compartilhamento de informações e desenvolvimento conjunto das soluções.
- **Estabelecimento de metas de desempenho ambiental e uso de sistemas de avaliação e certificação ambiental:** a presença desses elementos e a elaboração de programas de necessidades bastante completos foram pontos de grande importância. No entanto, para a incorporação de metas mais agressivas, é fundamental que seja realizada uma discussão e definição consensual das metas de desempenho, além de uma tradução dos requisitos e princípios em critérios, unidades de medida e bases de referência, que não ocorreram. Sistemas de avaliação e certificação ambiental podem auxiliar essas tarefas, pois fornecem parâmetros para a definição de metas claras e mensuráveis, mas, para tanto, é necessário que todos compreendam muito bem as características e os requisitos do sistema e participem intensamente das tarefas relacionadas, desde o início.
- **Modelos de contratação para os projetos e obra:** a contratação dos projetos por meio de concurso fechado restringiu substancialmente os meios disponíveis nas duas etapas iniciais. A contratação da obra por meio de licitação também impossibilitou a presença de representantes da etapa de construção nas etapas de projeto, o que posteriormente levou a problemas de integração entre essas etapas. Esses fatos indicam a necessidade de seleção de modelos de contratação para os projetos e obra, de forma a garantir que

todos os agentes participem, ou ao menos sejam representados, desde o início e ao longo de todas as etapas, incluindo cliente, projetistas, consultores e construtora.

- **Sistemas de gestão:** a adoção de procedimentos de sistemas de gestão da qualidade foi um ponto positivo. No entanto, foram constatadas dificuldades relacionadas à passagem direta da etapa do concurso para o Projeto Executivo, no qual as entregas de projetos eram cadastradas separadamente. Foi relatado que retrabalhos significativos decorreram disso. Inadequações dos cronogramas também foram constatadas. Essas dificuldades evidenciam a importância de definirem-se de forma adequada as etapas e os marcos de passagem, bem como os escopos, honorários, cronograma de atividades e prazos. A discussão e a definição consensual desses elementos podem ser um recurso eficaz nesse sentido.
- **Uso de ferramentas de simulação de desempenho energético:** Simulações detalhadas puderam embasar o desenvolvimento de várias soluções do projeto, durante a etapa de Projeto Executivo. Esses estudos e os ajustes deles derivados teriam sido inviáveis sem o uso de ferramentas computacionais avançadas de simulação. No entanto, na etapa de concurso da Ampliação do CENPES foram realizadas apenas simulações simplificadas, devido à restrição de tempo para a entrega do material.

Visualiza-se, a partir das descrições anteriores, que ainda que o empreendimento tenha sido desenvolvido sob a ótica de ótimos preceitos qualitativos aconteceram incompatibilidades durante o processo de projeto. Problemas com a integração dos projetos, as etapas de liberação de disciplinas, descumprimento de datas do cronograma foram constatadas, o que faz supor, mais uma vez, a necessidade de investigação do processo de projeto de arquitetura em aço. No caso do edifício analisado, há indícios de que os critérios de conforto ambiental tenham sido atendidos, o que se comprovará a partir da análise de estudos específicos.

g) Conforto Ambiental e Desempenho do Projeto

Duarte (2005) apresenta as cinco fases de desenvolvimento do projeto de eco-eficiência, no qual são buscados os critérios de desempenho térmico, luminoso, acústico e quanto aos impactos do consumo de energia:

- **Fase 1 – Concurso:** integração das exigências de eco-eficiência ao partido arquitetônico: implantação e arquitetura dos edifícios. Nesta fase foi realizado o diagnóstico climático preliminar e foram delineadas as diretrizes de projeto; avaliou-se a orientação e a forma da edificação, analisando a configuração de proteções solares (conforme mostrado na Figura A.4), aberturas, materiais e tratamento dos espaços abertos.

