



Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo

Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho
ambiental de edificações: dois estudos de caso

Francisco Gitahy de Figueiredo

Campinas, SP

Novembro - 2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Francisco Gitahy de Figueiredo

Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho
ambiental de edificações: dois estudos de caso

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção e linha de pesquisa de Metodologia de projeto.

Orientadora: Prof. Dra. Vanessa Gomes da Silva

Campinas, SP

Novembro - 2009

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

F469p Figueiredo, Francisco Gitahy de
Processo de Projeto Integrado para melhoria do
desempenho ambiental de edificações: dois estudos de
caso / Francisco Gitahy de Figueiredo. --Campinas, SP:
[s.n.], 2009.

Orientador: Vanessa Gomes da Silva.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Sustentabilidade. 2. Arquitetura. 3. Construção
civil - Aspectos ambientais. 4. Projeto - Metodologia. 5.
Gestão. I. Silva, Vanessa Gomes da. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Integrated Design Process for better environmental performance of
buildings: two case studies

Palavras-chave em Inglês: Sustainability, Architecture, Construction environmental,
Design methology, Management

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Regina Coeli Ruschel, Silvio Burrattino Melhado

Data da defesa: 11/12/2009

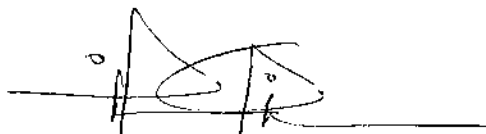
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**Processo de Projeto Integrado para o desempenho ambiental
de edificações: dois estudos de caso**

Francisco Gitahy de Figueiredo

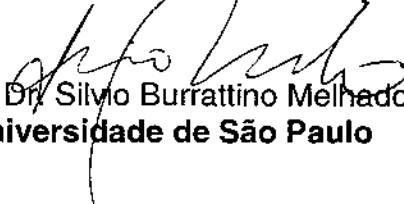
Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



**Prof. Dra. Vanessa Gomes da Silva
Presidente e Orientador(a) / Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dra. Regina Coeli Ruschel
Universidade Estadual de Campinas**



**Prof. Dr. Silvio Burrattino Melhado
Universidade de São Paulo**

Campinas, 11 de dezembro de 2009

Dedicatória

À Eunice e à memória de Heraldo.

Agradecimentos

Primeiro, agradeço à Vanessa, pela orientação e ótimas idéias. Também ao Daniel pela contribuição à pesquisa. Em seguida, agradeço ao Departamento de Arquitetura e Construção da FEC-UNICAMP e à CAPES, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pela bolsa concedida.

Agradeço aos professores das disciplinas que cursei para o programa, todas de grande ajuda, Jorge, Flavio e Lucila. Como Jorge, pessoa muito querida da FAU-USP, nos deixou, fica aqui uma singela homenagem.

Também agradeço a todos os meus entrevistados, que me receberam com muita atenção e gentileza, Felipe, Eduardo, Shundi, Luiz Carlos, Edécio, Aparecido, Helo, Mauro, Jacqueline, Antonio Carlos, José Luiz, Paulo, Shima, Fabiano, Erika, Denise, Selma, Elisa e Raymond. Agradeço às empresas SAP Labs Brazil e Petrobras, pelas autorizações para o uso de imagens e divulgação das informações dos estudos de caso. E também às empresas Eduardo de Almeida Arquitetos Associados, Estúdio 6 Arquitetos e Zanettini Arquitetura, pelas imagens gentilmente cedidas.

Finalmente, agradeço à Isa, Sofia, Leda, Berna e Guile, que estão sempre perto não importa a distância.

Resumo

FIGUEIREDO, Francisco G. **Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2009. 235p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

A prática convencional de projeto é caracterizada por um processo segmentado, com grande isolamento entre as várias disciplinas. O desenvolvimento de projetos complementares costuma ocorrer apenas durante as etapas finais de projeto, quando as possibilidades de alterações significativas são muito restritas. O *Processo de Projeto Integrado* (PPI) se contrapõe à prática convencional ao supor o trabalho multidisciplinar de todos os agentes desde o início. Entre os primeiros passos, está a discussão e definição *consensual* dos objetivos, metas de desempenho, meios, papéis e responsabilidades. O objetivo deste trabalho é investigar, a partir de dois estudos de caso brasileiros, como o PPI pode contribuir para a melhoria do desempenho ambiental de edificações. Inicialmente, foi estabelecida, a partir da bibliografia estudada, uma referência teórica, compreendendo os elementos metodológicos fundamentais que caracterizam PPIs. Esta orientou as etapas seguintes da pesquisa. Os estudos de caso, empreendimentos com metas de desempenho ambiental, foram investigados por meio de entrevistas e estudo de documentos de projeto. A análise dos dados foi realizada, posicionando-se os casos em relação à referência teórica e discutindo-se as lições aprendidas, a partir das dificuldades e pontos positivos constatados. As evidências e relatos revelaram uma ocorrência parcial dos elementos metodológicos que caracterizam PPIs, que tiveram uma influência significativa sobre os resultados positivos alcançados. Concluiu-se que passos importantes foram dados, mas ainda existe espaço para avanços nos arranjos de processos de projeto e produção. Neste sentido, o PPI é uma referência importante para orientar futuros projetos com demandas rigorosas de desempenho ambiental.

Palavras chave: Sustentabilidade; Arquitetura; Construção civil - Aspectos ambientais; Metodologia de Projeto; Gestão.

Abstract

FIGUEIREDO, Francisco G. **Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso**. Campinas: Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP, 2009. 235p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, 2009.

The conventional design practice is characterized by a segmented process and the isolation between disciplines. Usually the integration between different specialties occurs late in the process, when opportunities for significant changes are very limited. In opposition, the *Integrated Design Process* (IDP) supposes the multidisciplinary work of all actors since the beginning of the process. Among the first steps is the discussion and *consensual* definition of goals, performance targets, means, roles and responsibilities. The objective of this work is to investigate, from two brazilian case studies, how IDP can contribute for better environmental performance of buildings. First a theoretical reference was established, from the main references studied, consisting of the fundamental elements that characterize IDPs. This was used to guide the next research phases. The case studies, building design processes with environmental performance requirements, were investigated through interviews and design documents analysis. At the analysis phase, both cases were positioned in relation to the theoretical reference and learned lessons were discussed, from the difficulties and positive aspects identified. The evidences and reports showed a partial occurrence of the main methodological elements that characterize IDPs, that had a important influence over the positive results achieved. The conclusion is that important steps were made, yet there is still room for improvement at the design and production processes arrangements. Hence, the IDP is an important reference to guide future building designs with rigorous demands of environmental performance.

Key words: Sustainability; Architecture; Construction environmental; Design methodology; Management.

Lista de figuras

Figura 2.1	Reinterpretações da Agenda 21 relacionadas ao setor de construção (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE, 2002)	11
Figura 2.2	O conceito de desempenho e o processo de projeto e produção de edifícios (PREISER; VISCHER, 2005)	18
Figura 2.3	Escalas de ação das principais iniciativas para constituição de indicadores ambientais e de desenvolvimento sustentável (SILVA e SILVA, 2008)	20
Figura 2.4	Sistemas de <i>sheds</i> dos hospitais da rede Sarah de Salvador e Fortaleza (PERÉN MONTERO, 2006)	31
Figura 3.1	Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios (FABRICIO, 2002)	41
Figura 3.2	Modelo de uma etapa do processo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a)	47
Figura 3.3	Processo de projeto convencional	48
Figura 3.4	Processo de Projeto Integrado	49
Figura 3.5	Relações entre agentes em processos de projeto convencionais	53
Figura 3.6	Relações entre agentes em PPIs	53
Figura 4.1	Etapas da pesquisa	65

Figura 4.2	Etapas do PPI	68
Figura 4.3	Processos de projeto dos estudos-piloto	75
Figura 5.1	SAP Labs Brazil, Localização do edifício no Campus da Unisinos, em São Leopoldo, RS, Conceituação do Projeto (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	81
Figura 5.2	SAP Labs Brazil, Implantação dos blocos do edifício em duas fases, escala 1/3000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	82
Figura 5.3	SAP Labs Brazil, implantação, Conceituação do Projeto, escala 1/2000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	85
Figura 5.4	SAP Labs Brazil, corte transversal, Conceituação do Projeto, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	85
Figura 5.5	SAP Labs Brazil, plantas dos pavimentos, Conceituação do Projeto, escala 1/1000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	86
Figura 5.6	SAP Labs Brazil, corte transversal, Desenvolvimento do Projeto, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	89
Figura 5.7	SAP Labs Brazil, implantação, Documentos de Construção, escala 1/2000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos).	95
Figura 5.8	SAP Labs Brazil, corte transversal, Documentos de Construção, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	95
Figura 5.9	SAP Labs Brazil, plantas dos pavimentos, Documentos de Construção, escala 1/1000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	96

Figura 5.10	SAP Labs Brazil, detalhe do dispositivo de sombreamento nas fachadas norte e sul, Documentos de Construção, escala 1/25 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	98
Figura 5.11	SAP Labs Brazil, detalhe de cobertura de vidro e dispositivo de sombreamento, sobre os vazios e ambientes entre os blocos, Documentos de Construção, (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	99
Figura 5.12	SAP Labs Brazil, detalhe do dispositivo de sombreamento, sobre os vazios e ambientes entre os blocos, Documentos de Construção (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)	100
Figura 6.1	Ampliação do CENPES, Localização do edifício na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Conceituação do Projeto (imagens gentilmente cedidas pela Zanettini Arquitetura)	115
Figura 6.2	Ampliação do CENPES, implantação, Conceituação do Projeto, escala 1/5000 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	120
Figura 6.3	Ampliação do CENPES, corte transversal do Edifício Central, Conceituação do Projeto, escala 1/500 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	121
Figura 6.4	Ampliação do CENPES, corte transversal dos blocos de Laboratórios, Conceituação do Projeto, escala 1/500 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	121
Figura 6.5	Ampliação do CENPES, Implantação, Documentos de Construção (imagens gentilmente cedidas pela Zanettini Arquitetura)	132
Figura 6.6	Ampliação do CENPES, corte transversal do Edifício Central, Documentos de Construção, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	134
Figura 6.7	Ampliação do CENPES, corte transversal de um bloco de Laboratório, Documentos de Construção, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	135

Figura 6.8	Ampliação do CENPES, detalhe do dispositivo de sombreamento em aletas nos blocos de Laboratórios, Documentos de Construção (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	137
Figura 6.9	Ampliação do CENPES, detalhes do dispositivo de sombreamento em aletas nos blocos de Laboratórios, Documentos de Construção (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)	138
Figura 7.1	Processo de projeto do SAP Labs Brazil	164
Figura 7.2	Posicionamento do processo de projeto do SAP Labs Brazil em relação à referência teórica de PPI	165
Figura 7.3	Processo de projeto e produção da Ampliação do CENPES	174
Figura 7.4	Posicionamento do processo de projeto da Ampliação do CENPES em relação à referência teórica de PPI	175
Figura 8.1	Etapa de Pré-projeto	198
Figura 8.2	Etapa de Conceituação do Projeto	210
Figura 8.3	Etapa de Desenvolvimento do Projeto	214
Figura 8.4	Etapa de Documentos de Construção	218
Figura 8.5	Etapa de Construção	222
Figura 8.6	Etapa de Uso e Operação	226

Lista de quadros

Quadro 1.1	Referências no tema	4
Quadro 3.1	Terminologias adotadas para as etapas do empreendimento	46
Quadro 4.1	Elementos metodológicos fundamentais que caracterizam um PPI	67
Quadro 4.2	Metas de desempenho	72
Quadro 4.3	Agentes	72
Quadro 4.4	Soluções de projeto	73
Quadro 5.1	Estrutura de Avaliação do LEED™ 2.2 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2005)	108
Quadro 6.1	Estrutura de Avaliação do LEED™ 2.1 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2002)	148
Quadro 7.1	Resultados dos questionários para avaliação da gestão do processo de projeto do SAP Labs Brazil	160
Quadro 7.2	Resultados dos questionários para avaliação da gestão do processo de projeto da Ampliação do CENPES	170

Lista de abreviaturas

AQUA	Alta Qualidade Ambiental
APN	Atualização do Programa de Necessidades
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADE	Avaliação de Desempenho do Edifício (BPE)
ADF	Avaliação de Desempenho de Facilidades (FPE)
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia Do Ambiente Construído
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
APO	Avaliação Pós-Ocupação
BCP	Base Consensual de Projeto
BOD	Basis of Design
BCA	Building Commissioning Association
BIM	Building Information Model (Iing)
BPE	Building Performance Evaluation
CRV	Centro de Realidade Virtual
CIC	Centro Integrado de Controle
CIPD	Centro Integrado de Processamento de Dados
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs)
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIB	The International Council for Research and Innovation in Building and Construction

CIRIA	Construction Industry Research and Information Association
CRISP	Construction Research and Innovation Strategy Panel
CENPES	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Petrobras)
CTRS	Centro de Tecnologia da Rede Sarah
CFC	Clorofluorcarboneto
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPA	Environmental Protection Agency
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETRA	Estação de Tratamento e Reuso de Água
FPE	Facility Performance Evaluation
FSC	Forest Stewardship Council
FCAV	Fundação Carlos Alberto Vanzolini
FDE	Fundação para o Desenvolvimento da Educação
GBC Brasil	Green Building Council Brasil
HQE	Haute Qualité Environnementale
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
IBPSA	International Building Performance Simulation Association
iiSBE	International Initiative for a Sustainable Built Environment
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISIAQ	International Society of Indoor Air Quality and Climate
IDP	Integrated Design Process
IP	Integrative Process
IEA	International Energy Agency
ISO	International Organization for Standardization
LABAUT	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (USP)

LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC)
LANL	Los Alamos National Laboratory
LEED™	Leadership in Energy and Environmental Design
MCDM-23	Multi-Criteria Decision-Making-23
MME	Ministério de Minas e Energia
MRI	Midwest Research Institute
MTS	Market Transformation to Sustainability
NIBS	National Institute for Building Sciences
NIST	National Institute of Standards and Technology
NPS	National Park Service
NREL	National Renewable Energy Laboratory
ONU	Organização das Nações Unidas
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development.
POR	Owner's Project Requirements
PBQP	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PEO	Preparação de Execução de Obra
PLEA	Passive and Low Energy Architecture
PP	Projetos para Produção
PPI	Processo de Projeto Integrado
PQE	Plano da Qualidade do Empreendimento
PSPP	Projeto Simultâneo do Produto e de sua Produção
QUALIHAB	Programa da Qualidade da Construção Habitacional do Estado de São Paulo
QAE	Qualidade Ambiental do Edifício
RAC-C	Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos
RC	Requisitos do Cliente
REPA	Resource and Environmental Profile Analysis
SBAT	Sustainable Building Assessment Tool
SETAC	The Society for Environmental Toxicology and Chemistry
SINAENCO	Sindicato Nacional das Empresas de Arquitetura e Engenharia Consultiva
SGE	Sistema de Gestão do Empreendimento
UNEP-IETC	United Nations Environment Programme - International Environmental Technology Centre
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
USP	Universidade de São Paulo
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UFRS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USGBC	US Green Building Council
VAC	Ventilação e Ar-Condicionado
VAV	Volume de Ar Variável
VRV	Volume de Refrigerante Variável
WBD	Whole-Building Design
WBDG	Whole Building Design Guide
WCED	World Commission on Environment and Development
WSIP	Whole System Integration Process
WWR	Window Wall Ratio
ZNP	Zion National Park
ZNPVC	Zion National Park Visitors Center

Sumário

Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de figuras	ix
Lista de quadros	xiii
Lista de abreviaturas	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Contextualização e justificativa da pesquisa	2
1.2 Referências no tema da pesquisa	4
1.3 Objetivos	5
1.4 Estrutura da dissertação	6
2 Desempenho ambiental, metodologias de avaliação e interdependências entre subsistemas do edifício	9
2.1 Sustentabilidade ou desempenho ambiental?	11
2.2 Análise do Ciclo de Vida	14
2.3 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)	16
2.4 Sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos	19
2.5 Interdependências entre subsistemas do edifício	28
2.6 Considerações do capítulo	31

3	Processo de Projeto Integrado (PPI)	33
3.1	Separação entre concepção e execução, fragmentação e especialização na construção de edifícios	33
3.2	Prática convencional de projeto	38
3.3	Integração em abordagens focando a gestão de processos de projeto e produção de empreendimentos	39
3.4	PPIs focando o desempenho ambiental	42
3.4.1	Trabalho multidisciplinar integrado	51
3.4.2	Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)	54
3.4.3	Gestão do processo	57
3.4.4	Simulação de desempenho energético	61
3.4.5	Otimização contínua de valores	62
3.5	Considerações do capítulo	63
4	Métodos e etapas da pesquisa	65
4.1	Etapa 1 - Definição da referência teórica	66
4.2	Etapa 2 - Seleção dos estudos de caso	69
4.3	Etapa 3 - Preparação para coleta de dados	70
4.4	Etapa 4 - Coleta de dados	76
4.5	Etapa 5 - Análise dos dados	79
4.6	Produtos da pesquisa	79
4.7	Considerações do capítulo	80
5	Estudo de caso 01 - SAP Labs Brazil	81
5.1	Relato do processo	83
5.2	Soluções de projeto	94
5.3	Avaliação com a ferramenta LEED	107
5.4	Resultados alcançados	113

6	Estudo de caso 02 - Ampliação do CENPES	115
6.1	Relato do processo	116
6.2	Soluções de projeto	131
6.3	Avaliação com a ferramenta LEED™	147
6.4	Resultados alcançados	152
7	Análise dos dados	155
7.1	Posicionamento do estudo de caso 01 (SAP Labs Brazil) em relação à referência teórica	155
7.1.1	Elementos metodológicos	156
7.1.2	Posicionamento	162
7.2	Posicionamento do estudo de caso 02 (Ampliação do CENPES) em relação à referência teórica	166
7.2.1	Elementos Metodológicos	166
7.2.2	Posicionamento	173
7.3	Lições aprendidas	176
7.3.1	Interação entre as disciplinas desde o início do processo	177
7.3.2	Questionamento do programa de necessidades	179
7.3.3	Estabelecimento de metas de desempenho ambiental e uso de sistemas de avaliação e certificação ambiental	180
7.3.4	Modelos de contratação para os projetos e obra	182
7.3.5	Definição adequada dos escopos, honorários, cronograma de atividades e prazos	185
7.3.6	Participação e motivação do cliente na equipe de projeto	187
7.3.7	Aperfeiçoamento do sistema de gestão	188
7.3.8	Definição adequada das etapas e marcos de passagem	190
7.3.9	Condução de simulações de desempenho energético	192
7.3.10	Aprendizado	192
7.4	Considerações do capítulo	194

8	Recomendações para as etapas do PPI	197
8.1	Pré-Projeto	197
8.2	Conceituação do Projeto	209
8.3	Desenvolvimento do projeto	213
8.4	Documentos de Construção	217
8.5	Construção	221
8.6	Uso e Operação	225
9	Considerações finais	229
9.1	Resultados positivos e limitações desta pesquisa	229
9.2	Indicações de continuidade	231
9.3	Conclusões finais	232
	Referências	237
	Apêndices	249
	Apêndice A Exemplos de fichas para registro e análise de evidências	250
	Apêndice B Exemplos de fichas guia para entrevistas	252
	Apêndice C Ficha técnica do projeto do SAP Labs Brazil	254
	Apêndice D Ficha técnica do projeto da Ampliação do CENPES	255
	Apêndice E Agentes entrevistados do SAP Labs Brazil	257
	Apêndice F Agentes entrevistados da Ampliação do CENPES	258

1 Introdução

Atualmente é amplamente aceita a idéia de que existem sérios limites ambientais e sociais para um modelo de desenvolvimento baseado no crescimento desenfreado das forças produtivas. Em vista disso, o conceito de desenvolvimento sustentável vem sendo empregado, reconhecendo-se a necessidade de transformar os padrões de produção e consumo em vigor, avaliando a capacidade integral de sustentação do planeta e considerando conjuntamente as dimensões econômicas, sociais e ambientais. Na busca pela sustentabilidade dos processos produtivos, a construção civil tem uma importância estratégica, já que é responsável por enormes impactos sobre o meio ambiente (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION, 1999). Processos de projeto e produção de edifícios, então, precisam incorporar as novas demandas sociais e ambientais e passar a adotar metas mais rigorosas de desempenho.

Sistemas de avaliação e classificação do desempenho ambiental e da sustentabilidade de edifícios são instrumentos importantes, já que incentivam um aumento da demanda por empreendimentos que comprovem desempenhos significativos (COLE; LARSSON, 2000; SILVA, 2003), o que exige o aumento da capacidade dos agentes da construção civil em atendê-la. Evidência disto no Brasil é o crescimento, a partir de 2004, dos edifícios em processo de certificação com a ferramenta LEED™, principalmente no Estado de São Paulo (PARDINI, 2009). Existem, porém, vários obstáculos para que os conceitos desenvolvidos sejam efetivamente implementados. A indisponibilidade de informações confiáveis e de fornecedores que garantam o desempenho ambiental de seus produtos são exemplos. Outro limite está

relacionado às práticas convencionais de projeto, que dispõem de poucos recursos para o atendimento a metas mais agressivas de desempenho ambiental.

1.1 Contextualização e justificativa da pesquisa

A prática típica de projeto é caracterizada por um processo segmentado e pelo isolamento entre as disciplinas. Durante as primeiras etapas, as soluções são desenvolvidas apenas pelo escritório de arquitetura e validadas pelo cliente, enquanto a contratação dos demais projetistas costuma ocorrer apenas nas etapas finais, quando os principais conceitos já estão definidos e as possibilidades de alteração são muito restritas. Estas características e uma profunda separação entre as etapas de projeto e construção são apontadas como causadoras de muitas dificuldades para o atendimento às demandas do empreendimento (MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Em contrapartida, o *Processo de Projeto Integrado* (PPI) supõe o trabalho multidisciplinar integrado dos vários agentes envolvidos (cliente, arquiteto, projetistas, construtora, consultores etc.) desde o início do processo de projeto, sendo um dos primeiros passos a discussão e definição de um consenso entre cliente e projetistas quanto aos objetivos, metas, métodos, papéis e responsabilidades. Outros elementos metodológicos também são considerados fundamentais, como a inclusão de especialistas em desempenho energético e o uso de ferramentas de simulação ao longo de todo o processo.

Estes elementos aparecem no conjunto de publicações elaborado pelo *Task 23 Optimization of Solar Energy Use in Large Buildings*¹, um grupo de trabalho dentro do *Solar Heating & Cooling Programme* da *International Energy Agency*² (IEA), que, entre 1997 e 2002, desenvolveu metodologias e ferramentas para orientar processos de

¹ *Otimização do Uso de Energia Solar em Grandes Edifícios*

² *Programa de Aquecimento e Refrigeração Solar da Agência Internacional de Energia*

projeto com demandas de desempenho ambiental (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). O processo proposto foi denominado *Integrated Design Process* (IDP), aqui traduzido como *Processo de Projeto Integrado* (PPI). Outras referências importantes no tema incluem Kibert (2005), *The American Institute of Architects – AIA* (2007), Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Autores brasileiros, focando a gestão de processos de projeto e produção de edifícios, também defendem a constituição de equipes multidisciplinares desde o início do processo de projeto, com uma clara definição dos meios para a coordenação eficaz das atividades e interações entre disciplinas (MELHADO, 1994; 2001; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003). Melhado (1994) defende também a necessidade de maior integração entre as fases de projeto e produção do edifício e em outro trabalho (MELHADO, 2001), denomina a integração entre os trabalhos multidisciplinares e entre as etapas de projeto e produção do edifício como *Projeto Simultâneo do Produto e de sua Produção* (PSPP), emprestando de outros setores da indústria o conceito de *engenharia simultânea*.

Atualmente existem vários exemplos de processos de projeto com essas características na Europa e América do Norte e estudos documentados revelam a eficácia das novas metodologias de projeto propostas para o alcance de metas agressivas de desempenho ambiental. O *National Renewable Energy Laboratory* (NREL) avaliou o desempenho energético em seis exemplos de PPI, verificando reduções no consumo anual de energia de 25 a 70% (TORCELLINI et al., 2006).

Por essas razões, foi proposto para essa pesquisa estudar o PPI e como os elementos metodológicos que o caracterizam podem auxiliar no alcance de metas de desempenho mais rigorosas. Neste sentido, dois estudos de caso brasileiros, com demandas de desempenho ambiental, foram selecionados, verificando-se o grau de implementação do conceito e sua importância para o alcance das metas estabelecidas.

1.2 Referências no tema da pesquisa

O Quadro 1.1 reúne importantes referências consultadas no tema.

Autores / Afiliações (Instituições)	Contribuições
<i>International Energy Agency</i> - IEA	Guia de PPI (IEA, 2003a) Guia de PPI resumido (IEA, 2003b) Estudos de caso de PPI (IEA, 2000; 2002a)
<i>National Institute for Building Sciences</i> - NIBS, Estados Unidos	Guia de PPI em ambiente de rede (disponível em: < http://www.wbdg.org/ >)
<i>Market Transformation to Sustainability</i> – MTS	Guia de PPI (MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006)
<i>The American Institute of Architects</i> - AIA	Guia de PPI (THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007)
<i>National Renewable Energy Laboratory</i> - NREL	Referência conceitual de PPI, focando o desempenho energético (TORCELLINI; HAYTER; JUDKOFF, 1999) Estudos de caso de PPI, com avaliações de desempenho energético (PLESS; TORCELLINI, 2004; DERU; TORCELLINI; PLESS, 2005; TORCELLINI et al., 2005a; TORCELLINI et al., 2005b; DERU et al., 2005; GRIFFITH et al., 2005) Lições aprendidas com seis estudos de caso de PPI (TORCELLINI et al., 2006)
Malin	Referência conceitual de PPI (MALIN, 2004)
Reed / <i>Integrative Design Collaborative</i>	Referência conceitual de PPI (REED, 2005)
Kibert	Guia de PPI (KIBERT, 2005)
Zimmerman	Guia de PPI resumido (ZIMMERMAN, 2006)
Anseeuw, Grove e Marseille	Estudo de caso de PPI (ANSEEUW; GROVE; MARSEILLE, 2008)
Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting	Guia de PPI (BUSBY, PERKINS + WILL e STANTEC CONSULTING, 2007)
7group e Reed	Guia de PPI (7GROUP e REED, 2009)
Melhado / <i>Escola Politécnica, Universidade de São Paulo</i> – EP USP	Referências conceituais sobre integração em processos de projeto e produção de empreendimentos, focando a gestão da qualidade (MELHADO, 1994; 2001)
Fabício / <i>Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo</i> – EESC USP	Referência conceitual sobre integração em processos de projeto e produção de empreendimentos, focando a gestão da qualidade (FABRÍCIO, 2002)
Romano / <i>Universidade Federal de Santa Maria</i> – UFSM	Referência conceitual sobre integração em processos de projeto e produção de empreendimentos, focando a gestão da qualidade (ROMANO, 2003)

Quadro 1.1 Referências no tema

1.3 Objetivos

Objetivo geral

Este trabalho tem por *objetivo geral* investigar, a partir de dois estudos de caso brasileiros, como o PPI pode contribuir para a melhoria do desempenho ambiental de edificações.

Objetivos específicos

Como *objetivos específicos* propõe-se, por meio do levantamento e análise dos processos de projeto de dois estudos de caso:

- Definir uma referência teórica compreendendo os elementos metodológicos fundamentais que caracterizam PPIs;
- Identificar as evidências e relações entre elas ao longo das várias etapas, incluindo: agentes; elementos metodológicos; soluções de projeto e metas de desempenho;
- Posicionar os estudos de caso em relação à referência teórica;
- Investigar se os elementos metodológicos constatados influenciaram no desempenho ambiental da edificação e como isto ocorreu;
- Sistematizar as lições aprendidas, a partir das experiências mais significativas, pontos positivos e dificuldades; e
- Produzir uma síntese de recomendações para implementação de PPI, que possam servir de referência para futuros projetos com demandas rigorosas de desempenho ambiental.

1.4 Estrutura da dissertação

Este texto foi estruturado com nove capítulos. Neste *Capítulo 1 - Introdução*, o tema da pesquisa é contextualizado e justificado e os objetivos são definidos.

No *Capítulo 2*, são discutidos conceitos-chaves para a pesquisa, como o de *desenvolvimento sustentável e desempenho ambiental* e como estes se relacionam com o projeto e produção de edificações. Elementos fundamentais incluem o conceito de *Análise de Ciclo de Vida (ACV)*, a metodologia de *Avaliação do Desempenho do Edifício (ADE)* e *sistemas de avaliação e certificação de empreendimentos*. Outra questão importante são as interdependências entre subsistemas do edifício, que não podem ser ignoradas para o alcance de metas rigorosas de desempenho ambiental. Estes conceitos formam uma base importante para o *Capítulo 3 – Processo de Projeto Integrado (PPI)*, no qual são discutidos os principais conceitos que constituem a referência teórica para a pesquisa. Diferentes abordagens de PPIs são apresentadas, procurando-se evidenciar como estas se diferenciam de práticas convencionais e identificar os elementos fundamentais utilizados como base para análise dos estudos de caso.

No *Capítulo 4*, métodos empregados e etapas da pesquisa são explicados em detalhe. Como estes se mostraram eficazes para o alcance dos objetivos desta pesquisa, há a expectativa de permitir a replicação dos procedimentos e instrumentos desenvolvidos e fornecer uma referência para pesquisas futuras de natureza similar.

Nos *Capítulos 5 e 6* são apresentados os dados do *Estudo de Caso 01* e *Estudo de Caso 02*, respectivamente. Nestes capítulos, são feitos relatos dos processos de projeto, examinadas as soluções consolidadas nas versões finais do conjunto de projetos, apresentados resultados preliminares da avaliação com a ferramenta LEED™ (em andamento em ambos os casos) e discutidos os resultados alcançados. No *Capítulo 7 – Análise dos dados*, os estudos de caso são posicionados em relação à

referência teórica e são discutidas lições aprendidas, a partir das dificuldades e pontos positivos constatados.

Em seguida, no *Capítulo 8*, são desenvolvidas recomendações para implementação de PPI, que possam servir de referência para futuros projetos com demandas mais agressivas de desempenho ambiental. Finalmente, o *Capítulo 9 – Considerações finais* é constituído pela discussão dos pontos positivos e limitações da pesquisa, sugestões de continuidade, e pela recapitulação das principais lições aprendidas e considerações.

2 Desempenho ambiental, metodologias de avaliação e interdependências entre subsistemas do edifício

A consciência de que existem sérios limites ambientais para o desenvolvimento desenfreado das forças produtivas, característico do modo de produção capitalista, começou a ganhar força na década de 70, em um contexto marcado pela guerra fria e uma grave crise energética. Um marco importante foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972. Na década seguinte, em 1987, o relatório produzido pela *World Commission on Environment and Development* (WCED), representou um avanço para a definição e difusão do conceito de desenvolvimento sustentável, ao defender que as necessidades da geração atual devem ser atendidas sem comprometer as possibilidades das gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades (BRUNTLAND, 1987). Neste sentido, as implicações sociais, econômicas e ambientais não podem ser consideradas isoladamente. Em 1992, a *United Nations Conference on Environment and Development*, realizada no Rio de Janeiro, resultou na publicação da Agenda 21, um documento ambicioso que estabelecia um plano global de longo prazo para equacionar os desequilíbrios entre desenvolvimento sócio-econômico e limites do meio ambiente.

Na busca pela sustentabilidade dos processos produtivos, a construção civil tem uma importância estratégica, já que representa a atividade que mais consome recursos naturais no mundo (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION, 1999). Segundo a *International Energy Agency* (2006), o uso de energia em edifícios dos setores residencial, comercial e público representa 35% do consumo final de energia do mundo. No Brasil, estes três

setores representaram 44,4% do consumo final de energia em 2007 (BRASIL, 2008). O consumo de madeira nativa de origem predatória é outro exemplo dos impactos do setor no país. Um estudo detalhado sobre o uso de madeira nativa no Estado de São Paulo revela que, em 2001, 84% do consumo foi destinado à construção civil (SOBRAL et al., 2002). As atividades de construção e demolição no Brasil, responsáveis por quase a metade dos resíduos sólidos municipais (PINTO, 1999 apud SILVA, 2003), revelam que as emissões do setor também são muito significativas.

Considerando os grandes impactos gerados pelo setor da construção, três agendas, elaboradas a partir da Agenda 21, merecem destaque (Figura 2.1). A primeira é a *Agenda Habitat*, publicada como resultado da Conferência Habitat II, realizada em Istambul em 1996, que aborda especificamente o papel dos assentamentos humanos para o desenvolvimento sustentável. A segunda é a *Agenda 21 para a Construção Sustentável*, focando as ações necessárias neste setor (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION, 1999). Os objetivos principais eram criar uma estrutura e terminologia globais, para orientar agendas nacionais, locais e sub-setoriais, bem como servir de referência para a definição de atividades de pesquisa e desenvolvimento. No entanto, constatou-se a necessidade de uma abordagem diferente para orientar ações em países em desenvolvimento, já que geralmente a escala dos problemas, prioridades de desenvolvimento e recursos disponíveis são muito diversos daqueles encontrados em países desenvolvidos. Neste sentido, foi publicada a *Agenda 21 para construção sustentável em países em desenvolvimento* (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE, 2002).



Figura 2.1 Reinterpretações da Agenda 21 relacionadas ao setor de construção (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE, 2002)

2.1 Sustentabilidade ou desempenho ambiental?

Pádua (2001, p. 1) afirma que na busca por sustentabilidade deve haver:

[...] um esforço para superar o enfoque abstrato e “flutuante” que domina o pensamento político e econômico contemporâneo, através do qual as sociedades tendem a ser vistas como “flutuando” acima do planeta Terra e dos seus ecossistemas.

Na visão descrita acima, a oferta de recursos sempre estará disponível ou sempre poderá ser substituída tecnologicamente, possibilitando um crescimento ilimitado da produção humana. Isto leva a uma economia na qual o valor monetário das fontes energéticas e de materiais é demasiado baixo, quando comparado com o valor dos produtos finais. Trata-se de uma alienação das sociedades urbano-industriais em relação aos fluxos reais de matéria e energia. Outro fato obscurecido por esta visão é a enorme iniquidade no consumo de recursos do planeta, já que 20% da população mundial, aproximadamente 1,2 bilhões de pessoas, é responsável por 80% do consumo anual de energia e recursos naturais, produzindo também 80% da poluição. Pádua

(2001) defende que uma política de sustentabilidade se diferencia de uma política ambiental ao supor a transformação das próprias estruturas e padrões que definem a produção e o consumo, considerando a capacidade integral de sustentação do planeta.

Em consonância com este argumento, Manzini e Vezzoli (2002), discorrendo sobre a incorporação de conceitos de sustentabilidade no desenvolvimento de produtos seriados, concluem que apenas os avanços tecnológicos possíveis não darão conta das enormes reduções necessárias de consumo de recursos e emissões associadas. É necessária também uma profunda mudança nos modos de vida e hábitos de consumo, além de atribuir-se valores muito mais altos que os atuais para as variáveis ambientais. Uma alternativa proposta pelos autores é a elaboração de combinações de produtos e serviços, com os quais sejam ofertados, não apenas os produtos acabados, mas os serviços e funções que eles oferecem. Isto implica em deslocar o centro de interesse dos produtos materiais para os serviços e informações. Esta idéia já havia sido proposta anteriormente no livro *Capitalismo Natural*, de Hawken, Lovins e Lovins (2000).

As implicações ambientais de um determinado processo produtivo constituem, portanto, apenas uma das dimensões que devem ser consideradas, dentro de uma discussão mais abrangente sobre sustentabilidade. Observou-se, porém, que, em grande parte da bibliografia consultada, apesar do termo sustentabilidade ser corriqueiramente empregado, apenas metas de desempenho ambiental são efetivamente explicitadas. Este fato também foi constatado por Silva (2003), ao estudar sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos, pois, exceção feita ao método sul africano *Sustainable Building Assessment Tool* - SBAT (GIBBERD, 2005), todos focam apenas a dimensão ambiental, não sendo consideradas as implicações sociais. A autora observa que, como a vasta maioria desses sistemas foi desenvolvida para países industrializados, nos quais os extremos de desigualdade foram bastante reduzidos, devido ao intenso desenvolvimento econômico, a dimensão ambiental acabou sendo priorizada, dentro de suas agendas para o desenvolvimento sustentável. É evidente que o mesmo entendimento não deve ser replicado para o Brasil, e demais economias em desenvolvimento do mundo, nos quais graves problemas ambientais convivem com quadros de carências absolutas.

No entanto, apesar da enorme importância das implicações sociais, optou-se, para esta pesquisa, estudar apenas o desempenho ambiental. Isto se deu, em primeiro lugar, por que as referências bibliográficas que serviram de base para o estabelecimento da referência teórica explicitam principalmente os critérios de desempenho ambiental. Em segundo lugar, por que ambos os estudos de caso estão em processo de certificação ambiental pela ferramenta *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED™), que não leva em consideração as implicações sociais, e cujos resultados preliminares serviram de base para a verificação do alcance das metas definidas. Considerar a sustentabilidade em toda sua abrangência levaria a um objeto de estudo demasiado complexo, podendo comprometer a simplicidade dos objetivos e métodos propostos, bem como a viabilidade de conclusão no âmbito de uma pesquisa de mestrado. Decidiu-se, então, fazer um recorte no objeto, propondo-se investigar processos de projeto integrados visando ao desempenho ambiental de edificações, que estão, por sua vez, inseridos dentro de uma discussão mais ampla de sustentabilidade.

O foco, então, manteve-se sobre a incorporação de critérios de desempenho ambiental, que devem ser considerados em conjunto com os demais objetivos e metas. Segundo a *International Energy Agency* (2003a) há um consenso entre vários autores quanto à necessidade de considerar os seguintes critérios de desempenho:

- Minimização do consumo de recursos não renováveis, incluindo terra, água, matérias-primas e combustíveis fósseis;
- Minimização de emissões para a atmosfera, relacionadas com o aquecimento global e acidificação;
- Minimização de efluentes líquidos e resíduos sólidos;
- Minimização dos impactos em ecos-sistemas locais;
- Máxima qualidade dos ambientes internos, considerando conforto térmico, luminoso, acústico e qualidade do ar;
- Flexibilidade e adaptabilidade do edifício; e

- Custos, considerando-se o ciclo de vida do edifício (custo global da obra e custos de operação e manutenção).

Estes critérios aparecem nas várias fontes consultadas, havendo variações na maneira como são agrupados. Para uma melhor compreensão destes critérios e de como eles se relacionam com processos de projeto e produção de edifícios, são examinados neste capítulo o conceito de *Análise de Ciclo de Vida (ACV)*, a metodologia de *Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)*, e, em seguida, o papel desempenhado por *sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos*.

2.2 Análise do Ciclo de Vida

Para uma avaliação mais rigorosa e abrangente dos impactos ambientais decorrentes de processos de produção de edifícios, a *Análise do Ciclo de Vida (ACV)* é um conceito fundamental. Trata-se de uma metodologia para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, por meio da verificação e quantificação do consumo de recursos materiais e energéticos (entradas) e das emissões (saídas), considerando todo o ciclo de vida, extração e processamento de matérias-primas, manufatura, transporte, uso, reuso, manutenção, reciclagem e disposição final (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001).

Uma primeira versão de ACV foi concebida pela empresa Coca Cola, em 1969, com a finalidade de verificar e quantificar impactos energéticos, materiais e ambientais durante o ciclo de vida dos materiais empregados em embalagens (JAQUES, 1998). Para realizar esta avaliação, foi contratado o *Midwest Research Institute (MRI)*, que, posteriormente, realizou vários estudos similares. Naquela época, a metodologia era denominada *Resource and Environmental Profile Analysis*³ (REPA) e, devido à sua natureza, a maioria dos estudos eram confidenciais.

³ *Análise do Perfil Ambiental e de Recursos.*

No final da década de 70, já havia publicações de pesquisa, discutindo a aplicação do uso de ACV na construção civil, tanto para avaliar materiais, como para edifícios como um todo (JAQUES, 1998). Mas foi na década de 90 que houve um maior desenvolvimento e disseminação do conceito e uso de ACV, devendo-se destacar o papel de duas organizações para que isto ocorresse, a *Environmental Protection Agency* (EPA), dos Estados Unidos, e a *Society for Environmental Toxicology and Chemistry* (SETAC), da Bélgica. Mais tarde, o conceito e metodologia desenvolvidos foram incorporados na série de normas internacionais ISO 14000, mais especificamente na sub-série ISO 14040, referente à Avaliação de Ciclo de Vida.

Para a construção civil, o conceito de ACV vem sendo empregado, direta ou indiretamente, com os seguintes objetivos (SILVA, 2003):

- Avaliação de materiais de construção, visando melhorias de processo e produto ou informar projetistas;
- Rotulagem ambiental de produtos;
- Ferramentas computacionais de suporte ao projeto e tomada de decisão, estruturadas no uso de ACV para comparar o desempenho ambiental de materiais e componentes construtivos. Pode-se destacar as ferramentas ECO QUANTUM (Holanda), ECO-PRO (Alemanha), EQUER e TEAMTM for Buildings (França), BEES (EUA), ATHENATM (Canadá) e LCAid (Austrália);
- Instrumentos de informação aos projetistas como *The Green Building Digest*, *BRE ENVest* e *BRE Environmental Profile* (UK); *Environmental Choice* (EUA); *Environmental Preference Method* (Holanda), Catálogo produzido pelo *Politécnico de Milano* (Itália); e
- Em sistemas de avaliação e certificação ambiental (ver *item 2.4*).