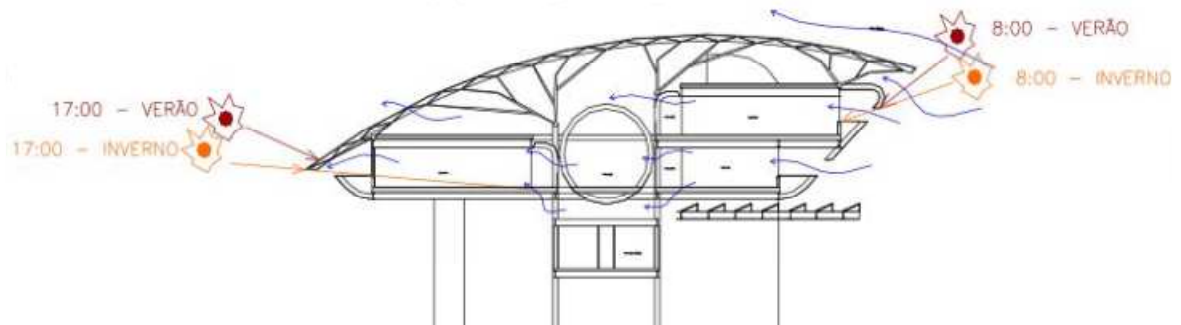


Figura A.4 - Avaliação do percurso do sol e direcionamento dos ventos para definição de proteções solares e aberturas.

Fonte: DUARTE, 2005

Na primeira fase foram realizados também ensaios preliminares de insolação do conjunto e da unidade dos laboratórios, por meio de Heliodon e ensaios preliminares de ventilação do conjunto, ambos com o auxílio de maquetes físicas, conforme mostrado nas Figuras A.5 e A.6.



Figura A.5 - Avaliação do percurso do sol e do sombreamento com o auxílio do equipamento Heliodon

Fonte: DUARTE, 2005



Figura A.6 - Avaliação de ventilação no conjunto
Fonte: DUARTE, 2005

- Fase 2 – Consolidação das principais estratégias de projeto:** avaliação das condições ambientais de exposição relacionadas ao clima, com base no banco de dados climáticos, à acústica e à insolação. Nesta fase foram realizadas definições quanto aos critérios de desempenho, efetuado o desenvolvimento metodológico das etapas para atendimento aos critérios e aplicadas ferramentas avançadas de simulação computacional, como exemplificado na Figura A.7.

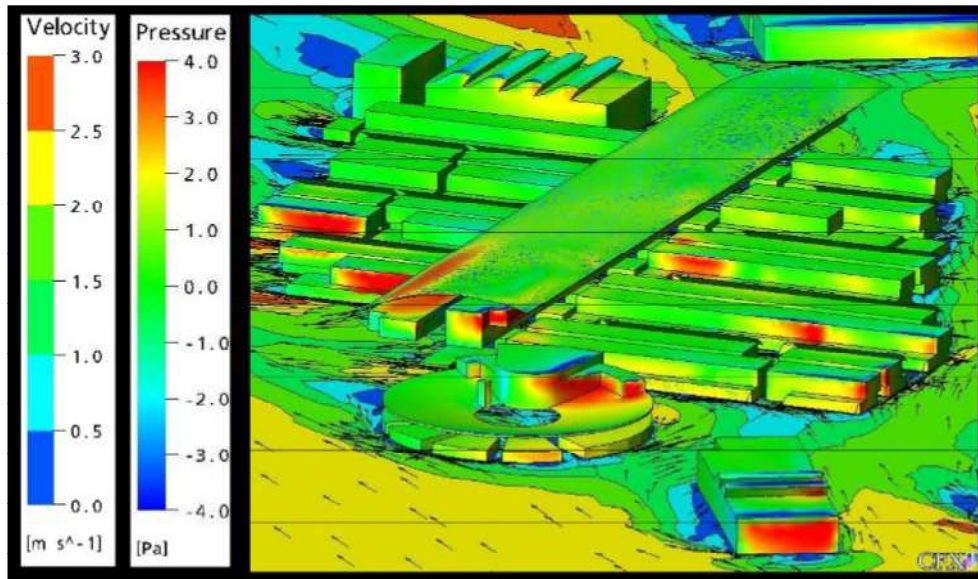


Figura A. 7 - Estudos de pressão e velocidade do vento nas envoltórias dos edifícios
Fonte: DUARTE, 2005

- Fase 3 – Primeira avaliação de desempenho ambiental:** Foram realizadas avaliações nos edifícios relacionadas ao conforto térmico, luminoso, acústico e os impactos no consumo de energia; e avaliações nos espaços abertos, as quais serviram de base para a elaboração do projeto de paisagismo, conforme estudo exemplificado na Figura A.8.



Figura A. 8 - Estudos de paisagismo para o Centro de Convenções, de autoria de Benedito Abbud
 Fonte: DUARTE, 2005

Nesta terceira fase foram indicados os índices de conforto térmico de acordo com o Modelo Adaptativo, de ventilação natural e climatização artificial, dados sobre o desempenho acústico e medições para o desempenho luminoso, conforme mostrado na Figura A.9.