Existem, no entanto, obstáculos que precisam ser superados para que o conceito possa ser aplicado de forma mais abrangente. Trusty e Horst (2002) afirmam

que a constituição de Inventários de Ciclo de Vida (ICV) é uma tarefa difícil e cara. Muitas vezes, os dados são mantidos confidenciais pelas empresas que contratam os estudos. Outro problema é garantir a possibilidade de comparação entre diferentes dados, o que requer que sejam levantados seguindo o mesmo protocolo.

No Brasil, ainda não existe um banco de dados substancial com Inventários de Ciclo de Vida, mas esforços estão sendo despendidos nesse sentido. As pesquisas estão basicamente restritas às universidades, podendo-se destacar: Universidade Federal do Espírito Santo (EFES), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). A Associação Brasileira do Ciclo de Vida (ABCV) e o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), recentemente fundados, também têm direcionado esforços específicos para o setor de construção.

2.3 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)

A *Avaliação de Desempenho do Edifício*⁴ (ADE), proposta inicialmente por Preiser e Schramm (1997 apud PREISER; VISCHER, 2005), é o processo de sistematicamente comparar o desempenho real de edifícios, lugares e sistemas, com os critérios explicitados em documentos para o desempenho esperado.

Trata-se de um desdobramento do conceito de *Avaliação Pós-Ocupação* (APO), caracterizada por uma série de métodos e técnicas que vêm sendo desenvolvidos, na Europa e Estados Unidos, desde o Pós-Guerra, principalmente a partir da década de 60, visando diagnosticar ambientes construídos na. Fatores socioeconômicos, infraestrutura e superestrutura urbanas, sistemas construtivos, conforto ambiental, eficiência

⁴ Tradução da expressão *Building Performance Evaluation* (BPE), originalmente utilizada pelos autores.

energética, aspectos funcionais, comportamentais e estéticos são considerados (ROMERO; ORNSTEIN, 2003).

Mas, enquanto na APO as avaliações de desempenho são conduzidas apenas na etapa de uso e operação, com a proposição da ADE estas passam a englobar todo o ciclo de vida do edifício, desde o planejamento inicial, definição do programa, projeto e construção, até a gestão de facilidades (uso e operação) e adaptações para reuso e (ou) reciclagem (PREISER; VISCHER, 2005). Com o objetivo de melhorar a qualidade das decisões tomadas ao longo do processo, na etapa inicial, são estabelecidos critérios de desempenho, que são verificados e atualizados nas etapas seguintes. Desta forma, a APO passa a ser um subestágio, correspondendo às avaliações periódicas realizadas na etapa de uso e operação.

A Figura 2.2 representa a avaliação de desempenho ao longo do processo e os desdobramentos no curto, médio e longo prazos. Os desdobramentos de curto prazo incluem a retroalimentação imediata para resolução de problemas em cada etapa do processo. No médio prazo, as lições aprendidas, negativas e positivas, servem de entrada para etapas seguintes daquele processo e de ciclos de vida de futuros edifícios. Já os desdobramentos de longo prazo incluem a criação de bases de dados com os resultados das avaliações e o desenvolvimento, bem como a calibragem, de critérios de desempenho para usos e tipos específicos de edifícios (PREISER; VISCHER, 2005).

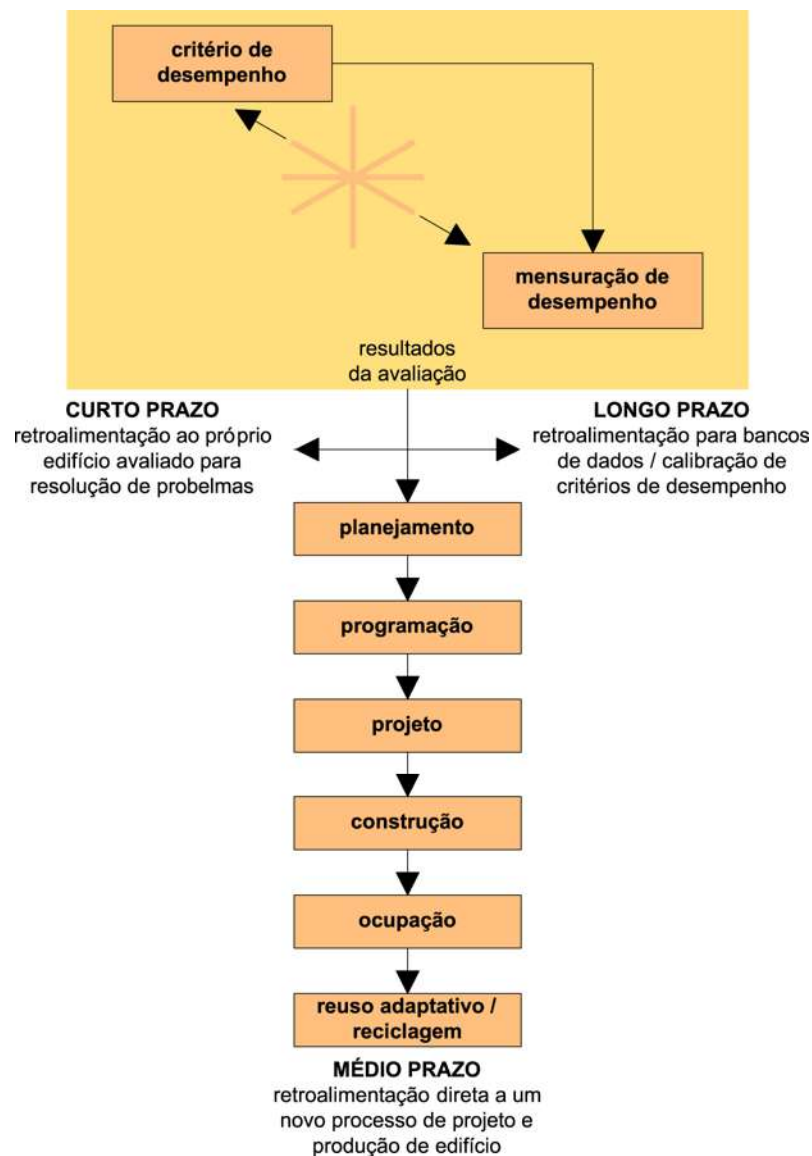


Figura 2.2 O conceito de desempenho e o processo de projeto e produção de edifícios⁵ (PREISER; VISCHER, 2005)

A criação de bases de dados é fundamental para possibilitar uma série de ciclos de retroalimentação, envolvendo APOs e as etapas de programa, projeto e produção de edifícios. As avaliações de projetos anteriores devem servir de referência e ajudar no processo de estabelecimento e verificação das metas de desempenho. Em uma publicação de Nasar, Preiser e Fisher (2007), por exemplo, um conjunto de lições

⁵ Crédito da imagem de *Architectural Research Consultants*, Albuquerque, NM, Estados Unidos.

aprendidas foram baseadas em dados de APOs de 16 escolas de arquitetura. O elenco de diretrizes, formuladas a partir da compreensão profunda de vários aspectos de desempenho e percepções dos usuários, formaram uma referência importante para orientar futuros projetos, destinados a este mesmo uso e função. Outra denominação para esta mesma metodologia é o de *Avaliação de Desempenho de Facilidades*⁶, adotada pelo *National Institute for Building Sciences* (NIBS), dos Estados Unidos, no *Whole Building Design Guide*⁷.

2.4 Sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos

Outros instrumentos importantes, desenvolvidos e disseminados em ritmo crescente, na última década, são os sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos.

Entre as diretrizes de curto prazo, formuladas na Agenda 21 para construção sustentável em países em desenvolvimento, está o levantamento e difusão de informações que sirvam de base de referência para avaliações (THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE, 2002). Neste sentido, é fundamental a constituição de indicadores ambientais e de desenvolvimento sustentável. Estes possuem significados sintéticos e são desenvolvidos para objetivos específicos, com três funções principais: quantificar, simplificar e comunicar. Servem para revelar tendências, informar agentes em processos decisórios, orientar o desenvolvimento e monitoramento de políticas e estratégias e facilitar o relato das medidas adotadas (SILVA, 2007). Portanto, é importante que sejam confiáveis, representativos, passíveis

⁶ *Facility Performance Evaluation* (FPE).

⁷ <http://www.wbdg.org/>

de comparação e rastreáveis (SILVA; SILVA, 2008). Também devem ser considerados em todas as escalas: nações, setoriais, empresas e edifícios (Figura 2.3). É nesta última escala que sistemas de avaliação e classificação do desempenho ambiental de empreendimentos exercem seu papel.



Figura 2.3 Escalas de ação das principais iniciativas para constituição de indicadores ambientais e de desenvolvimento sustentável (SILVA e SILVA, 2008)

Estes sistemas permitem que empreendedores, profissionais da construção civil, e usuários identifiquem aqueles edifícios com melhor desempenho. Dessa forma, a certificação dos edifícios pode gerar um aumento da demanda por empreendimentos que comprovem destacado desempenho ambiental, o que exige o aumento da capacidade dos agentes da construção civil em atendê-la (empreendedores, projetistas, fornecedores, construtores etc.). Dentro dos padrões de mercado em vigor, avanços nos níveis de desempenho dependem em grande parte de alterações nas demandas, sejam voluntárias ou devido a exigências normativas. Estas últimas, no entanto, não estimulam a busca de desempenho acima do mínimo regulamentado, enquanto que,

em sistemas de adesão voluntária, o próprio mercado pode impulsionar a elevação dos níveis de desempenho ambiental, já que oferecem vantagens às empresas relacionadas à competitividade e diferenciação mercadológica (SILVA, 2003). Atualmente, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão, Hong Kong e quase todos os países da Europa possuem ao menos um sistema de avaliação em uso.

No Brasil, regulamentos específicos foram desenvolvidos, para a avaliação e etiquetagem comprovando a eficiência energética de edifícios, dentro do programa Procel Edifica: Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações (BRASIL et al., 2009). Estes documentos incluem o *Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos* (RTQ-C), o *Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos* (RAC-C) e o Manual para aplicação dos regulamentos. O RTQ-C descreve os quesitos para a avaliação e classificação, enquanto o RAC-C, aprovado em junho de 2009, descreve o processo para a avaliação da eficiência energética de edifícios e obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), de adesão voluntária e aplicável apenas a edifícios com área útil superior a 500m² ou atendidos por alta tensão (grupo tarifário A). A metodologia de avaliação dos edifícios foi desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Quanto a sistemas de avaliação e certificação, considerando os demais critérios de desempenho ambiental, como impactos no local, uso racional e economia de água e seleção de materiais de baixo impacto, ainda não foi desenvolvido um sistema inteiramente nacional. No entanto, o sistema *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED™), dos Estados Unidos, vêm sendo empregada desde 2004, e o Processo AQUA (*Alta Qualidade Ambiental*), adaptação brasileira da ferramenta original francesa *Démarche HQE® (Haute Qualité Environnementale)*, foi lançado em 2008. Segundo o *Green Building Council Brasil*⁸ (GBC Brasil), o primeiro empreendimento foi registrado no sistema LEED™ em 2004 e até junho de 2009, 139 foram registrados no

⁸ Informação extraída do site <www.gbcbrazil.org.br> acesso em: 25 jun. 2009

sistema. Desses empreendimentos, 10 já obtiveram certificação. Quanto ao *Processo AQUA*, até novembro de 2009, 14 empreendimentos foram registrados, dos quais 7 empreendimentos receberam certificados⁹.

Os sistemas LEED™ e Processo AQUA são brevemente explicados a seguir. Deve ser lembrado que os dois estudos de caso selecionados estão em processo de avaliação e certificação por meio do sistema LEED™.

Leadership in Energy and Environmental Design (LEED™)

O LEED™ é um sistema de certificação ambiental desenvolvido pelo *US Green Building Council* (USGBC), inicialmente com financiamento do *National Institute of Standards and Technology* (NIST), dos Estados Unidos. No USGBC, criado em 1993, estão representadas as 13 categorias da indústria de construção, o que resultou em um documento consensual e voltado ao mercado. Pretendia-se desenvolver um sistema que estimulasse a transferência de conceitos de construção ambientalmente responsável para os agentes do setor e proporcionasse reconhecimento junto ao mercado pelos esforços despendidos (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2007). A versão piloto (LEED™ 1.0) foi lançada em 1998, a versão LEED™ v2.1, em 2002 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2002), e a versão LEED™ v2.2, em 2005 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2005). Em abril de 2009, a versão atual LEED™ v3¹⁰ foi lançada.

Esta ferramenta possui uma interface amigável ao usuário, devido a sua estrutura bastante simples, que concede créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos. Na versão 2.2, existem 7 pré-requisitos e 69 pontos possíveis (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2005). O edifício torna-se elegível a passar para a etapa de análise e classificação de desempenho (dada pelo número de pontos obtidos) apenas se forem satisfeitos todos os pré-requisitos. A certificação é válida por um

⁹ Informação fornecida pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini (FCAV), via contato telefônico, em 4 de novembro de 2009.

¹⁰ O LEED™ v3 trouxe alterações significativas em relação à versão 2.2 (USGBC, 2009). Este trabalho descreve a versão 2.2, estabelecida em outubro de 2005, por ser a versão de registro do estudo de caso 01, e bastante semelhante à versão 2.1, em que o estudo de caso 02 foi registrado.

período de cinco anos, quando, caso desejado, uma nova submissão para certificação deverá ser feita, desta vez focada na avaliação de operação e gestão do edifício¹¹.

Os pré-requisitos e requisitos para obtenção de créditos são distribuídos em seis grupos (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2005):

- (1) **Sítios sustentáveis**, até 14 pontos (20%);
- (2) **Uso eficiente de água**, até 5 pontos (7%);
- (3) **Energia e atmosfera**, até 17 pontos (25%);
- (4) **Materiais e recursos**, até 13 pontos (19%);
- (5) **Qualidade do ambiente interno**, até 15 pontos (22%); e
- (6) **Inovação e processo de projeto**, até 5 pontos (7%).

Caso o edifício atinja um mínimo de 26 pontos (38%), ele será certificado em um dos seguintes quatro níveis: (1) Certificado - de 26 a 32 pontos (38 - 47%); (2) Prata - de 33 a 38 pontos (48 - 56%); (3) Ouro - de 39 a 51 pontos (57 - 74%); ou (4) Platina - de 52 a 69 pontos (75 - 100%).

Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental)

O *Referencial Técnico de Certificação “Edifícios do Setor de Serviços – Processo AQUA” Escritórios - Edifícios Escolares* foi elaborado a partir do sistema original francês *Referentiel Technique de Certification “Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE®”*, elaborado por Certivéa (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007). A instituição francesa *Association HQE*¹², criada em 1996 e responsável pelo acompanhamento e desenvolvimento do *Démarche HQE®*, é constituída por membros

¹¹ *LEED for Existing Buildings: Operations & Maintenance*

¹² *Association pour la Haute Qualité Environnementale* (Associação pela Alta Qualidade Ambiental)

dos cinco conselhos profissionais relacionados ao setor da construção francês¹³. O sistema foi adaptado ao contexto e normas brasileiras, no âmbito de um convênio de cooperação com a Fundação Vanzolini e com a participação de professores do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC USP).

O referencial é dividido em duas partes, avaliando-se o *Sistema de Gestão do Empreendimento* (SGE), implantado pelo empreendedor, e a *Qualidade Ambiental do Edifício* (QAE), que abrange critérios de desempenho do empreendimento (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007).

Um alinhamento com sistemas de gestão da qualidade fica evidente, sendo o SGE considerado um instrumento importante para a melhoria do desempenho ambiental do empreendimento. O cliente tem um papel central para a implementação, acompanhamento e melhoria do SGE, mas o envolvimento dos demais agentes (projetistas, construtoras etc.) também é fundamental (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007).

O referencial da QAE é estruturado em 14 categorias, por sua vez divididas em 4 famílias (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007). Na família de **Eco-construção**, estão as categorias:

- (1) Relação do edifício com o seu entorno;
- (2) Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos; e
- (3) Canteiro de obras com baixo impacto ambiental.

Na família de **Gestão**, estão as categorias:

- (4) Gestão da energia;

¹³ Collège "Maîtrise d'ouvrage", Collège "maîtrise d'œuvre", Collège "Entreprises et industriels", Collège "Expertise", e Collège "Conseil et soutien". Informação obtida no site <http://www.assohqe.org/association_presentation.php> acesso em: 25 jun. 2009.

- (5) Gestão da água;
- (6) Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício; e
- (7) Manutenção - Permanência do desempenho ambiental.

Na família de **Conforto**, estão as categorias:

- (8) Conforto higrotérmico;
- (9) Conforto acústico;
- (10) Conforto visual; e
- (11) Conforto olfativo.

Finalmente, na família de **Saúde**, estão as categorias:

- (12) Qualidade sanitária dos ambientes;
- (13) Qualidade sanitária do ar; e
- (14) Qualidade sanitária da água.

A avaliação da QAE, realizada por meio de auditorias presenciais, seguidas de análise técnica, abrange três etapas (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007): (1) programa (elaboração do programa de necessidades); (2) concepção (desenvolvimento das etapas de projeto); e (3) realização (construção do edifício).

Já na primeira etapa, o empreendedor deve definir o perfil de desempenho almejado nas 14 categorias do referencial de QAE, comprovando a sua viabilidade a partir de análises preliminares e assegurando os meios necessários (estrutura organizacional, meios de comunicação, instrumentos, procedimentos de controle etc.) para o alcance dessas metas (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007). O SGE formaliza os instrumentos de gestão necessários ao desenvolvimento do empreendimento e assume papel fundamental para garantir a definição das metas no início e sua verificação e atualização ao longo do processo.

Para avaliação do desempenho em cada categoria, são adotados três níveis (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007): **bom**, configurando o desempenho mínimo aceitável para um empreendimento de Alta Qualidade Ambiental, que pode corresponder à regulamentação, se esta for suficientemente exigente quanto aos desempenhos de um empreendimento, ou, na ausência desta, à prática corrente; **superior**, correspondente ao das boas práticas; e **excelente**, calibrado em função dos desempenhos máximos constatados em empreendimentos de Alta Qualidade Ambiental, mas se assegurando que estes possam ser atingíveis.

Cada categoria é subdividida em *subcategorias*, que, por sua vez, são subdivididas em *preocupações*. Uma combinação dos níveis atingidos para as *preocupações* e *subcategorias* determina o nível atingido em cada categoria. Para obter a certificação, o empreendimento deve obter, no mínimo, o nível *excelente* em 3 categorias e nível *bom* em, no máximo, 7 categorias. Isto vale para as três etapas avaliadas. Respeitando-se certos limites, o perfil poderá ser modificado ao longo do processo, desde que o empreendedor justifique as alterações de forma coerente e explicitando as oportunidades e restrições que não estavam claras até então (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007).

Limitações dos sistemas

Em sua tese de doutorado, Silva (2003) descreve detalhadamente, analisa e compara cinco sistemas de avaliação e / ou certificação ambiental de edifícios, entre os quais o sistema LEED™. Esta investigação embasou a comprovação da seguinte hipótese:

[...] importar métodos **de avaliação ambiental**, estrangeiros, existentes não é a melhor solução para avaliar edifícios de escritórios no Brasil, e que um método de avaliação **de sustentabilidade** deve ser desenvolvido à luz das prioridades, condições e limitações brasileiras (SILVA, 2003, p. 12).

Ambos os sistemas LEED™ e *Démarche HQE®* foram desenvolvidos para aplicação nos países de origem, adequando-se a particularidades e expectativas do

mercado e contexto destes países. Quanto a este aspecto, a abordagem do Processo AQUA envidou um esforço significativo para adaptar o sistema original francês ao contexto e normas brasileiras. Segundo o GBC Brasil¹⁴, esforços estão sendo despendidos para adequação da ferramenta LEED™ ao contexto brasileiro, com previsão de fim dos trabalhos até o final de 2009. O ideal, porém, seria a elaboração de uma ferramenta brasileira, com a participação dos vários representantes do setor da construção no país, incluindo universidades e pesquisadores, a exemplo dos procedimentos realizados em diferentes países.

No caso da ferramenta LEED™, a sua base consensual e a interface amigável aos usuários talvez sejam as principais razões para a rápida apropriação pelo mercado da construção civil dos Estados Unidos. O sistema é baseado em critérios majoritariamente prescritivos, estruturados em uma lista de verificação e concedendo créditos em função da adoção de determinadas estratégias de projeto ou especificação de determinados equipamentos. Até a versão 2.2, o LEED™ não contava com critérios de ponderação, que permitissem levar em conta particularidades de cada projeto e um melhor ajuste às particularidades locais¹⁵, como diferentes climas, disponibilidade de recursos, tradições construtivas, prioridades sociais, econômicas e ambientais de cada país ou região etc..

Outro elemento importante é a forma como a gestão de recursos é incorporada em cada sistema. Em todos os sistemas, incluindo o LEED™ e o Processo AQUA, as estruturas de avaliação são permeadas pelo conceito de avaliar impactos, considerando-se todo o ciclo de vida do edifício. Porém, em nenhum dos dois sistemas, a Análise do Ciclo de Vida é integralmente utilizada como base para a atribuição de créditos relacionados à especificação de materiais e, conseqüentemente, estes não são capazes de garantir que os créditos concedidos realmente reflitam um melhor

¹⁴ Informação extraída do site <www.gbcbrazil.org.br> acesso em: 25 jun. 2009

¹⁵ Uma das principais alterações conceituais no LEED™ v3, de 2009, é a incorporação de fatores de ponderação, derivados a partir de estudos realizados nos EUA. O USGBC não determina, porém, procedimentos para adequação local em aplicações da ferramenta em outros países.

desempenho do edifício avaliado. Esta limitação é compartilhada pela esmagadora maioria dos sistemas existentes (SILVA, 2003).

Silva (2003, p. 67) defende que *“o desenvolvimento ideal das metodologias de avaliação de edifícios é migrar dos critérios prescritivos para critérios de desempenho”*. Para tanto, um passo importante é a integração entre as ferramentas de avaliação e ferramentas de ACV, mas existem obstáculos que precisam ser superados, como os custos e dificuldades para a formação de bancos de dados de Inventários de Ciclo de Vida de acesso público (TRUSTY; HORST, 2002).

2.5 Interdependências entre subsistemas do edifício

Apesar das limitações dos sistemas de certificação existentes, eles contribuem para que os diferentes agentes da construção incorporem conceitos de desempenho ambiental em suas práticas. Um aumento da demanda por projetos com melhor desempenho ambiental já está ocorrendo, ainda que de maneira um tanto isolada e concentrada geograficamente no Estado de São Paulo (PARDINI, 2009). Entre os obstáculos para que os conceitos em desenvolvimento sejam efetivamente implementados está a indisponibilidade de informações confiáveis e de fornecedores que garantam o desempenho ambiental de seus produtos.

Outro limite está relacionado às práticas convencionais de projeto, na qual os diferentes subsistemas do edifício são desenvolvidos isoladamente por cada uma das várias disciplinas de projeto envolvidas, quando muitos autores (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; KIBERT, 2005; MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006; ZIMMERMAN, 2006; THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009) vêm defendendo a necessidade de entender o edifício como um sistema global, no qual cada subsistema influi no desempenho dos demais e do todo. Para a incorporação de metas mais rigorosas de desempenho, sejam funcionais,

ambientais, construtivas ou de custo ao longo do ciclo de vida do edifício, é fundamental considerar as interdependências entre os subsistemas e desenvolvê-los de forma integrada.

Estas interdependências podem ser ilustradas por meio de um exemplo hipotético. Durante os primeiros estudos de um projeto para um edifício escolar, poder-se-ia optar por uma volumetria mais compacta, com corredor central e salas de aula em ambos os lados, ou por uma volumetria mais alongada, com corredor lateral e salas de aula em um único lado. As duas alternativas são bastante comuns no Brasil e, ao serem comparadas, apresentam vantagens e desvantagens.

Na segunda alternativa, é possível eleger uma orientação mais favorável para as salas de aula, enquanto na primeira pelo menos um lado sempre ficará prejudicado. Esta solução também favorece a iluminação natural, pois uma melhor distribuição resulta da entrada de luz em dois lados da sala. No entanto, os custos e o uso de recursos serão menores na primeira, já que terá a metade de área de circulação por sala de aula e o perímetro do edifício resultará menor. O desenho cuidadoso de dispositivos de sombreamento também poderá proteger as fachadas com maior incidência do sol, mas sempre representam maiores custos para a construção e, se incorretamente projetados, poderão prejudicar a iluminação natural. Quanto à ventilação natural, a segunda alternativa é mais vantajosa, ao propiciar melhores condições para a ventilação cruzada.

Conclui-se que, a seleção da melhor alternativa, considerando-se as especificidades de cada projeto, depende da relação entre vários subsistemas (volumetria, orientação, configuração da envoltória, sistema de iluminação natural e artificial, sistema de condicionamento passivo e ativo etc.), envolvendo várias disciplinas de projeto (arquitetura, ar-condicionado, luminotécnica, conforto térmico, conforto luminoso, eficiência-energética, economia do edifício etc.). Portanto, a participação de todos os agentes (projetistas, consultores, cliente, engenheiro de valores, construtora etc.) responsáveis pelos vários subsistemas, tem grande influência

nos resultados decorrentes desta decisão, tomada logo no início, na etapa de conceituação do projeto.

Este é apenas um exemplo hipotético para essa questão, mas existem também inúmeros exemplos concretos. No Brasil, pode-se destacar a obra do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé. Em particular, o conjunto de hospitais da rede Sarah Kubitschek revela uma sofisticação muito grande do conjunto de soluções empregadas. Perén Montero (2006) descreve e analisa detalhadamente dois destes hospitais: as unidades Sarah Kubitschek Fortaleza (1992 / 2001) e Sarah Kubitschek Rio de Janeiro (2000 / em construção). O autor, citando Latorraca (2000), lista as diretrizes que orientaram o desenvolvimento dos partidos dos hospitais: (1) Flexibilidade e extensibilidade da construção; (2) criação de espaços verdes; (3) flexibilidade das instalações (por exemplo, adotando-se galerias de instalações de fácil acesso para manutenção, limpeza e substituição ou realocação de equipamentos); (4) padronização de elementos construtivos; e (5) iluminação natural e conforto térmico dos ambientes.

Também é importante acrescentar a industrialização de componentes e sistemas construtivos, que levam a aceleração do processo, redução de custos e de desperdícios na obra. Esta característica dos processos de projeto e produção dos hospitais foi viabilizada com a implantação do Centro de Tecnologia da Rede Sarah (CTRS), em Salvador, primeiro provisoriamente, em 1992, e, depois, em suas instalações definitivas, em 1993. O centro visava projetar e executar as obras destinadas a implantação da rede e equipamentos hospitalares convencionais e especiais, além de realizar a manutenção dos edifícios, equipamentos e instalações da rede.

A Figura 2.4 ilustra a integração entre os subsistemas nos hospitais de Salvador e Fortaleza. Sistemas de ventilação e iluminação naturais e sistemas construtivos compõem, em cada um dos casos, conjuntos integrados, ao mesmo tempo sofisticados e de grande simplicidade.

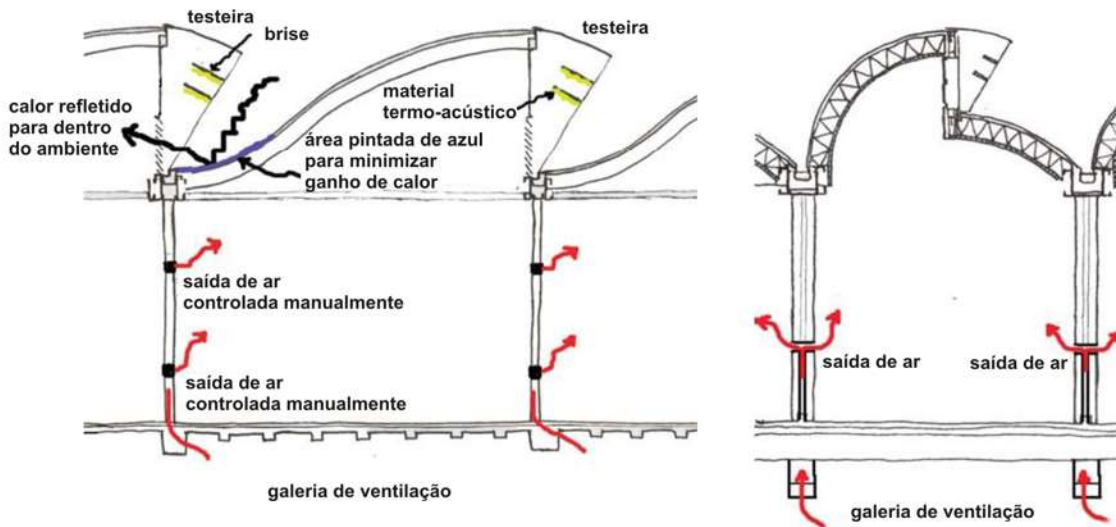


Figura 2.4 Sistemas de *sheds* dos hospitais da rede Sarah de Salvador e Fortaleza (PERÉN MONTERO, 2006)

Ao estudar as soluções de projeto adotadas, Perén Montero (2006) constatou que os princípios e diretrizes que orientaram o desenvolvimento dos projetos são indissociáveis e estão presentes em cada solução desenvolvida, interferindo uns com os outros nas tomadas de decisões. Nestes exemplos, os resultados positivos dependeram em grande parte de uma consideração global dos edifícios, levando-se em conta as interdependências entre diferentes subsistemas. Para o alcance de metas agressivas de desempenho ambiental, principalmente de eficiência energética, é ainda mais crítico um desenvolvimento integrado das soluções para o volume, orientação, envoltória (áreas opacas e envidraçadas das fachadas, coberturas e dispositivos de sombreamento) e sistemas passivos e ativos de condicionamento e iluminação.

2.6 Considerações do capítulo

O conceito de *desempenho ambiental* é central à discussão proposta para esta pesquisa. Este só pode ser entendido a partir do conceito de *Análise do Ciclo de Vida*, que verifica e quantifica as implicações ambientais de um produto, processo ou

atividade, considerando todo o ciclo de vida, desde a extração de matérias-primas até a disposição final. A consideração de todo o ciclo de vida do edifício é de grande importância inclusive para repensar o próprio processo de planejamento, projeto e produção de edificações. Neste sentido, outro avanço significativo foi a proposição da metodologia de Avaliação do Desempenho de Edifícios (ADE), também explicada neste capítulo.

Também foi visto que sistemas de avaliação e classificação do desempenho ambiental de edifícios são instrumentos importantes, já que incentivam um aumento da demanda por empreendimentos que comprovem desempenhos significativos. O aumento desta demanda já está ocorrendo, mas existem vários obstáculos para que os conceitos desenvolvidos sejam efetivamente incorporados. Uma limitação importante está relacionada às práticas convencionais de projeto, devido à segmentação e desenvolvimento isolado das várias disciplinas durante o processo. Como metas de desempenho mais agressivas dependem em grande parte do desenvolvimento integrado dos vários subsistemas que compõem o edifício, os vários projetistas devem estar presentes desde o início do processo, trabalhando de forma interativa e colaborativa. As limitações inerentes à prática típica e propostas para uma maior integração em processos de projeto e produção de edifícios são examinadas e discutidas no próximo capítulo.

3 Processo de Projeto Integrado (PPI)

Para o início deste capítulo, interessa examinar dois desdobramentos históricos profundamente relacionados à proposição central desta pesquisa. O primeiro é a separação entre *concepção* e *execução*, ocorrida tanto na indústria de produtos seriados, como na construção de edifícios. O segundo é uma *fragmentação* e *especialização* das disciplinas de projeto, que se seguiu a uma explosão de novos conhecimentos científicos e tecnologias, em tal escala que tornou impossível não dividir em inúmeras diferentes especialidades as ciências, faculdades técnicas e profissões.

3.1 Separação entre concepção e execução, fragmentação e especialização na construção de edifícios

O primeiro desdobramento corresponde à transição de um modo de produção, em que o mesmo indivíduo concebe e executa o produto, para outro, em que o projetar e o fabricar estão nitidamente separados. Quanto à produção de artefatos, para Cardoso (2004), este constitui um marco fundamental para a caracterização do *design*¹⁶ e se deu em meio a profundas mudanças sociais, econômicas e culturais, que constituíram a revolução industrial a partir de meados do século XVIII. Por um lado, existe uma forte relação deste processo com o desenvolvimento da ciência moderna,

¹⁶ “A origem imediata da palavra está na língua inglesa, na qual o substantivo *design* se refere tanto à idéia de plano, desígnio, intenção, quanto à de configuração, arranjo, estrutura [...] A origem mais remota da palavra está no latim *designare*, verbo que abrange ambos os sentidos, o de designar e o de desenhar [...]” (CARDOSO, 2004, p. 14)

que possibilitou o advento da *tecnologia moderna*¹⁷, mas o autor defende que as transformações durante o século XVIII dependeram muito menos de novas maquinarias do que se costuma imaginar e deveram-se, sobretudo, a mudanças na organização do trabalho, da produção e da distribuição. Segundo Hesket (2006), o *design* passou então a constituir uma atividade especializada dentro da divisão industrial do trabalho, na qual as tarefas associadas à concepção foram separadas dos processos de realização do produto.

Mas e quanto à construção de edifícios? Para vários autores, incluindo Ferro (1979), Gama (1987) e Martinez (2000), a separação entre concepção e execução está intimamente relacionada ao desenvolvimento, difusão e consolidação dos conhecimentos e técnicas de representação gráfica. Segundo Martinez (2000), as projeções gráficas em planta, corte e elevação são conhecidas desde a Antiguidade, tendo sido citadas por Vitruvio¹⁸. No Renascimento, em meados do século XV, seu uso foi difundido e foram introduzidas as perspectivas com pontos de fuga e representações em escala, com precisão de dimensões. A partir do século XVIII estas representações foram sistematizadas na Geometria Descritiva. Deforge (1970 apud Ferro, 1979), relata que até praticamente o século XIX, o desenho foi raramente um documento de trabalho. Ferro (1979) afirma que é neste século que as tendências mais eficazes do desenho técnico industrial são introduzidas na manufatura da construção, com algumas adaptações.

Gama (1987) discute a relação entre a estereotomia, geometria prática do corte de pedras, e o desenvolvimento da geometria descritiva. O autor afirma que o desenvolvimento desta técnica apoiada na matemática formou as bases para o surgimento de novas formas de divisão do trabalho.

¹⁷ Gama (1987) faz uma discussão aprofundada dos significados de *técnica* e *tecnologia*. De forma simplificada, a *técnica* corresponde aos meios que mediam a ação do homem sobre a natureza, para satisfação de suas necessidades, enquanto *tecnologia* pode ser entendida como o estudo e conhecimento científico da primeira.

¹⁸ Vitruvio denominava os tipos de projeção “ortografia”, “icnografia” e “cenografia”, respectivamente, a planta, projeções sobre planos verticais e uma forma de perspectiva, com a profundidade representada por linhas paralelas (MARTÍNEZ, 2000)

[...] a adoção de desenhos (representação gráfica das peças a serem cortadas) permitiria a divisão do trabalho em várias etapas, sendo a própria solução geométrica dos problemas e sua representação gráfica a primeira delas. O corte das peças de pedra ou de madeira seria a etapa consecutiva, seguida da etapa de assentamento das pedras ou de montagem das estruturas de madeira. Dividido dessa maneira, o trabalho pode ser desenvolvido por vários profissionais ao mesmo tempo, e não precisa ser totalmente executado pelo mesmo artesão. Um arco, por exemplo, cortadas na pedra suas aduelas, pode ser “montado” por um ou por vários pedreiros, não sendo, nenhum deles, necessariamente, um dos que talhou a peça de pedra. Criam-se dessa maneira condições para a reunião de um grande número de artesãos no mesmo canteiro, produzindo com maior rapidez obras que individualmente executadas gastariam tempo muito maior. A geometria forneceu os elementos para a organização do trabalho em moldes que se assemelhavam ao das manufaturas em geral. (GAMA, 1987)

Relatos sobre os ofícios durante a Idade Média e Renascimento ilustram as profundas transformações que ocorreram nas formas de divisão do trabalho. Gama (1987), citando Fairbairn (1878), descreve a atividade do construtor de moinhos (*millwright*), um artesão especial que atuava na Idade Média, reunindo habilidades dos ofícios de carpinteiro, ferreiro, canteiro e pedreiro. Era um oficial itinerante que projetava, construía, montava e fazia trabalhos de manutenção nos moinhos, de invenção romana, mas difusão na idade média. Ainda no século XVIII, este artesão manejava com habilidade o machado, o martelo, a plaina e sabia tornejar, furar ou forjar, com a mesma habilidade de artesãos educados especialmente para esses ofícios. Somava-se a essas habilidades o uso da aritmética e geometria, o conhecimento da agrimensura, o cálculo das velocidades das máquinas e mecanismos de redução. Ele podia desenhar os moinhos em planta e corte, sendo capaz de construir edifícios, dutos e barragens.

Já o arquiteto, durante o Renascimento, era o profissional responsável por todo o processo de planejamento e construção de edifícios. Eles coordenavam o planejamento tanto na escala do canteiro do edifício, como da comunidade local, e desenvolviam as soluções de arquitetura e engenharia, incluindo interiores, paisagismo e mobiliário. Os proprietários ou patrocinadores da nova edificação confiavam ao mestre de obras toda a autoridade e responsabilidade sobre o processo, incluindo a contratação de todos os artesãos, decisão sobre os materiais empregados e administração, supervisão e fiscalização da obra (PREISER; VISCHER, 2005).

Um relato de Vasari (1945), sobre a vida e obra do arquiteto e escultor Filippo Brunelleschi, revela detalhes sobre o processo de planejamento e construção da *cúpula de Santa Maria del Fiore*, concluída em 1432. Brunelleschi foi nomeado mestre principal para essa obra, sendo responsável por todas as tarefas mencionadas acima, incluindo o planejamento das soluções de engenharia e arquitetura. Vasari conta que, para os menores detalhes, Brunelleschi executava modelos e desenhos. Para orientar o corte das pedras, fazia modelos em madeira e cera. Para simplificar procedimentos da obra, inventou máquinas engenhosíssimas.

Nesta época, as corporações eram responsáveis pela regulamentação e fiscalização das atividades da maioria dos artesãos. Durante o século XVIII, no entanto, enquanto floresciam os novos modos de produção nas fábricas, as corporações de ofício foram perdendo força e sendo legalmente extintas (GAMA, 1987; BONILLA, 1975). Na França, em 1776, foi proclamada lei que proibiu a organização dos artesãos em corporações e passava para a coroa o controle e fiscalização das profissões.

As formas de transmissão de conhecimento também sofreram profundas transformações. O sistema de aprendizado direto no trabalho¹⁹, característico das corporações de artesãos, foi gradativamente cedendo espaço para as novas escolas que eram fundadas. A *Académie Royale d'Architecture* foi fundada em 1671, a “*École Nationale de Ponts et Chaussées*”, em 1747, e a “*Ecole des Mines*” em 1783. Durante a Revolução Francesa, em 1793, a *Académie Royale d'Architecture* foi fechada, mas foram fundadas a “*Ecole Polytechnique*” em 1794 e a *École des Beaux Arts* em 1795.

No Brasil, devem ser citadas a antiga *Real Academia de Artilharia, Fortificações e Desenho*²⁰, fundada em 1792, e a *Escola Real de Ciências, Artes e Ofícios*²¹, fundada

¹⁹ Neste sistema, havia as categorias dos aprendizes, dos oficiais e dos mestres. As duas primeiras categorias trabalhavam sob as ordens dos últimos, que eram donos das oficinas e empresários trabalhadores independentes. Os aprendizes passavam a morar na oficina ou residência do mestre, que eram freqüentemente juntas, entre os 12 e 15 anos de idade. O aprendizado se dava na prática, sob a vigilância, disciplina e castigos físicos do mestre (GAMA, 1987).

²⁰ Esta se tornou a *Escola Politécnica do Rio de Janeiro* em 1874, voltada exclusivamente para o ensino civil.

em 1816. Posteriormente foram criadas outras escolas, como a *Escola de Minas de Ouro Preto*, em 1876, a *Escola Politécnica de São Paulo*, em 1893, a *Escola de Engenharia de Porto Alegre*, em 1896, e a *Escola Politécnica da Bahia*, em 1897. O surgimento das escolas coincide com o reconhecimento, principalmente a partir do século XIX, da arquitetura e engenharia como atividades profissionais, formais e regulamentadas, com arquitetos e engenheiros habilitados (FABRICIO, 2002).

Com a revolução industrial, os avanços tecnológicos ocorreram de forma cada vez mais acelerada. Na construção, diversas novas tecnologias foram incorporadas. Sistemas estruturais independentes foram desenvolvidos, com o uso do aço, principalmente a partir do século XIX, e do concreto, a partir do início do século XX. Ocorreu também o aprimoramento das redes de água e esgoto tratados, a introdução e disseminação dos sistemas de energia e luz elétrica, do elevador e sistemas de condicionamento termo-mecânico das edificações, principalmente entre o final do século XIX e o começo do XX. As novas tecnologias, com destaque para o ar-condicionado, possibilitaram uma ruptura dos vínculos entre o edifício e o local.

Como consequência deste desenvolvimento tecnológico cada vez mais acelerado, principalmente a partir do começo do século XX, houve uma *fragmentação e especialização* tanto dos processos produtivos, como dos processos de concepção, surgindo novas disciplinas de projeto. Estas transformações correspondem ao segundo desdobramento citado no início. Onde antes tínhamos uma única mente, o mestre de obras, conceituando e integrando padrões originados do lugar e seus habitantes, agora temos entre dezenas e centenas de diferentes empresas, organizações e indivíduos projetando o edifício e componentes que o compõem: *o todo foi fragmentado em uma miríade de peças separadas* (7GROUP; REED, 2009).

²¹ Esta foi transformada em *Academia Imperial das Belas Artes*, em 1826, e *Escola Nacional de Belas Artes*, em 1890. Em 1931, esta passou a integrar a *Universidade do Rio de Janeiro*, e em 1937, a *Universidade do Brasil*. Em 1965 foi incorporada à *Universidade Federal do Rio de Janeiro* e passou a se chamar *Escola de Belas Artes*.

3.2 Prática convencional de projeto

A discussão sobre esses dois desdobramentos históricos permite compreender, de forma um pouco mais aprofundada, características recorrentes em processos convencionais de projeto e produção de edifícios atuais. Uma questão muito importante, relacionada à separação entre *concepção* e *execução*, é a grande divisão entre as etapas de projeto e construção. Outra questão fundamental, relacionada ao segundo desdobramento, é o grande isolamento entre as disciplinas, ao longo do processo de projeto.

Uma breve descrição de processos convencionais de projeto na Europa e América do Norte é feita pela *International Energy Agency* (2003a). Inicialmente o arquiteto e o cliente concordam em relação a um conceito de projeto, constituído por um volume geral, orientação, aberturas e (usualmente) a aparência externa genérica, além de materiais básicos. Em seguida, projetistas complementares são contratados para desenvolver sistemas apropriados. Estes poderão implementar sistemas de condicionamento e iluminação bastante avançados e eficientes, mas isto resultará apenas em melhorias de desempenho marginais, combinadas com aumentos significativos nos custos. Torcellini et al. (2006) faz a mesma descrição, se referindo ao contexto dos Estados Unidos, e acrescenta que na maioria dos casos nenhuma meta de desempenho é definida para orientar o processo.

Descrições muito similares são feitas por Melhado (2001) e Fabrício (2002), se referindo a processos convencionais de projeto no Brasil. Aqui também é comum a contratação apenas dos arquitetos, para a concepção inicial do produto (edifício). Os demais projetistas e representantes da construtora não participam neste momento e muitas decisões são tomadas sem a contribuição destes agentes. Trata-se de um processo segmentado, com grande isolamento entre as disciplinas, o que dificulta e reduz bastante a possibilidade de colaboração entre os projetistas. É comum, que a proposição de modificações por um projetista de determinada especialidade implique na

revisão de projetos já mais amadurecidos de outras especialidades, significando enormes retrabalhos ou até mesmo o abandono de projetos inteiros (FABRÍCIO, 2002).

Estas características limitam as oportunidades para o alcance dos objetivos estabelecidos, já que sem a troca de informações entre estes agentes, o projeto comumente resulta mal definido, mal especificado e mal resolvido (MELHADO, 2001). Também podem ocorrer acréscimos significativos nos custos para execução, além da insatisfação de clientes e usuários. A *International Energy Agency* (2003a) explicita algumas conseqüências, comuns em processos dessa natureza, relacionadas ao conforto ambiental e eficiência energética:

- Exploração restrita do potencial de ganho de calor passivo devido à radiação solar nos períodos frios do ano (em países de clima frio);
- Possível exposição do edifício a ganhos de calor excessivos devido à radiação solar em períodos quentes do ano;
- Não aproveitamento do potencial de iluminação natural, devido à locação e dimensionamento inadequados das áreas envidraçadas ou ausência de recursos que permitam uma penetração mais profunda de luz no interior dos ambientes; e
- Exposição dos usuários a severo desconforto, devido ao superaquecimento de ambientes voltados para o oeste ou ofuscamento em áreas sem sombreamento adequado.

3.3 Integração em abordagens focando a gestão de processos de projeto e produção de empreendimentos

Analisando-se processos convencionais de projeto, percebe-se que as possibilidades de se aumentar o desempenho do conjunto de soluções do edifício são grandes nas primeiras etapas e vão diminuindo ao longo do desenvolvimento do

projeto. Como a melhoria do desempenho das edificações depende em grande parte de uma consideração global e sistêmica dos vários subsistemas do edifício, autores focando a gestão propõem a integração entre as várias disciplinas de projeto desde o início do processo, já na fase de planejamento do empreendimento ou de Pré-projeto (MELHADO, 1994; 2001; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003).

Melhado (1994), em sua tese de doutorado, defende a formação de uma equipe multidisciplinar de projeto desde as primeiras etapas, com procedimentos de coordenação de projeto metodologicamente estabelecidos, em contraposição à segmentação e isolamento das disciplinas, característicos de práticas convencionais. Além destes elementos, é defendida a necessidade de maior integração entre as fases de projeto e produção do edifício, visando melhorar aspectos de qualidade do processo, como a racionalidade, construtibilidade e atendimento às expectativas dos clientes.

Em outro trabalho, Melhado (1999), baseando-se em Jouini (1999), identificou três interfaces principais nas quais podem ser estabelecidas práticas de *cooperação simultânea*:

- (i1) interface entre o mercado (demanda) e promotor (empreendimento), na qual são definidas as reais necessidades e condições do projeto. Nesta deve haver a cooperação entre empreendedor (cliente) e equipe de projeto para a elaboração e questionamento dos programas para o produto (edifício);
- (i2) interface transversal entre as especialidades de projeto, na qual deve ocorrer uma maior integração entre as disciplinas, desde o começo do processo, com a definição de um coordenador para a gestão do processo; e
- (i3) interface entre as etapas de projeto e produção da edificação, que devem ser integradas a partir da colaboração entre representantes de cada uma,

para elaboração e questionamento do detalhamento do projeto e dos *projetos para produção*²².

Fabrício (2002) acrescenta mais duas interfaces a este modelo (Figura 3.1):

- (i4) interface representada pela necessidade de acompanhamento da obra e elaboração do “*as built*”, que subsidiem a futura manutenção do edifício e sirvam de entrada para a retroalimentação de projetos futuros; e
- (i5) interface relacionada à Avaliação Pós-Ocupação (APO), que permite a aferição dos resultados alcançados, bem como a satisfação dos usuários e sirvam como entrada para a retroalimentação de projetos futuros.

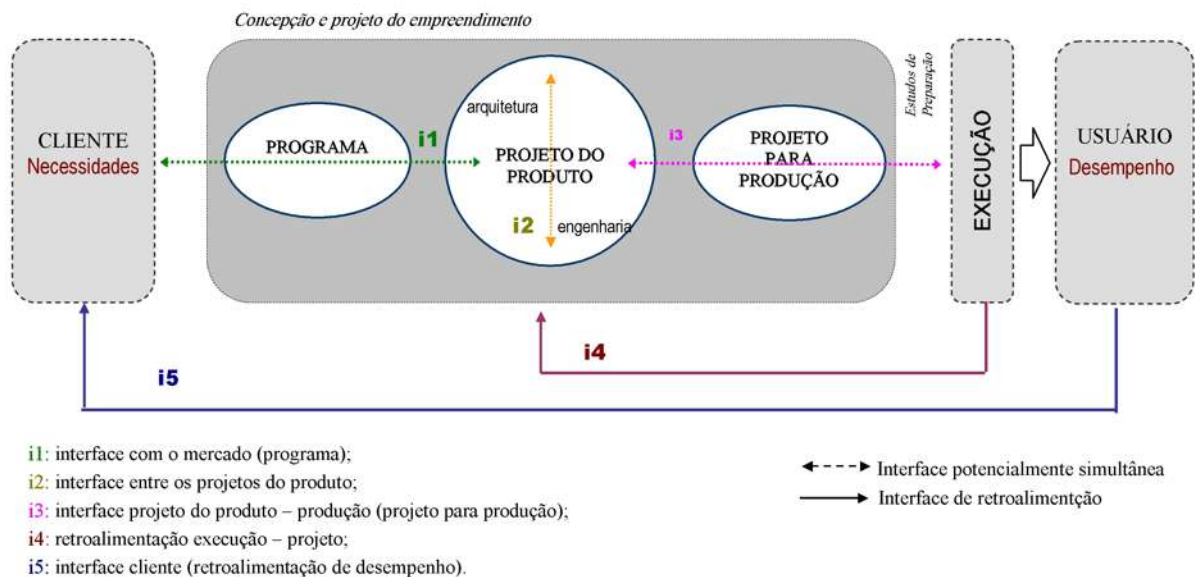


Figura 3.1 Interfaces do processo de desenvolvimento de produto na construção de edifícios (FABRÍCIO, 2002)

²² Estes são definidos por Melhado (1994, p. 196) como “conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção em obra, contendo as definições de: disposição e seqüência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora”. São exemplos os projetos para: produção de formas, alvenaria de vedação, impermeabilização e revestimentos.

Em sua tese de Livre-Docência, Melhado (2001) amadurece a discussão desses conceitos, denominando a integração entre os trabalhos multidisciplinares e entre as etapas de projeto e produção do edifício como *Projeto Simultâneo do Produto e de sua Produção* (PSPP). Este termo empresta de outros setores da indústria o conceito de *engenharia simultânea*.

3.4 PPIs focando o desempenho ambiental

Em abordagens de PPI focando o desempenho ambiental, uma maior integração entre as diferentes disciplinas e entre as etapas do processo também é considerada fundamental para o alcance das metas estabelecidas. Estas acrescentam outros elementos metodológicos importantes, para adereçar as metas de desempenho ambiental.

Uma referência importante é o conjunto de publicações elaborado pelo *Task 23 Optimization of Solar Energy Use in Large Buildings*²³, um grupo de trabalho dentro do *Solar Heating & Cooling Programme* da *International Energy Agency*²⁴ (IEA), que, entre 1997 e 2002, desenvolveu um conjunto de metodologias e ferramentas para orientar processos de projeto, focando aspectos de desempenho ambiental, principalmente a eficiência energética (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). O grupo foi constituído por membros dos Estados Unidos, Canadá, Japão e nove países da Europa. O conjunto de publicações produzido inclui: um guia que explica detalhadamente as diretrizes metodológicas propostas e as características estruturais do processo, quanto às relações entre etapas e atividades, agentes envolvidos e metas de desempenho estabelecidas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a); e um guia resumido (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003b), para uma introdução inicial aos conceitos propostos.

²³ *Otimização do Uso de Energia Solar em Grandes Edifícios.*

²⁴ *Programa de Aquecimento e Refrigeração Solar da Agência Internacional de Energia*

O processo proposto pela *International Energy Agency* (2003a) foi denominado *Integrated Design Process* (IDP), também adotado por vários outros autores (ZIMMERMAN, 2006; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). Já o termo *Whole Building Design*²⁵ foi proposto pelo *National Institute for Building Sciences*²⁶ (NIBS), dos Estados Unidos, e adotado por diversas outras instituições americanas, como o *National Renewable Energy Laboratory* – NREL (TORCELLINI et al., 2006) e o *Los Alamos National Laboratory* - LANL (2002). Outros termos incluem o *Whole System Integration Process*²⁷ (MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006) e o *Integrative Process*²⁸ (7GROUP; REED, 2009).

O *Low-Energy Design Process*²⁹ foi proposto inicialmente por Torcellini, Hayter e Judkoff (1999 apud TORCELLINI et al., 2005a) e incluído em apêndice do relatório do NREL, sobre o processo de projeto integrado e a eficiência energética do *Zion National Parl Visitor Center* (ZNPVC), em Utah, Estados Unidos. Neste processo, o cliente, arquiteto, engenheiro e consultor de energia formam um time de projeto colaborativo, focado em reduções de consumo e custos de energia, desde o início do processo. Após o comprometimento da equipe com as metas de desempenho energético estabelecidas, o guia proposto servirá de orientação para a análise das alternativas e para tomada de decisões.

Este modelo de processo começa antes da etapa de conceituação, quando o tamanho do edifício, tipo, local e uso já são conhecidos. O processo continua, então, durante as demais etapas de projeto, construção e comissionamento, até a etapa de uso e operação. Trata-se de um método quantitativo e qualitativo, baseado em simulação com ferramentas computacionais, para auxiliar arquitetos e engenheiros a elaborar edifícios eficientes energeticamente. Não é um processo intuitivo. Os consumos e custos de energia de edifícios dependem de complexas interações entre

²⁵ *Projeto Global de Edifício.*

²⁶ Consultar o *Whole Building Design Guide*. Disponível em: <<http://www.wbdg.org/>>

²⁷ *Processo de Integração Global de Sistemas.*

²⁸ *Processo Integrativo.*

²⁹ *Processo de Projeto para Baixo Consumo Energético.*

muitos parâmetros e variáveis, de forma que fórmulas simplificadas e cálculos manuais não são suficientes para equacioná-los. Para o estudo das interações entre envoltória, sistemas de climatização e outros elementos de projeto, o uso de ferramentas computacionais de simulação é mais eficaz (TORCELLINI et al., 2005a).

Já o *Whole Building Design Guide* (WBDG) é um guia baseado em rede³⁰, desenvolvido pelo NIBS, provendo uma grande variedade de informações atualizadas para orientar atividades relacionadas à construção. Atualmente o guia é organizado em três categorias principais: Guia para Projeto (*Design Guidance*); Gestão de Projeto (*Project Management*); e Operação e Manutenção (*Operations & Maintenance*). As informações são apresentadas na forma de páginas interativas, percorrendo sobre os diversos tópicos. Também são disponibilizados documentos e referências para serem baixados.

Kibert (2005) e *The American Institute of Architects* (2007) discutem oportunidades, limitações e alterações necessárias em processos de entrega de empreendimentos, para a implementação dos elementos metodológicos de PPIs, e acrescentam informações sobre disposições legais e modelos de contratação, recorrentes nos Estados Unidos.

Finalmente, é importante destacar dois guias: o *Roadmap for the Integrated Design Process*, elaborado por Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) para o *British Columbia Green Building Roundtable*; e o *The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the practice of sustainability*, elaborado por 7group e Reed (2009). São guias bastante completos, com conceitos, princípios fundamentais, etapas e atividades muito bem caracterizadas. O segundo, no entanto, é um guia muito mais detalhado, incluindo relatos abrangentes de várias situações vivenciadas pelos autores em diferentes processos de projeto, que demonstram com clareza os argumentos e proposições defendidas.

³⁰ <<http://www.wbdg.org/>> acesso em: 27 jun. 2009

Apesar das variações na forma de apresentação, em todas estas abordagens, os principais conceitos e elementos metodológicos propostos coincidem. Dois conceitos são centrais: (1) consideração de todo o ciclo de vida do edifício; e (2) entendimento global e sistêmico do edifício, considerando as interdependências entre os subsistemas que o compõem.

A consideração de todo o ciclo de vida do empreendimento implica em levar em conta todas as etapas do empreendimento, desde o planejamento inicial até a adaptação para reuso e/ou demontagem e reciclagem, ao final da etapa de uso e operação. A terminologia adotada para designar cada etapa varia na literatura e o Quadro 3.1 reúne alguns exemplos. Os termos adotados usualmente na prática profissional no Brasil são muito próximos dos presentes na norma NBR 13531/1995 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995). Estes refletem uma percepção de que o projeto corresponde ao produto final do processo, o que é evidenciado pelos termos *Estudo Preliminar*, *Anteprojeto* e *Pré-execução*, indicando a produção de documentos preliminares ao *Projeto para Execução*, este sim representando o projeto “definitivo”. Os termos também não fornecem indícios da natureza das atividades em cada etapa. Em contrapartida, a terminologia proposta para o *Manual de escopo de serviços para coordenação de projetos*, publicado pela *Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto – AGESC* (MELHADO et al., 2006), reflete um entendimento do projeto como um *processo* e os termos estão associados às atividades dentro de cada etapa.

O mesmo vale para a terminologia usualmente empregada na América do Norte, muito próxima da adotada pela *International Energy Agency* (2003), em seu guia sobre PPI. Para este texto foi considerada adequada uma terminologia próxima desta última. Os seguintes termos foram adotados: *Pré-projeto (Pre-design)*; *Conceituação do Projeto (Concept Design)*; *Desenvolvimento do Projeto (Design Development)*, *Documentos de Construção (Construction Documents)*; *Construção (Building Construction)* e *Uso e Operação (Building Operation)*.

NBR 13531/1995 Elaboração de projetos de edificações – atividades técnicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995)	Manual de escopo de serviços para coordenação de projetos (MELHADO et al., 2006)	Integrated Design Process: a guideline for sustainable solar-optimised building design (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a)	Terminologia adotada para este texto
Levantamento (LV)	Concepção do produto	Pre-design	Pré-projeto
Programa de Necessidades (PN)			
Estudo de Viabilidade (EV)			
Estudo Preliminar (EP)	Definição do produto	Concept Design	Conceituação do Projeto
Anteprojeto (AP) e/ou Pré-execução (PR)		Design Development	Desenvolvimento do Projeto
Projeto Legal (PL)			
Projeto Básico (PB)	Identificação e solução de interfaces de projeto		
Projeto para Execução (PE)	Projeto de detalhamento das especialidades	Construction Documents	Documentos de Construção
(não contempla)	Pós-entrega de projetos	Building Construction	Construção
(não contempla)	Pós-entrega da obra	Building Operation	Uso e Operação

Quadro 3.1 Terminologias adotadas para as etapas do empreendimento

Segundo a *International Energy Agency* (2003a), é necessária uma clara definição das etapas e subestágios do processo e a identificação dos marcos de passagem³¹. Esta macro-estrutura é linear e seqüencial, assemelhando-se a de processos convencionais, mas, ao examinar a relação entre as atividades dentro de cada etapa, exemplos de PPI revelam um desenho de processo bastante diverso. O encadeamento de tarefas, para o desenvolvimento de cada solução de projeto configura ciclos iterativos, nos quais as alternativas são formuladas, analisadas e reformuladas até encontrar-se a melhor solução. Esta caracterização do fluxo de tarefas pôde ser observada a partir de experiências de PPI, na Europa e América do Norte (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2002a). A Figura 3.2 representa um desses ciclos iterativos, para resolução de um problema de projeto. Em cada ciclo, participam os membros da equipe de projeto relevantes.

³¹ Marcos de passagem (*milestones*) são representados por momentos críticos de tomada de decisão, como, por exemplo, a escolha do local, o resultado do concurso para o projeto e o final da etapa de Documentos de Construção (IEA, 2003a).

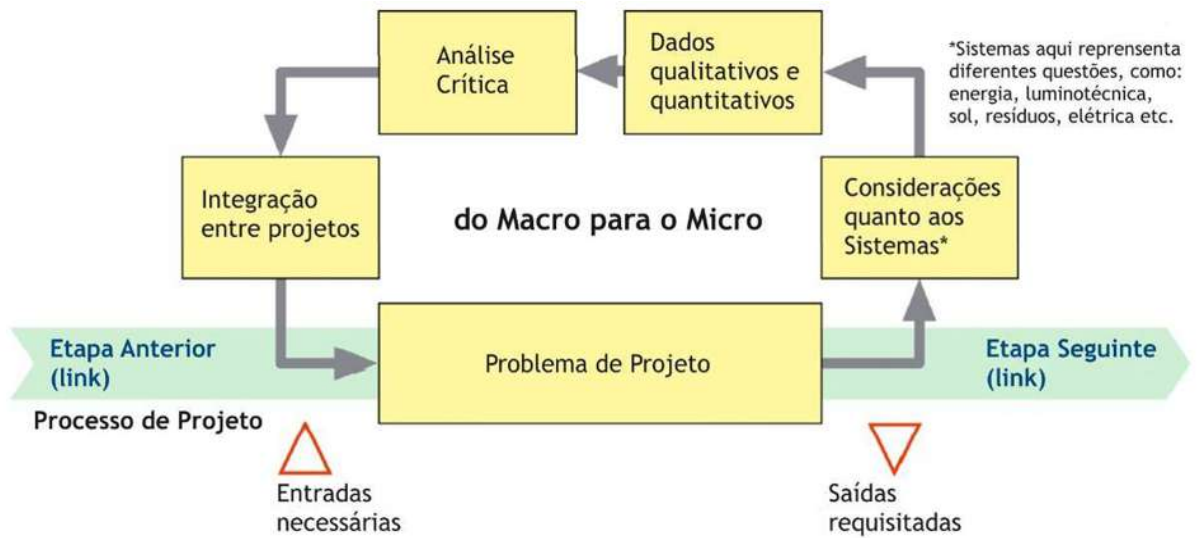


Figura 3.2 Modelo de uma etapa do processo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a)

Malin (2004) observa que processos iterativos também ocorrem em processos convencionais, mas de forma predominantemente isolada em cada disciplina, para o desenvolvimento de diferentes subsistemas, enquanto em PPIs a equipe trabalha colaborativamente para desenvolver todos os aspectos do projeto. Na Figura 3.3, ilustrando processos convencionais, e na Figura 3.4, ilustrando o PPI, os pequenos quadrados representam os subsistemas desenvolvidos ao longo das etapas. Na primeira figura, há grande isolamento entre os subsistemas e uma parte deles (por exemplo, sistemas ativos para condicionamento e iluminação) é adereçada apenas nas etapas finais de projeto. Em contrapartida, no PPI, devido à estreita colaboração entre todos os agentes, todos os subsistemas são considerados de forma integrada desde as etapas iniciais.

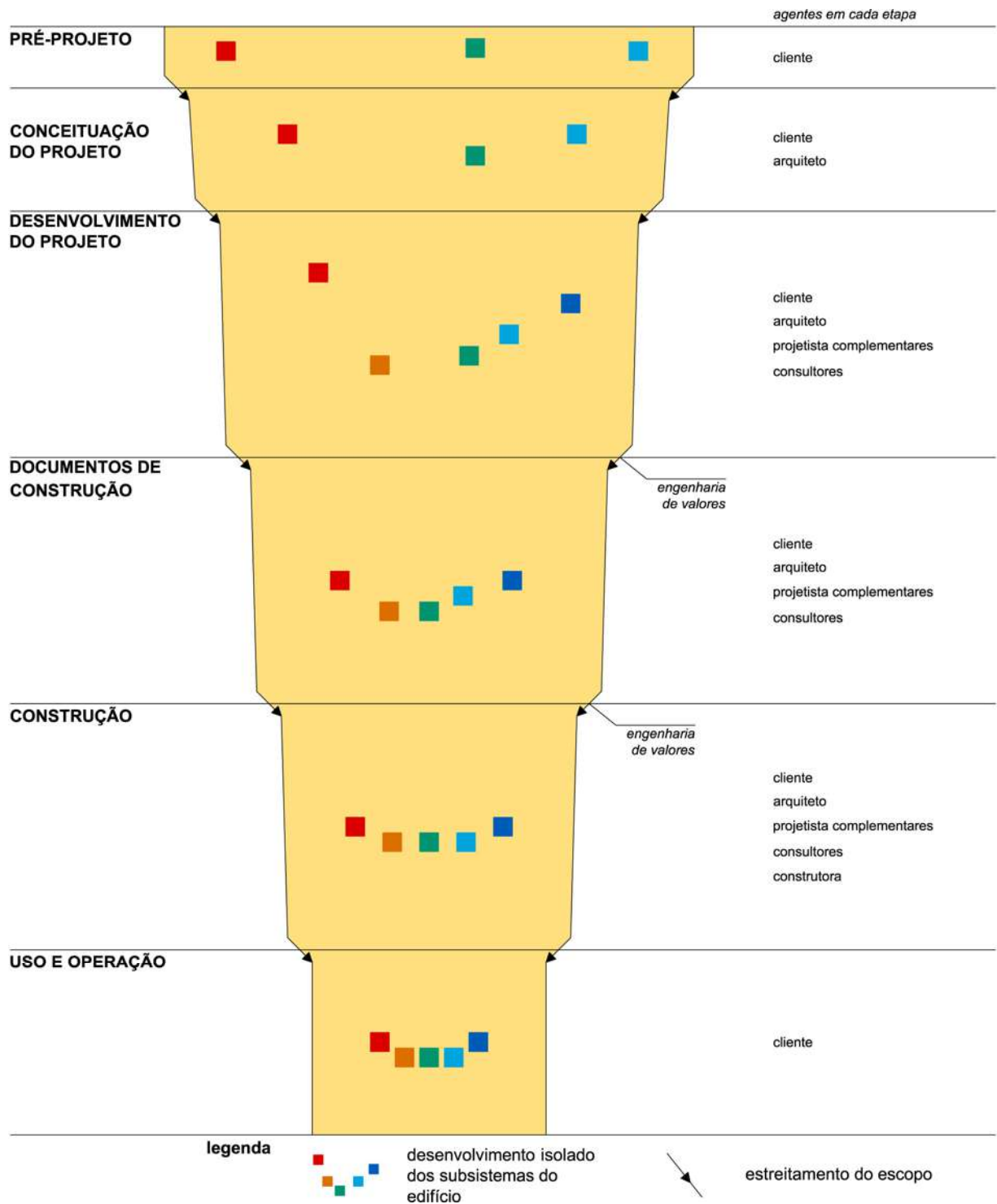


Figura 3.3 Processo de projeto convencional³²

³² Baseada nos autores 7group e Reed (2009).

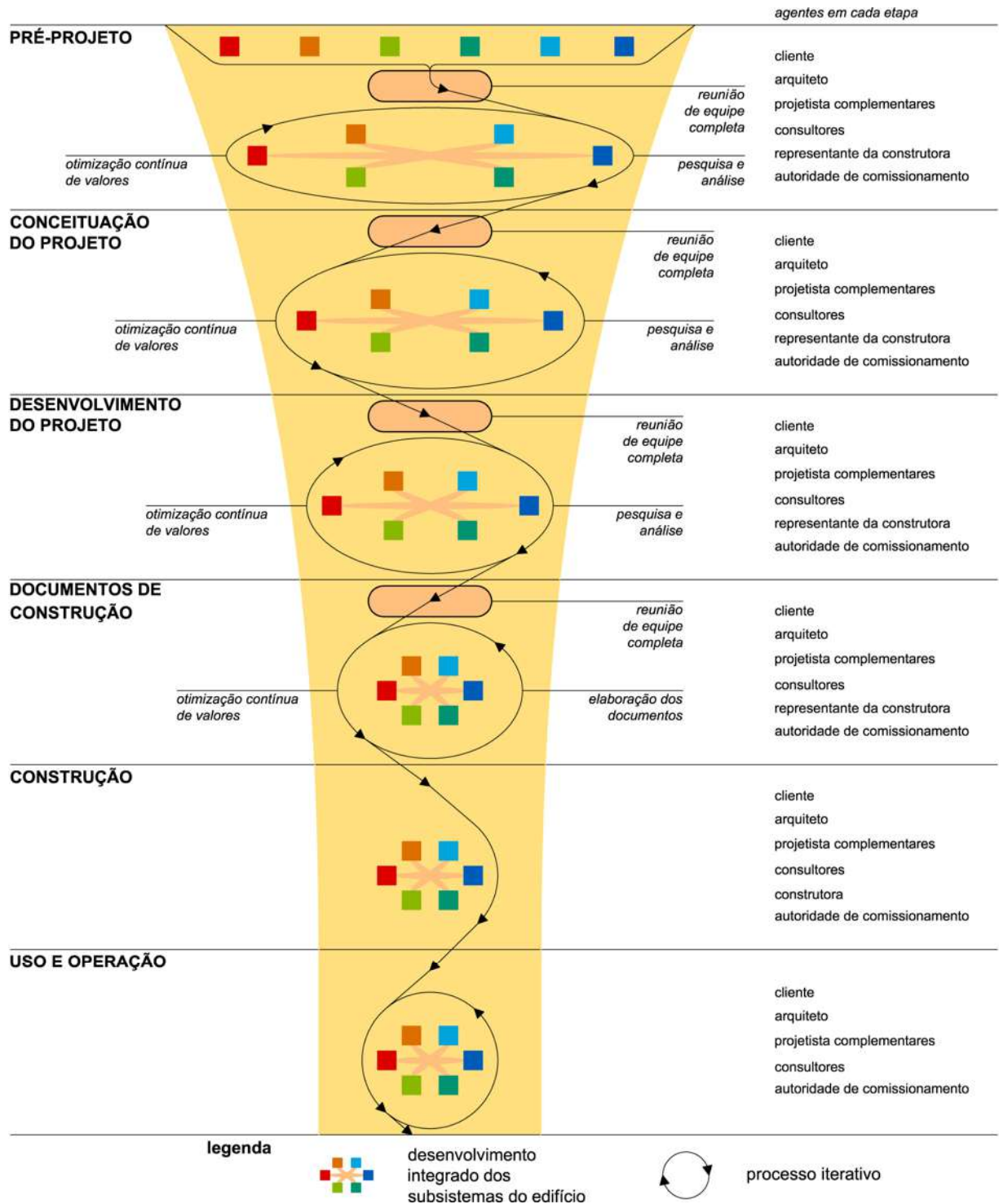


Figura 3.4 Processo de Projeto Integrado³³

³³ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Outra diferença importante é o deslocamento de uma série de atividades para as fases iniciais, para garantir que as entradas de informações sejam adequadas. As etapas de Pré-Projeto e Conceituação são mais longas, mas uma base mais rica de informações de entrada possibilita um melhor desenvolvimento das soluções e menor necessidade de alterações nas etapas seguintes. Conseqüentemente, a etapa de Documentos de Construção resulta mais curta, podendo compensar o tempo adicional despendido no início (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009).

Atualmente, existem vários exemplos de processos de projeto internacionais com essas características e estudos documentados revelam a eficácia das novas metodologias de projeto propostas para o alcance de metas agressivas de desempenho ambiental. Exemplos na Europa e América do Norte são apresentados em duas publicações da *International Energy Agency* (2000; 2002a), com cinco estudos de caso em cada uma. Em outra publicação, são apresentados seis exemplos de PPI dos Estados Unidos, com reduções no consumo anual de energia de 25 a 70% (TORCELLINI et al., 2006). Cada um desses projetos foi documentado em relatórios individuais, nos quais o desempenho energético das edificações foi avaliado pelo *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), dos Estados Unidos (PLESS; TORCELLINI, 2004; DERU; TORCELLINI; PLESS, 2005; TORCELLINI et al., 2005a; TORCELLINI et al., 2005b; DERU et al., 2005; GRIFFITH et al., 2005).

Entre estes, pode-se destacar o projeto do Zion National Park Visitors Center, nos Estados Unidos (TORCELLINI et al., 2005a), pois o relatório contém um registro bem caracterizado do processo de projeto. O edifício alcançou uma redução nos custos de energia de 67% em relação ao modelo base de referência, em grande parte devido aos elementos metodológicos empregados desde o início, tais como: trabalho multidisciplinar integrado; definição consensual das metas de desempenho; e uso de ferramentas computacionais de simulação.

Elementos metodológicos propostos nas referências consultadas são discutidos a seguir.

3.4.1 Trabalho multidisciplinar integrado

A caracterização proposta pelo *Market Transformation to Sustainability* (2006), 7group e Reed (2009) para o PPI também considera os ciclos iterativos. Segundo estes autores, o processo pode ser descrito simplesmente como a repetição de um padrão de *pesquisa e análise e reuniões de equipe completa* (Figura 3.4). Nas atividades de *pesquisa e análise*, membros individuais de cada disciplina da equipe elaboram uma compreensão preliminar e depois desenvolvem as questões relacionadas ao projeto.

As primeiras atividades de *pesquisa e análise* correspondem à preparação para a reunião de equipe inicial, incluindo: definição do *programa de necessidades*; seleção do sítio; realização de análise minuciosa do local e entorno; e seleção de sistema de avaliação e certificação ambiental. Na *reunião de equipe inicial*³⁴ é estabelecido um alinhamento de toda equipe em torno dos objetivos, princípios e metas do empreendimento. A pauta deve incluir: apresentação, a todos os participantes, dos aspectos do PPI, programa de necessidades preliminar e dados detalhados do local; discussão e estabelecimento consensual de princípios, objetivos, bases de referência, e metas de desempenho; e discussão e definição dos meios, papéis e responsabilidades. O relacionamento entre todos os projetistas responsáveis pelas disciplinas permite que os diferentes subsistemas sejam considerados de forma integrada, identificando-se, cedo, as interdependências e garantindo a constituição de uma equipe coesa.

Em seguida, novas atividades de *pesquisa e análise* alternam-se com a realização de *reuniões de equipe*, em ciclos iterativos (Figura 3.4). As pesquisas, análises e proposições de alternativas vão sendo refinadas ao longo do desenvolvimento do projeto, repetindo-se este padrão até a elaboração final dos Documentos de Construção. Entre as atividades de *pesquisa e análise*, também deve

³⁴ Nas referências são adotados os termos *first team workshop* (7GROUP; REED, 2009), *“kick-off” workshop* (IEA, 2003a) ou *charrete* (ZIMMERMAN, 2006). Este último termo tem origem na língua francesa e se refere a um antigo costume em escolas francesas de empregar uma charrete para recolher apresentações finais de projetos. Como muitas vezes, os alunos continuavam trabalhando e finalizavam os trabalhos na própria charrete, o termo passou a ser empregado para designar um momento intenso de registro de idéias no papel (LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY, 2002).

haver reuniões específicas, apenas com os membros diretamente envolvidos com uma determinada questão de projeto.

Constituição da equipe

Em todas as abordagens de PPI consultadas, é defendida a necessidade de constituir a equipe para o projeto, desde a etapa inicial de Pré-projeto, mantendo-a ao longo de todo o processo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; MALIN, 2004; REED, 2005; TORCELLINI et al., 2005a; MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006; ZIMMERMAN, 2006; THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Os seguintes agentes devem participar: cliente; gerente de operação; representantes dos usuários; coordenador de projetos; arquiteto e demais projetistas; especialista em eficiência energética e outros consultores necessários; consultor de custos; representante da construtora; e a autoridade de comissionamento.

A Figura 3.5, representando a relação entre agentes em processos de projeto convencionais, mostra como o escritório de arquitetura, primeiro agente contratado pelo cliente, costuma centralizar as relações com os demais agentes, projetistas, consultores e construtora. Em PPIs é buscada uma estrutura organizacional que permita uma maior relação entre todos os agentes (Figura 3.6).

O papel do cliente é fundamental para o alcance de metas de desempenho ambiental (REED, 2005; THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007). Há vários exemplos de processos de projeto integrados, nos quais uma intensa participação do cliente durante todo o processo foi considerado muito importante para alcançarem-se as metas estabelecidas. Torcellini et al. (2006) descreve seis casos de processos de projeto, nos Estados Unidos, nos quais a motivação e o comprometimento com as metas almejadas, por parte dos clientes, foram consideradas as principais forças motoras para viabilizar os empreendimentos.

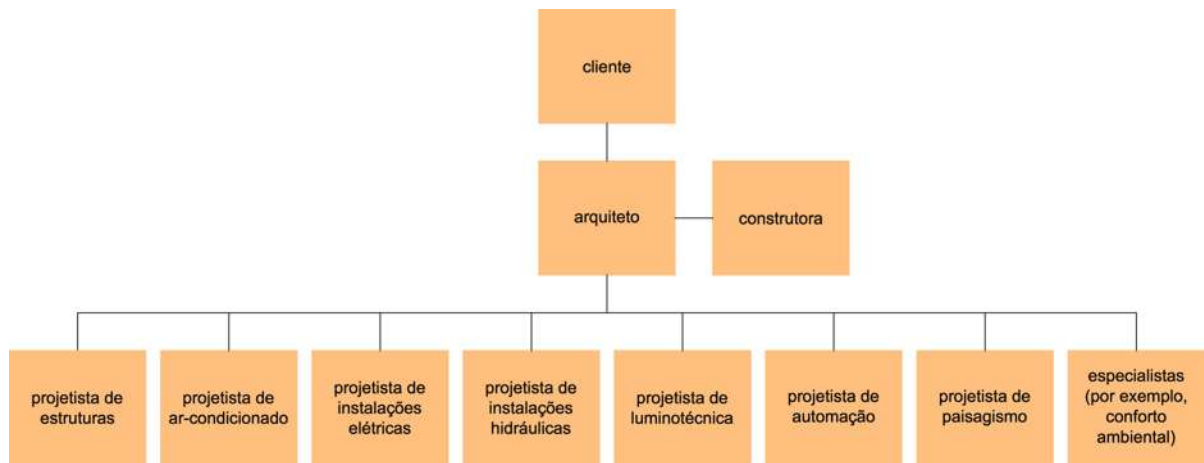


Figura 3.5 Relações entre agentes em processos de projeto convencionais³⁵

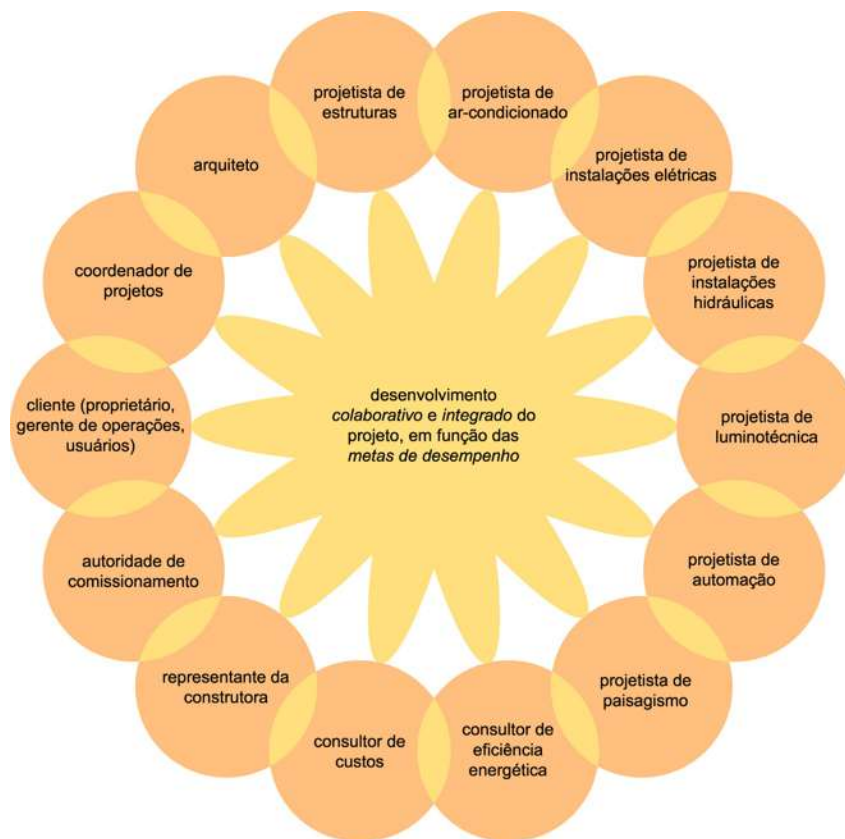


Figura 3.6 Relações entre agentes em PPIs³⁶

³⁵ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007).

³⁶ Baseada em guia do *Los Alamos National Laboratory* (2002).

A participação de representantes da construtora desde o início da etapa de projeto e a participação dos projetistas na etapa de construção também são muito importantes, para melhorar a integração entre essas etapas (THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009; MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003). A participação de profissionais com ampla experiência de obra poderá ser de grande valia para a seleção dos sistemas estruturais e construtivos mais adequados e antecipação de problemas recorrentes de compatibilização.

3.4.2 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)

Outro elemento metodológico fundamental em PPIs é a discussão e definição *consensual* de metas de desempenho claras e mensuráveis, logo no início do processo, bem como sua verificação e atualização ao longo das etapas seguintes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006; ZIMMERMAN, 2006; THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). A metodologia de *Avaliação de Desempenho do Edifício – ADE* (PREISER; VISCHER, 2005), é uma referência muito importante neste sentido, já que propõe a adoção de elementos que possibilitam avaliar o progresso do projeto, por meio do controle contínuo dos resultados. Estes elementos permitem identificar riscos às metas almejadas, em tempo para que medidas corretivas sejam implementadas sem grandes percalços (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

A elaboração do *Programa de Necessidades*, logo no início do processo, explicitando os objetivos, necessidades e requisitos do cliente, é um primeiro passo. Após a formação da equipe de projeto, os requisitos do cliente deverão ser traduzidos em princípios, critérios, unidades de medida e bases de referência (*benchmarks*), necessários para a definição, verificação e atualização das metas (7GROUP; REED, 2009). A discussão e definição *consensual* destes elementos é uma forma eficaz para

criar alinhamento entre toda a equipe, formando uma base sólida para orientar todo o processo.

Programa de necessidades

É consenso entre muitos autores e profissionais da área que o *programa de necessidades* desempenha um papel fundamental em processos de projeto e produção de edifícios. Moreira e Kowaltowski (2009) definem este documento, como o levantamento, compreensão e organização das informações necessárias para o desenvolvimento do projeto. Os autores explicam que a elaboração do programa é um processo de análise do contexto, abrangendo situações, não apenas físicas e limitadas por uma área ou terreno e características geográficas, mas também de uso, culturais, urbanas, estruturais etc..

O programa deve ser bastante completo e claro, compreendendo as principais áreas, funções, proximidades e adjacências. Os requisitos funcionais devem ser expressos, inclusive, por meio de parâmetros para o conforto térmico, acústico, luminoso e qualidade do ar, pois o conforto ambiental é um dos elementos da arquitetura que mais influencia o bem estar dos usuários (KOWALTOWSKI et al., 2006). Para essas definições, quando possível, é recomendada a consulta aos futuros usuários (VOORDT; WEGEN, 2005; MOREIRA; KOWALTOWSKI, 2009).