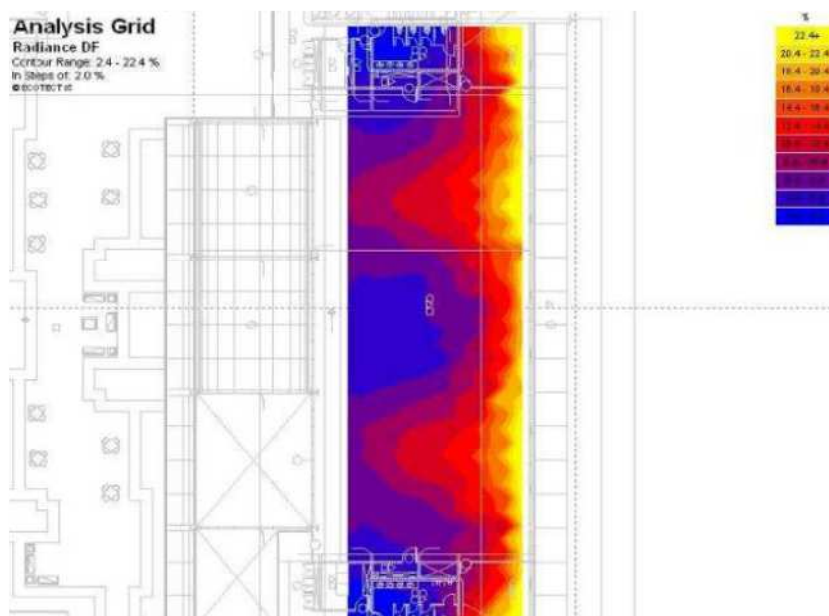


Figura A. 9 - Simulação da iluminação natural – pavimento 4 do prédio central – distribuição de iluminâncias antes da definição do leiaute. Fonte: DUARTE, 2005

- **Fase 4 – Otimização do desempenho ambiental dos edifícios:** Nesta fase foram realizados estudos de alternativas para o projeto arquitetônico, com a distribuição dos

espaços internos, detalhamentos e especificações. Foram aplicadas ferramentas avançadas de simulação computacional em modelos tridimensionais das edificações conforme mostrado na Figura A.10, obtendo resultados de simulação apresentados na Figura A.11.