Comissionamento

Outro conceito importante é o de *comissionamento* dos sistemas do edifício, descrito em detalhe por Michael J. Holtz em um capítulo da publicação editada por Preiser e Vischer (2005). Trata-se de um procedimento formal visando prover comprovação documentada de que os sistemas do edifício funcionam de acordo com os critérios estabelecidos nos documentos de projeto e necessidades de operação do cliente (BUILDING COMMISSIONING ASSOCIATION, 1999).

Em consonância com a estrutura da ADE, o processo de comissionamento é tipicamente organizado nas seguintes etapas: Projeto; Construção; Aceite e Garantia (PREISER; VISCHER, 2005). É recomendada a contratação de uma *autoridade de comissionamento* de terceira parte, que, a partir da etapa de Pré-projeto, deverá elaborar os documentos de *Requisitos do Cliente*³⁷ (RC) e, em seguida, de *Base Consensual de Projeto*³⁸ (BCP).

Para 7group e Reed (2009), os *Requisitos do Cliente* (RC) devem ser desenvolvidos a partir do programa de necessidades e do relatório de uma primeira reunião de equipe multidisciplinar, na qual as necessidades programáticas e funcionais, os objetivos e as metas de desempenho são explorados e discutidos por todos os membros. Devem conter requisitos do cliente para o projeto, expectativas quanto ao desempenho esperado e explicitar idéias importantes, conceitos e critérios de desempenho (PREISER; VISCHER, 2005).

Já a *Base Consensual de Projeto* (BCP) documenta os princípios por trás das decisões de projeto, define a resposta coletiva da equipe de projeto para os requisitos e objetivos do cliente e estabelece os critérios de desempenho que orientarão os futuros procedimentos de comissionamento (PREISER; VISCHER, 2005). Trata-se de uma tradução dos *Requisitos do Cliente*, expressos de forma mais genérica, em uma descrição técnica das metas de desempenho e unidades de medidas, definidas para cada sistema do edifício (7GROUP; REED, 2009).

Estes três documentos, Programa de necessidades, RC e BCP, orientarão as decisões de projeto, verificando-se o atendimento às metas estabelecidas e atualizando-as, conforme as necessidades, oportunidades e restrições ao longo do processo (7GROUP; REED, 2009).

³⁷ O primeiro documento aparece na literatura com denominações variadas, como *Design Intent* (PREISER; VISCHER, 2005) ou *Owner's Project Requirements* - OPR (7GROUP; REED, 2009), sendo a última mais comum e a que melhor descreve o conteúdo.

³⁸ Este documento aparece na literatura como *Basis of Design* – BOD (PREISER; VISCHER, 2005; 7GROUP; REED, 2009).

Sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos

A adoção de sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos é recomendada (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009) e podem auxiliar na definição de metas específicas de desempenho. É importante que o sistema selecionado seja entendido como uma ferramenta de suporte para alcançar metas mais rigorosas, e não como um fim. Como as variáveis são muitas e diferem muito em cada caso, requisitos específicos podem ser inadequados ou conflitantes entre si. É necessário, então, o questionamento e análise crítica, por parte da equipe, de cada requisito e meta, considerando os objetivos e expectativas particulares, necessidades e interdependências entre diferentes sistemas.

Monitoramento contínuo, recomissionamentos e Avaliações Pós-Ocupação

Como parte do processo de ADE, na etapa de Uso e Operação, as metas estabelecidas no projeto, devem ser avaliadas, por meio de monitoramento contínuo, recomissionamentos e APOs esporádicas. Os resultados obtidos podem orientar ajustes e correções de elementos do edifício que não funcionaram como esperado. São importantes a documentação e disponibilização dos resultados, para que possam servir de referência para projetos futuros (PREISER; VISCHER, 2005).

3.4.3 Gestão do processo

No início do processo, também é fundamental a discussão e definição consensual dos meios, papéis e responsabilidades (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006; ZIMMERMAN, 2006; THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Como geralmente PPIs, com metas rigorosas de desempenho ambiental, possuem níveis de

complexidade elevados, o modelo de gestão adotado pode ser muito importante, provendo os instrumentos necessários para monitoração e identificação de qualquer ameaça às metas estabelecidas e possibilitando que medidas corretivas sejam tomadas em tempo. Neste sentido, os trabalhos de Melhado (1994; 2001), Fabrício (2002) e Romano (2003), discutindo a gestão da qualidade em processos de projeto e produção de edifícios, fornecem conceitos e proposições importantes.

Segundo Melhado (2001), os elementos centrais a sistemas de gestão da qualidade são a padronização, o controle e a melhoria dos processos, por meio da formalização e padronização de procedimentos, bem como do monitoramento e avaliação desses procedimentos. O controle do processo engloba: verificação, análise crítica, validação e documentação. Sempre que, na resolução de um determinado problema, é identificado um resultado insatisfatório, volta-se ao início do estágio em questão, para reformulação da solução, havendo em seguida, nova verificação e análise crítica. Isto se repete até a solução ser considerada satisfatória, sendo então validada e documentando-se todo o processo.

Sistemas de gestão podem assegurar um maior controle dos processos da empresa, mas, para que processos de projeto e produção de edifícios possam incorporar as melhorias almejadas, suas particularidades precisam ser levadas em conta, elaborando-se diretrizes específicas para orientá-los (MELHADO, 2001).

Plano da Qualidade do Empreendimento (PQE)

Neste sentido, recomenda-se a elaboração de um *Plano da Qualidade do Empreendimento* (PQE), para orientar as equipes de projeto e produção, quanto aos rumos que deverão ser tomados ao longo de todo o processo (MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003). Em linhas gerais, este deve abranger: análise dos riscos para a qualidade, o conjunto de legislações e normas a respeitar, incluindo procedimentos de execução e controle adotados, pontos críticos para controle, análise crítica e validação, formas de comunicação e a divisão de responsabilidades entre os

integrantes da equipe do empreendimento, envolvendo projeto, coordenação de obra, equipes de execução e fornecedores.

O sistema de gestão também deve assegurar uma comunicação adequada entre todos os integrantes da equipe em todos os momentos. Uma infra-estrutura adequada de comunicação precisa ser arranjada, incluindo-se os meios técnicos (sistemas, softwares, normatização etc.) e as competências dos agentes. As informações mais atuais devem estar disponíveis sempre e para todos. Problemas e ressalvas devem ser comunicados imediatamente, de forma clara e completa. Isto requer um sistema de gestão eficiente expressando fluxogramas de atividades claros, incluindo os papéis e responsabilidades de cada membro da equipe (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

No PPI também deve ser buscada a união e coordenação de competências nas áreas de projeto de edificações e gestão. Um especialista externo pode ser contratado, caso as competências para coordenação e controle não estejam disponíveis na equipe, incluindo o cliente. Entre as possibilidades está a contratação de um facilitador³⁹, que se dedica à coordenação e gestão do processo, e detém competência nos conteúdos específicos relacionados às metas de desempenho ambiental (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

Fluxograma de atividades e mapa do PPI

Para a definição adequada da estrutura de colaboração da equipe, é recomendado o desenvolvimento de um *fluxograma de atividades (workflow)* e (ou) um *mapa do PPI (Integrative Process Road Map)*, que identifiquem detalhadamente os

³⁹ O facilitador é responsável pela gestão do PPI e suas atribuições podem incluir: auxiliar a condução das reuniões de equipe, compartilhamento de informações e definição de metas; estimular a equipe a questionar e ir além do atendimento a normas; e auxiliar a equipe a estabelecer alinhamento entre todos e priorizar os objetivos para o desempenho do edifício (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). Estas funções podem ser desempenhadas por outros agentes, como o arquiteto, por exemplo, mas a inclusão de um facilitador deve ser considerada, caso não haja entre a equipe alguém com as habilidades necessárias. O facilitador poderá responder ao cliente ou ao arquiteto conforme o caso (IEA, 2003a).

papéis e responsabilidades dos agentes, atividades, tarefas, instrumentos e cronograma (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009).

Uma contribuição importante é feita por Romano (2003), que propõe um *fluxograma de atividades* bastante detalhado, para orientar processos de projeto e produção, especificamente do segmento de empreendimentos imobiliários ou de base imobiliária⁴⁰. O modelo proposto identifica, para cada *atividade* ao longo de todas as etapas, as *entradas, tarefas, mecanismos, controles e saídas*. Para cada *tarefa*, são identificados os *domínios* relacionados, ou seja, os agentes responsáveis pela sua realização. A idéia é que o modelo sirva como referência e seja adaptado às necessidades e particularidades de cada empreendimento.

Também existem ferramentas computacionais que desempenham este papel. O *Navigator*, elaborado pelo *Task23* da *International Energy Agency* (2003a), por exemplo, é um sistema de informação, controle e documentação, que fornece à equipe recomendações e pontos críticos para verificação. A ferramenta reforça a necessidade de integração e traz informações sobre oportunidades relacionadas a princípios de desempenho ambiental. Não há a intenção de prover receitas de soluções padronizadas e sim dar suporte interativo que incentive a criatividade e auxilie no desenvolvimento de novas possibilidades. Ferramentas de auxílio à tomada de decisões (matrizes de decisão), como o *MCDM-23 - Multi-Criteria Decision-Making* (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2002b), também estão disponíveis.

Ferramentas e instrumentos

As novas tecnologias computacionais possibilitam infra-estruturas mais eficazes de comunicação, incluindo redes de compartilhamento de arquivos, documentos e troca de informações, destacando-se o desenvolvimento mais recente de sistemas BIM

⁴⁰ Ou seja, estão restritas à atuação de empresas construtoras-incorporadoras, que desenvolvem os empreendimentos para futura venda de frações ideais do terreno vinculadas a unidades autônomas, em edificações a serem construídas ou em construção sob regime condominial (ROMANO, 2003).

(*Building Information Model*). Estes últimos permitem construir um modelo digital tridimensional do edifício, que serve como base para compartilhamento de informações entre os agentes envolvidos em um determinado projeto (EASTMAN et al., 2008).

A formação de *bancos de dados* ou *bancos de tecnologia construtiva* também pode ser um recurso eficaz (MELHADO, 1994). Um exemplo são os catálogos técnicos da FDE⁴¹. Estes catálogos, com especificações de ambientes, componentes e serviços, padronizam as informações, agilizam o desenvolvimento dos projetos e facilitam a quantificação da obra. Tais informações são atualizadas permanentemente, adequando-se a evolução da técnica, dos materiais de construção, de normas e da legislação vigente (FDE, 2006). Bancos de dados de custos de materiais e serviços de obra são eficazes para subsidiar o processo de projeto e produção. Para a seleção de materiais e componentes construtivos, o uso de bancos de dados e ferramentas baseados em Inventários de Ciclo de Vida também é fundamental. Infelizmente, a disponibilidade de tais dados no Brasil ainda é muito restrita.

3.4.4 Simulação de desempenho energético

A importância das ferramentas computacionais para simulação se dá devido à complexidade e grande quantidade de variáveis, para avaliação de conforto ambiental e desempenho energético de edificações. Estas ferramentas devem ser utilizadas desde o início e ao longo de todo o processo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; TORCELLINI et al., 2005a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009), pois são extremamente eficazes para avaliar alternativas de soluções e sistemas, considerando as interdependências e implicações energéticas. A realização de uma minuciosa análise climática é pré-requisito para o uso dessas ferramentas.

⁴¹ Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE) do Estado de São Paulo, instituição responsável pela implantação e manutenção das escolas da rede estadual.

A crise do petróleo no início da década de 70 levou ao direcionamento, em vários países, de recursos e linhas de pesquisa buscando inovação tecnológica e fontes alternativas de energia em projetos de edificações (MENDES; LAMBERTS; CUNHA NETO, 2001). Isto levou ao desenvolvimento das primeiras ferramentas computacionais para simulação de energia, ainda nesta década, devendo-se destacar o programa NBSLD, nos Estados Unidos, que utilizava plataforma *mainframe*. O desenvolvimento de estações de trabalho (*workstations*) permitiu a elaboração de outras ferramentas, como o DOE-2, o BLAST e o RADIANCE, nos EUA, e ESP-r, na Escócia. A partir de então, o rápido avanço tecnológico dos computadores levou ao desenvolvimento de programas mais complexos e abrangentes, como o ENERGYPLUS, FLUENT, CFX e PHOENICS, principalmente durante a década de 90.

No Brasil, estas ferramentas começaram a ser empregadas no início da década de 80, em instituições de ensino e de pesquisa, como o *Instituto de Pesquisas Tecnológicas* (IPT), em São Paulo. Na década de 90, as atividades de pesquisa relacionadas ao tema se intensificaram, com a criação de vários grupos de pesquisa. O uso da ferramenta, no país, ainda se restringe principalmente a atividades de pesquisa, com pouca aplicação no setor privado (MENDES et al., 2005), mas, ainda que lentamente, este cenário vêm mudando nos últimos três anos, como um reflexo claro da demanda por certificação ambiental de empreendimentos.

3.4.5 Otimização contínua de valores

A consideração dos custos como *otimização contínua de valores*⁴², em oposição a mais conhecida *engenharia de valores*, também é um elemento fundamental (7GROUP; REED, 2009; THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS, 2007). Isto implica em considerar contínua e conjuntamente os critérios de desempenho (funcionais e ambientais) e os custos em todo o ciclo de vida do edifício, como informações de

⁴² 7group e Reed (2009) utilizam a expressão *Continuous Value Optimization* (CVO), enquanto AIA (2007) adotam os termos *target pricing* ou *target value design process*.

entrada para o desenvolvimento do projeto, enquanto a *engenharia de valores* é realizada apenas em momentos pontuais das etapas finais do projeto (ver Figura 3.3 e Figura 3.4). Consideram-se também as interações entre subsistemas, já que custos adicionais em uns podem ser compensados por reduções no dimensionamento ou até mesmo pela eliminação de outros.

Já na década de 80, Ghoubar (1987) defendia o uso de técnicas simplificadas de avaliação de custos, como ferramenta de apoio ao projeto desde a etapa de concepção, para que, durante as etapas finais de projeto, o conjunto de soluções definidas não tivesse de sofrer grandes cortes, devido a restrições de orçamento. Por esta razão, o profissional, para análise e otimização de custos ao longo do ciclo de vida, deve ser incluído na equipe principal desde a etapa inicial.

3.5 Considerações do capítulo

Neste capítulo, foram investigados os principais conceitos propostos em diferentes abordagens de PPI. Estes serviram de base para o estabelecimento da referência teórica que orientou o desenvolvimento desta pesquisa. Os métodos empregados e etapas da pesquisa são descrito detalhadamente no próximo capítulo.

4 Métodos e etapas da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida em 5 etapas (Figura 4.1).

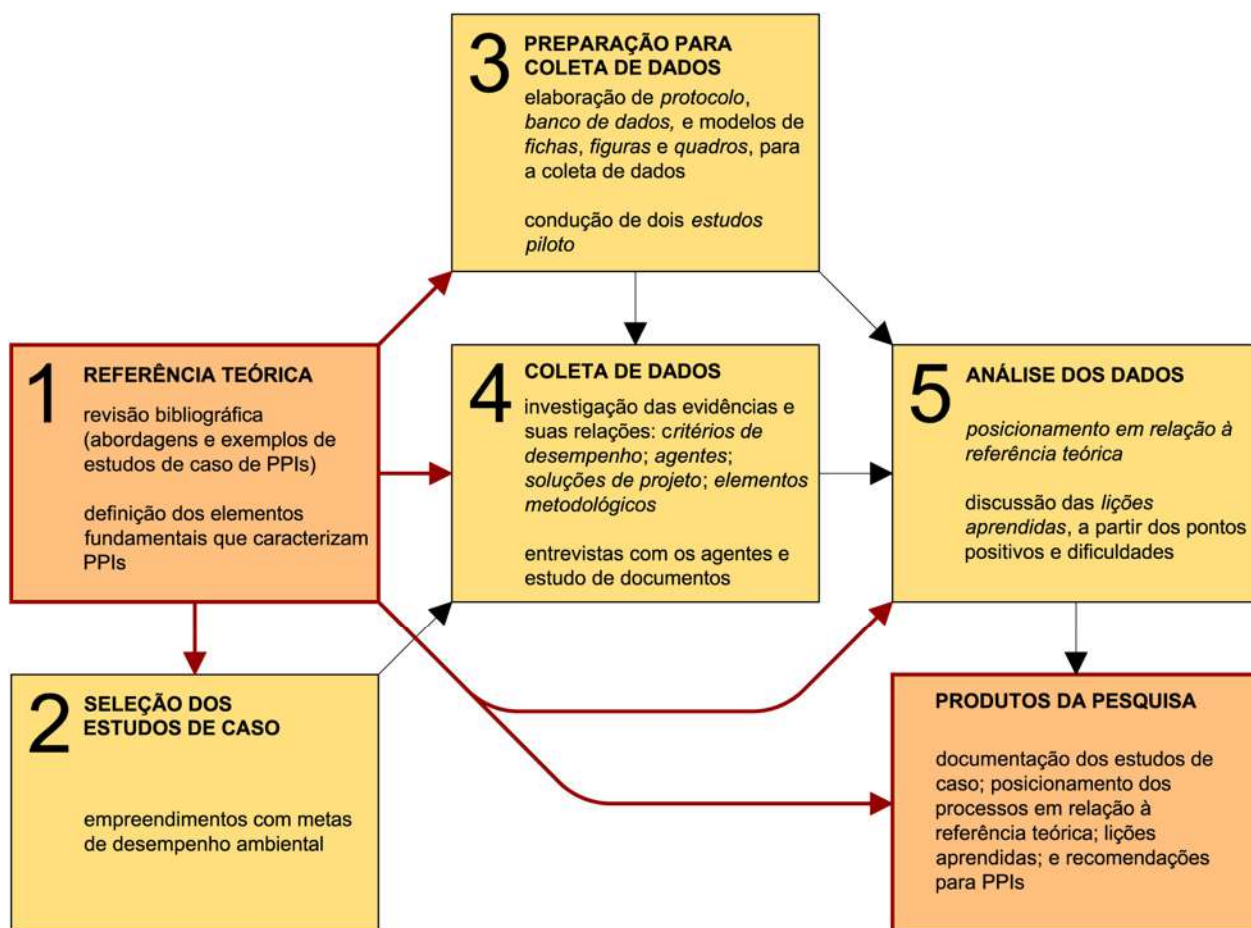







Figura 4.1 Etapas da pesquisa

Yin (2005) afirma que a condução de estudos de caso é uma estratégia de pesquisa adequada para a investigação de questões contemporâneas, sobre as quais o pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Como neste tipo de investigação há muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e, conseqüentemente, baseia-se em fontes múltiplas de evidências, um desenvolvimento prévio de proposições teóricas para orientar a coleta e análise de dados pode beneficiar muito a pesquisa. Por esta razão, a **etapa 1** da pesquisa foi constituída pelo *estabelecimento de uma referência teórica*, que orientou as etapas seguintes.

Em seguida foi feita a *seleção dos estudos de caso (etapa 2)* e a preparação para coleta de dados (**etapa 3**), com elaboração de instrumentos para a coleta, como *protocolo para coleta de dados* e modelos de *fichas, quadros e figuras* que constituíram o *banco de dados* da pesquisa. A *coleta de dados (etapa 4)* foi feita por meio de entrevistas e estudo de documentos de projeto produzidos, enquanto a análise dos dados (**etapa 5**) foi constituída pelo posicionamento dos casos em relação à referência teórica e discussão das lições aprendidas.

4.1 Etapa 1 - Definição da referência teórica

A primeira etapa da pesquisa foi constituída pelo estabelecimento de uma *referência teórica*, compreendendo os elementos fundamentais que caracterizam um Processo de Projeto Integrado (PPI). Entre os autores consultados, devem ser destacados a *International Energy Agency* (2003a), Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007), 7group e Reed (2009). Estudos já realizados, descrevendo PPIs também foram importantes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2000; 2002a; TORCELLINI et al., 2005a; TORCELLINI et al., 2006). No Quadro 4.1, são resumidos cinco elementos metodológicos fundamentais, definidos a partir do estudo da literatura discutida no *Capítulo 3*. A Figura 4.2 representa as etapas do PPI, sintetizando a presença de agentes e elementos metodológicos em cada uma, bem como o desenvolvimento das soluções de projeto.

	<p>01 Trabalho multidisciplinar integrado</p> <p>O trabalho multidisciplinar integrado entre os agentes deve ocorrer desde o início e ao longo de todo o processo. Por essa razão, a equipe de projeto deve ser constituída já na etapa de Pré-projeto. Recomenda-se a realização de reuniões de equipe multidisciplinares, algumas vezes envolvendo todos os agentes e outras apenas com os agentes diretamente envolvidos com a resolução de alguma questão de projeto específica.</p> <p>A participação do cliente na equipe de projeto é fundamental. Também é recomendada a participação de representantes da construtora, desde o início, para integração entre as etapas de projeto e construção.</p>
	<p>02 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)</p> <p>A Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE), englobando todo o ciclo de vida do edifício, fornece meios para o estabelecimento e verificação das metas para o empreendimento (PREISER; VISCHER, 2005). No início do processo, deve haver a discussão e definição de um consenso entre todos os membros da equipe, quanto aos objetivos, princípios, critérios e metas de desempenho. Ao longo do processo, estes elementos orientam o processo e são verificados e atualizados.</p> <p>Na etapa de Uso e Operação, as metas são avaliadas continuamente, por meio de monitoramento e APOs esporádicas. Os resultados obtidos podem orientar ajustes e correções de elementos do edifício que não funcionaram como esperado e, caso sejam documentados e disponibilizados, servem de referência para projetos futuros.</p>
	<p>03 Gestão do processo</p> <p>Devem também ser acordados os meios, papéis e responsabilidades, para orientação do processo e alcance das metas almejadas. É recomendada a elaboração de um <i>Plano da Qualidade do Empreendimento</i> (PQE), contendo elementos, como: análise dos riscos para a qualidade; formas de comunicação; e pontos críticos para controle, análise crítica e validação. Um <i>fluxograma de atividades</i> e (ou) um <i>mapa do PPI</i> deve fazer parte deste plano, estabelecendo a divisão de responsabilidades entre os integrantes da equipe do empreendimento.</p> <p>A coordenação do projeto é considerada muito importante, recomendando-se a contratação de um especialista externo (facilitador), caso as competências para coordenação e controle não estejam disponíveis na equipe.</p>
	<p>04 Simulação de desempenho energético</p> <p>A participação de um especialista em desempenho energético na equipe de projeto, desde o início e ao longo de todo o processo, é fundamental, para fornecer informações específicas e auxiliar na análise das soluções de projeto propostas. Este deve ser habilitado para a condução de simulações de desempenho energético ou, pelo menos, ficar responsável por orientar as simulações realizadas e ajudar a interpretar os resultados obtidos. Consultorias com outros especialistas também poderão ser realizadas, visando resolver questões específicas.</p>
	<p>05 Otimização contínua de valores</p> <p>A <i>otimização contínua de valores</i> implica em considerar contínua e conjuntamente os critérios de desempenho (funcionais e ambientais) e os custos, considerando o ciclo de vida do edifício e todas as interações entre subsistemas, já que custos adicionais com determinados subsistemas podem ser compensados por reduções no dimensionamento geradas em outros (TGROUPE; REED, 2009). Por esta razão, o consultor de custos (com experiência em custos ao longo do ciclo de vida) deve ser incluído na equipe principal desde a etapa inicial.</p>

Quadro 4.1 Elementos metodológicos fundamentais que caracterizam um PPI

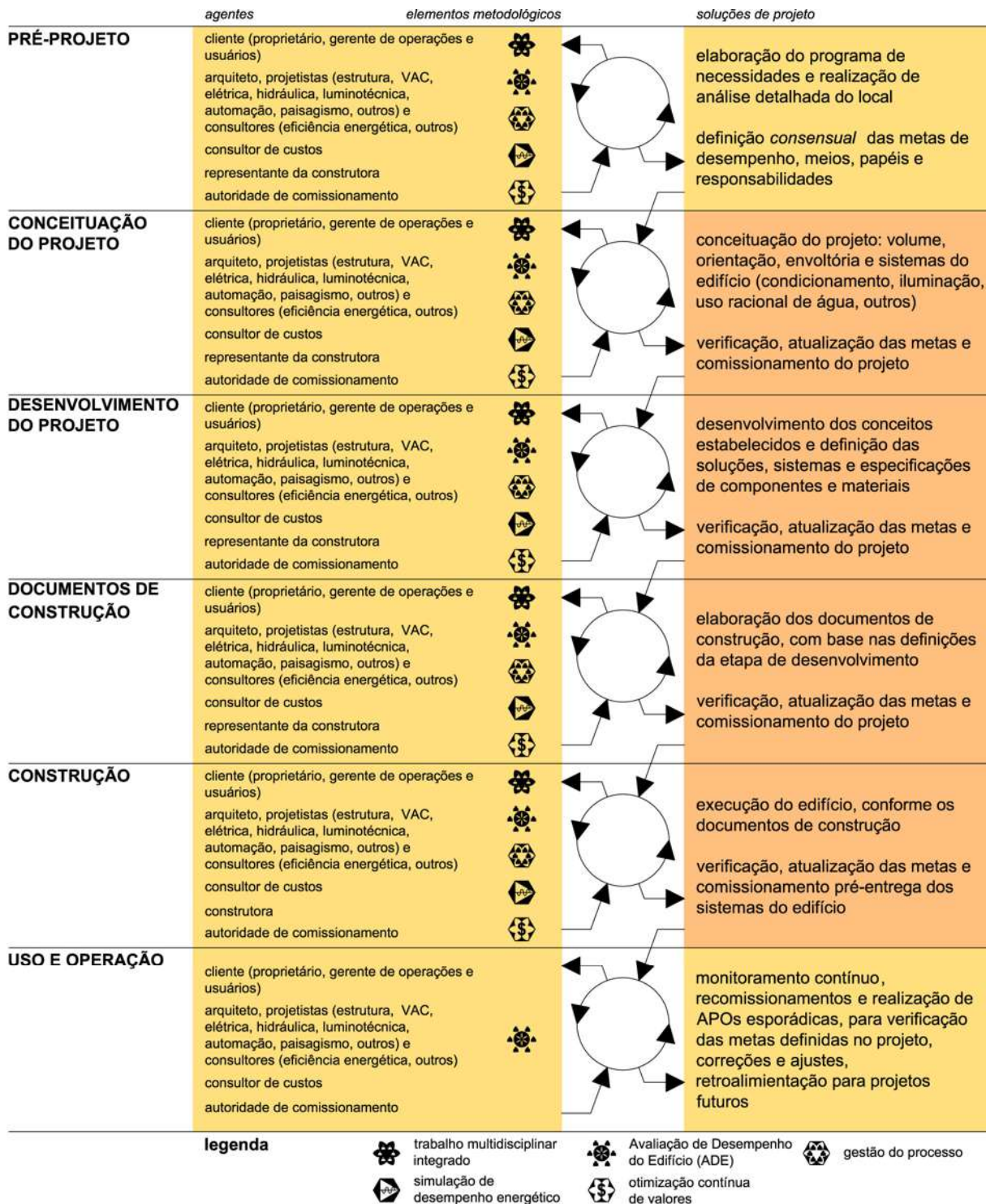


Figura 4.2 Etapas do PPI

4.2 Etapa 2 - Seleção dos estudos de caso

Foram selecionados como estudos de caso os processos de projeto de dois edifícios. O primeiro é o *SAP Labs Brazil*, em São Leopoldo, RS, no Parque Tecnológico Unisinos, para abrigar a sede desta empresa multinacional de desenvolvimento de softwares e sistemas no Brasil. O segundo estudo de caso é a ampliação do *Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello* (CENPES), da Petrobrás, na Ilha do Fundão, no Rio de Janeiro, RJ.

Estes estudos de caso foram selecionados, por que ambos os projetos foram iniciados após concorrência a convite (concurso fechado), estão em processo de avaliação e certificação ambiental por meio da ferramenta LEED™ NC – Novas Construções e tiveram o acesso aos dados liberados, englobando entrevistas e estudo de documentos.

Algumas diferenças entre os estudos de caso devem ser destacadas. Em primeiro lugar, há uma grande diferença quanto ao número e natureza dos agentes representando os clientes, diretamente envolvidos nos processos de implantação dos edifícios. No primeiro caso o cliente é uma empresa privada com três agentes principais envolvidos no processo. No segundo caso, trata-se de uma empresa estatal e papéis importantes são desempenhados por diversos agentes provenientes de diferentes departamentos.

A dimensão dos empreendimentos, os programas de necessidades e requisitos funcionais específicos, são claramente diversos. No primeiro caso há predomínio de áreas para estações de trabalho convencionais, enquanto no segundo há grandes áreas destinadas a laboratórios com necessidades específicas e vários outros elementos do programa. Os locais de implantação também possuem características muito distintas, incluindo dados climáticos.

Outra diferença importante é que, no primeiro caso, houve a contratação da construtora ainda na fase de Desenvolvimento do Projeto, enquanto, no segundo caso,

por se tratar de empresa estatal, as licitações foram realizadas após a entrega dos Documentos de Construção.

Mas também há semelhanças importantes. Em ambos os casos: os edifícios foram projetados e estão sendo construídos para uso da própria empresa contratante; a equipe de projeto foi contratada após concorrência a convite para o projeto; e o escritório de arquitetura desempenhou o papel de coordenação dos projetos, gerindo as interfaces entre as várias disciplinas complementares e respondendo pelo conjunto de projetos perante o cliente. Apesar das diferenças, as semelhanças foram suficientes para validar a importância dos dois estudos de caso, que serviram bem aos principais objetivos definidos no início da pesquisa.

Quanto à justaposição entre cronogramas da pesquisa e do processo de produção e obra, a coleta de dados (de novembro de 2008 até julho de 2009), em ambos os casos, deu-se quase integralmente durante a etapa de construção, quando todos os projetos já estavam concluídos. O projeto do primeiro estudo de caso foi iniciado em março de 2007 e em junho de 2009 o edifício foi inaugurado. O projeto do segundo estudo de caso foi iniciado em março de 2004 e atualmente está em fase de construção, com previsão de entrega de uma primeira etapa de implantação em 2011.

4.3 Etapa 3 - Preparação para coleta de dados

Esta etapa foi diretamente influenciada pela leitura de Yin (2005). O autor recomenda uma elaboração cuidadosa dos instrumentos para coleta e análise dos dados, para aumentar o controle e, conseqüentemente, a confiabilidade das evidências obtidas. O *protocolo para coleta de dados* é uma ferramenta eficaz e imprescindível em pesquisas com mais de um pesquisador⁴³. Este deve conter: visão geral do estudo de caso; procedimentos de campo; questões do estudo de caso; e guia para o relatório do estudo de caso (YIN, 2005). Por esta razão foi elaborado um *protocolo para coleta de*

⁴³ Esta pesquisa teve o auxílio de um aluno bolsista de iniciação científica

dados, no qual foram identificados os seguintes tipos de evidência: *elementos metodológicos*, que constituem a referência teórica definida na **etapa 1** (Quadro 4.1); *metas de desempenho* (Quadro 4.2); *agentes* (Quadro 4.3); e *soluções de projeto* (Quadro 4.4).



















Foram elaborados também os seguintes instrumentos, que constituíram o *banco de dados* da pesquisa:

- Fichas de registro e análise de evidências, incluindo ficha geral de *análise de processo*, fichas de *soluções de projeto* e fichas de *elementos metodológicos* (exemplos no Apêndice A);
- *Fichas-guia para entrevistas* (exemplos no Apêndice B); e
- *Questionário de avaliação da gestão do processo de projeto*.

A condução de *estudos de caso-piloto* também é recomendada por Yin (2005), visando aperfeiçoar os instrumentos e preparar melhor os pesquisadores para a etapa seguinte. Foi conduzido, então, um *estudo de caso-piloto*, exemplo de processo de projeto convencional, a Escola Estadual Jardim Dom Angélico II, em São Paulo, empregando-se os procedimentos detalhados no *protocolo* e os *instrumentos* elaborados. Um segundo teste dos *instrumentos* foi realizado a partir de um estudo de caso já documentado (TORCELLINI et al., 2005a), o *Zion National Park Visitors Center*, em Utah, Estados Unidos, exemplo de Processo de Projeto Integrado. Os estudos-piloto foram eficazes para o aperfeiçoamento dos *instrumentos para coleta de dados* (fichas, tabelas e gráficos) e as modificações foram incorporadas no *protocolo para coleta de dado*.

metas de desempenho funcional	atendimento ao programa de necessidades e usos requisitados; conforto térmico, acústico, luminoso e qualidade do ar; segurança; durabilidade; e funcionalidade, flexibilidade e adaptabilidade do edifício.
metas de desempenho ambiental	minimização dos impactos no local (considerando-se características locais de solo, água, fauna, flora e comunidade local); desempenho energético durante o uso e operação; uso racional e economia de água durante o uso e operação; economia de recursos e minimização da emissão de resíduos (considerando também o ciclo de vida dos materiais e componentes especificados); e projeto para a desmontagem e reciclabilidade dos componentes ao final da vida útil do edifício
custos	considerando-se também o ciclo de vida do edifício (custos para operação e manutenção)

Quadro 4.2 Metas de desempenho

 cliente	 consultor de esquadrias
 projetista de arquitetura	 consultor de conforto acústico
 projetista de instalações hidráulicas	 consultor de conforto térmico
 projetista de instalações elétricas	 consultor de eficiência energética
 projetista de estruturas	 consultor de sustentabilidade
 projetista de luminotécnica	 consultor de impermeabilização
 projetista de ar-condicionado	 quantificação geral
 projetista de automação	 construtora
 projetista de paisagismo	 gerenciadora

Quadro 4.3 Agentes

01 Volume, orientação e envoltória

Em todo o mundo, as técnicas de resfriamento e aquecimento passivos oferecem grandes oportunidades para projetos de edificações, que garantam o conforto dos usuários e, ao mesmo tempo, minimizem o consumo de energia. No Brasil, de clima predominantemente quente, são privilegiados os sistemas para resfriamento. A eficácia das diferentes técnicas está atrelada às características de clima e micro clima locais, mas para qualquer localidade é fundamental um desenho cuidadoso da envoltória, considerando-se a volumetria, orientação das fachadas e configuração da envoltória (aberturas, vedações, beirais, *brises*, isolamento etc.). As características físicas dos materiais empregados, bem como sua disposição têm grande impacto no conforto térmico e luminoso da edificação e, em muitas situações, um desenho cuidadoso de dispositivos de sombreamento permite alcançar o desempenho almejado.

Sistemas de ventilação natural também estão diretamente relacionados a estes elementos. São exemplos de técnicas passivas de resfriamento: privilegiar aberturas em fachadas sul e plantas estreitas alongadas em um eixo leste-oeste (em locais do hemisfério sul de clima predominantemente quente), o que reduz ganhos de calor devido à radiação solar e favorece a iluminação natural e a ventilação cruzada; proteção com uso de segunda pele; áreas de transição (varandas); uso de vegetação, coberturas verdes, locação de aberturas tirando proveito das direções de ventos predominantes; ventilação cruzada; e efeito chaminé.

02 Sistemas de condicionamento (passivos e ativos)

Em conjunto com as características do edifício quanto a volume, orientação e configuração da envoltória, devem ser exploradas soluções passivas para o condicionamento das edificações. Quando os sistemas passivos não forem capazes de garantir as condições de conforto desejadas, sistemas ativos deverão ser empregados, buscando-se máxima eficiência destes. Sistemas híbridos, combinando técnicas passivas e ativas, têm grande potencial. São exemplos de técnicas passivas de resfriamento: resfriamento evaporativo (uso de fontes e espelhos d'água, torres de resfriamento, aspersores de água); chaminé solar; resfriamento radiativo; resfriamento condutivo; e resfriamento convectivo.

03 Sistemas de iluminação (natural e artificial)

Sistemas de iluminação natural e artificial também têm um impacto significativo sobre o desempenho energético do edifício. Um grande desafio para o desenho da volumetria, orientação e envoltória é a otimização entre conforto luminoso e térmico. Por um lado, busca-se evitar o ganho de calor devido à radiação solar e, por outro, busca-se otimizar a iluminação natural proveniente desta mesma radiação, evitando-se o ofuscamento e desconforto visual. Atualmente, sistemas artificiais podem se valer de equipamentos cada vez mais eficientes e a automação dos controles, por meio de dimerização e sensores de luz e presença permitem reduções ainda maiores no consumo de energia durante o uso e operação do edifício.

04 Geração local de energia

A adoção de geração local de energia renovável, por exemplo, por meio de células fotovoltaicas e turbinas eólicas, também é recomendável, mas ainda é uma solução cara, com períodos demasiado longos de amortização do investimento inicial. Dependem, então, da motivação do cliente e disponibilidade de recursos.

05 Sistemas para conservação e uso racional da água

Diversos dispositivos e sistemas para conservação e uso racional da água durante a operação do edifício já estão disponíveis no mercado brasileiro. São exemplos de sistemas: dispositivos economizadores e de submedição; captação, armazenagem e uso de água da chuva; e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ou Estação de Tratamento e Reuso de Água (ETRA).

06 Áreas externas (implantação, áreas pavimentadas e paisagismo)

Também devem ser buscadas soluções para a minimização dos impactos negativos no local, devido à implantação do novo edifício. Podem ser exploradas soluções como: paisagismo com espécies nativas e (ou) adaptadas; dimensionamento de áreas permeáveis suficientes, para gestão de água da chuva; e uso de vegetação e pisos externos com superfícies claras, para redução de ilhas de calor. Dependendo do contexto, também deverá ser examinada a necessidade de proteção e (ou) restauração de ecossistemas e aquíferos locais.

Quadro 4.4 Soluções de projeto

07 Racionalização dos sistemas estrutural, construtivos e áreas técnicas





















































Soluções como modulação, padronização e industrialização de componentes, por exemplo, podem gerar economias significativas no uso de recursos e minimizar a geração de resíduos de obra. O dimensionamento e detalhamento adequado das áreas técnicas (*shafts*, entreforros, pisos elevados etc.) devem levar em conta a necessidade de acesso, facilidade e segurança, para manutenção e flexibilidade das instalações. A questão da gestão dos resíduos durante a obra pode ser considerada em conjunto com este item.

08 Seleção de materiais de baixo impacto ambiental

Trata-se da seleção de materiais e componentes de baixo impacto ambiental, procurando-se utilizar, na extensão possível, o conceito de ACV. Em vez de selecionar *materiais* isoladamente, devem ser especificados *produtos*, *componentes* e *processos construtivos*, analisados de forma integrada e considerando o ciclo de vida do edifício e destinação pós-vida (SILVA, 2007). As escolhas devem ser feitas a partir da comparação de diferentes alternativas para uma determinada função requerida, buscando otimizar a relação entre desempenho técnico, viabilidade econômica e minimização do impacto ambiental causado (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007). Uma seleção criteriosa dos materiais depende do uso de Inventários de Ciclo de Vida e ferramentas computacionais para o manejo dessas informações, mas estes recursos ainda não estão disponíveis no Brasil.

Continuação do Quadro 4.4 Soluções de projeto

Os dois casos também auxiliaram a compreensão da referência teórica. A Figura 4.3, ilustrando os agentes e elementos metodológicos presentes em cada etapa dos estudos-piloto, revela que no primeiro caso, os projetistas complementares foram incluídos no processo, apenas a partir da etapa de Documentos de Construção, estando ausentes os elementos metodológicos da referência teórica. No segundo caso, a integração entre as disciplinas ocorreu desde a etapa de Pré-Projeto e quatro elementos metodológicos estão presentes. Desta forma, os dois casos representam dois extremos, estando o primeiro próximo da prática típica e o segundo próximo do PPI, o que posteriormente auxiliou o posicionamento dos estudos de caso em relação à referência teórica.

	EXEMPLO DE PROCESSO DE PROJETO CONVENCIONAL (E. E. Dom Angélico II, São Paulo, Brasil)		EXEMPLO DE PROCESSO DE PROJETO INTEGRADO (PPI) (Zion National Park Visitor Center, Estados Unidos)	
	agentes	elementos metodológicos	agentes	elementos metodológicos
PRÉ-PROJETO	cliente	    	cliente arquiteto engenheiro mecânico consultor de eficiência energética	    
CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	cliente arquiteto	    	cliente arquiteto engenheiro mecânico consultor de eficiência energética	    
DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	cliente arquiteto projetista de estruturas L I C I T A Ç Ã O D A O B R A	    	cliente arquiteto engenheiro mecânico consultor de eficiência energética	    
DOCUMENTOS DE CONSTRUÇÃO	cliente arquiteto projetista de estruturas projetistas de instalações elétricas e hidráulicas construtora (coordenação de projetos)	    	cliente arquiteto engenheiro mecânico consultor de eficiência energética L I C I T A Ç Ã O D A O B R A	    
CONSTRUÇÃO	cliente arquiteto projetista de estruturas construtora (coordenação de obra)	    	cliente arquiteto engenheiro mecânico consultor de eficiência energética construtora	    
USO E OPERAÇÃO	cliente		cliente consultor de eficiência energética	






legenda obs. ícones em cinza representam elementos metodológicos ausentes	 trabalho multidisciplinar integrado  simulação de desempenho energético	 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)  otimização contínua de valores	 gestão do processo
---	---	---	--

Figura 4.3 Processos de projeto dos estudos-piloto

4.4 Etapa 4 - Coleta de dados

O levantamento de dados foi realizado por meio de entrevistas e estudo de documentos de projeto, visando investigar a ocorrência das evidências em cada etapa e as relações entre elas. Então, o desenvolvimento de uma determinada **solução de projeto** foi investigado, verificando-se (1) em quais etapas foi concebida e ocorreram alterações significativas; (2) quais os **agentes** envolvidos; e (3) quais os **elementos metodológicos** relacionados.

Inicialmente, foram entrevistados os arquitetos coordenadores da equipe de arquitetura, que, em ambos os casos, foram agentes centrais nos processos de projeto. Guias para as entrevistas foram elaborados previamente, visando-se uma primeira apresentação do projeto e identificação do conjunto de soluções desenvolvidas e dos principais aspectos dos processos.

A grande eficácia das entrevistas, para a coleta de evidências importantes, foi revelada logo com as primeiras. Neste momento, ficou clara a necessidade de entrevistar agentes representantes de todas as disciplinas de projeto e outras partes relevantes, como cliente e gerenciadora. *Questionários-guias* foram cuidadosamente desenvolvidos para cada entrevista, com: questões gerais sobre o processo; questões específicas sobre o escopo e participação no processo de cada um; e questões específicas desta investigação, resultantes do mapeamento das evidências (que ainda precisavam ser coletadas). Um questionário de avaliação da gestão do processo igual para todos os agentes, com um modelo para cada estudo de caso, também foi elaborado.

Para o estudo de caso 01 (SAP Labs Brazil), a etapa de coleta de dados foi iniciada em novembro de 2008 e concluída em julho de 2009. Foram realizadas 13

entrevistas⁴⁴, com os seguintes 15 agentes: arquitetos autores do projeto; arquiteto coordenador; projetista de estruturas; projetistas de ar-condicionado, também responsáveis pela condução de simulações de energia; projetista de luminotécnica; projetista de automação; projetista de paisagismo, consultor de conforto térmico e acústico; consultor de esquadrias⁴⁵; representante da gerenciadora; especialista em sistema de certificação LEED™; e representantes do cliente, incluindo arquiteta consultora e o engenheiro eletricista, atual gerente de operações do edifício.

Para o estudo de caso 02 (Ampliação do CENPES), a etapa de coleta de dados foi iniciada em maio de 2009 e concluída em julho de 2009. Foram realizadas 9 entrevistas, com os seguintes 8 agentes: arquiteta coordenadora de projetos (duas entrevistas); projetista de estruturas; projetista de instalações hidrossanitárias; projetista de Ventilação e Ar-Condicionado (VAC); projetista de paisagismo; pesquisadora da equipe de consultoria em eco-eficiência; consultor de esquadrias; e especialista em sistemas de certificação ambiental (que está dando apoio ao processo de certificação LEED™ na etapa de obra).

Entrevistas com representantes das construtoras não foram consideradas viáveis, dados os prazos da pesquisa e ao fato das obras estarem localizadas nas cidades de São Leopoldo - RS e Rio de Janeiro - RJ.

Apesar da principal fonte de evidências ter sido as entrevistas, o estudo de documentos também foi importante. A compreensão das soluções de cada projeto só foi possível por meio da análise dos desenhos produzidos. Também foi importante verificar alterações significativas nos principais marcos de entrega (Conceituação do Projeto, Desenvolvimento do Projeto, Documentos de Construção), para compreensão das entradas e subsídios (contribuição dos agentes, ferramentas etc.) no desenvolvimento

⁴⁴ Dois agentes, a projetista de estruturas e o consultor de esquadrias, participaram de ambos os processos e os depoimentos sobre os dois casos se deram em uma única entrevista para cada um. A especialista em certificação LEED™ também participou nos dois processos, mas forneceu as informações para cada caso em duas entrevistas separadas.

⁴⁵ Internacionalmente é adotada o termo *building envelop consulting* (consultor para a envoltória do edifício), termo mais preciso para designar o escopo desta consultoria, que engloba o desenvolvimento de soluções para fachadas e coberturas dos edifícios.

das soluções. Outros documentos também foram fontes importantes de evidências, como, por exemplo, os editais para concorrência a convite. Nestes documentos foi verificada a maneira como foram explicitados os requisitos de desempenho ambiental em cada caso.

Todos os entrevistados foram questionados, quanto à clareza dos objetivos e metas de desempenho ambiental, desde o início de sua participação. Uma atenção especial foi dada a etapa de Projeto Conceitual, pois nesta foram definidas as principais características dos edifícios (implantação, orientação, volumetria, distribuição dos espaços, sistema estrutural, configuração da envoltória etc.). Este foi um ponto crítico, pois em ambos os estudos de caso, a conceituação do projeto correspondeu à preparação de material para o concurso. As restrições de tempo e recursos disponíveis para desenvolvimento do projeto também foram verificadas, considerando este fato.

Desta forma, a investigação buscou resgatar a história de cada processo, ressaltando os pontos mais significativos, as principais dificuldades, os pontos positivos e os resultados alcançados. A investigação do atendimento às metas de desempenho ambiental explicitadas se deu a partir dos resultados preliminares das avaliações com a ferramenta LEED™, já que ambos os edifícios estão em processo de certificação ambiental. Os dados investigados são apresentados nos *Capítulos 5 e 6*.

4.5 Etapa 5 - Análise dos dados

A análise dos dados (*Capítulo 7*) visou: (1) *posicionar os estudos de caso em relação à referência teórica*; e (2) *sistematizar as lições aprendidas*.

O *posicionamento* dos casos foi feito, analisando-se a ocorrência de cada um dos elementos metodológicos de PPI (Quadro 4.1), a presença dos agentes (Quadro 4.3) em cada etapa do processo e relações com as demais evidências. As semelhanças e diferenças indicaram o quanto o processo estudado aproximou-se da referência teórica.

As *lições aprendidas* foram sistematizadas, visando constituir uma referência para futuros projetos. As experiências mais significativas, dificuldades e pontos positivos relatados pelos entrevistados foram analisados à luz dos elementos de PPI investigados.

4.6 Produtos da pesquisa

A pesquisa resultou nos seguintes produtos:

- *Documentação dos estudos de caso*, com registro das soluções de projeto, relato do processo e discussão dos resultados alcançados (*Capítulos 5 e 6*);
- Posicionamento dos estudos de caso em relação à referência teórica e lições aprendidas (*Capítulo 7*); e
- *Recomendações (Capítulo 8)* de Processo de Projeto Integrado (PPI), para futuros projetos com demandas rigorosas de desempenho ambiental.

4.7 Considerações do capítulo

Neste capítulo, os métodos, instrumentos e etapas desta pesquisa foram explicados em detalhe, para permitir a replicação ou servir de referência para futuras pesquisas semelhantes. Nos próximos *Capítulo 5* e *Capítulo 6*, são apresentados os dados coletados dos estudos de caso 01 e 02, respectivamente.

5 Estudo de caso 01 - SAP Labs Brazil

O primeiro estudo de caso é o processo de projeto e construção de um edifício para abrigar o *SAP Labs Brazil*, no Parque Tecnológico Unisinos, em São Leopoldo, RS (ver Figura 5.1). A empresa multinacional SAP atua na área de desenvolvimento de softwares e sistemas. O projeto foi iniciado após concorrência a convite, realizada em março de 2007 e em junho de 2009 o edifício foi inaugurado. Atualmente o projeto está em processo de certificação LEED™. A equipe de projetistas e consultores que participaram do projeto é identificada no Apêndice C.



Figura 5.1 SAP Labs Brazil, Localização do edifício no Campus da Unisinos, em São Leopoldo, RS, Conceituação do Projeto (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

O projeto prevê duas fases para a implantação do edifício, em terreno de 23.014,39m² (ver Figura 5.2). A investigação realizada é referente ao processo de projeto da primeira fase, para implantação de edifício composto por dois blocos paralelos, com área total construída de 6.967,45m², com população estimada de 375 usuários. As informações coletadas são apresentadas e discutidas a seguir.

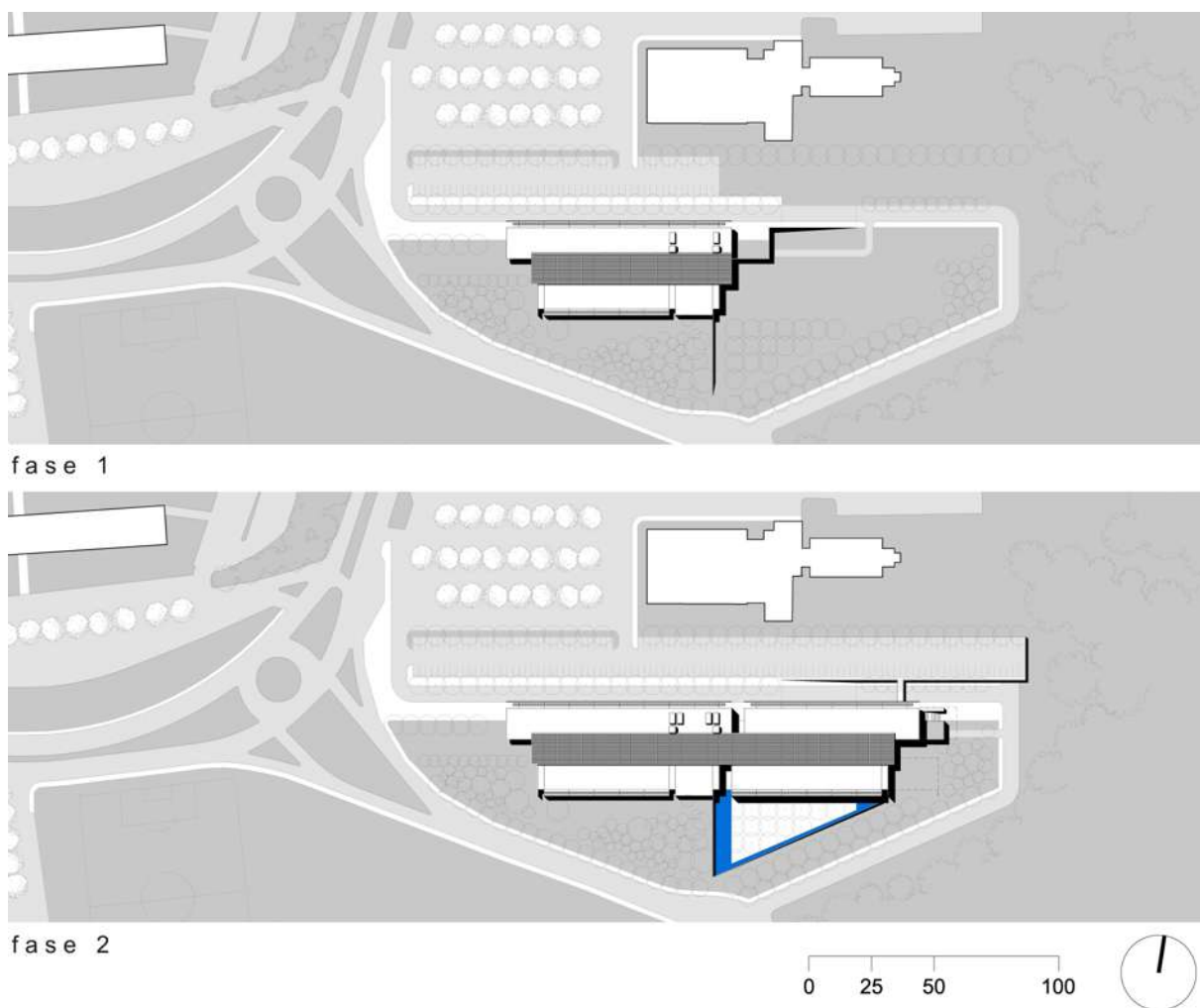


Figura 5.2 SAP Labs Brazil, Implantação dos blocos do edifício em duas fases, escala 1/3000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

5.1 Relato do processo

A investigação dos eventos ocorridos durante o processo de projeto foi feita principalmente a partir das entrevistas. Algumas informações foram obtidas a partir do estudo de documentos. As denominações adotadas para as etapas do processo foram estabelecidas, conforme explicado no *Capítulo 3*, apesar de não corresponderem às denominações adotadas pelos agentes entrevistados. Os eventos mais significativos são discutidos a seguir.

Pré-Projeto

A seleção da equipe de projeto se deu após concorrência a convite com apresentação de um projeto conceitual de arquitetura, por parte dos candidatos. Desta forma, apenas o cliente participou da etapa de Pré-Projeto, anterior à etapa de Conceituação do Projeto.

O programa de necessidades (*design brief*), fornecido junto com a carta a convite para o concurso do projeto, foi considerado completo e bem caracterizado, pelos arquitetos entrevistados. A arquiteta consultora, representando o cliente, relatou que o objetivo principal era implantar um edifício com padrão internacional de qualidade e que provesse boas condições para os funcionários trabalharem. Quanto aos sistemas, instalações e equipamentos, as necessidades técnicas foram explicitadas com bastante clareza, com base em experiências de unidades da empresa implantadas em outros países. A elaboração do programa foi beneficiada pela experiência recente do presidente da *SAP Labs Brazil*, na implantação da sede na China, que permitiu um grande conhecimento sobre as demandas e requisitos funcionais e quanto aos sistemas.

Quanto aos aspectos de desempenho ambiental, foi explicitado o objetivo de obter nível *gold* do sistema de avaliação e certificação LEED™, em consonância com a política de sustentabilidade da empresa. Foi relatado, que esta ferramenta foi adotada

por ser reconhecida mundialmente e por não haver outro sistema disponível na época. Atualmente, há uma diretriz de buscar certificação, LEED, no mínimo nível *silver*, para todas as novas sedes da empresa.

Conceituação do Projeto (início em 9 de março e entrega em 9 de abril de 2007)

A etapa de Conceituação do Projeto (denominada Estudo Preliminar, pelos entrevistados), foi iniciada com a entrega de uma carta convite aos participantes do concurso para o projeto. Os principais conceitos do projeto vencedor da concorrência foram definidos nesta etapa.

Foram realizadas consultorias com a projetista de estrutura; projetistas de instalações elétricas, hidráulicas e de ar-condicionado; consultor de conforto térmico e acústico; e empresa para consultoria LEED™. Segundo os arquitetos entrevistados, as consultorias visaram principalmente uma verificação das soluções adotadas e o pré-dimensionamento de elementos do projeto (estrutura, componentes, áreas técnicas etc.), mas a participação do consultor de conforto e da projetista de estruturas foi mais intensa do que é usual em concorrências a convite para o projeto.

O contato com o consultor de conforto ocorreu desde o início da concepção do projeto, que auxiliou no exame das necessidades, requisitos e dados do local, fornecidos no edital para o concurso. Princípios básicos, para volumetria, orientação e envoltória, foram seguidos, visando minimizar ganhos térmicos indesejados devido à radiação solar e favorecer a ventilação natural. O programa funcional foi resolvido em dois blocos paralelos, em forma de lâminas alongadas no eixo leste - oeste, com subsolo, térreo, primeiro e segundo pavimentos (ver Figura 5.3 e Figura 5.5). Foram definidas empenas cegas nas fachadas menores, leste e oeste, e áreas de vidro nas fachadas principais, norte e sul, com a previsão de dispositivos de sombreamento fixos, com fechamentos em chapas expandidas tipo veneziana (ver Figura 5.4). Também foi previsto o sombreamento sobre os vazios e ambientes entre os dois blocos.

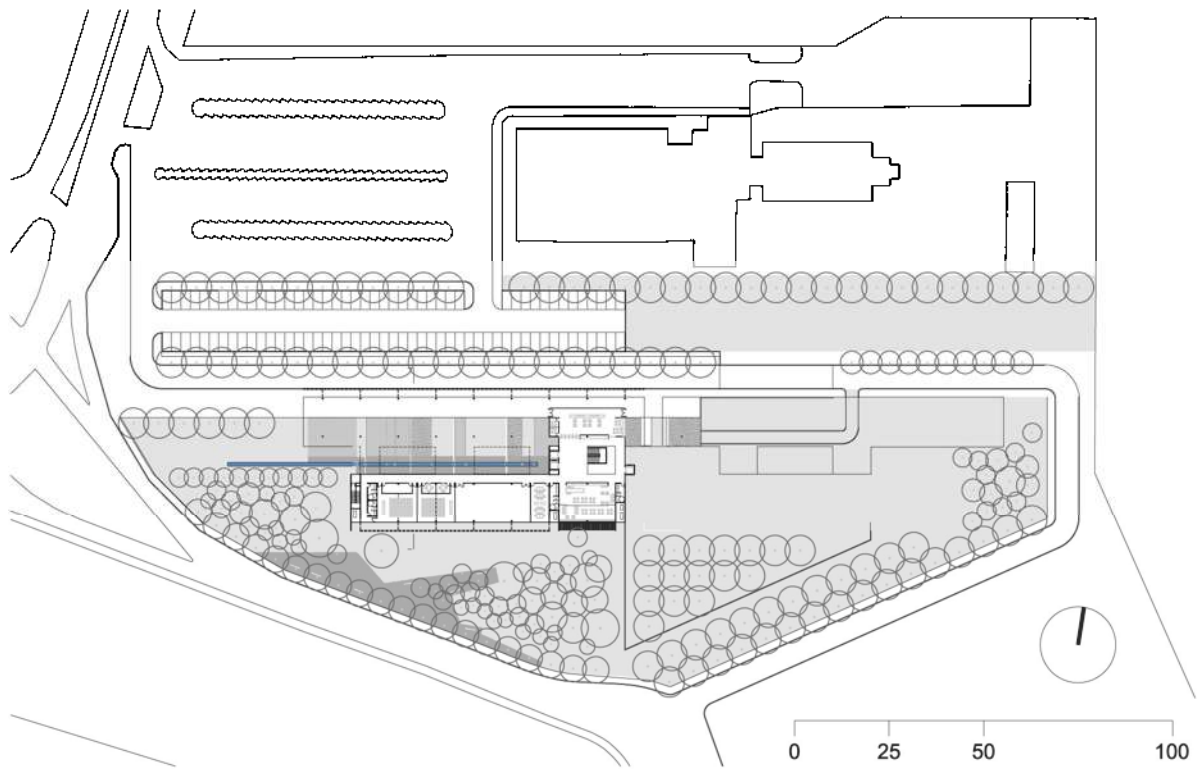


Figura 5.3 SAP Labs Brazil, implantação, Conceituação do Projeto, escala 1/2000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

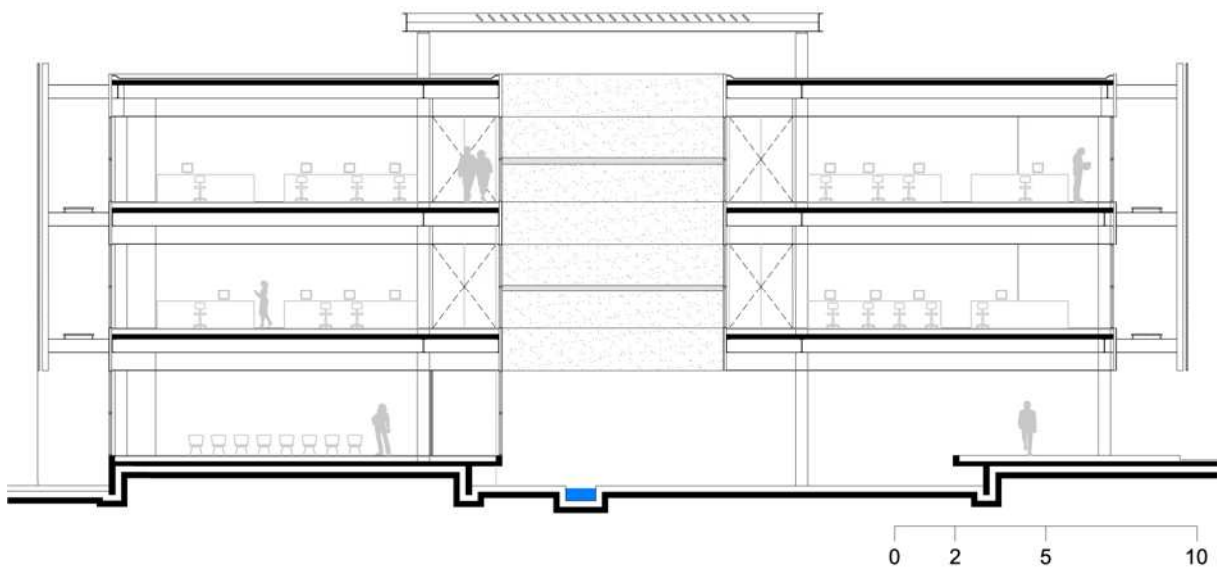


Figura 5.4 SAP Labs Brazil, corte transversal, Conceituação do Projeto, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

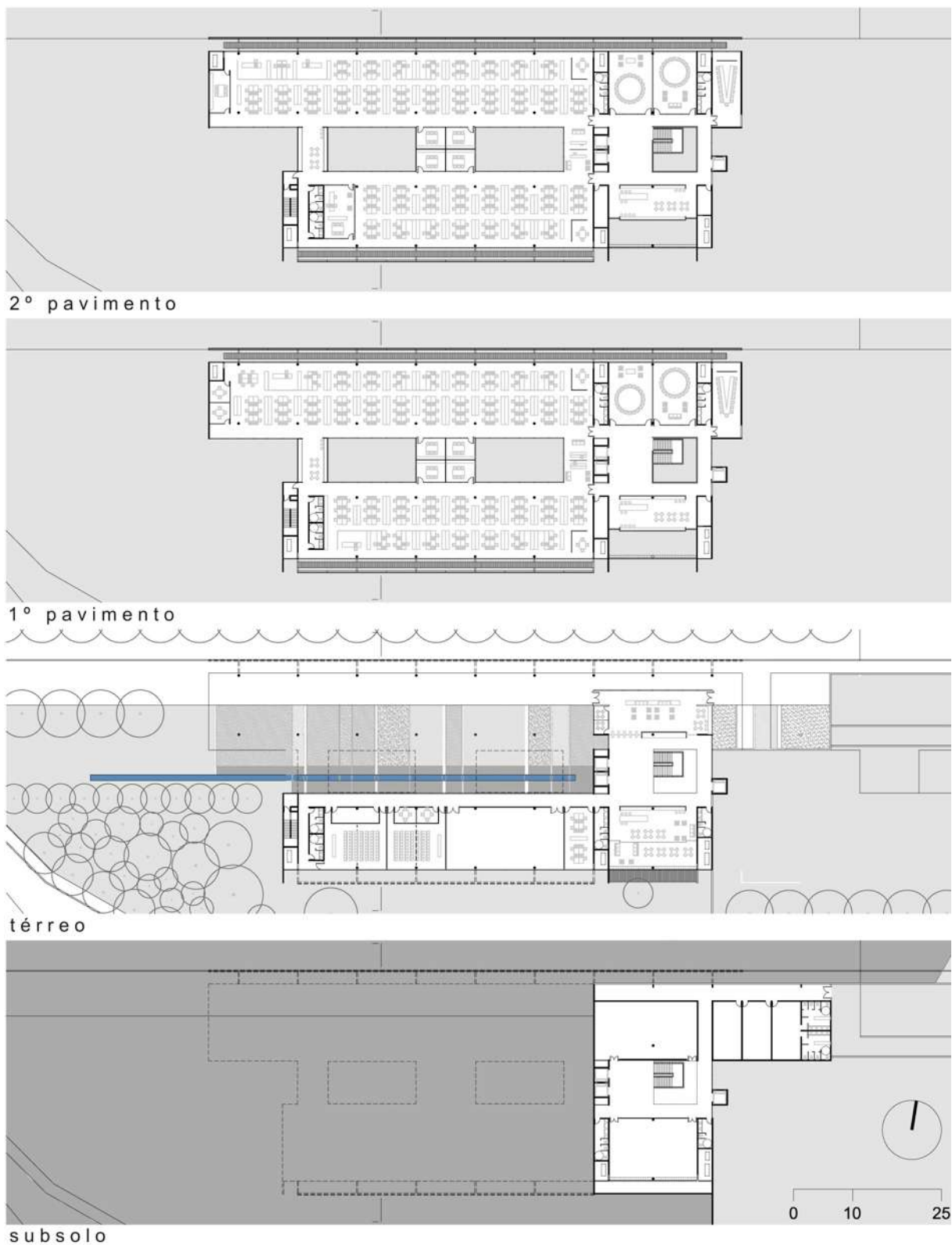


Figura 5.5 SAP Labs Brazil, plantas dos pavimentos, Conceituação do Projeto, escala 1/1000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

Segundo relato da projetista de estruturas, sua participação foi intensa. Houve consulta quanto à modulação ideal e tipo de estrutura. Foram feitos estudos de alternativas com estrutura metálica, concreto pré-moldado e concreto moldado *in loco*. Estes foram feitos para um módulo de edifício, avaliando custos e compatibilização com arquitetura. Também foram estudadas alternativas com pilares recuados e avançados em relação ao perímetro externo (fachadas), para avaliar os impactos sobre o dimensionamento devido à otimização da relação entre vãos e balanços. Para o concurso, optou-se pelo sistema metálico, recuando-se os pilares em relação às fachadas (ver Figura 5.4 e Figura 5.5). Um dos argumentos para essa opção era a necessidade de construção do edifício em duas etapas, sendo que a segunda deveria ocorrer sem prejudicar o funcionamento do edifício já implantado. A estrutura de aço representa uma enorme vantagem em relação aos impactos do canteiro, muito maiores em obras de concreto moldado *in loco* (fôrmas, cimbramento, bombeamento de concreto etc.). Foi proposto, então, executar todas as fundações de concreto, incluindo a futura ampliação, já na primeira etapa, para que, na segunda etapa, faltasse apenas a montagem dos componentes metálicos do sistema estrutural.

Também foi consultada uma empresa, para fornecer informações sobre o sistema de certificação LEED™. Uma pré-avaliação do atendimento aos requisitos foi realizada, constatando-se a possibilidade de certificação no nível requerido. Esta empresa não participou das etapas seguintes do processo. A entrega do material submetido ao concurso marcou o final da etapa.

Para a seleção do projeto vencedor, além dos critérios de avaliação dos projetos concorrentes, também foram consideradas: propostas técnicas e financeiras detalhadas; currículos; referências de trabalhos realizados; e comprovação das habilidades e competências das equipes de projeto.

Desenvolvimento do Projeto (início em 04 de setembro e entrega em 01 de novembro 2007)

No início da etapa de Desenvolvimento do Projeto (denominada Anteprojeto pelos entrevistados), o escritório de arquitetura, projetistas e consultores foram contratados, incluindo: projetistas de instalações hidrossanitárias e elétricas (ambos da mesma empresa); projetista de estruturas; projetista de luminotécnica; projetista de paisagismo; projetista de esquadrias; projetista de ar-condicionado; projetista de automação; consultor de conforto térmico e acústico; e consultora de impermeabilização.

Também foi contratada a construtora com um pacote fechado, com orçamento global da obra feito a partir do projeto conceitual, se comprometendo com prazos e custos fixos. Esta também havia participado do concurso com um projeto de arquitetura. Neste momento, foi contratada, através da construtora, uma nova empresa, para consultoria LEED™.

A partir deste momento, o cliente passou a ser representado por três agentes principais: o presidente; o atual gerente de operações; e uma arquiteta consultora. Estes agentes passaram a exercer um papel de controle do processo e fiscalização, quanto ao atendimento às necessidades e requisitos do cliente, enquanto o escritório de arquitetura desempenhou o papel de coordenação dos projetos.

Já no início dos trabalhos, decidiu-se substituir o sistema estrutural metálico por estrutura de concreto com fôrma tipo cubeta (moldado *in loco*). A construtora considerou este sistema o mais adequado, quanto a custos e velocidade de execução. Isto levou a necessidade de alteração da modulação adotada no projeto conceitual, que passou a ser de 0,80m (módulo das cubetas), o que levou a um redesenho significativo de todo o projeto. Segundo relato da projetista de estruturas, esta alteração foi a principal dificuldade vivenciada por ela. Uma série de detalhes já pensados precisou ser revista.

Nesta etapa, também foi alterado o conceito de recuar os pilares em relação às fachadas, para otimização da relação entre balanços e vãos do sistema estrutural. Esta solução implicaria em deixar os espaços entre os pilares e fechamentos externos livres para circulação. Com a alteração para o concreto, esta solução teria gerado uma economia ainda maior do que no caso da estrutura metálica. O cliente, no entanto, solicitou que os pilares ficassem bem próximos da fachada, para garantir uma planta livre nas áreas de trabalho.

Excetuando-se o novo sistema estrutural e modulação, porém, os principais conceitos foram mantidos (volume, orientação e dispositivos de sombreamento). A Figura 5.6, representando um corte transversal ao final desta etapa, ilustra bem as alterações no sistema estrutural do edifício. A entrega dos Anteprojetos marcou o encerramento desta etapa. As entregas das disciplinas complementares foram constituídas principalmente pela conceituação dos projetos.

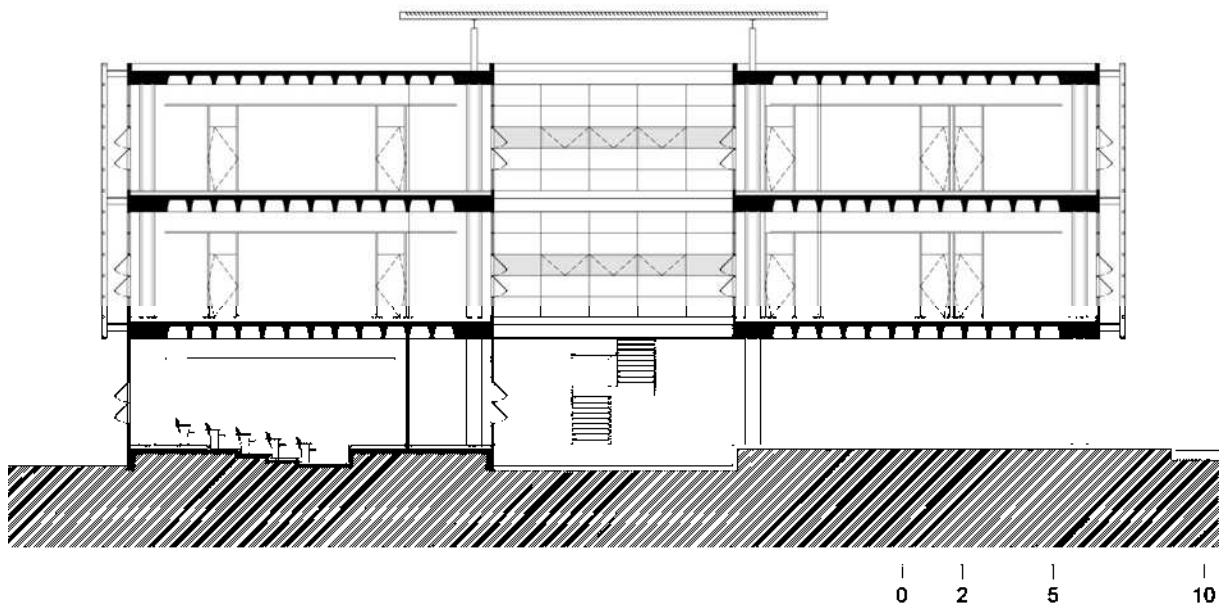


Figura 5.6 SAP Labs Brazil, corte transversal, Desenvolvimento do Projeto, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

Documentos de Construção – Projeto Básico (iniciada em 01 de novembro e com entrega em 01 de dezembro de 2007) e **Projeto Executivo** (entrega em 10 de janeiro de 2008, com revisões até junho)

A etapa de elaboração dos Documentos de Construção foi dividida em Projeto Básico e Projeto Executivo. Em novembro foi contratada uma nova empresa de consultoria, cujo escopo englobou: consultoria LEED™; controle de qualidade na obra e fiscalização (representando o cliente); e consultorias para questões técnicas específicas, como solicitação de estudos e simulações de eficiência energética, para seleção do sistema de condicionamento mais eficiente. Esta contratação se deu para aumentar a capacidade de controle do cliente, quanto aos vários aspectos do projeto e obra, com ênfase para aqueles relacionados ao processo de certificação LEED™.

O termo *gerenciadora* foi adotado pelos entrevistados, para designar a função desta empresa no processo, mas este é um termo impreciso, pois este escopo não abrange todas as funções atribuídas às funções de uma gerenciadora, no sentido convencional⁴⁶. Apesar disto, o termo também foi adotado ao longo do texto, para designar a função da empresa no processo.

Neste momento, duas empresas responsáveis por orientar o atendimento aos requisitos para certificação passaram a participar do processo, aquela, contratada através da construtora, desde o início da etapa de Desenvolvimento (ou Anteprojeto), e a gerenciadora, representando diretamente o cliente. No entanto, devido a conflitos de interesse, cujos detalhes não interessam para a investigação desta pesquisa, a empresa contratada através da construtora deixou de participar.

⁴⁶ “O gerenciamento global de um empreendimento abrange as atividades de concepção, estudos de viabilidade, adequação ao meio ambiente, projeto básico, projeto executivo, planejamento, acompanhamento e fiscalização da execução e entrega. Durante a execução do empreendimento, o gerenciamento acompanha as etapas de construção, fabricação, fornecimento, transporte, armazenamento, inspeções da qualidade e quantidade, instalação, montagem e início de operações, sempre a partir da obtenção e verificação de informações voltadas para os resultados esperados pelo cliente.” (SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CONSULTIVA, 2001, p. 3)

Ocorreu, então, um novo direcionamento do processo em relação aos requisitos de certificação, sendo feita uma verificação mais rigorosa da redução no uso de energia devido aos sistemas previstos no projeto. Neste sentido, foi contratada uma empresa para condução de simulações de energia. Inicialmente, esta empresa fez um estudo comparativo de eficiência, para avaliar as alternativas de VRV, VAV e de forro radiante. Em seguida, foi conduzida uma simulação de desempenho energético, com uso de ferramenta computacional, para verificar se os sistemas previstos atenderiam ao pré-requisito. Esta englobou instalações elétricas, luminotécnica e ar-condicionado, sendo realizada sob a supervisão do atual gerente de operação (representante do cliente).

A partir da simulação, foi constatado que o conceito adotado para o sistema de ar-condicionado, em VRV com cassetes embutidos no forro, não seria suficientemente eficiente para atingir a redução necessária, o que impossibilitaria a obtenção de certificação LEED™. Chegou-se a 9% de redução em relação ao caso de referência estabelecido pela norma ASHRAE/IESNA, quando o pré-requisito exige redução de no mínimo 14% no uso de energia.

Foi relatado que apenas neste momento, os pré-requisitos da norma ASHRAE/IESNA, que precisavam ser atendidos, foram compreendidos de forma clara pelo projetista de ar-condicionado. Este então não quis continuar no processo, pois seu projeto precisaria voltar praticamente à estaca zero.

A mesma empresa responsável pela simulação foi, então, contratada, para desenvolver um novo projeto de ar-condicionado. Foi decidido adotar sistema com *chiller* resfriado a água e *fan-coils* com VAV. Uma pré-simulação foi realizada para apoiar o desenvolvimento deste novo projeto. Porém, apenas com o novo sistema, não foi atingida a eficiência necessária. Chegou-se a 12% de redução.

Em vista disso, várias simulações pontuais foram feitas para levantar as alternativas de soluções, em diferentes subsistemas do edifício, por exemplo, tipos de vidro e relação entre áreas opacas e envidraçadas nas fachadas. As simulações revelaram, que soluções especiais com vidro, por exemplo, vidros duplos insulados,

poderiam reduzir muito os ganhos por transmissão, mas os custos destes foram considerados inviáveis. Foi definido, então, um vidro, que atendia razoavelmente à necessidade de minimizar os ganhos térmicos. A escolha foi realizada em colaboração entre os consultores de conforto térmico e de esquadrias.

Além do vidro, poucas alterações puderam ser incorporadas, já que o projeto de arquitetura estava demasiado avançado. A alternativa encontrada foi passar a considerar a ventilação natural, como o modo passivo de um sistema híbrido de condicionamento (ativo e passivo). Para avaliar o período do ano no qual a ventilação natural seria suficiente para atingir os níveis de conforto necessários, foi contratado outro consultor de conforto térmico, através da gerenciadora, que utilizou ferramenta computacional de simulação específica de dinâmica dos fluídos. A partir destas informações, incorporando o período do ano em que o edifício poderia funcionar sem ar-condicionado, foi feita uma nova simulação de desempenho energético, resultando em uma redução de aproximadamente 14,7% no uso de energia.

Ocorreram, porém, novas alterações e surgiram novos dados que requereram nova simulação, resultando pouco mais de 14% de redução. Um problema novo, por exemplo, foi a necessidade de enviar o vidro adotado, para ser ensaiado nos Estados Unidos, conforme requisitos da norma ASHRAE/IESNA. Caso isto não fosse feito, teriam de ser adotados, para efeito de simulação, dados de vidros comuns (considerando-se o pior caso).

Construção (início em 01 dezembro de 2007 e inauguração em 23 de junho de 2009)

O início da etapa de construção correspondeu à entrega do Projeto Básico e início do Projeto Executivo. Uma investigação completa da etapa de construção foi considerada inviável, considerando restrições no âmbito de uma pesquisa de mestrado, já que exigiria visitas em local distante e entrevistas adicionais, com os vários agentes diretamente envolvidos com a construção (vários departamentos da construtora, por exemplo). No entanto, alguns dados importantes foram relatados durante as entrevistas realizadas.

O grande percalço que ocorreu nesta etapa foi a rescisão do contrato entre o cliente e a primeira construtora. Esta última, como já relatado, havia sido contratada no início da etapa de Desenvolvimento do Projeto, comprometendo-se com custos e prazos fixos, a partir do projeto conceitual. Os motivos de ambas as partes, para este fato, não interessam para a investigação desta pesquisa. No entanto, é importante mencionar que os impactos negativos para o processo incluíram descontinuidades no cronograma de obra e restrições de orçamento. Os projetistas de ar-condicionado entrevistados relataram que a assistência técnica fornecida por eles foi bastante prejudicada devido a estes problemas.

Quanto à problemas de compatibilização, uma dificuldade significativa foi gerada devido à alteração do sistema de ar-condicionado, originalmente com VRV e cassetes, para sistema dutado com *fan-coils* e VAV. Com o primeiro sistema, a compatibilização teria sido bem mais simples e, a alteração se deu tarde no processo, de forma que, nas áreas de trabalho, poucas alterações foram possíveis, para adequação da arquitetura ao novo sistema. Outros problemas de compatibilização incluíram: ocupação de *shafts* no limite de suas capacidades; necessidade de novas furações em vigas para encaminhamento de instalações; adição de trechos adicionais de forro para passagem de instalações em locais com previsão inicial de cubetas aparentes; e inadequação do projeto original de drenagem. Os representantes do cliente relataram, no entanto, que apesar de exigirem intensos esforços durante a obra, todos os problemas foram resolvidos de forma satisfatória.

Também é importante mencionar, que foi realizado o comissionamento pré-entrega. Para tanto, foi elaborado um plano de comissionamento e uma autoridade de comissionamento externa foi contratada, conforme pré-requisito e ponto adicional, para certificação LEED™. A obra foi inaugurada em junho de 2009.

5.2 Soluções de projeto

Foram investigadas as soluções de projeto, diretamente relacionadas com os critérios de desempenho ambiental (ver Quadro 4.4, no item 4.3). Neste sentido, foram fundamentais as entrevistas realizadas e o estudo de documentos de projeto. As soluções, consolidadas nas últimas versões dos Documentos de Construção, são apresentadas a seguir.

Volume, orientação e envoltória

O edifício é composto por dois blocos paralelos, em forma de lâminas alongadas no eixo leste-oeste, com subsolo, térreo, primeiro e segundo pavimentos. Um dos blocos tem 92,80x12m e o outro, 76,80x12m, com um espaço de 8m entre os dois (ver Figura 5.7, Figura 5.8 e Figura 5.9). A configuração adotada, com blocos de 12m de largura, também visou favorecer a iluminação natural e a ventilação cruzada. No espaço entre os blocos foram locados circulações verticais (escada e elevadores), passarelas, salas de reunião e café (copa). A circulação horizontal é resolvida nas faces dos blocos voltadas para o espaço central.