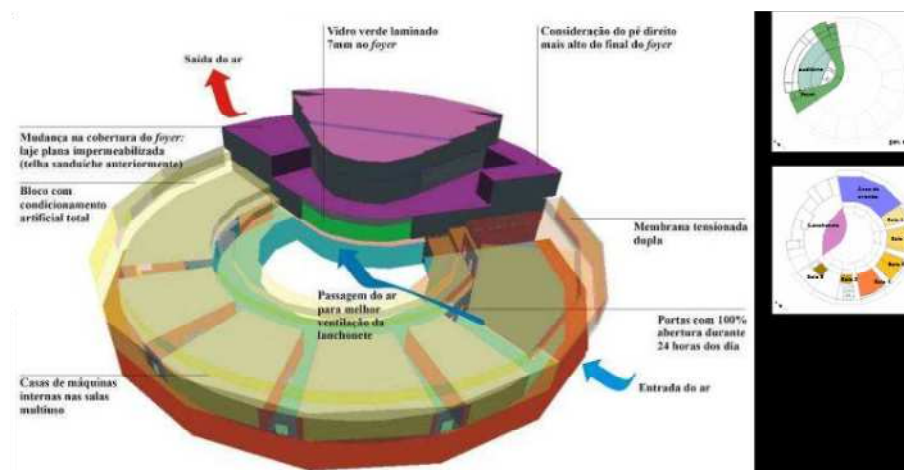


Figura A.10 - Modelo de simulação do desempenho térmico

Fonte: DUARTE, 2005

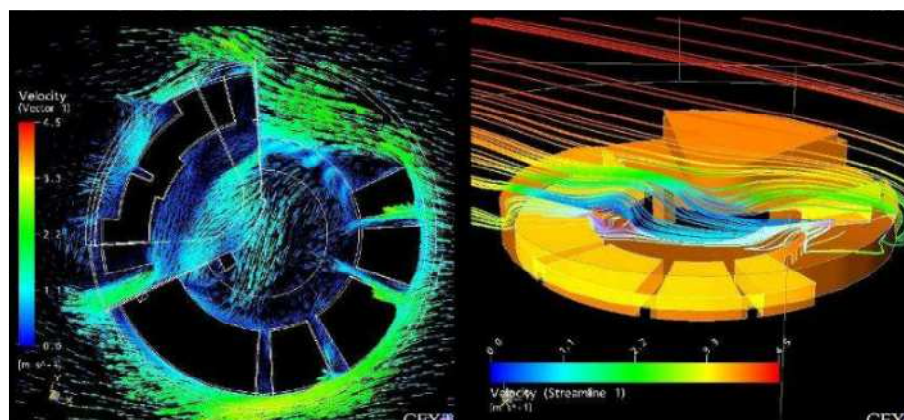


Figura A.11 - Resultado de simulação de desempenho térmico

Fonte: DUARTE, 2005

O projeto do CENPES II deu relevância às questões de conforto ambiental na fase de concepção do conceito arquitetônico do projeto, o que foi imprescindível para a verificação do desempenho dos edifícios e espaços abertos. A utilização de *softwares* avançados de simulação computacional foi essencial para avaliação do desempenho e para aprimoramento da arquitetura. A busca de um processo de projeto que integrou diferentes especialidades projetuais e pautou-se pela simultaneidade de decisões entre as equipes envolvidas, conforme já constatado anteriormente, contribuiu para resultados bem fundamentados.

APÊNDICE B – Conversa com arquitetos

B.1 Arquiteto Prof. Dr. Augusto Alvarenga | 29 de março de 2016 | via e-mail.



Augusto Alvarenga possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Espírito Santo (1990). Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em Planejamento e Projetos da Edificação. Mestre pela Universidade Federal do Espírito Santo (2002), Doutor pela Universidade Politécnica da Catalunha (2014). É professor do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo.

B.1.1 Sobre a concepção do projeto e justificativas ao uso do aço:

O partido arquitetônico gera a definição da escolha do aço como sistema estrutural?

O sistema estrutural em aço interfere na arquitetura?

Como se define a estética da obra em aço?

Como se garante a qualidade da obra estruturada em aço?

Augusto Alvarenga: O uso do aço é uma decisão que tem a ver com o sistema estrutural do edifício. Não é apenas o uso do aço pelo aço, trata-se da busca pela industrialização completa do processo que só pode ser conseguida com estruturas também industrializadas como o aço, a madeira ou o concreto pré-fabricado. O fato de ficar aparente ou não tem a ver com o sistema de vedação utilizado e a interface entre o sistema de vedações e a estrutura. Dentre as 3 opções citadas o aço é o de maior facilidade de industrialização, pois todo o processo de fabricação já pressupõe uma grande precisão e a pré-fabricação completa. As empresas possuem *standards* bem definidos e isso realmente facilita o projeto.

B.1.2 A formação do arquiteto e o conhecimento estrutural em aço:

O arquiteto pode contribuir para a expansão no uso do aço?

Como possibilitar ao estudante de arquitetura ter um contato maior com o sistema estrutural em aço?

Augusto Alvarenga: Mais uma vez a discussão tem que sair do âmbito do uso ou não do aço para o aumento dos níveis de industrialização da construção. Nossas escolas têm que focar na definição dos processos construtivos que viabilizam as obras e a definição do sistema estrutural, vedações, coberturas etc., tem que fazer parte do processo de concepção desde os primeiros projetos.

B.1.3 Potencialidades no uso do aço

Como se realiza a compatibilização dos projetos?

Como se realiza o acompanhamento da obra em aço?

Como se configura o cronograma da obra em aço?

Augusto Alvarenga: A construção industrializada pressupõe uma compatibilização completa com todas as disciplinas envolvidas. O uso dos softwares BIM está no cerne desta discussão e é o que vai viabilizar esse alto nível de compatibilização.

B.1.4 O conforto ambiental dentro do processo de projeto

Dentro do processo de projeto de arquitetura em aço utilizado há uma clareza das etapas em que as especialidades de conforto ambiental (térmico, acústico e lumínico) são compatibilizadas ou isso acontece de forma intuitiva?

Acredita que a formação do arquiteto o capacita para empreender análises assertivas sobre as especialidades de conforto dentro de um processo de projeto de arquitetura em aço?

Já houve projetos em que a não observância das especialidades de conforto tenham ocasionado retrabalhos importantes?

Há alguma observação que considera determinante para que o projeto esteja compatibilizado integralmente com as especialidades de conforto?

Augusto Alvarenga: Antes de qualquer coisa, devemos lembrar-nos das propriedades térmicas do aço, bom condutor, e daquela discussão acima sobre a vedação externa e se a estrutura é aparente ou não. O envelopamento do edifício é fundamental para romper os efeitos de ponte térmica e garantir um bom isolamento. Além disso, devemos voltar a questão do uso do BIM, que permite a avaliação das soluções construtivas e do envelope em relação aos ganhos térmicos e ao correto posicionamento de aberturas e dispositivos de sombreamento.