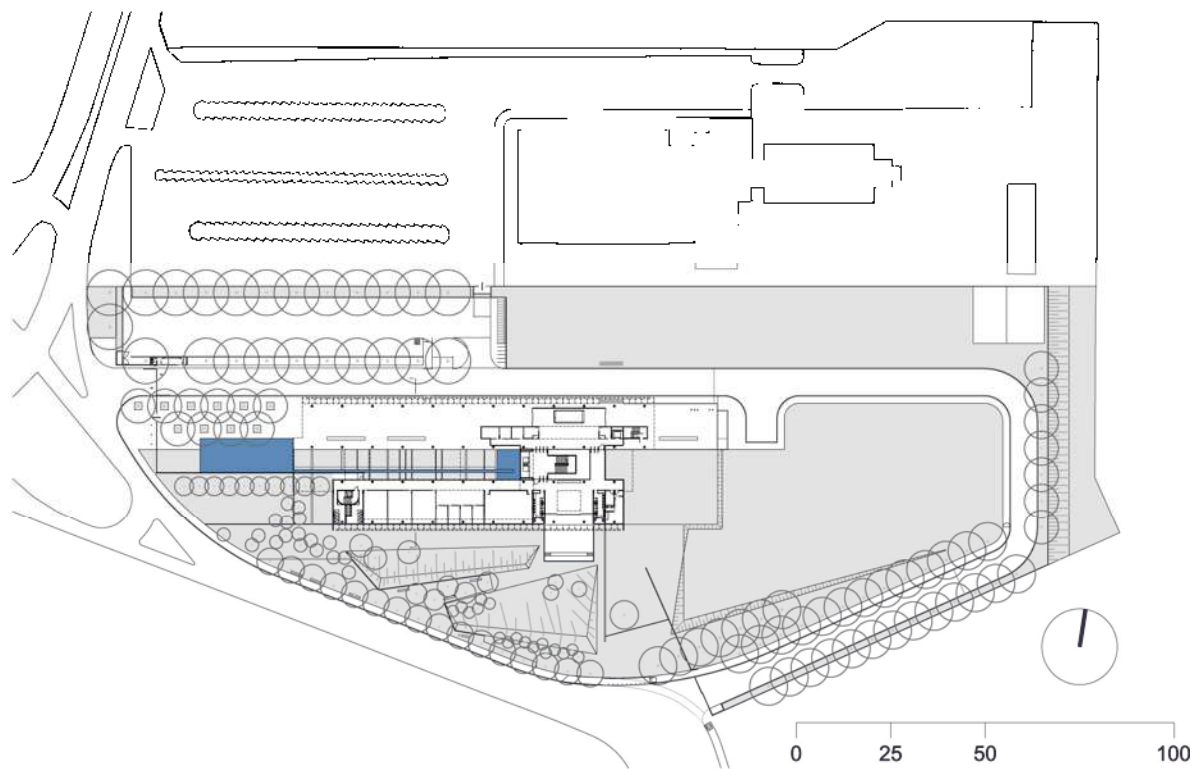


Figura 5.7 SAP Labs Brazil, implantação, Documentos de Construção, escala 1/2000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

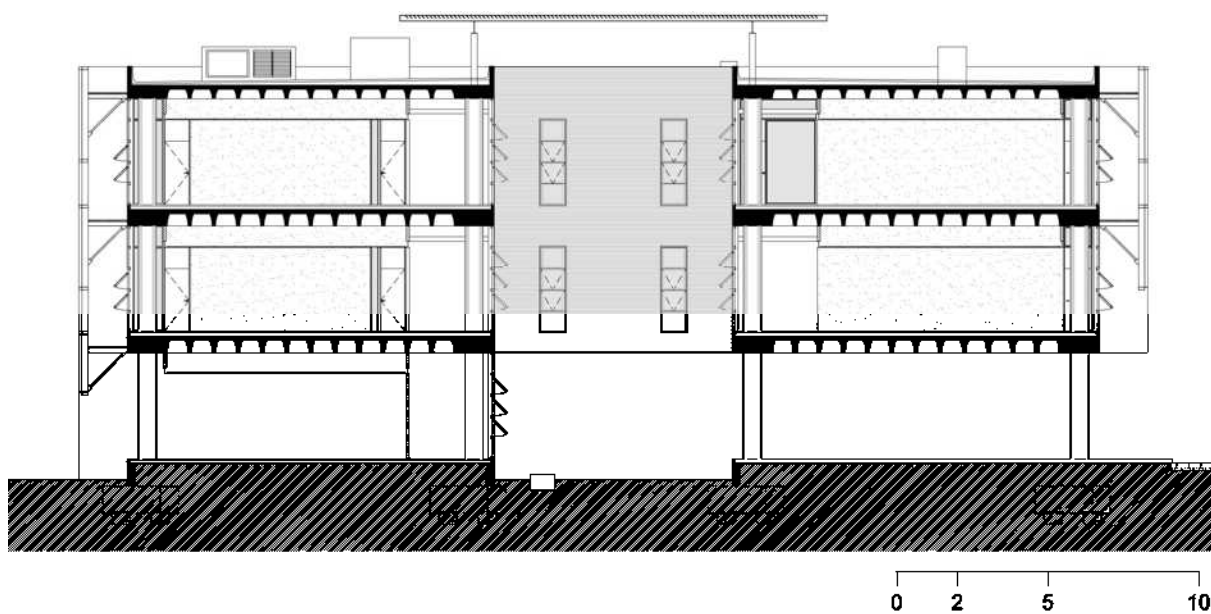


Figura 5.8 SAP Labs Brazil, corte transversal, Documentos de Construção, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

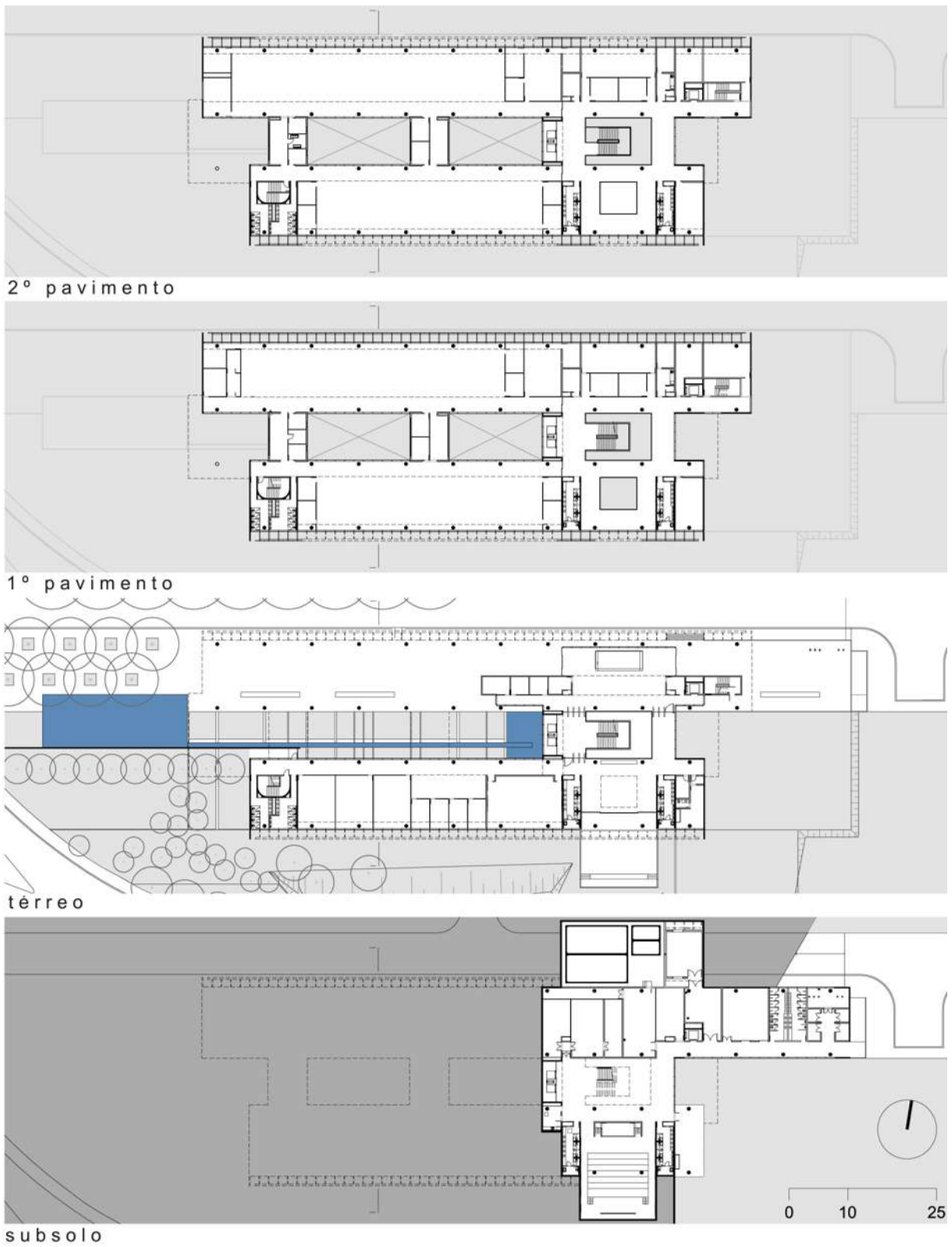


Figura 5.9 SAP Labs Brazil, plantas dos pavimentos, Documentos de Construção, escala 1/1000 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

As fachadas menores dos dois blocos, leste e oeste, são empenas cegas de concreto e as fachadas principais, norte e sul, receberam áreas de vidro piso a teto. Dispositivos de sombreamento, combinados com vidros especiais, foram cuidadosamente especificados, detalhados e verificados, quanto à proteção e otimização da iluminação natural (ver Figura 5.8). O sistema de sombreamento adotado é fixo, com quadros pré-montados, fechados por chapa expandida tipo veneziana em alumínio, com 32% de área de abertura (ver Figura 5.10). Compondo o sistema de sombreamento das fachadas, também há um passadiço contínuo em grade de aço galvanizado, apoiado sobre a estrutura auxiliar de fixação dos brises.

Os vazios e ambientes entre os blocos também são sombreados, com uma faixa horizontal, constituída por painéis feitos de perfis tipo “asa de avião”, fixos com ângulo livre máximo de 10° (ver Figura 5.11 e Figura 5.12). As coberturas são lajes planas impermeabilizadas, com isolamento térmico e uma camada de brita branca sobre bidim. Esta solução foi adotada para redução do efeito de ilha de calor devido à cobertura, conforme um dos requisitos para certificação LEED™.

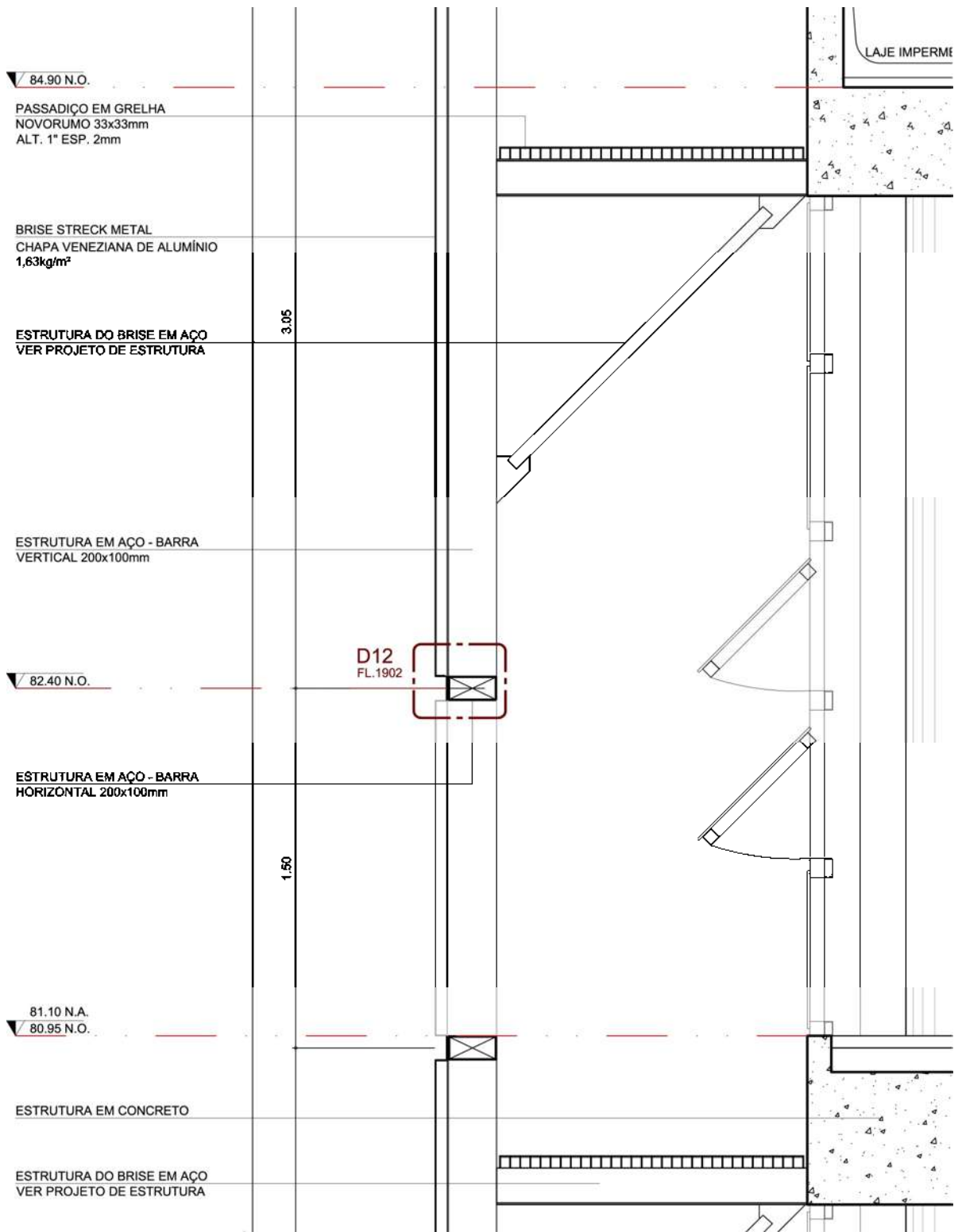
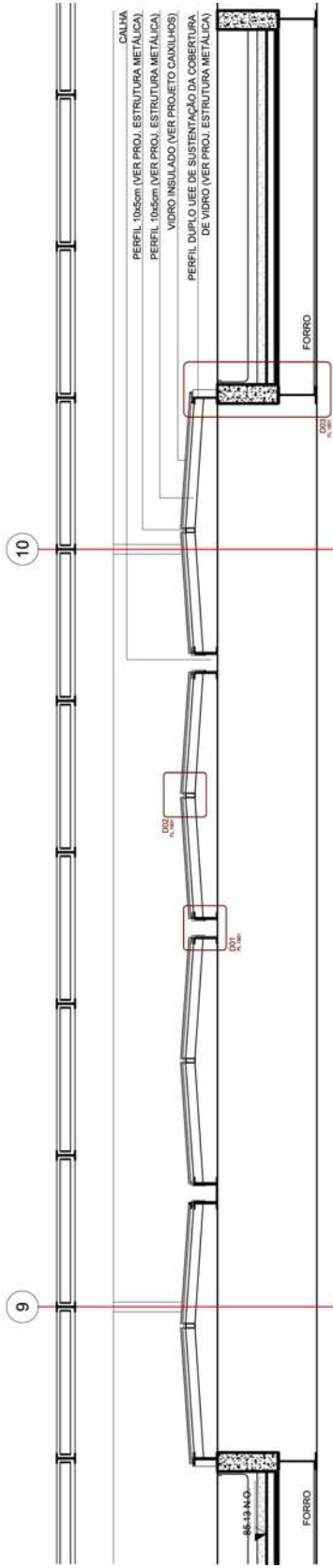
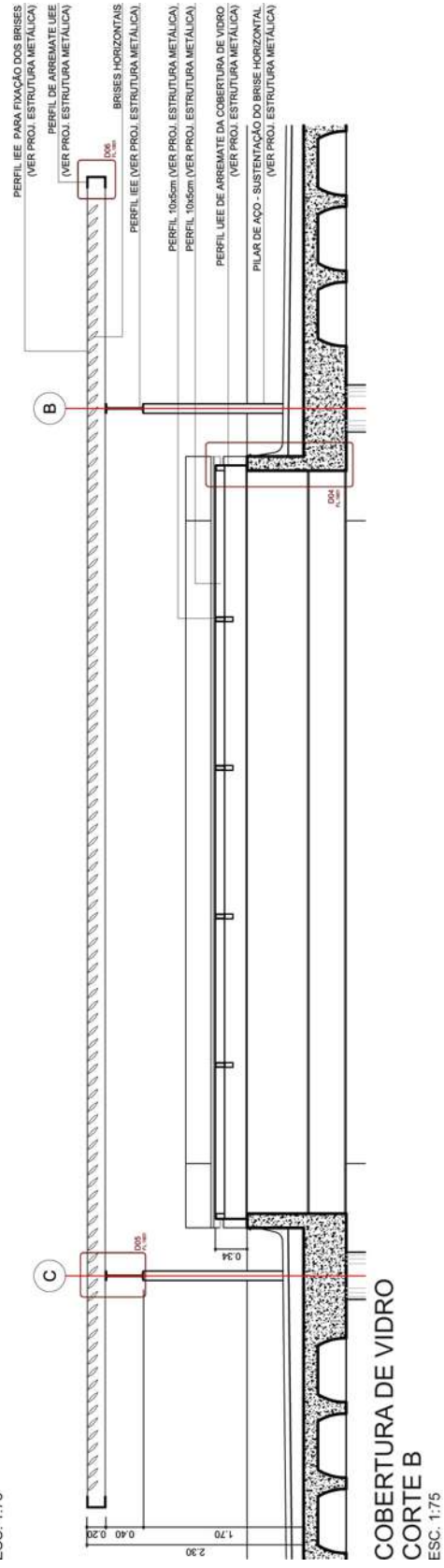


Figura 5.10 SAP Labs Brazil, detalhe do dispositivo de sombreamento nas fachadas norte e sul, Documentos de Construção, escala 1/25 (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)



COBERTURA DE VIDRO
CORTE A
 ESC. 1:75

99



COBERTURA DE VIDRO
CORTE B
 ESC. 1:75

Figura 5.11 SAP Labs Brazil, detalhe de cobertura de vidro e dispositivo de sombreamento, sobre os vazios e ambientes entre os blocos, Documentos de Construção, (imagem gentilmente cedida pela Eduardo Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

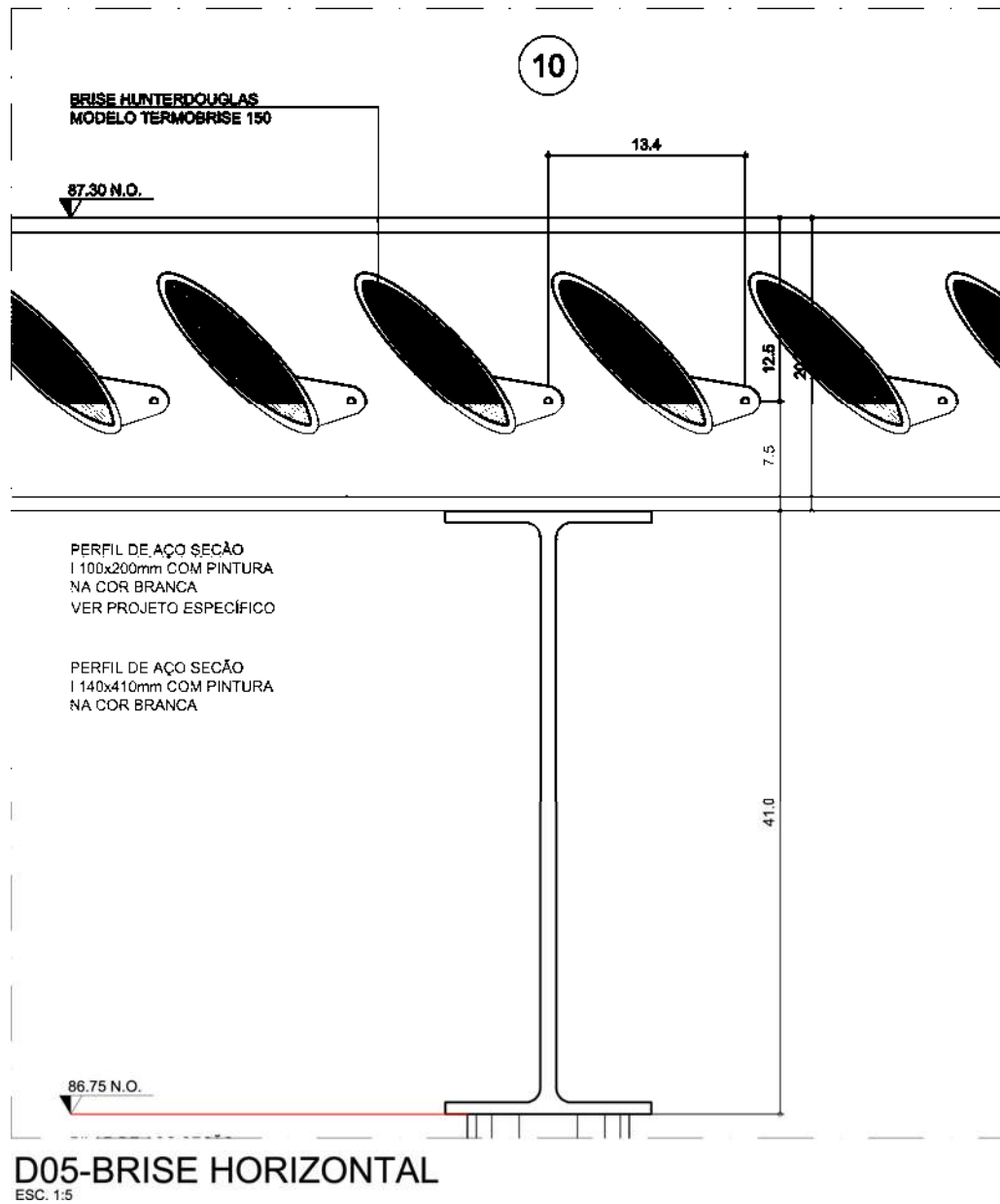


Figura 5.12 SAP Labs Brazil, detalhe do dispositivo de sombreamento, sobre os vazios e ambientes entre os blocos, Documentos de Construção (imagem gentilmente cedida pela Eduardo de Almeida Arquitetos Associados e Estúdio 6 Arquitetos)

Sistemas de condicionamento (passivos e ativos)

O sistema de condicionamento funciona de duas formas. Nos dias em que as condições externas permitem, a ventilação natural garante as condições de conforto aos usuários. Quando isto não é possível, é acionado o sistema ativo de condicionamento.

A seleção do sistema de ar-condicionado, com central de água gelada, deu-se devido à necessidade de maior eficiência energética. Este é constituído por duas torres de resfriamento, central de água gelada (com quatro *chillers* resfriados a água) e *fan-coils* com VAV (Volume de Ar Variável⁴⁷), abrigados em casas de máquinas em cada pavimento. Em áreas menores (salas de reunião, por exemplo), foram adotados fancoletes embutidos no forro. Como no local do edifício (Rio Grande do Sul) existe uma estação fria significativa, foi justificada a adoção de sistema quente-frio. Na estação quente, o sistema resfria a água e, na estação fria, esquenta, para o condicionamento ativo.

O sistema já possui um controle automatizado próprio. Nos ambientes e nos dutos há sensores de temperatura (termostatos) e há sensores de pressão na rede. Devido a requisito para certificação, também há sensores de CO₂, para controle da qualidade do ar, definindo a necessidade de novas tomadas de ar externo e, conseqüentemente, de economia de energia. Este sistema de automação do ar-condicionado é então integrado ao sistema de automação central. Este último recebe e registra todas as informações do primeiro, controlando algumas funções.

Não há motorização para abertura de janelas, nem sistema de alarme indicando estas aberturas. O sistema monitora as condições de clima internas e externas e, a partir destes dados, controla o acionamento e desligamento do ar-condicionado, mas o fechamento e abertura das janelas dependerá dos hábitos de uso dos usuários.

⁴⁷ O sistema de Volume de Ar Variável controla a vazão insuflada nos dutos de distribuição do ar frio ou quente, por meio de *dumpers*.

Sistemas de iluminação (natural e artificial)

A iluminação natural é favorecida pela volumetria laminar dos blocos, com 12m de largura, e por esquadrias piso a teto nas fachadas principais, norte e sul. Dispositivos de sombreamento, já descritos anteriormente, nas fachadas e sobre os vazios e ambientes entre os dois blocos, visam reduzir ganhos de calor devido à radiação solar direta e indireta e evitar o ofuscamento dos usuários.

Quanto ao sistema de iluminação artificial, foram adotadas luminárias e lâmpadas de alta eficiência, incluindo lâmpadas halógenas e um grande uso de *leds*. Para as áreas de trabalho foi adotada iluminação de caráter localizado, com uso de luminárias suspensas, tipo calha, com luz voltada para o forro (fluxo indireto) e para o plano de trabalho (fluxo direto). A soma destas duas contribuições resultam os 500 lux de luminância nos planos de trabalho, exigidos por normas específicas e legislação trabalhista, e otimizam a densidade de potência instalada. Para áreas perimetrais de apoio, como bancadas, e áreas de circulação foram adotados *leds*. A alta eficiência das luminárias especificadas também implica em redução de cargas térmicas, diminuindo a demanda de resfriamento do sistema de condicionamento.

O sistema de automação permite controlar o acionamento de cada circuito, mas não é capaz de controlar a dimerização das luminárias. A dimerização, no entanto, é muito importante para a redução no consumo de energia e aumento da vida útil dos reatores das luminárias. Neste sentido, foi adotado o protocolo DALI⁴⁸ (*Digital Addressable Lighting Interface*), que permite uma melhor integração entre iluminação natural e artificial. No sistema DALI adotado, cada módulo do sistema (controladora) tem uma capacidade de controlar no máximo 64 reatores, divididos em no máximo 16 grupos, atribuindo um endereço IP para cada reator. Os reatores podem ser divididos nos grupos, como desejado e a configuração pode ser alterada futuramente, conforme a necessidade, sem nenhuma alteração da fiação. Desta forma, não há a necessidade de

⁴⁸ DALI é um padrão especificado pela norma internacional IEC 60929, fornecido por várias empresas fabricantes.

distribuir os circuitos de forma rígida em um arranjo paralelo aos planos externos de vidro (fonte de iluminação natural), para que sejam desligados e (ou) dimerizados em função da disponibilidade de luz natural externa.

O sistema é integrado por meio de sensores de presença e sensores de luminância. Os sensores de presença permitem controlar o acionamento e desligamento das luminárias, em função da presença dos usuários. Por meio de temporizadores, o sistema pode ser configurado para desligar após 20 ou 30 minutos sem detectar nenhum movimento, evitando-se desligamentos indesejados. Os sensores de luminância permitem o acionamento, desligamento e dimerização das luminárias, em função da disponibilidade de luz natural nas áreas trabalho (conforme a distância dos planos externos de vidro).

Geração local de energia

Para autonomia dos equipamentos do edifício, fundamental devido à finalidade do edifício, foi adotado gerador a diesel, como sistema de backup para o fornecimento de energia. A opção de adotar gerador a biodiesel foi considerada, mas foi inviabilizada, devido à indisponibilidade deste combustível no local. Além do gerador, há duas outras entradas de energia provenientes de redes públicas, para garantir redundância. Se houver uma falha na fonte do município de São Leopoldo, o sistema comuta para uma alimentação, a partir da rede do município vizinho, de Sapucaia⁴⁹. Caso ambas as fontes externas falharem, o gerador é acionado, para comportar todo o funcionamento básico do prédio e os sistemas de segurança, com uma autonomia de oito horas se não abastecido.

Da mesma forma que a fonte de energia, há redundância de todos os sistemas essenciais para o funcionamento do edifício, incluindo: comunicação; telefonia; combate ao incêndio; automação; data center; e outros, como bombas de drenagem. Há submedição dos consumos e as entradas de energia são controlados pelo sistema

⁴⁹ Este sistema alimentação de energia a partir de duas redes públicas é compartilhada por outras empresas do polo de informática localizadas no Campus da Unisinos.

central de automação, que monitora e registra os consumos e funcionamento das instalações. Não foi adotado aquecimento solar de água, mas há previsão para futura instalação. O sistema de aquecimento utiliza gás. Não foi adotado sistema fotovoltaico para geração de energia, pois o custo foi considerado inviável.

Sistemas para conservação e uso racional da água

Foi adotada uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de alto desempenho, para tratamento de toda a água de esgoto do edifício e reuso da água em descargas e irrigação. Também foram adotados dispositivos economizadores, como válvulas de descarga com duplo fluxo e sensores de presença, em válvulas de mictórios e torneiras dos lavatórios.

Cisternas para armazenamento de água da chuva chegaram a ser previstas, mas foram eliminadas, pois o solo do terreno era muito menos permeável do que os estudos anteriores mostravam e foi constatado um excedente de água, tratando-se mais água do que é possível utilizar nas descargas e irrigação, em determinadas épocas do ano. Nas épocas quentes mais água é utilizada para irrigação, mas no inverno, quando é necessária menos água pra irrigação, é tratada mais água do que o necessário.

São controlados pelo sistema central de automação os sistemas: bombas, para água potável, água de reuso e água servida; os níveis dos reservatórios; sistema de água quente; e sistema de combate ao incêndio.

Áreas externas

Para a conceituação do projeto de paisagismo, que englobou as áreas externas do edifício, incluindo áreas de piso e de vegetação, foram considerados o entorno do terreno e o uso de vegetação nativa, caracterizada pelo IBGE, como uma zona de transição entre Mata Atlântica e Pampa. A especificação de espécies nativas se deu em consonância com requisitos para certificação, que concede créditos para a adoção de

vegetação adaptada ao bioma local, que demanda quantidade menor de água e menos cuidados com a correção do solo.

Quanto à concepção dos espaços, foi buscada uma compreensão dos ambientes internos e relações com as áreas externas, incluindo áreas além do perímetro do terreno, com base em fotos, fornecidas junto com o programa de necessidades do concurso. Estas relações basearam a definição das situações de estar, de passeio e de vistas, que fossem interessantes para as pessoas dentro e fora do edifício. Buscou-se então uma estruturação dos espaços, a partir dos elementos do projeto de paisagismo, incluindo pisos e vegetação.

As características do terreno, os requisitos funcionais do programa e o conceito do edifício indicaram a solução mais lógica para o sistema viário e de acessos. O estacionamento e a pavimentação para veículos foram, então, concebidos como uma continuação do acesso e circulação de pedestres, paralelos aos blocos do edifício.

Quanto aos pisos, foi amplamente adotado o basalto, pedra de extração local muito empregada nas cidades da região, em uma sucessão de diferentes cortes e paginações. A pavimentação para veículos foi especificada em paralelepípedos de basalto e a circulação para pedestres em placas da mesma pedra. Também existem elementos de basalto para definir os limites das áreas de acesso a veículos. Em outra situação foi concebida uma área com pedrisco de basalto.

Dentro da projeção do edifício, foram previstos espelhos d'água lineares e uma faixa de vegetação, com uma sucessão de espécies. Foi definida também uma espécie de palmeira nativa, inclusive, por que era passível de encontrar em tamanhos variados, já que havia um requisito do cliente de plantar espécies já crescidas. Para o sombreamento das áreas de estacionamento em cinco anos, conforme requisito para certificação LEED™, também foram adquiridas mudas crescidas.

Racionalização dos sistemas estrutural, construtivos e áreas técnicas

Quanto ao sistema estrutural, no projeto conceitual, foi prevista estrutura metálica. Com a inclusão da construtora no processo, no começo da etapa de Desenvolvimento do Projeto, esta defendeu a substituição deste sistema para estrutura de concreto com fôrma tipo cubeta (moldado *in loco*), argumentando que esta seria a melhor opção, para os custos e prazos estipulados. Foi decidido, então, adotar este outro sistema.

Por conta disto, a modulação original teve de ser alterada, passando a seguir o módulo das cubetas de 0,80m. A distância entre pilares é de 10,80m, no sentido transversal, com balanços de 0,60m nas fachadas norte e sul. No sentido longitudinal, os pilares são espaçados a cada 8,00m. No entanto, foi adotado aço para a estrutura dos espaços entre as duas lâminas, mezaninos, escadas, estrutura secundária dos dispositivos de sombreamento e estruturas de cobertura.

Quanto à áreas técnicas, foram previstos *shafts* para a distribuição vertical de instalações, entreforro, para distribuição horizontal da maior parte das instalações, incluindo dutos de ar-condicionado e piso elevado, para flexibilidade das instalações elétricas nas áreas de trabalho. Casas de máquina, para os *fan-coils* do sistema de ar-condicionado, também foram previstas em cada pavimento. A central de água gelada foi locada no subsolo.

Seleção de materiais de baixo impacto ambiental

Para a seleção de materiais de menor impacto ambiental, foram considerados os requisitos para certificação LEED™ relacionados. Foram adotados materiais regionais, materiais reciclados e/ou recicláveis, madeira com certificação FSC e materiais com baixo índice de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), como, por exemplo, tintas, resinas e adesivos. Para mais detalhes veja o item 5.3, deste mesmo capítulo.

5.3 Avaliação com a ferramenta LEED

Alguns aspectos importantes do projeto relacionados aos créditos pleiteados para o processo de certificação com a ferramenta LEED™ são comentados a seguir (ver Quadro 5.1).

O primeiro grupo de **sítios sustentáveis**, com requisitos para obtenção de créditos, está relacionado à minimização dos impactos no local, devido à implantação do novo edifício. A prevenção de poluição durante a etapa de construção (controle de erosão e sedimentação, por exemplo) é um pré-requisito. Créditos são concedidos para itens, como gestão de água da chuva (prevendo áreas permeáveis suficientes, por exemplo) e redução de ilhas de calor (por meio de paisagismo e projeto de áreas externas).

O armazenamento de água pluvial foi impossibilitado, devido à eliminação de duas cisternas originalmente previstas e a falta dos projetos de tratamento de água de chuva e de redução de quantidade de escoamento superficial, o que levou à perda dos dois pontos correspondentes. Foram ganhos os créditos SS 7.1, de efeito de ilha de calor fora às coberturas, devido à especificação de pisos claros, com alto índice de reflexão solar, e SS 7.2, de efeito de ilha de calor das coberturas, devido à adoção de brita branca nas coberturas em laje impermeabilizada.

Já o grupo de **uso eficiente de água** está relacionado à conservação e uso racional de água, durante a operação do edifício. Créditos podem ser obtidos, com o atendimento a requisitos, como o projeto de paisagismo para o uso eficiente de água, o uso de tecnologias inovadoras para reutilização de água e redução no consumo de água potável de 20 a 30%.

categorias (% total de pontos)	créditos possíveis	créditos pleiteados
Sítios sustentáveis (20%)	até 14	9
Controle de poluição da obra (erosão, sedimentação e poeira)	pré-requisito	atendido
SS 1 Seleção do local	1	1
SS 2 Densidade do desenvolvimento e conectividade com a comunidade	1	1
SS 3 Redesenvolvimento de áreas contaminadas (<i>brownfields</i>)	1	0 (não se aplica)
SS 4.1 Transporte alternativo, acesso ao transporte público	1	1
SS 4.2 Transporte alternativo, guarda de bicicletas e vestiário	1	1
SS 4.3 Transporte alternativo, veículos de baixa emissividade e consumo eficiente de combustível	1	1
SS 4.4 Transporte alternativo, capacidade de estacionamento	1	1
SS 5.1 Desenvolvimento do sítio, proteger ou restaurar o habitat	1	1
SS 5.2 Desenvolvimento do sítio, maximizar espaços abertos	1	1
SS 6.1 Projeto para água da chuva, controle de quantidade	1	0
SS 6.2 Projeto para água da chuva, controle de qualidade	1	0
SS 7.1 Efeito de ilha de calor, áreas sem cobertura	1	incerto
SS 7.2 Efeito de ilha de calor, coberturas	1	1
SS 8 Redução de poluição luminosa	1	0
Uso eficiente de água (7%)	até 5	5
WE 1.1 Paisagismo para uso eficiente de água, redução de 50%	1	1
WE 1.2 Paisagismo para uso eficiente de água, não uso de água potável ou não irrigação	1	1
WE 2 Tecnologias inovadoras para reutilização de água	1	1
WE 3.1 Redução do uso de água, 20%	1	1
WE 3.2 Redução do uso de água, 30%	1	1
Energia e atmosfera (25%)	até 17	4
Verificação de conformidade pré-entrega (<i>commissioning</i>) dos sistemas de energia	pré-requisito	atendido
Eficiência energética mínima	pré-requisito	atendido
Gestão de refrigerantes (nos equipamentos de condicionamento e ventilação artificial)	pré-requisito	atendido
EA 1 Otimização do desempenho energético	1-10	2 (obrigatórios)
EA 2 Uso de energia renovável local	1-3	0
EA 3 Verificação de conformidade pré-entrega adicional	1	1
EA 4 Gestão de refrigerantes adicional	1	1
EA 5 Mensuração e verificação de desempenho	1	0
EA 6 Energia verde (uso de tecnologias renováveis e de poluição zero, solar, eólica, geotérmica, biomassa e hidrelétricas de baixo impacto)	1	0

Quadro 5.1 Estrutura de Avaliação do LEED™ 2.2 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2005)

Materiais e recursos (19%)	até 13	7
Coleta e armazenamento de material reciclável (produzido pelos usuários)	pré-requisito	atendido
MR 1.1 Reutilização do edifício, manter 75% de paredes, pisos e coberturas	1	0 (não se aplica)
MR 1.2 Reutilização do edifício, manter 95% de paredes, pisos e coberturas	1	0 (não se aplica)
MR 1.3 Reutilização do edifício, manter 50% de elementos internos não estruturais	1	0 (não se aplica)
MR 2.1 Gestão de resíduos de construção, redução de 50% dos resíduos levados para aterros	1	1
MR 2.2 Gestão de resíduos de construção, redução de 75% dos resíduos levados para aterros	1	1
MR 3.1 Reuso de materiais , 5%	1	0
MR 3.2 Reuso de materiais , 10%	1	0
MR 4.1 Materiais com conteúdo reciclado, 10% (pós-consumo + 1/2 pré-consumo)	1	1
MR 4.2 Materiais com conteúdo reciclado, 20% (pós-consumo + 1/2 pré-consumo)	1	1
MR 5.1 Materiais regionais, 10% extraído, processado e fabricado regionalmente	1	1
MR 5.1 Materiais regionais, 20% extraído, processado e fabricado regionalmente	1	1
MR 6 Uso de materiais rapidamente renováveis	1	0
MR 7 Uso de madeira certificada (mínimo de 50%)	1	1
Qualidade do ambiente interno (22%)	até 15	9
Qualidade do ar interno mínima	pré-requisito	atendido
Controle ambiental de fumaça de cigarros	pré-requisito	atendido
EQ 1 Monitoramento da renovação de ar externo	1	1
EQ 2 Aumento da ventilação	1	1
EQ 3.1 Gestão da qualidade do ar interno, durante a construção	1	1
EQ 3.2 Gestão da qualidade do ar interno, antes da ocupação	1	0
EQ 4.1 Materiais de baixa emissividade, adesivos e selantes	1	1
EQ 4.2 Materiais de baixa emissividade, tintas	1	1
EQ 4.3 Materiais de baixa emissividade, carpetes	1	1
EQ 4.4 Materiais de baixa emissividade, peças de madeira compostas	1	0
EQ 5 Controle de fontes de poluição internas	1	0
EQ 6.1 Controle dos sistemas pelos usuários, iluminação	1	0
EQ 6.2 Controle dos sistemas pelos usuários, conforto térmico	1	0
EQ 7.1 Conforto térmico, projeto	1	1
EQ 7.2 Conforto térmico, verificação (APO - Avaliação Pós-Ocupação de conforto)	1	incerto
EQ 8.1 Luz natural e vista para o exterior, luz natural em 75% dos espaços	1	1
EQ 8.1 Luz natural e vista para o exterior vista para o exterior em 95% dos espaços	1	1
Inovação e processo de projeto (7%)	até 5	5
ID 1-1.4 Inovação do projeto (estratégias de projeto e uso de tecnologias)	1-4	4
ID 2 Participação de profissional habilitado pelo LEED™	1	1
Total possível	até 69	39

Continuação do Quadro 5.1 Estrutura de Avaliação do LEED™ 2.2 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2005)

Os cinco pontos possíveis para este grupo estão sendo pleiteados, atendendo-se aos requisitos relacionados. Para a obtenção destes créditos várias soluções foram adotadas, incluindo: Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), para reuso de água em descargas e irrigação; e dispositivos economizadores, como válvulas de descarga com duplo fluxo, válvulas redutoras para mictórios e chuveiros, torneiras dos lavatórios com arejador e sensor de presença. Havia exigência de legislação local para a implantação de ETE e o sistema foi selecionado, para chegar ao nível de tratamento exigido para obtenção de créditos LEED™.

Quanto ao grupo **energia e atmosfera**, os requisitos estão relacionados à busca de uma maior eficiência energética do conjunto de sistemas do edifício e emissões de gases relacionadas. Uma verificação de conformidade pré-entrega (comissionamento) dos sistemas mecânicos, elétricos e de tubulações é um dos pré-requisitos para certificação. Neste sentido, foi elaborado um plano de comissionamento, implementado por uma autoridade de comissionamento externa contratada.

O segundo pré-requisito deste grupo é a eficiência energética mínima, em relação a normas ASHRAE/IESNA 90.1/2004. Para este processo, este foi considerado um dos itens mais difíceis de atender, pois era necessária uma redução no uso de energia durante a operação de no mínimo 14% em relação ao modelo base de referência da norma. O último resultado da simulação resultou redução de 14,29%, garantindo o atendimento ao pré-requisito e os dois pontos obrigatórios do crédito EA 1. Outro pré-requisito é a gestão de refrigerantes nos equipamentos de condicionamento e ventilação artificial, eliminando-se o uso de CFC nos sistemas. O uso de energia renovável local, como, por exemplo, sistema fotovoltaico para geração de energia, foi considerado inviável quanto aos custos iniciais para implantação. Os três créditos EA 2 relacionados não foram buscados.

Quanto ao grupo de **materiais e recursos** (representando até 13 pontos, 19%), são concedidos créditos relacionados à seleção de materiais e componentes de baixo impacto ambiental. A previsão de espaço adequado para coleta e armazenamento de material reciclável produzido pelos usuários é um pré-requisito.

É importante mencionar que os dois créditos MR 2.1 / 2.2, relacionados à gestão de resíduos da obra, foram garantidos, devido à redução de pelo menos 75% dos resíduos levados a aterros, destinando-os a outros usos e empresas de reciclagem. A terra retirada do local foi doada, para atendimento à resolução CONAMA 307. Já os créditos MR 3.1 / 3.2, para reuso de componentes, não puderam ser atendidos, devido à dificuldade logística, além de barreiras culturais para aceitação desta prática em edifícios novos. Os dois créditos MR 4.1 / 4.2, de materiais com conteúdo reciclado, foram garantidos. Os principais materiais que possibilitaram isso foram o aço, cimento e alumínio. Também foram garantidos os dois créditos MR 5.1 / 5.2, de materiais extraídos, processados e fabricados regionalmente (dentro de um raio de 800km do local). O cálculo é feito a partir do custo total dos materiais adquiridos. Os principais materiais considerados foram o concreto, cimento, água, vegetação, terra e pedras (basalto, abundante no local, para vários usos no edifício). Já o crédito MR 6, de materiais rapidamente renováveis (como juta ou fibra de coco, por exemplo) não foi buscado, mas o crédito MR 7, de uso de madeira certificada, foi garantido.

O grupo **qualidade do ambiente interno** refere-se ao conforto ambiental e qualidade do ar nos espaços internos. São pré-requisitos uma qualidade mínima do ar interno e o controle de fumaça de cigarros. Estes foram atendidos. Um crédito importante foi o EQ 1, de monitoramento da renovação de ar externo, obtido com a adoção de sensores de dióxido de carbono (CO₂) no sistema de ar-condicionado e automação. Também foi garantido o crédito EQ 3.1, de gestão da qualidade do ar interno durante a construção, devido à implementação de um plano específico. O segundo ponto, EQ 3.2, gestão da qualidade do ar interno antes da ocupação, que requer que haja duas semanas do edifício respirando (*flush-out*), antes da ocupação, foi um dos últimos a serem abandonados, devido ao prazo máximo possível para ocupação do edifício.

Outros créditos garantidos foram os EQ 4.1, 4.2 e 4.3, devido à especificação de materiais de baixa emissividade de Compostos Orgânicos Voláteis, respectivamente, adesivos e selantes, tintas e carpetes. Mas foi perdido o crédito EQ 4.4, devido à especificação de peças de madeira compostas, sem uso de uréia e formaldeído. Houve

dificuldade para encontrar fornecedores que aceitassem substituir a resina sem incorrer em quebra da garantia. Outro crédito perdido foi o EQ 5, de controle de fontes de poluição internas, pois não foi atendida a necessidade de exaustão separada para sala de geradores, sala de Xerox e depósito de materiais de limpeza.

Quanto ao último grupo de **inovação e processo de projeto**, este visa prover ao time de projetistas a oportunidade de receber créditos por níveis de desempenhos acima dos requisitos do LEED™ e/ou desempenho ambiental em categorias não contempladas na ferramenta. Um crédito foi ganho, devido à inclusão de um profissional habilitado pelo LEED™ na equipe.

Outro crédito de inovação possível era o uso de 40% de materiais com conteúdo reciclável, mas foi perdido, pois houve dificuldades com a especificação e fornecimento de cimento com alta porcentagem de conteúdo reciclado. Os créditos extras de inovação foram obtidos pelo: (1) uso de 100% de madeira certificada; (2) infiltração e uso no terreno de 100% da água tratada na ETE; (3) uso de materiais regionais acima do exigido; e (4) adoção de um processo, denominado “*ideation*”, para definição dos elementos necessários para as atividades de trabalho, com participação de todos os funcionários da empresa.

No processo de “*ideation*”, houve uma validação de soluções de arquitetura para o programa funcional e alguns elementos foram alterados. Uma ponte de ligação, por exemplo, foi acrescentada para facilitar a ligação entre os dois blocos. O processo também visou à definição dos mobiliários necessários em um memorial submetido a três empresas fornecedoras. Estas executaram *mock-ups* com as alternativas de mobiliário e, em seguida, todos os funcionários votaram no conjunto que consideraram o mais adequado. Este processo fez parte do projeto de interiores, desenvolvido pelo escritório de arquitetura. Uma fase final deste processo será uma pesquisa de satisfação, durante a etapa de uso, em relação ao mobiliário selecionado. Este processo já havia sido conduzido para a implantação da sede da empresa na China.

5.4 Resultados alcançados

As simulações de desempenho energético revelaram que a volumetria e orientação norte e sul das fachadas principais foram muito eficazes para a redução de ganhos de calor indesejados. A configuração adotada, com blocos alongados no eixo leste-oeste de 12m de largura, também favorece a iluminação natural e ventilação cruzada. Um ponto controverso, no entanto, é a relação entre áreas opacas e envidraçadas, pois uma área envidraçada menor poderia resultar em menores ganhos de calor devido à incidência de radiação solar. Este dado foi confirmado nas simulações de energia realizadas, mas estas ocorreram tarde no processo, quando vários elementos da arquitetura já estavam consolidados, incluindo as esquadrias piso a teto nas áreas de trabalho e circulações.

Em contrapartida, a especificação e detalhamento dos dispositivos de sombreamento e vidros foram cuidadosamente desenvolvidos e verificados ao longo do processo, em colaboração entre equipe de arquitetura, dois consultores de conforto térmico, consultor de esquadrias e especialista de eficiência energética (também projetista de ar-condicionado). Segundo este último, os elementos que mais influenciaram na redução do consumo de energia foram os sistemas de iluminação e ar-condicionado desenvolvidos.

Apesar de todos os percalços enfrentados, a meta explicitada no edital de concorrência, de obter certificação nível *ouro* no sistema LEED™, será alcançada. Foram contemplados pré-requisitos e requisitos nos seis grupos: sítios sustentáveis; uso eficiente da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade do ambiente interno e inovação e processo de projeto. A última simulação de desempenho energético resultou uma redução de pouco mais que os 14% exigidos no uso de energia para uso e operação.

6 Estudo de caso 02 - Ampliação do CENPES

O segundo estudo de caso é o processo de projeto e obra de um novo complexo de edifícios, para ampliação do *Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello* (CENPES), da Petrobrás, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro (ver Figura 6.1). O complexo existente foi construído na década de 70, com projeto de Sérgio Bernardes.

localização - sem escala

- (01) CENPES existente
- (02) Ampliação do CENPES
- (03) Baía da Guanabara
- (04) Centro Universitário
- (05) Avenida
- (06) Aeroporto



Figura 6.1 Ampliação do CENPES, Localização do edifício na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Conceituação do Projeto (imagens gentilmente cedidas pela Zanettini Arquitetura)

O projeto de arquitetura da ampliação foi iniciado, em março de 2004, após recebimento de carta convite para o concurso do projeto, enviada para quatro escritórios de arquitetura. A construção foi iniciada em dezembro de 2005, com previsão de entrega de uma primeira etapa de implantação em 2010. A entrega de uma segunda etapa está prevista para 2020. As equipes de projetistas e consultores que

desenvolveram conjuntamente o projeto são identificadas em ficha técnica ao final do texto (Apêndice D).

A área construída total é de aproximadamente 120.000m², em terreno de 183.194,27m². O edifício está em processo de certificação LEED™, tendo sido o primeiro projeto registrado neste sistema de avaliação e certificação ambiental, no Brasil.

Informações sobre o projeto estão disponíveis em artigos, de periódicos e um de evento científico, destacando-se os seguintes autores: Gonçalves e Duarte (2005; 2006; 2007); Zanettini e Garcia (2007); Brandão et al. (2008); Monteiro et al. (2008); e Moura et al. (2009). Esta investigação focou principalmente a etapa de projeto, mas algumas informações importantes sobre a obra foram obtidas. Os resultados são apresentados e discutidos a seguir.

6.1 Relato do processo

Os principais eventos do processo identificados nesta investigação são discutidos a seguir.

Pré-Projeto

Durante a etapa de pré-projeto, foi elaborado, pelo cliente, o Memorial Descritivo, para a contratação e licitação do projeto. Trata-se de um extenso documento, bastante detalhado, reunindo os objetivos do empreendimento, o programa de necessidades, critérios, dados, diretrizes e requisitos de desempenho, bem como procedimentos e normas específicas da empresa, para o desenvolvimento do projeto e produção.

Um fato certamente inovador foi a inclusão de critérios para o desempenho ambiental e eficiência energética do conjunto de edifícios do complexo, incluindo: minimização do consumo de recursos não renováveis; minimização de emissões para a atmosfera, relacionadas com o aquecimento global e acidificação; minimização de efluentes líquidos e resíduos sólidos; minimização dos impactos em eco sistemas locais; máxima qualidade dos ambientes internos, considerando qualidade do ar, conforto térmico, luminoso e acústico; e flexibilidade e adaptabilidade do edifício. As preocupações com os custos e agilidade de execução também foram explicitadas, junto com requisitos de racionalidade e construtibilidade dos sistemas construtivos adotados.

O conceito de eco-eficiência, termo empregado pela Petrobras, presente no edital incluiu os seguintes tópicos mandatórios (GONÇALVES; DUARTE, 2005, 2006, 2007):

- (1) Orientação solar adequada;
- (2) Forma arquitetônica: adequada aos condicionantes climáticos locais e padrão de uso para a minimização da carga térmica interna;
- (3) Material construtivo das superfícies opacas e transparentes: termicamente eficiente;
- (4) Superfícies envidraçadas: taxa de WWR⁵⁰ (Window Wall Ratio) adequada às condições de conforto térmico e luminoso internos;
- (5) Proteções solares externas: adequadas às fachadas;
- (6) Ventilação natural: aproveitamento adequado dos ventos para resfriamento e renovação do ar interno;
- (7) Aproveitamento da luz natural;
- (8) Uso da vegetação;
- (9) Sistemas para uso racional de água e reuso; e

⁵⁰ Taxa determinada pela relação entre áreas opacas e de vidro nas fachadas da edificação.

- (10) Materiais de baixo impacto ambiental: dentro do conceito de desenvolvimento sustentável.

Também foram compiladas informações detalhadas do terreno e local, incluindo dados climáticos. Entre os objetivos, foi explicitada a intenção de obter certificação LEED™.

Com base no memorial, quatro escritórios de arquitetura foram convidados, por meio de cartas convite, a participar da concorrência para o projeto. Antes de iniciar o desenvolvimento dos projetos, os escritórios candidatos foram chamados, para participar de um *workshop*, com uma semana de palestras, sobre os aspectos de eco-eficiência que deveriam ser atendidos. Neste sentido, foi formada uma equipe de professores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRS). Os professores conduziram palestras sobre os temas de eficiência energética, uso racional e economia de água, seleção de materiais de menor impacto ambiental, redução de desperdícios de materiais, energia solar e certificação LEED™.

Outro procedimento importante foi a alocação de dois dias para esclarecimento de dúvidas de todos os candidatos. Em seguida, durante a etapa de concurso foi mantido um canal aberto de comunicação com os professores, no qual perguntas dos candidatos eram respondidas e disponibilizadas para todos. A arquiteta coordenadora de projetos entrevistada relatou que isto foi de grande ajuda, para o desenvolvimento do projeto conceitual.

Conceituação do projeto (início na última semana de março de 2004 e entrega em 27 de maio de 2004)

Esta etapa de projeto correspondeu à elaboração do projeto conceitual para o concurso. Uma equipe multidisciplinar de projetistas e consultores foi constituída, logo no início dos trabalhos, incluindo: equipe de arquitetura; equipe de consultoria e

pesquisa em eco-eficiência (para avaliação de térmica, iluminação, acústica e eficiência energética); projetista de estruturas; e projetistas de instalações (elétricas, hidráulicas e ar-condicionado, todos da mesma empresa). Nesta etapa não chegaram a participar a projetista de luminotécnica; o projetista de paisagismo e o consultor de esquadrias. No entanto, um geólogo foi consultado quanto às questões relacionadas aos impactos ao bioma local e uso de vegetação nativa e adaptada.

De forma diversa da prática usual em concursos a convite para projetos, o trabalho multidisciplinar foi muito intenso nesta etapa, com várias reuniões de trabalho. A equipe de eco-eficiência, por exemplo, trabalhou muitos dias no escritório de arquitetura. A pesquisadora da equipe de eco-eficiência relatou que, desde os primeiros traços, o desenvolvimento do projeto foi baseado em princípios básicos para melhor orientação e geometria dos edifícios. Em um primeiro momento, foi realizada uma apresentação das condicionantes climáticas e ambientais, do Rio de Janeiro e da Baía de Guanabara, 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.

As condicionantes climáticas, feitas com médias mensais, ou seja, avaliações mais expeditas, foram consideradas suficientes para esta etapa. Em seguida, procurou-se atender as necessidades do projeto, com o suporte de análises e simulações simplificadas. Não houve avaliações quantitativas detalhadas, devido à restrições de prazo.

Os principais conceitos do projeto foram definidos nesta etapa. A disposição do conjunto principal de edifícios foi determinada, considerando-se a geometria da insolação, as direções predominantes do vento e também as vistas da Baía de Guanabara. Um eixo norte-sul estrutura e organiza os espaços, resolvendo ao mesmo tempo a circulação de pessoas e a distribuição de todas as instalações (ver Figura 6.2).



implantação - escala 1/5000

- (01) Edifício Central (02) Laboratórios (03) Centro de Convenções (04) Planta-Piloto
 (05) CPD (06) CENTEP (07) RSUD (08) Restaurante (09) Central de Utilidades (10) ETRA
 (11) Empreiterópolis (12) Refeitório e Vestiário Empreiterópolis (13) CENPES existente

Figura 6.2 Ampliação do CENPES, implantação, Conceituação do Projeto, escala 1/5000 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

Extendendo-se ao longo deste eixo, foi definido um edifício central. A Figura 6.3 representa um corte transversal deste edifício. A circulação no nível térreo deste edifício resolve o acesso aos blocos de laboratórios, lâminas térreas alongadas em eixos leste-oeste, perpendiculares ao eixo principal norte-sul. Os laboratórios representam a maior área do complexo e por esta razão foram definidos com a orientação mais favorável (fachadas principais norte e sul), para a minimização dos ganhos de calor devido à

radiação solar e otimização da iluminação natural, devido a esta mesma radiação (MONTEIRO et al., 2008). A Figura 6.4 representa um corte transversal dos blocos de laboratórios.

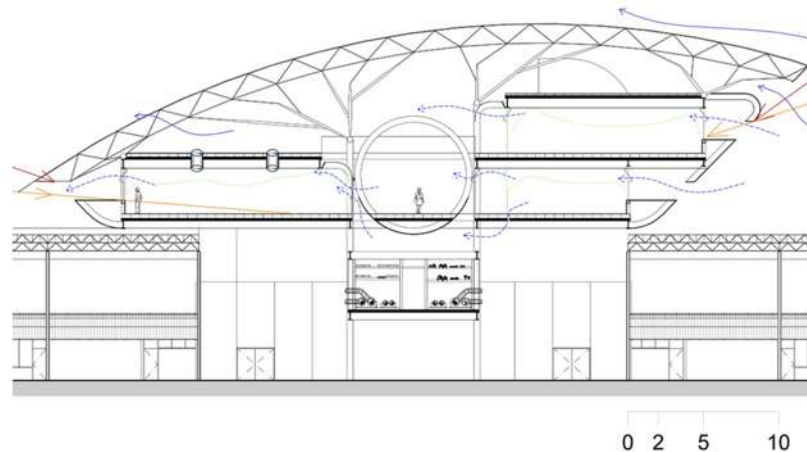


Figura 6.3 Ampliação do CENPES, corte transversal do Edifício Central, Conceituação do Projeto, escala 1/500 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

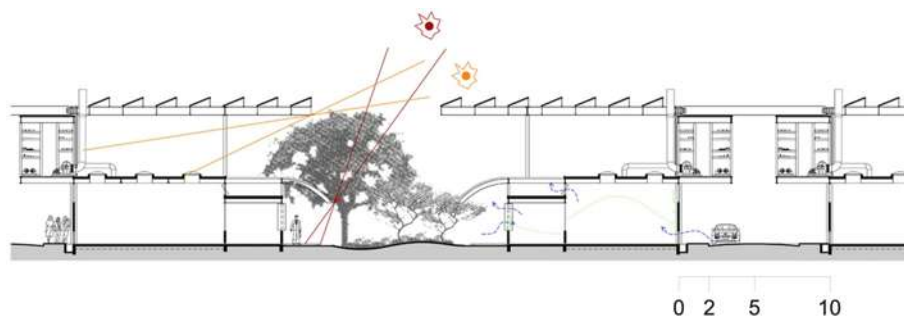


Figura 6.4 Ampliação do CENPES, corte transversal dos blocos de Laboratórios, Conceituação do Projeto, escala 1/500 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

Foi definido um partido predominantemente horizontal, intercalando espaços internos e espaços de transição (cobertos e abertos) e estabelecendo uma forte integração entre áreas externas e internas. A disposição horizontal dos edifícios, com todos os módulos de laboratórios ao rés do chão (ver Figura 6.4), por exemplo, se deve a esta intenção de integração e de criação de ambientes de encontros e vivência nos

jardins adjacentes às áreas de trabalho (MONTEIRO et al., 2008). Também deve ser mencionado, que o Memorial Descritivo para o concurso, contendo os objetivos, programa de necessidades e requisitos, já explicitava a preferência por construções horizontais, que possibilitassem maior integração entre diferentes áreas.

A projetista de estruturas relatou que teve uma participação bastante intensa nesta etapa, ressaltando que esta foi a sua primeira experiência de trabalho multidisciplinar integrado desde o início e de forma séria. Isto permitiu que o projeto estrutural fosse conceituado já neste momento. Era uma premissa de projeto definir uma modulação estrutural. Os dados de sondagem do terreno de aterro revelaram a necessidade de estacas bastante profundas, de 20 a 25m. Portanto, se neste caso o comprimento é preponderante em relação à secção da estaca, valia mais a pena concentrar as cargas. Foi então estabelecida uma modulação de 10x10m, em função da otimização da concentração de cargas e estacas.

Os projetistas de instalações também foram consultados desde o início, quando havia apenas o edital e alguns croquis de arquitetura. Esta participação foi fundamental para o desenvolvimento do conceito de um piso técnico para *pipe racks*, atravessando todo o complexo (ver Figura 6.3) e distribuindo todas as instalações. No prédio central, a área técnica acompanha o eixo principal norte-sul, sendo locada no primeiro pavimento. Este conceito foi determinado pela demanda do cliente de que fossem garantidos a flexibilidade, grande segurança dos funcionários e acesso facilitado para manutenção e alterações.

Para o projeto de ar-condicionado, não havia no edital uma exigência para a adoção do sistema com central de água gelada, mas o porte do empreendimento e a necessidade de eficiência energética levaram a esta definição. O projetista de ar-condicionado relatou ainda que, normalmente, o grande “vilão” do ponto de vista de espaço físico ocupado por áreas técnicas é o sistema de ar-condicionado, que inclui casas de máquinas, entreforros, entrepisos (no caso de insuflamento pelo piso), *shafts*, andares técnicos etc.. Neste sentido, um dos grandes benefícios do contato cedo no processo, é a possibilidade de um pré-dimensionamento adequado destas áreas

técnicas. Por exemplo, é possível prever a necessidade de adotar dutos de 0,30m ou de 1,00m de altura, o que tem uma relação direta com os pés-direitos do projeto e medidas de piso a piso acabados entre os pavimentos.

Quanto à seleção de materiais de menor impacto ambiental, esta questão foi abordada no projeto conceitual, indicando-se alguns materiais que se desejava adotar. A justificativa para o uso de aço foi um dos principais pontos defendidos. O isolamento térmico também foi abordado, com a adoção de materiais com conteúdo reciclado.

Avaliação dos projetos concorrentes e processo de seleção

Quatro dias após a entrega do material para o concurso (dia 27 de maio), foram feitas apresentações aos engenheiros e especialistas da Petrobras, por parte de cada projetista, defendendo os partidos adotados (dia 31 de maio). Participaram da apresentação: um representante da equipe de eco-eficiência, a projetista de estruturas, projetistas de instalações e o arquiteto autor. Este último fez o fechamento da apresentação e, em seguida, foram feitas uma série de perguntas por parte dos engenheiros da Petrobras, para avaliar se o projeto atendia ao edital, podendo então continuar no processo de seleção. Entre os representantes do cliente estavam engenheiros, biólogos, fiscais de obra, responsáveis pela manutenção e futuros usuários.

Uma segunda apresentação foi realizada, no dia 11 de junho, para um grupo de “jurados”. Nesta apresentação participaram todos os arquitetos concorrentes em um mesmo dia.

Houve, então, um período de aproximadamente um mês, para análise dos projetos. A mesma equipe que conduziu as palestras, sobre as questões de eco-eficiência, também realizaram uma avaliação dos projetos concorrentes, quanto a estes aspectos. Também foi avaliado qual entre os projetos tinha o maior potencial para obter o nível mais alto de certificação, com a ferramenta LEED™, realizando-se uma pré-avaliação e identificando-se o nível *ouro*, como uma faixa possível de atingir.

Recomendações de alterações também foram feitas neste momento. Um parecer da equipe foi fornecido à comissão julgadora que iria selecionar o projeto vencedor.

Revisão da Conceituação do Projeto (início em julho e entrega em novembro de 2004)

Em 16 de julho, a equipe de projetistas foi informada que o projeto foi o vencedor da concorrência. Houve, então, 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. Enquanto ocorria a negociação do contrato, foi realizada, em paralelo, uma revisão do Projeto Conceitual, com a participação de equipe da Petrobras.

Uma série de comentários foram passadas para a equipe de projeto. Em conjunto com os comentários e solicitação de alterações, foi disponibilizado, para o escritório, a avaliação quanto aos aspectos de eco-eficiência, feita pela equipe de professores. Uma série de alterações foi incorporada, principalmente em relação à implantação do conjunto de edifícios, acessos e sistema viário.

Outra alteração importante foi a adoção de uma cobertura sobre o piso técnico, no primeiro pavimento dos blocos de laboratório, apesar deste seguir aberto e com ventilação permanente. No projeto conceitual, havia uma proposta de adotar as células fotovoltaicas, como um dispositivo de sombreamento, constituindo faixas horizontais sobre os blocos do laboratório, como mostra a Figura 6.4. Este conceito foi alterado, por solicitação da Petrobras, adotando-se uma cobertura, para proteção dos equipamentos contra a chuva. Desta forma, foram reunidos dois conceitos: (1) a proteção dos equipamentos e (2) a criação de uma segunda pele, para redução dos ganhos de calor devido à incidência de radiação solar. A idéia de uso das placas do sistema fotovoltaico como elemento de sombreamento não se sustentou, por que a sua eficiência para geração de energia ainda não é suficiente, para justificar a adoção de extensas áreas sobre todos os blocos de laboratório.

Documentos de Construção (início em novembro 2004 e últimas entregas em junho de 2006)

Com a assinatura do contrato, foi emitida a Revisão do Projeto Conceitual e foi iniciada a etapa seguinte. Não houve uma etapa de Desenvolvimento do Projeto ou Anteprojeto. A Petrobras denominou o material apresentado para o concurso como Projeto Básico, quando na realidade possuía características de Projeto Conceitual, e, após a contratação da equipe de projetistas e consultores, os vários projetos foram desenvolvidos em uma única etapa denominada Projeto de Detalhamento. Inicialmente o contrato previu 7 meses para esta etapa, que se estenderam para 19 meses aproximadamente. Mas não houve datas fixas de entregas gerais, pois os desenhos foram sendo cadastrados separadamente. As últimas revisões foram cadastradas até junho de 2006.

Participaram desta etapa: equipe de arquitetura; equipe de consultoria e pesquisa em eco-eficiência; projetistas de instalações elétricas, hidrossanitárias, de ar-condicionado e agora incluindo o projetista de automação (todos da mesma empresa); projetista de luminotécnica; projetista de paisagismo; consultor de esquadrias; consultor e projetista de acústica; consultor de impermeabilização; e consultora técnica para implantação de Plano da Qualidade para o projeto. A quantificação geral dos projetos, que basearam os processos de licitação dos pacotes de obra, foi realizada por outra empresa contratada, com exceção dos projetos de instalações, quantificados pela própria empresa que desenvolveu os projetos. Considerando todos os projetistas e consultores, cerca de 140 profissionais colaboraram para o desenvolvimento e detalhamento do projeto (GONÇALVES; DUARTE, 2005). 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.

Nesta etapa, 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 e englobando: conforto térmico, iluminação, acústica e eficiência energética (GONÇALVES; DUARTE, 2005). Estes 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 das vedações (externas e internas).

Um exemplo dos estudos realizados foi a avaliação das alternativas para a segunda pele do Edifício Central. O conceito inicial era a adoção de uma tela metálica em trama de aço inox, que filtraria uma parte da radiação solar, mas preservando a transparência e permitindo chover nos terraços jardins. Este conceito, no entanto, foi abandonado devido aos custos elevados da tela (importada e com um sistema de fixação sofisticado) e à preocupação em proteger da chuva os terraços. O clima demasiado quente do local também inviabilizou uma solução com vidro ou policarbonato, que confeririam a transparência desejada. Acabou sendo adotada uma solução com telhas termo acústicas (opacas), combinadas com tela nas extremidades e faixas de vidro. Os impactos de ambas as soluções (com telha opaca e com tela) foram detalhadamente avaliados, quanto às cargas térmicas e disponibilidade de luz natural nos ambientes internos e terraços. Apesar da decisão em favor da telha opaca, as simulações revelaram que a tela também era adequada para garantir as condições de conforto, desde que combinada com outras estratégias de sombreamento e proteção, nos terraços jardins.

Um exemplo muito significativo de integração entre os subsistemas do edifício, viabilizada devido ao trabalho multidisciplinar integrado, é a adoção de insuflamento do ar-condicionado pelo piso nas áreas de trabalho do Edifício Central. Algumas características do conjunto de projetos foram fundamentais para permitir esta solução, incluindo: o pé-direito mais alto; uma geometria alongada da edificação, que possibilitou uma menor dimensão dos dutos; a redução dos ganhos internos devido à eficiência do sistema de iluminação artificial integrada à disponibilidade de luz natural; e a minimização dos ganhos de calor externos, principalmente devido à radiação solar, por

meio da especificação adequada dos vidros, isolamentos, coberturas verdes e elementos de sombreamento. O conjunto destes elementos permitiu menores dimensões do sistema de ar-condicionado, incluindo dutos menores, passíveis de serem locados dentro do piso elevado. Isto só foi viabilizado devido ao trabalho conjunto de vários profissionais ao longo do desenvolvimento do projeto, incluindo: arquitetura; equipe de eco-eficiência; projetista de ar-condicionado; projetista de luminotécnica; e consultor de esquadrias.

O desenvolvimento e detalhamento dos pisos técnico para os *pipe racks* também foi bastante difícil, tendo havido participação direta do cliente, projetistas de instalações e projetista de arquitetura (que definiu pés-direitos mínimos e espaços de acesso). A exigência de máxima segurança dos funcionários, determinou que o acesso às instalações, para manutenção e alterações, fosse pensado de forma a evitar a necessidade do uso de escadas. Foi prevista uma circulação livre dentro desta área técnica e rotas de fuga adequadas foram garantidas, para o caso de acidentes. Entre as premissas, as tubulações hidráulicas tiveram de ser locadas abaixo das tubulações elétricas e o acesso teve de ser facilitado para todas as instalações. Isto foi complicado de resolver, considerando todas as ramificações existentes distribuindo as instalações para os diferentes prédios. Os parâmetros de segurança adotados, além daqueles definidos por normas e legislação, foram validados pela equipe de fiscais da Petrobras.

Quanto ao desenvolvimento do projeto de instalações hidrossanitárias e de combate ao incêndio, os primeiros trabalhos corresponderam à elaboração de memórias de cálculo hidráulico, com balanço hídrico de todos os tipos de consumo de água e fontes de tratamento. Nesta fase, o projeto era bem simplificado graficamente. Muitas informações importantes, para um melhor entendimento dos requisitos do edital, foram passadas ao longo do processo pela Petrobras. Mais de seis meses se passaram, para a consolidação de todos os critérios necessários para embasar o detalhamento do projeto. Depois de validados os memoriais, pelos fiscais da Petrobras, estes constituíram as premissas e conceitos para o detalhamento do projeto.

O edital definia, por exemplo, que a irrigação dos jardins deveria ser proveniente de água de chuva coletada e armazenada, mas as características do sistema não estavam explicitadas. A definição dos parâmetros, que basearam o dimensionamento dos elementos do sistema, foi passada por um especialista da Petrobras em tratamento e água de reuso, pois estas decisões dependem de uma avaliação dos custos de implantação e amortização do investimento. A eco-eficiência do sistema foi então calculada, a partir de dados de índices pluviométricos de anos anteriores e previsão para demanda anual de irrigação. Considerando estes dados e os parâmetros definidos, os reservatórios foram dimensionados para ter em torno de 60% a 70% de eficiência. Ou seja, que as dimensões dos reservatórios fossem suficientes para garantir que 60% a 70% da água utilizada para irrigação fossem de água da chuva e o restante de água da rede pública.

O projeto de paisagismo também se valeu de uma intensa integração com as equipes de arquitetura e de pesquisa em eco-eficiência. Foram concebidas no projeto de paisagismo diferentes situações, em várias áreas externas do complexo, funcionando como passagem, acesso e também como espaços de permanência prolongada. Neste sentido, as condições de conforto térmico foram detalhadamente verificadas e os estudos serviram como informações de entrada para o desenvolvimento do projeto. Exemplos das orientações passadas incluem (MONTEIRO et al., 2008): a indicação para adoção de arvoretas nos jardins entre os laboratórios, ligeiramente deslocadas para o norte, com folhagem densa e de copas baixas, visando um maior sombreamento no nível térreo e uma desobstrução da incidência de radiação solar direta sobre placas fotovoltaicas, previstas nas faces norte das coberturas dos laboratórios; estudos de insolação e disponibilidade de luz natural, que auxiliaram a seleção das espécies para os terraços do edifício central; e indicação das áreas externas que deveriam receber uma maior proteção do paisagismo, considerando as sombras geradas pelos edifícios e espaços de circulação e de permanência prolongada.

Quanto ao atendimento aos requisitos para obtenção de certificação LEED™, durante a etapa de projeto, foi realizado um acompanhamento por parte da equipe de pesquisa em eco-eficiência, para que os pré-requisitos e requisitos não fossem

comprometidos. Ao longo do desenvolvimento dos projetos, duas pessoas da equipe, checaram os elementos do projeto, quanto ao atendimento aos requisitos, verificando a pontuação obtida no sistema. Esta avaliação foi documentada nos relatórios entregues. Os entrevistados que participaram do projeto relataram que não houve dificuldades significativas relacionadas aos requisitos para certificação.

Com o cadastramento das últimas entregas em junho de 2006, esta última etapa de projeto foi encerrada. Posteriormente, porém, o escritório de arquitetura foi novamente contratado para detalhamento dos *layouts* de todos os módulos de laboratório. Isto ocorreu após a definição da ocupação dos laboratórios, que permitiram identificar o conjunto de necessidades específicas para cada módulo. A elaboração deste projeto foi iniciada em julho de 2008 e concluída em abril de 2009, apesar de alguns detalhes ainda estarem sendo revistos⁵¹. Foi relatado, pela arquiteta coordenadora, que este é um projeto muito detalhado e de difícil elaboração. Um desdobramento positivo, porém, foi a constatação de que o módulo padronizado previsto inicialmente, atendeu perfeitamente às necessidades particulares e muito diversas de cada laboratório. Não houve necessidade de nenhuma alteração significativa da arquitetura, para adequação à alguma necessidade imprevista.

Construção (início em dezembro de 2005, com previsão de entrega em julho de 2010)

Inicialmente, foi estabelecida uma divisão das licitações e contratações em três pacotes. O pacote 1 correspondeu a terraplenagem, fundações, estrutura de concreto e execução de um dos estacionamentos. O pacote 2 correspondeu a toda a estrutura metálica e o pacote 3 a todos os demais serviços de obra (incluindo áreas externas, como arruamento, pisos externos e paisagismo). Posteriormente, no entanto, os pacotes 2 e 3 foram reunidos em um único pacote conjunto. Atualmente, existe um contrato de assistência técnica à obra, por parte do escritório de arquitetura.

⁵¹ Informação fornecida em entrevista pela arquiteta coordenadora, em agosto de 2009.

A execução do pacote 1 foi iniciada em dezembro de 2005, em paralelo a uma intensa produção de projeto. Isto requereu um acompanhamento informal da obra, por conta de elementos do projeto de estrutura que ainda estavam prematuros. Muitos desenhos tiveram de ser adiantados, sem que pudessem ser adequadamente compatibilizados, o que gerou problemas. Outro percalço foi o não atendimento ao cronograma por parte da construtora contratada para o primeiro contrato. Depois de um ano e pouco está foi substituída por outra e o pacote 1 foi concluído apenas no final de 2007.

Isto levou a um atraso para o início do pacote conjunto (2 e 3), que ocorreu em maio de 2008, com previsão de conclusão para julho de 2010. Um consórcio de construtoras foi vencedor da licitação para o pacote. Houve, então, um período de aproximadamente dois meses, definido em contrato, para as construtoras elaborarem e apresentarem um Relatório de Consistência para cada edifício, no qual foram feitos todos os questionamentos em relação aos projetos. Estes relatórios foram então entregues à Petrobras, que depois encaminhou para a equipe de projetos. As respostas da equipe de projetistas levaram por volta de um mês, sendo as últimas entregues em setembro de 2008. As dúvidas foram respondidas e a equipe comprometeu-se a fazer as revisões de desenho necessárias. A maior parte das revisões foi feita em mais dois ou três meses, mas apenas em abril de 2009, as últimas revisões de desenho foram entregues.

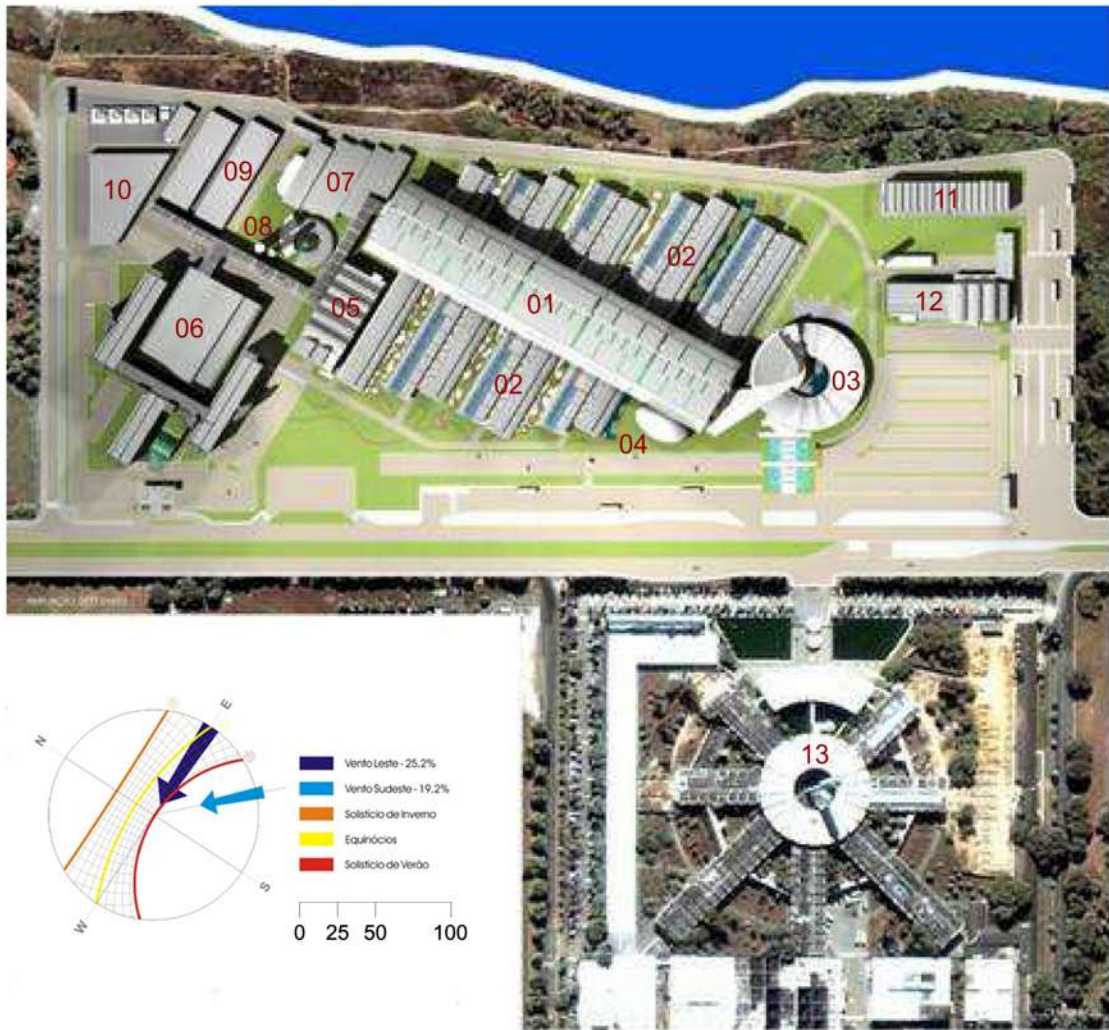
Mudanças significativas durante a etapa de obra incluem a não construção da Planta-Piloto nesta primeira etapa de implantação. Outra alteração ocorreu no sistema adotado de geradores, que levou à necessidade de previsão de reforços estruturais na Central de Utilidades, durante a obra. Isto se deu devido à inclusão de novos prédios do CIPD, que levou à necessidade de aumentar a capacidade dos geradores. A instalação de sistema fotovoltaico para geração de energia também foi inviabilizada, mas a estrutura secundária para fixação das placas está sendo executada.

Quanto à certificação LEED™, a documentação necessária para o processo está sendo reunida por um dos departamentos da Petrobras, envolvidos no processo de

implantação da ampliação do CENPES. A especialista em sistemas de certificação ambiental entrevistada tem dado apoio esporádico, durante esta etapa de obra, tendo realizado várias apresentações de treinamento, para a equipe de fiscais da Petrobras e representantes das várias construtoras. Estas apresentações visam informar os vários agentes, quanto às necessidades para o processo de certificação, mas a entrevistada não pôde informar como o processo de certificação está sendo gerenciado internamente pela Petrobras. O apoio da especialista também englobou um acompanhamento a cada dois meses aproximadamente, para avaliar o atendimento aos requisitos para certificação, mas durante um longo período estas atividades foram interrompidas, devido ao adiamento para a contratação do pacote conjunto 2 e 3.

6.2 Soluções de projeto

Vários edifícios foram previstos para o complexo, com tipologias bastante diversas, incluindo: Edifício Central (escritórios, salas, biblioteca e Centro Integrado de Controle - CIC); Laboratórios, com oito tipologias de blocos, a partir de um módulo típico padronizado; Centro de Convenções (auditório, salas de reuniões, lanchonete e área de eventos); Centro de Realidade Virtual (CRV); Planta-Piloto; Centro Integrado de Processamento de Dados / Rio de Janeiro (CIPD/RIO); Restaurante; Orquidário; Central de Utilidades (central de água gelada e torres de resfriamento do sistema de ar-condicionado, geradores de energia, geração de ar-comprimido, vácuo e água-quente); Estação de Tratamento e Reuso de Água (ETRA); Empreiteirópolis (canteiro permanente para as empreiteiras da obra inicial e de obras futuras); e edifício para a equipe de manutenção, oficinas e depósitos (ver Figura 6.5). Uma descrição mais completa da implantação dos vários edifícios do complexo foi feita por Zanettini e Garcia (2007).



implantação - escala 1/5000

(01) Edifício Central (02) Laboratórios (03) Centro de Convenções (04) CRV

(05) Planta-Piloto (06) CIPD/RIO (07) Restaurante (08) Orquidário (09) Central de Utilidades

(10) ETRA (11) Empreiteirópolis (12) Manutenção, oficinas, depósitos (13) CENPES existente

Figura 6.5 Ampliação do CENPES, Implantação, Documentos de Construção (imagens gentilmente cedidas pela Zanettini Arquitetura)

O projeto prevê implantação em mais de uma etapa de construção, mas esta descrição do conjunto de edifícios e também as figuras ilustrando o projeto (Figura 6.2 e Figura 6.5) correspondem à implantação de todo o conjunto de edifícios. Os laboratórios, por exemplo, vão ser construídos em etapas e uma segunda fase de implantação está prevista para 2020.

As soluções, consolidadas nas últimas versões dos projetos executivos, são apresentadas de forma resumida a seguir. Foram focadas principalmente as soluções para o edifício central e blocos de laboratórios, mas a compreensão dos principais sistemas do complexo também depende de informações sobre outros edifícios.

Volume, orientação e envoltória

O Edifício Central, alongado sobre o eixo principal norte-sul, possui 245m de comprimento, divididos em cinco trechos, com torres de circulação vertical à cada 50m aproximadamente. A Figura 6.6 é um corte transversal do edifício, que possui térreo e mais três pavimentos, além de terraços cobertos. O térreo foi deixado livre para circulação de pedestres, enquanto, no segundo pavimento, sobre o piso técnico do primeiro pavimento, um espaço de circulação resolve o acesso aos escritórios e outros espaços do edifício. Duas lâminas, ao longo de todo o comprimento do edifício, abrigam as áreas de trabalho. A primeira, voltada ao oeste e com vista para o continente, possui apenas um andar no nível do segundo pavimento, e a segunda, voltada ao leste e com vista para a Baía de Guanabara, possui dois andares, nos níveis do segundo e terceiro pavimentos. Sobre as duas lâminas foram concebidos terraços jardins, protegidos da chuva por uma segunda pele de cobertura.