B.2 Arquiteto Gustavo Penna | 26 de fevereiro de 2016 | Belo Horizonte-MG



Gustavo Penna formou-se em 1973 pela Universidade Federal de Minas Gerais, onde frequentou as aulas de mestres como Humberto Serpa, Rafael Hardy e Cuno Maurício Lussy, e lecionou por três décadas. Fundou em 1974 o escritório de arquitetura que ocupa desde então o centenário casarão em estilo eclético que pertencia a seus avós, na Avenida Álvares Cabral, no centro de Belo Horizonte. Nesse espaço inspirador, uma equipe de 30 profissionais pensa, desenha e constrói com a certeza de que a arquitetura é um elemento definidor da identidade de um país.

Os projetos da GPA&A lançam sobre as heranças barroca e modernista um olhar sensível às questões contemporâneas. Destacam-se pela sutileza das formas e volumes, pelo diálogo gentil com a paisagem, pelo conforto e a funcionalidade dos espaços internos. Muitos deles, como a Escola Guignard, considerada pela revista Projeto umas das 30 obras arquitetônicas de maior relevância no Brasil, foram vencedores em concursos de arquitetura, expostos no Brasil e no exterior e publicados em livros e revistas nacionais e estrangeiras. Aliando excelência arquitetônica a boas práticas de gestão, o escritório atua em projetos de médio e grande porte e desenvolve parcerias com escritórios nacionais e estrangeiros, entre eles, o americano Richard Meier & Partners Architects vencedor do Pritzker Prize, e o alemão Gerkan, Marg und Partner (GMP). Os projetos da GPA&A podem ser vistos também nos principais sites internacionais de arquitetura, como Urbarama e Contemporist.

Principais projetos: Escola Guignard – BH / MG (1994); Rede Bandeirantes de Televisão – BH e Morumbi / SP (1985 e 1992); Centro Tecnológico Rockwell Fumagalli – Limeira / SP (1993); Rede Globo – BH / MG (1996); Escola de Artes e Ofícios – Contagem / MG (1984); Academia Mineira de Letras – anexo – BH / MG (1990); Centro de Feiras e Exposições de Minas Gerais – Expominas – BH / MG (2006); Monumento à Liberdade de Imprensa – Brasília / DF (1996).

B.2.1 Sobre a concepção do projeto e justificativas ao uso do aço:

O partido arquitetônico gera a definição da escolha do aço como sistema estrutural?

O sistema estrutural em aço interfere na arquitetura?

Como se define a estética da obra em aço?

Como se garante a qualidade da obra estruturada em aço?

Gustavo Penna: A obra nasce para ser de aço. O aço não é colocado como um objeto de decoração ou um material sedutor. Ele é utilizado porque tem uma indicação absolutamente técnica. Mas, não exclusivamente técnica, precisa haver a abordagem conceitual, essencial, do início do processo de pensamento da ideia. Por exemplo, quando se precisa de esbelteza, grandes vãos, o aço nasce naturalmente. Eu preciso que as peças sejam leves, esbeltas:

também o aço está aí. Quando eu quero alguma solução também que possa ser complementada no tempo, é uma outra indicação para o aço. Algum desafio de um balanço grande, uma área em balanço. Em terrenos muito difíceis, acidentados, em que é difícil executar a fundação, também se emprega o uso do aço. Além disso, nossa condição climática demanda o uso do aço, por conta da possibilidade de fazer, por exemplo, as varandas em balanço, que é uma coisa que faz parte da nossa arquitetura vernácula.

O sistema estrutural nasce da função do edifício. Acho que sempre que um edifício é concebido em aço ele deve ter a estrutura aparente. Já existem tintas protetoras, como a vermiculita. Eu acredito que o aço pode se comportar muito bem sob incêndio, porque ele pode se contorcer, mas a peça não derrete. Então ele é melhor do que um edifício em concreto, em que há uma ruptura mais acentuada.

O que eu faço sempre é o seguinte: quando eu vou utilizar o aço em projetos eu convido imediatamente um calculista para trabalhar conosco. A qualidade do projeto de arquitetura exige o detalhamento das peças estruturais, o que fazemos com muito capricho. Se a peça é parafusada ou soldada, a gente vai definindo a partir da própria estética que desejamos para o edifício. Nós fizemos na escola Guignard, por exemplo, estruturas de alma cheia e os perfis soldados do tipo arco submerso.

Eu penso as obras em aço sempre desde a sua função, do seu conceito básico de projeto, do desejo de valorizar uma paisagem. E até mesmo no detalhe dela, o que vai se transformar para ser vista e apreciada, porque acho que a arquitetura não foi feita só para quem for usar, mas para quem vê e contempla também.

O aço oferece vantagens como a industrialização, a modularização, a velocidade que se consegue no canteiro, a facilidade de armazenamento. Ao mesmo tempo em que se executa a fundação no terreno as peças estão sendo fabricadas em outro lugar e o processo de montagem ocorre no canteiro de obras. Eu fiz isso na Expominas: a cobertura de 75 x 75m. foi montada no chão e içada para a altura de 17m. e colocada sobre quatro pilares.

B.2.2 A formação do arquiteto e o conhecimento estrutural em aço:

O arquiteto pode contribuir para a expansão no uso do aço?

Como possibilitar ao estudante de arquitetura ter um contato maior com o sistema estrutural em aço?

Gustavo Penna: Há grandes construções em aço no país, mas eu vejo que o Brasil sempre decepciona um pouco. Em vez de a construção brasileira promover a excelência, o trabalho de

pesquisa, usar os escritórios de arquitetura como locais de pesquisa de soluções em estrutura metálica, ela não valoriza a pesquisa. Quando vamos projetar em estrutura metálica que seja notável vem gente de fora. Nós não criamos a nossa consciência e a nossa estética tropical em estrutura metálica. Então, o que vemos muitas vezes são cópias, às vezes não muito felizes de coisas que vêm de fora.

O estudante de arquitetura também não tem contato com obras que possuem excelência no uso de aço e nas obras que tem, não pode realiza-las aqui. Há o estímulo interno, mas não tem como produzir.

A consciência dos produtores de aço na indução de grandes incentivos nas universidades, as quais estão sem formação adequada na área de estruturas metálicas. Um problema é que não aceitam professores com prática de escritórios.

B.3 Arquiteto João Diniz | 26 de fevereiro de 2016 | Belo Horizonte-MG



João Diniz, nascido em 16/10/1956 em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. Formado em 1980 pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais em Belo Horizonte. Mestre em Engenharia Civil com ênfase em construção metálica pela Universidade Federal de Ouro Preto em 2004.

Diretor da JDArq Ltda desde 1989 executando projetos nas áreas de edificações, interiores, design e urbanismo. Prêmio Medalha de Ouro no Fórum Mundial de Jovens Arquitetos e Prêmio Rotring em Buenos Aires em 1991. Primeiro Lugar no Concurso BHCentro em equipe em 1989. Prêmios Espaço da Moradia, Obra Edificada, Monografia editada, Trabalho Teórico e Arquitetura em Aço do IABMG em 1997, 2002, 2008, 2010 e 2011. Terceiro Lugar nos concursos para o Campus II e para a nova Reitoria da Universidade Fumec em 2003 e 2004. Menção Honrosa na IV Bienal Ibero-Americana de Arquitetura e Engenharia, Quito, Equador, 2004. Prêmio Ville de Saint Pierre, Martinica 2007. Orientador do Highly Commended Project EcoHouse Student Competition, RIBA, Londres 2007. Sala Especial na V Bienal Internacional de Arquitetura de São Paulo em 2003. Professor Adjunto no curso de arquitetura da Universidade Fumec em Belo Horizonte. Já proferiu palestras, cursos e oficinas em diversas universidades e instituições profissionais no Brasil e também na Argentina, República Dominicana, Martinica, Espanha, França, Alemanha, Lituânia, Bulgária, Polônia e Eslováquia.

B.3.1 Sobre a concepção do projeto e justificativas ao uso do aço:

O partido arquitetônico gera a definição da escolha do aço como sistema estrutural?

O sistema estrutural em aço interfere na arquitetura?

Como se define a estética da obra em aço?

Como se garante a qualidade da obra estruturada em aço?

João Diniz: Pensando no partido no sentido geométrico eu acredito que o aço quando ele viabiliza é por conta de questões de necessidade de rapidez da obra, orçamentos (a viabilidade na utilização do aço é muito sazonal por conta dos custos), disponibilidade de espaço de canteiro de obra, por conta de associações que se criam (por exemplo: a montadora se transforma em sócia do empreendimento), o arranjo. Já tentamos muitas vezes viabilizar edifícios em aço, mas não foi possível por conta de fluxo de caixa e outras razões econômicas. Às vezes os proprietários desejam viabilizar o uso do aço como sistema estrutural, mas não conseguem viabilizar economicamente. Em alguns casos, há a disponibilidade de se pagar mais do que se pagaria nas estruturas tradicionais. Então, das obras que eu desenvolvi, cada uma foi um caso diferente.

O projeto estrutural interfere no projeto arquitetônico em aço sim. Se o projeto está voltado para o aço passa a haver uma série de características que se tenta seguir,

principalmente por coerência e economia. Por exemplo, a questão estética privilegia-se a estrutura aparente, fazendo um fechamento compatível, ou seja, uma série de características que vai compondo a estética do aço. Comigo nunca aconteceu, mas há muitas construções em aço que não se sabe que é em aço por que quem desenvolveu não se importa com a possibilidade estética que o sistema oferece. Como o aço é pré-fabricado, possui características peculiares: alturas, dimensões, níveis, a questão de curvas, altura das lajes, fatores que vão se ajustando. Utilizamos muito estruturas mistas também, pois não vejo necessidade dessa pureza de se utilizar somente um sistema estrutural. O Edifício Scala que projetamos possuía a torre de elevador e escada, o núcleo de estabilização, em concreto aparente, e o pavimento tipo era essencialmente em aço. A área do pavimento tipo era seis vezes maior do que o núcleo e o pavimento tipo era executado muito mais rápido. Resumindo, é necessário um controle mais vigoroso da produção, pois é um sistema industrializado, deve-se primar pela modulação, evitando perdas, e pelas dimensões adequadas às alturas, por exemplo.

Sobre a estrutura aparente, há a questão do incêndio, a qual gera uma atenção muito maior para a questão da falta de revestimento das peças metálicas. Outra questão é a dilatação, com a ocorrência de estalos (ruídos), o que gera um desconforto nos usuários da edificação. Há que se estabelecer constantemente uma relação entre o calculista para se compatibilizar as soluções, de forma que a economia, a solução estrutural e a estética sejam solucionadas.

O aço é muito mais móvel, trabalha mais, dilata. Em termos de durabilidade é bem diferente, pois necessita de mais manutenção, é como se fosse “mais vivo”, o que gera uma atenção maior, e pode ser visto como uma desvantagem. No Brasil falta a cultura da manutenção, pois as pessoas acham que o edifício é feito para durar para sempre. O concreto aparente, por exemplo, envelhece e isso é aceito. O aço não pode sofrer com as intempéries e continuar sem manutenção.

Sobre as definições, nunca partem exclusivamente de mim, mas tem de ter um consenso entre o construtor e o cliente também. O único projeto em que pude ter um poder de definição maior foi na Casa Serrana, por conta da situação, do terreno. Nas demais, os projetos já vem delineados. No pavilhão da Casa Cor houve uma definição de que deveria ser em aço *corten* e isso já chegou a mim como uma prerrogativa. Na Casa Serrana foi contratado um serralheiro, o qual teve capacidade de desenvolver soluções muito interessantes para a execução dos balanços.

Se comparado ao sistema tradicional de construção, uma diferença importante a se considerar no projeto em aço é a coordenação geométrica, a questão de dimensionamentos diferenciados, a questão estética. Se considerar estruturas espaciais, geodésicas, há outras considerações a se verificar para o projeto. Com relação ao aço prefiro usar a palavra adequação em vez da palavra vantagem, no sentido de usá-lo quando ele é demandado, não tenho preferências por sistemas, mas pelos resultados que eles podem ocasionar.

B.3.2 A formação do arquiteto e o conhecimento estrutural em aço:

O arquiteto pode contribuir para a expansão no uso do aço?

Como possibilitar ao estudante de arquitetura ter um contato maior com o sistema estrutural em aço?

João Diniz: O Roberto Segre escreveu o prefácio do Steel Life e lançou uma tese: o aço seria o sistema dos arquitetos rebeldes. O Sérgio Bernardes deu uma guinada no uso do aço ao ousar com o uso do sistema. Na arquitetura o aço era visto como algo como marginal. Depois do Centro Pompidou, talvez tenha sido quebrado um paradigma da arquitetura contemporânea. Na cultura arquitetônica brasileira, ainda não sei se o aço ocupou o seu lugar. Eu comecei a utilizar o aço quando percebi a visão cultural que estava sendo instaurada, principalmente com a história dos “Mineiros e o Aço”. Para mim, o Lelé é o que mais se destaca não somente “o aço pelo aço”, mas pelo pensamento de encontrar as soluções como um sistema. Em termos de pesquisa, o aço está muito interligado à questão do computador no desenho. As arquiteturas impressionantes recentes (arquiteturas do espetáculo) são muito por causa do aço e do desenho pelo computador. Eu gosto de pesquisas com maquetes, descobertas, experiências plásticas.

B.3.3 Potencialidades no uso do aço

Como se realiza a compatibilização dos projetos?

Como se realiza o acompanhamento da obra em aço?

Como se configura o cronograma da obra em aço?

João Diniz: O aço tem um marketing, agora um pouco menos, das empresas de siderurgia. As verbas parecem ter diminuído. No quesito de integração dos projetos em sistemas estruturais em aço, há um diferencial importante, que o projeto precisa ser ainda mais valorizado. O controle do processo com menos improvisado é determinante. Sobre a compatibilização, quando há a figura da construtora, ela faz a compatibilização. Em projetos menores, o construtor

colabora com a compatibilização. Em Belo Horizonte, não há nenhuma construtora especializada em estrutura metálica. Boa parte do manejo dos projetos estruturais em aço é de responsabilidade da empresa de estrutura metálica, como Codeme e Pórtico. Em projetos menores, o construtor tem a responsabilidade maior de lidar com a compatibilização.

O acompanhamento da obra em aço pelo arquiteto é muito parecido com as outras obras. Não há muita utilidade de acompanhamento da obra em aço porque é tudo muito industrializado, então o importante é que o projeto esteja muito bem definido. O projeto da Casa Serrana foi desenvolvido em detalhe no Sketchup e o calculista utilizou a volumetria para confirmar os cálculos estruturais, como uma forma de visualização do funcionamento de todo o projeto.

O cronograma de uma obra em aço é mais curto no início, e os custos são maiores. A grande batalha é financiar a obra que precisa de um investimento grande no início e o pagamento diluído. Então, acho que o aço tem sido a solução para investidores que estejam com o dinheiro disponível para desembolso imediato.

Sobre o porte da edificação, há diferenças entre obras com estruturas em aço leve e obras mais robustas em aço.

B.3.4 O conforto ambiental dentro do processo de projeto

Dentro do processo de projeto de arquitetura em aço utilizado há uma clareza das etapas em que as especialidades de conforto ambiental (térmico, acústico e lumínico) são compatibilizadas ou isso acontece de forma intuitiva?

Acredita que a formação do arquiteto o capacita para empreender análises assertivas sobre as especialidades de conforto dentro de um processo de projeto de arquitetura em aço?

Já houve projetos em que a não observância das especialidades de conforto tenham ocasionado retrabalhos importantes?

Há alguma observação que considera determinante para que o projeto esteja compatibilizado integralmente com as especialidades de conforto?

João Diniz: Há questões de conforto que devem ser verificadas em qualquer sistema utilizado na construção (orientação, insolação, ventilação etc.). O aço tem a questão da condutibilidade térmica, o que exige um cuidado maior. Se for calcular certo, há algumas especificidades importantes. Às vezes alguns materiais, como telhas sanduíches, não passam nos limites exigidos de isolamento, então é preciso verificar. Às vezes os catálogos trazem informações imprecisas.

A formação do arquiteto talvez o capacite para lidar com situações básicas relacionadas ao conforto ambiental, talvez 20% delas. Para o restante, é necessária uma especialização, o que abre novos campos de trabalho em consultoria, por exemplo.

Tivemos um projeto que, por conta de questões econômicas, o proprietário decidiu instalar uma telha mais barata, o que gerou um aquecimento muito grande no ambiente interno. Às vezes, o grande poder que o construtor tem sobre a obra, maior do que o arquiteto, gera ocorrências desse tipo. E consertar fica muito mais complexo do que refazer.

Para adequar corretamente a arquitetura em aço com o conforto ambiental é necessário conhecer as características dos materiais utilizados, buscando conhecer o sistema construtivo como um todo. Da mesma forma que é preciso realizar a interface entre a alvenaria e o pilar em aço, por exemplo, é preciso conhecer a emissividade dos materiais. Eu acho que é preciso considerar as características dos materiais, quantificar e buscar formas de simplificar o processo de projeto, encontrando soluções a partir de estudos que indiquem caminhos para resolver questões de conforto ambiental.

É preciso de estudos para mostrar como fazer corretamente. Muitas vezes os arquitetos têm noções gerais e é preciso conhecimentos mais aprofundados das especialidades.