O desenho e especificação de componentes e materiais da envoltória visam minimizar cargas térmicas e, ao mesmo tempo, otimizar o aproveitamento de luz natural. Estudos detalhados de conforto térmico e luminoso foram fundamentais neste sentido. Uma boa relação entre áreas opacas e de vidro foram definidas e uma segunda pele foi desenhada com grandes beirais, para maior sombreamento. Para esta segunda pele, cobrindo os terraços e a circulação central, foi adotada telha termo acústica (sanduíche de alumínio pré-pintado em cores claras, com a telha inferior perfurada e preenchimento com material absorvente térmico e acústico), protegendo da chuva as lajes dos terraços jardins, e tela metálica nas extremidades (ZANETTINI; GARCIA, 2007). Alguns trechos com faixas de vidro, permitem uma maior entrada de luz natural nos terraços e circulação aberta do segundo pavimento.

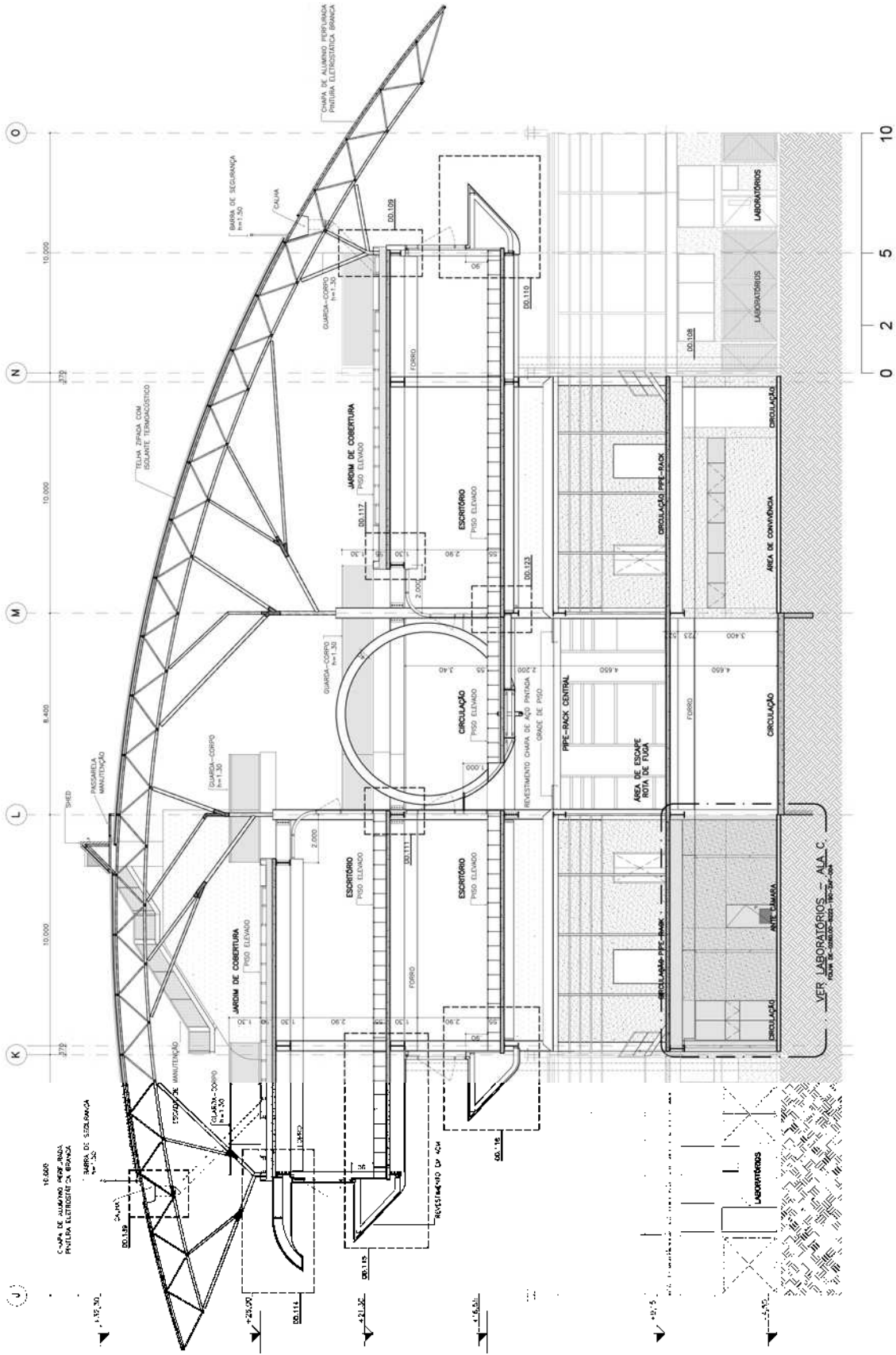


Figura 6.6 Ampliação do CENPES, corte transversal do Edifício Central, Documentos de Construção, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

Os laboratórios foram abrigados no nível térreo de blocos laminares, alongados sobre eixos leste-oeste, perpendiculares ao eixo principal. Cada lâmina é constituída por módulos típicos, suficientemente versáteis, para atender às mais diversas necessidades de layout e infra-estrutura de instalações. A Figura 6.7 é um corte transversal de um dos blocos típicos. Como a futura ocupação dos laboratórios não era conhecida no início do projeto, foi adotado este conceito, com padronização das infra-estruturas de instalações para gases, elétrica, hidráulica e ar-condicionado. Cada módulo de laboratório possui duas salas. Cada sala é ocupada por dois pesquisadores. As salas possuem janelas voltadas para o jardim, pivotantes na vertical, e também, voltadas para o laboratório, estas últimas fixas. Sobre a divisão entre as salas e o laboratório, existe um vidro fixo para melhor iluminação natural dos laboratórios. As salas então permitem a ventilação natural ou o uso de ar-condicionado, conforme o desejo do usuário. Já os laboratórios são condicionados 100% do tempo, devido a necessidades específicas dos usos.

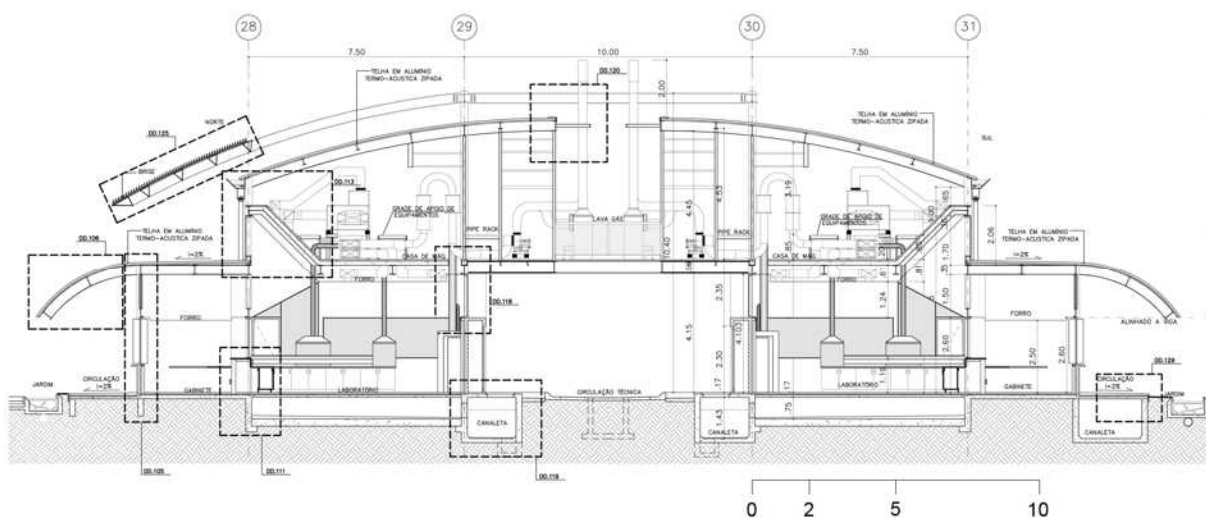
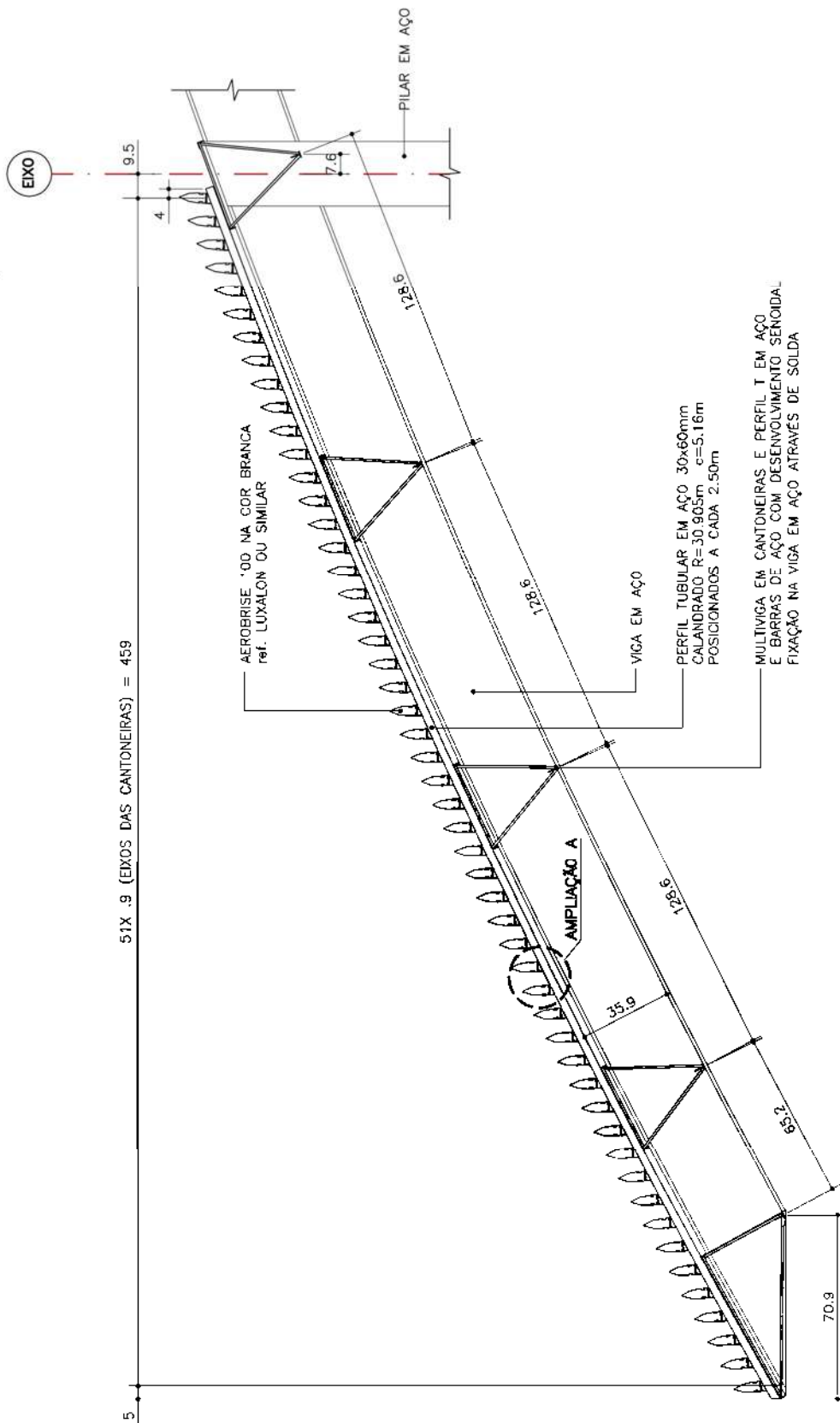


Figura 6.7 Ampliação do CENPES, corte transversal de um bloco de Laboratório, Documentos de Construção, escala 1/250 (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

Entre cada par de blocos de laboratório existe um jardim e a circulação de acesso dos pesquisadores é externa, protegida sob um beiral. Nos jardins existem ambientes de estar (equipadas com internet etc.), que funcionam também como espaços alternativos de trabalho para os pesquisadores. Entre os dois blocos que formam cada par, existe uma circulação de serviço, com rua pavimentada, para acesso de veículos. Uma série de *shafts* e abrigos para gás foram locadas junto a esta circulação. O projeto de paisagismo não incluiu estas ruas internas, devido à função e caráter técnico desses espaços (MONTEIRO et al., 2008).

As características das envoltórias foram definidas cuidadosamente, para a minimização dos ganhos externos de calor e, ao mesmo tempo, otimização da iluminação natural. Os estudos de conforto luminoso, conduzidos pela equipe de consultoria e pesquisa de eco-eficiência, foram fundamentais neste sentido. Uma questão que dependeu da integração entre os trabalhos desta equipe e projetistas de arquitetura, foi o detalhamento das áreas de vidro dos módulos de laboratórios. Com o desenvolvimento dos projetos de instalações, foi necessário um aumento significativo da área técnica no primeiro pavimento técnico, que tiveram de avançar sobre a abertura entre as duas lâminas, prejudicando a penetração de luz natural. Uma solução, combinando uma nova abertura sobre as salas dos pesquisadores (ver Figura 6.7) e um detalhe de brise com aletas (ver Figura 6.8 e Figura 6.9), foi desenvolvida para aumentar a entrada de luz difusa nos laboratórios e compensar esta perda de área de luz natural entre os dois blocos (MOURA et al., 2009).

Outra demanda do cliente era a previsão de grande flexibilidade e facilidade de manutenção e futuras alterações. Neste sentido, o primeiro pavimento de todos os blocos de laboratórios foram concebidos como grandes pisos técnicos cobertos, porém abertos com ventilação permanente. Neste pavimento, são abrigados os equipamentos de ar-condicionado e *pipe racks* (bandejas para passagem de tubulação). As instalações de elétrica, hidráulica, ar-condicionado e gases são distribuídas no piso técnico e depois descem para as bancadas e outras áreas de trabalho dos laboratórios no térreo.



DD.125 - CORTE

ESCALA 1:25 *MEDIDAS EM CENTIMETROS

Figura 6.8 Ampliação do CENPES, detalhe do dispositivo de sombreamento em aletas nos blocos de Laboratórios, Documentos de Construção (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

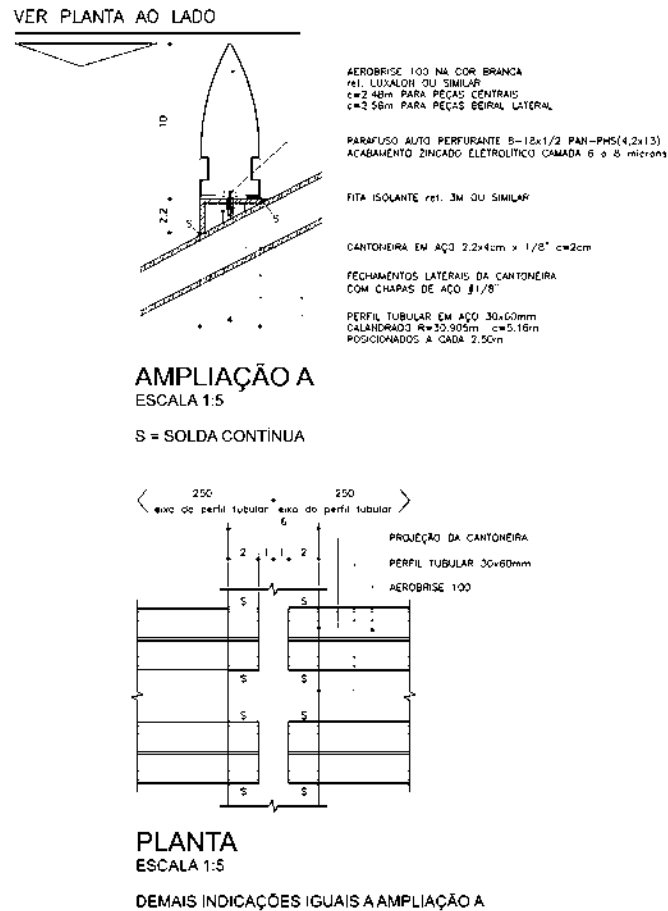


Figura 6.9 Ampliação do CENPES, detalhes do dispositivo de sombreamento em aletas nos blocos de Laboratórios, Documentos de Construção (imagem gentilmente cedida pela Zanettini Arquitetura)

Sistemas de condicionamento (passivos e ativos)

O Memorial Descritivo, fornecido pela Petrobras e contendo o programa de necessidades e requisitos, explicitava que os seguintes edifícios deveriam ser parcialmente ou completamente condicionados por meio de sistema ativo (BRANDÃO et al., 2008): Edifício central; Laboratórios; Centro de convenções; CRV; Restaurante e Orquidário. Os espaços especiais de laboratórios, o CRV, o auditório, áreas de eventos e o Orquidário demandavam condições especiais de controle do condicionamento, o que implicou na previsão de sistema ativo em 100% do tempo de uso. Para as demais áreas foi verificada a possibilidade de sistema híbrido (ativo e passivo), identificando-se

em simulações preliminares, o potencial de uso da ventilação natural em 30% do tempo. Já o edifício para a equipe de manutenção, oficinas e depósitos, a Planta-Piloto e a Central de Utilidades foram projetados para ter a maior parte dos espaços condicionados com ventilação natural.

As áreas de escritórios no Edifício Central permitem a abertura das janelas, para condicionamento com ventilação natural, nas faces voltadas para circulação central e para o leste. Para a face oeste, porém, foram previstos vidros fixos, devido à necessidade de isolamento acústico de ruídos externos, o que impossibilitou a ventilação cruzada nestes ambientes. As áreas de trabalho da lâmina voltada ao oeste, então, dependem principalmente do sistema ativo de condicionamento, para garantir as condições de conforto térmico.

Para o projeto de ar-condicionado, foi adotado sistema de água gelada, ou seja, *chillers* resfriados à água, com torres de resfriamento. Os *chillers* e torres de resfriamento, foram locados na Central de Utilidades, cujo projeto não foi desenvolvido pelos projetistas de VAC e sim por equipe da Petrobras. Os projetistas, no entanto, forneceram todas as entradas de informações necessárias para que pudessem ser selecionados e dimensionados os equipamentos da Central de Utilidades, incluindo os *chillers* e torres de resfriamento. Com base nessas informações foi definido pela equipe da Petrobras, a quantidade de *chillers* elétricos e de *chillers* a gás (à absorção), bem como o quanto deveria haver de redundância.

Nos espaços internos do Edifício Central, uma característica muito importante para a eficiência energética do sistema, foi a adoção de insuflamento pelo piso⁵² e a adoção de VAV (Volume de Ar Variável) nos dutos, para o condicionamento. Os laboratórios foram um desafio a parte, devido à indefinição quanto às necessidades de layout, instalações etc. para cada módulo. Apenas dois módulos foram definidos, como

⁵² A grande vantagem de insuflar pelo piso, do ponto de vista de eficiência, é que em um ambiente com 3m de pé-direito, por exemplo, é necessário garantir a temperatura de conforto apenas nos dois primeiros metros, quando no caso de insuflamento pelo forro, seria necessário garantir esta temperatura para todo o ambiente.

referência preliminar (um de controle de sistemas de qualidade e outro de biosegurança), mas era premissa que futuramente cada laboratório teria características muito específicas. Desta forma, para cada módulo, tiveram de ser previstas instalações que pudessem atender as mais diversas necessidades. Quanto ao sistema de ar-condicionado, poderiam haver demandas muito diversas, para o controle de temperatura, umidade e pressão. Para todos os módulos, foi garantido a possibilidade de instalação de sistemas que possibilitassem esses controles. Neste sentido, os *fan-coils* tiveram de ser superdimensionados, considerando os casos de máxima demanda. Para estes espaços, as casas de máquinas são abertas, localizadas no primeiro pavimento técnico, o insuflamento é feito pelo forro e também foram previstas caixas de VAV, para maior eficiência energética do sistema.

Tanto as necessidades de controle de temperatura, umidade e pressão, ainda mais considerando o uso de VAV, como a demanda de eficiência energética tornaram obrigatório o desenvolvimento de um bom sistema de automação. O projetista de VAV relatou que é justamente um sistema eficaz de automação e um comissionamento contínuo de operação, que podem garantir um funcionamento dos equipamentos de ar-condicionado, com o melhor rendimento.

Outra característica importante do sistema é sua interface amigável, de forma a facilitar a sua customização. Foi requisitado pela Petrobras a adoção de protocolo aberto, para todos os sistemas, o que permite fazer alterações, sem depender de solicitações aos fabricantes. Para as caixas de VAV, por exemplo, foi exigido que toda a programação fosse feita com linguagem de computador, ao invés de linguagem de mercado. Isto foi possível, devido às capacidades técnicas dos profissionais da Petrobras, que possui departamentos específicos e especializados para cuidar destas questões. Ou seja, o cliente possui os recursos para informar exatamente o que deseja dos equipamentos e quais são as características necessárias, para que estes operem da melhor forma. O protocolo aberto implicou em custos adicionais, pois soluções de mercado são de menor custo, mas a Petrobras preferiu assim, para garantir uma maior flexibilidade para operação, manutenção e alterações dos sistemas.

Sistemas de iluminação (natural e artificial)

Estudos e simulações detalhados, conduzidos pela equipe de eco-eficiência, embasaram o desenvolvimento das soluções para as envoltórias dos vários edifícios do complexo. Diferentes alternativas de dispositivos de sombreamento foram analisadas. No Edifício Central, por conta das orientações predominantes leste e oeste, as proteções foram desenvolvidas com muito cuidado, visando minimizar os ganhos devido à incidência de radiação solar direta. Ainda assim, a disponibilidade de luz natural acabou prejudicada em algumas áreas, devido às obstruções e profundidade dos ambientes (MOURA et al., 2009).

Para a eficiência energética dos edifícios, além da definição cuidadosa das características da envoltória, foi fundamental um projeto bem concebido dos sistemas de iluminação artificial. Uma grande redução no uso de energia foi alcançado devido à combinação de luminárias de alto desempenho, com controle integrado à disponibilidade de luz natural, por meio de sensores, dimerização e automação. A alta eficiência do sistema de iluminação artificial levou a uma redução das cargas térmicas associadas, beneficiando também os sistemas de condicionamento.

Geração local de energia

Três fontes de energia foram previstas para o complexo, por demanda da Petrobras. Além da alimentação a partir da rede pública, foram dimensionados dois conjuntos de geradores locais, funcionando à gás e à diesel. A subestação e geradores foram locados na Central de Utilidades e, da mesma forma que a central de água gelada do sistema de ar-condicionado, foram projetados por equipe da Petrobras. Coube ao projetista de instalações elétricas dimensionar e fornecer as cargas para todo o complexo, que basearam o dimensionamento e redundâncias do sistema de coogeração de energia.

Quanto à adoção de células fotovoltaicas para geração de energia, inicialmente havia a intenção de adotá-las nesta primeira etapa de implantação do complexo, mas

os recursos financeiros para isso não foram disponibilizados. Foi, então, prevista uma estrutura secundária para futura instalação do sistema sobre as coberturas dos laboratórios, com inclinação voltada para o norte.

Sistemas para conservação e uso racional da água

No edital para o concurso, já estavam explicitados requisitos quanto ao reuso e tratamento da água. Uma primeira questão bastante clara era o requisito de separação de todos os tipos de coleta (dos tipos domésticos e industriais): esgoto dos sanitários (de caráter doméstico); esgoto oleoso (proveniente de lavagem de áreas residuais de processos dos laboratórios); esgoto químico dos laboratórios (descarte dos lavadores de gases); e purgas (resíduos) das torres de resfriamento do complexo atual do CENPES.

Nas instalações existentes, uma *Estação de Tratamento e Reuso de Água* (ETRA) está em funcionamento, mas com a implantação dos novos edifícios que compõem a ampliação, esta será desativada e todo o esgoto, de ambos os complexos, serão conduzidos e tratados em uma única ETRA nova. Por esta razão, uma parte do projeto de instalações é constituído por uma nova rede para coleta dos diferentes tipos de esgoto do complexo existente e condução através de todo o terreno da ampliação do CENPES. Todo o esgoto é encaminhado para a nova ETRA, aonde cada tipo de esgoto é tratado com um processo específico. Ao final, toda a água tratada é armazenada em um reservatório e destinada às torres de resfriamento do sistema de ar-condicionado. A ETRA também possui uma ligação com o sistema de esgoto da rede pública, para descarte em épocas de manutenção da estação.

Quanto ao uso de águas pluviais, há a captação de água dos pisos e das coberturas. Toda a água de pisos é conduzida para três cisternas destinadas à irrigação dos jardins. Um especialista da Petrobras auxiliou a definição das características necessárias, como o canal decantador com separação de sólidos (separação de água, óleo e sólidos), e parâmetros para dimensionar as cisternas. O volume das três cisternas somadas é de quase 1000m³. Cada cisterna é responsável por uma zona de

irrigação. Conjugada à cada uma das cisternas há um reservatório de irrigação diária, alimentado pela rede pública, para uso em épocas de estiagem (quando o outro reservatório ficar seco). Uma bomba interligada aos dois reservatórios, conforme a disponibilidade de água da cisterna de água de chuva, por meio de válvulas solenóide e sensores de nível, bombeia a água de um ou de outro.

Quanto à captação de água das coberturas, todos os sistemas de coleta de águas pluviais captam e conduzem a água para um grande reservatório próximo ao orquidário e restaurante. Esta água, teoricamente mais limpa que a captada nos pisos, é utilizada para todas as bacias. Neste reservatório há sistema de decantação e filtragem. Também há uma ligação deste com a rede pública, para garantir um nível mínimo de água para a operação do edifício.

Adjacente a este reservatório, há outro, alimentado por água potável da rede. Esta água é utilizada nos lavatórios, chuveiros, cozinha etc.. Para cada um dos grandes reservatórios, há um castelo (uma para água potável e outro para água de chuva não potável, proveniente das coberturas). Junto à bomba que conduz a água armazenada da chuva para o castelo, há também um sistema de dosagem de cloro.

Quanto a dispositivos economizadores, foram adotados os mais usuais, como sensores de presença em lavatórios, arejadores, redutores de vazão etc..

Áreas externas

Os conceitos que basearam o desenvolvimento do projeto de paisagismo incluíram: (1) uma grande integração entre espaços internos e externos; (2) previsão de áreas para reconstituição de vegetação nativa característica de mata atlântica e de restinga; (3) adoção de espécies nativas resistentes e adaptadas ao clima local, para facilitar a manutenção e diminuir a necessidade de irrigação o máximo possível; e (4) previsão de extensas áreas drenantes. As espécies especificadas são quase todas nativas e as poucas exceções são adaptadas. A água foi bastante empregada como tema e sempre foram buscados pisos mais claros, como o quartzito branco. O conceito

de integração entre espaços internos e externos também determinou o desenho de jardins, entre os blocos de laboratórios, e jardins sobre as lajes de cobertura do edifício central.

Nos blocos de laboratório, as salas dos pesquisadores são voltadas para os jardins, concebidos como áreas de encontro, vivência e mesmo como uma extensão das áreas internas de trabalho (MONTEIRO et al., 2008). Nestes espaços abertos, com comprimentos variando entre 45m e 95m e largura de 12,5m, foi resolvida a circulação de acesso aos laboratórios e foram explorados os temas de: jardim de água; jardim de pedra; e jardim de areia. Este último, com a adoção de árvores e forrações relacionadas à areia e restinga de areia.

No edifício central, foram concebidos jardins sobre as duas lâminas abrigando os escritórios, com 245m de comprimento e 13m de largura cada. Como já mencionado, os terraços são espaços cobertos, porém abertos com ventilação permanente. Com o uso de sistema de piso elevado, foram criados vários ambientes, ora com mesa, ora com *lounge* ou espaço com TV e espaços de estar com bancos. A importância da incorporação destas áreas comuns de vivência e lazer, bem como espaços alternativos e mais amenos para trabalho e reuniões, já havia sido explicitada no Memorial Descritivo fornecido na etapa de concurso.

No acesso principal, foi desenhada a praça das bandeiras, aonde foram plantados um pau brasil, palmeiras imperiais (estas de frente aos mastros das bandeiras) e previsto um espelho d'água. No átrio central do centro de convenções há o jardim da escultura, com dunas de areia, jardim de restinga de areia (com cactos por exemplo), um espelho d'água e uma escultura em meio à água (desenhada por um artista indicado pela Petrobras). Ainda junto ao centro de convenções, mas do lado oposto ao acesso principal, há uma coleção de jerivás (espécies de palmeiras nativas). Conjugados, estão espaços de estar sombreados por pergolados, cada um com uma espécie de maracujá. A intenção era incorporar espaços de estar e trabalho em meio aos jardins.

Outros espaços temáticos, incluem: o Orquidário (com projeto social relacionado); um jardim de palmeiras, com espécies de cocos; um jardim de jabuticabas, próximo ao restaurante; e o jardim da Mata Atlântica, onde foi feita uma reconstituição de vegetação nativa do local. Também foi prevista arborização para sombreamento das áreas de estacionamento.

Racionalização dos sistemas estrutural, construtivos e áreas técnicas

Durante todo o processo de projeto, um grande esforço foi despendido para a racionalização dos sistemas estruturais e áreas técnicas. Dados de sondagem do terreno embasaram a decisão de adotar modulação, com espaçamento de 10m entre os pilares. Para o nível térreo dos blocos de laboratórios, a necessidade de fazer os baldrames vencerem este vão de 10m se somou à necessidade de acesso às instalações distribuídas sob o piso. Isto levou a uma solução de piso elevado sobre um porão acessível (com altura útil de 70cm), entre as vigas de concreto (com 1,20m de altura), funcionando como baldrames. Estas recebem as cargas de uma laje inferior pré-moldada, alveolar e protendida, vencendo o vão de 10m, e sobre a qual muretas foram executadas, para apoio da laje superior vencendo vãos menores. A altura de 70cm foi definida pelos projetistas de instalações. Estes também passaram ordens de grandeza para as cargas, que serviram de base para os pré-dimensionamentos da estrutura.

Estudos para economia das estruturas da cobertura do prédio central e do CRV também merecem destaque. Existe um requisito da Petrobras de não se adotar perfis com espessura menores que 3mm, pilares com espessura menor que 6mm e tubos menores que 2", para prevenção de problemas relacionados à corrosão. Devido a estes requisitos foram adotados perfis de 2" #1/8", compondo a treliça espacial da cobertura do prédio central. A estrutura foi então modulada e mapeada, para adoção de tubos maiores em apenas algumas áreas, havendo uma otimização do uso dos tubos. Como estes últimos também possuem um dimensionamento maior do que seria necessário, isso permitiu a adoção de nós amassados em uma área significativa da estrutura espacial, que é um tipo de ligação mais simples e de menor custo. Nós industrializados com chapas (mais caros) foram adotados apenas nas áreas de maior solicitação.

Para o CRV, foi projetada uma malha constituída de barras chatas, o que levou a um aumento do uso de aço (quase o dobro), mas resolveu uma estrutura que tinha mais de 2000 tipos de nós, para outra com apenas quatro tipos, levando a uma economia muito grande nos custos e que justificava o aumento do consumo do aço. Também foram estudadas opções de modulação para otimizar a relação entre nós e perfis, visando o menor custo.

Quanto à racionalização das áreas técnicas, deve ser lembrado o conceito de uma área técnica, para os *pipe racks*, atravessando todo o complexo. Devido a demanda de grande flexibilidade e segurança, estes espaços foram desenvolvidos muito cuidadosamente. Os projetos de instalações destas áreas tiveram um caráter de instalações industriais, incluindo: água gelada (do sistema de ar-condicionado); ar comprimido e gases (para laboratórios); tubulação de incêndio; água fria e esgoto; instalações de elétrica; salas de painéis e equipamentos; e casas de máquinas, para baterias, no-break e condicionadores de ar condicionado. Foram realizados estudos, atendendo à critérios de flexibilidade, acessibilidade (para manutenção) e segurança.

As instalações são encaminhadas a partir da Central de Utilidades e ETRA, situados na extremidade ao norte do terreno. No prédio central, a área técnica acompanha o eixo principal norte-sul, sendo locada no primeiro pavimento, sobre e sob as circulações de acesso público, respectivamente no térreo e no segundo pavimento. Em todo este trecho, os *pipe racks* são derivados e conectados perpendicularmente aos *pipe racks* dos blocos de laboratórios e Planta-Piloto. No extremo sul, próximo ao centro de convenções, estes são conectados à um armário de instalações da passagem subterrânea, para ligação ao complexo existente do CENPES e aos edifícios Empreiteirópolis, Almoxarifado e Oficinas (ZANETTINI; GARCIA, 2007).

Também é importante lembrar o conceito de adoção de pisos técnicos cobertos, porém abertos com ventilação permanente, correspondendo à todos os primeiros pavimentos dos blocos de laboratório. Este espaço, separado das áreas de trabalho, permite grande flexibilidade e facilidade para manutenção e alterações, minimizando interferências com as atividades dos pesquisadores. Como mencionado

anteriormente, sob o piso do térreo, também foi previsto um porão técnico, para encaminhamento de instalações de esgoto.

Seleção de materiais de baixo impacto ambiental

Quanto à seleção de materiais de menor impacto ambiental, estão sendo buscados créditos para certificação LEED™ relacionados. Pontos podem ser ganhos devido ao uso de materiais com conteúdo reciclado (incluindo aço e cimento), materiais regionais, madeira certificada e materiais com baixo índice de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs).

6.3 Avaliação com a ferramenta LEED™

Em avaliação feita em maio de 2009, pela especialista, que está apoiando o processo de certificação LEED™, durante a etapa de obra, muitos créditos ainda estavam incertos, principalmente, por que dependem de extensa documentação proveniente da obra em andamento (aquisição de materiais e suprimentos, por exemplo). O Quadro 6.1 apresenta os pontos provavelmente ganhos, incertos e perdidos. Alguns dados do conjunto de projetos também estavam em processo de verificação e, portanto, não puderam ser informados.

Quanto ao primeiro grupo de créditos, de **sítios sustentáveis**, entre aqueles provavelmente garantidos estão: o SS 5.2, que exige uma área mínima aberta no terreno⁵³ (excluindo a projeção do edifício); o SS 6.1, de gestão da água da chuva, taxas e quantidade; o SS 7.1 de ilha de calor em áreas sem cobertura; e o SS 7.2 de ilha de calor em coberturas.

⁵³ A área mínima deve exceder o estipulado pelo plano diretor ou, caso não haja plano, deve ser igual ou maior que a área de projeção do edifício.

categorias (% total de pontos)	créditos possíveis	créditos pleiteados
Sítios sustentáveis (20%)	até 14	
Controle de poluição da obra (erosão, sedimentação e poeira)	pré-requisito	atendido
SS 1 Seleção do local	1	0 (não se aplica)
SS 2 Redesenvolvimento urbano	1	0 (não se aplica)
SS 3 Redesenvolvimento de áreas contaminadas (<i>brownfields</i>)	1	0 (não se aplica)
SS 4.1 Transporte alternativo, acesso ao transporte público	1	1
SS 4.2 Transporte alternativo, guarda de bicicletas e vestiário	1	1
SS 4.3 Transporte alternativo, veículos com combustível alternativo	1	1
SS 4.4 Transporte alternativo, capacidade de estacionamento	1	incerto
SS 5.1 Redução de impacto no local, proteger ou restaurar espaços abertos	1	0
SS 5.2 Redução de impacto no local, pegada do empreendimento	1	1
SS 6.1 Gestão da água da chuva, taxas e quantidade	1	1
SS 6.2 Gestão da água da chuva, tratamento	1	0
SS 7.1 Efeito de ilha de calor, áreas sem cobertura	1	1
SS 7.2 Efeito de ilha de calor, coberturas	1	1
SS 8 Redução de poluição luminosa	1	0
Uso eficiente de água (7%)	até 5	
WE 1.1 Paisagismo para uso eficiente de água, redução de 50%	1	1
WE 1.2 Paisagismo para uso eficiente de água, não uso de água potável ou não irrigação	1	1
WE 2 Tecnologias inovadoras para reuso de água	1	1
WE 3.1 Redução do uso de água, 20%	1	1
WE 3.2 Redução do uso de água, 30%	1	1
Energia e atmosfera (25%)	até 17	
Verificação de conformidade pré-entrega (<i>commissioning</i>) dos sistemas de energia	pré-requisito	atendido
Eficiência energética mínima	pré-requisito	atendido
Gestão de refrigerantes (nos equipamentos de condicionamento e ventilação artificial)	pré-requisito	atendido
EA 1 Otimização do desempenho energético	1-10	incerto
EA 2.1 Energia renovável, 5%	1	0
EA 2.2 Energia renovável, 10%	1	0
EA 2.3 Energia renovável, 20%	1	0
EA 3 Verificação de conformidade pré-entrega adicional	1	1
EA 4 Proteção do ozônio	1	1
EA 5 Mensuração e verificação	1	0
EA 6 Energia verde (uso de tecnologias renováveis e de poluição zero, solar, eólica, geotérmica, biomassa e hidrelétricas de baixo impacto)	1	0

Quadro 6.1 Estrutura de Avaliação do LEED™ 2.1 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2002)

Materiais e recursos (19%)	até 13	
Coleta e armazenamento de material reciclável (produzido pelos usuários)	pré-requisito	atendido
MR 1.1 Reutilização do edifício, manter 75% de paredes, pisos e coberturas	1	0 (não se aplica)
MR 1.2 Reutilização do edifício, manter 95% de paredes, pisos e coberturas	1	0 (não se aplica)
MR 1.3 Reutilização do edifício, manter 50% de elementos internos não estruturais	1	0 (não se aplica)
MR 2.1 Gestão de resíduos de construção, redução de 50% (dos resíduos levados para aterros)	1	incerto
MR 2.2 Gestão de resíduos de construção, redução de 75% (dos resíduos levados para aterros)	1	incerto
MR 3.1 Reuso de materiais , 5%	1	0
MR 3.2 Reuso de materiais , 10%	1	0
MR 4.1 Materiais com conteúdo reciclado, 10% (pós-consumo + 1/2 pré-consumo)	1	incerto
MR 4.2 Materiais com conteúdo reciclado, 20% (pós-consumo + 1/2 pré-consumo)	1	incerto
MR 5.1 Materiais regionais, 10% extraído, processado e fabricado regionalmente	1	incerto
MR 5.1 Materiais regionais, 20% extraído, processado e fabricado regionalmente	1	incerto
MR 6 Uso de materiais rapidamente renováveis	1	0
MR 7 Uso de madeira certificada (mínimo de 50%)	1	incerto
Qualidade do ambiente interno (22%)	até 15	
Qualidade do ar interno mínima	pré-requisito	atendido
Controle ambiental de fumaça de cigarros	pré-requisito	atendido
EQ 1 Monitoramento de dióxido de carbono (CO2)	1	incerto
EQ 2 Efetividade da ventilação	1	0
EQ 3.1 Plano de gestão da qualidade do ar interno, durante a construção	1	incerto
EQ 3.2 Plano de gestão da qualidade do ar interno, antes da ocupação	1	incerto
EQ 4.1 Materiais de baixa emissividade, adesivos e selantes	1	1
EQ 4.2 Materiais de baixa emissividade, tintas	1	1
EQ 4.3 Materiais de baixa emissividade, carpetes	1	1
EQ 4.4 Materiais de baixa emissividade, peças de madeira compostas	1	0
EQ 5 Controle de fontes de poluição internas	1	1
EQ 6.1 Controle dos sistemas pelos usuários, espaços periféricos	1	1
EQ 6.2 Controle dos sistemas pelos usuários, espaços não periféricos	1	0
EQ 7.1 Conforto térmico, atendimento à norma ASHRAE 55-1992	1	1
EQ 7.2 Conforto térmico, sistema de monitoramento permanente	1	incerto
EQ 8.1 Luz natural e vistas, luz natural em 75% dos espaços	1	1
EQ 8.1 Luz natural e vistas, vista para o exterior em 95% dos espaços	1	0
Inovação e processo de projeto (7%)	até 5	
ID 1-1.4 Inovação do projeto (estratégias de projeto e uso de tecnologias)	1-4	incerto
ID 2 Participação de profissional habilitado pelo LEED™	01	1
Total possível	até 69	incerto

Continuação do Quadro 6.1 Estrutura de Avaliação do LEED™ 2.1 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2002)

Já os créditos incertos incluem: o crédito SS 4.4, cujo requisito exige que o número de vagas não supere o exigido pelo Plano Diretor, ainda inexistente no campus; o SS 5.1, que requer que 50% da área aberta (excluindo a projeção do edifício) seja restaurada, com vegetação local; o SS 6.2 de gestão da água da chuva, tratamento, pois a previsão dos filtros exigidos precisa ainda ser verificada em um dos estacionamentos; e o SS 8 de redução de poluição luminosa, pois não há evidência de ter sido conduzida simulação para redução da poluição luminosa.

Já os cinco créditos do grupo de **uso eficiente de água** serão obtidos, devido ao conjunto de sistemas projetados, incluindo: reuso da água tratada pela ETRA; a captação, armazenagem e uso da água de chuva; e especificação de dispositivos economizadores.

A questão ainda incerta mais importante do grupo de **energia e atmosfera** é o crédito EA 1 de otimização do desempenho energético, que representam até 10 pontos, dependendo da eficiência energética do complexo. Uma complexa simulação de energia, de acordo com normas ASHRAE/IESNA 90.1-1999 (U S GREEN BUILDING COUNCIL, 2002), está sendo conduzida para a verificação e documentação da redução no uso de energia em relação ao caso base.

Outra questão importante é a intenção, no início do projeto, de obter um ou mais pontos para o item EA 2 de uso de energia renovável local (representando até 3 pontos), com a implantação de sistema fotovoltaico para geração de energia. Um estudo chegou a ser realizado, para adoção de painéis fotovoltaicos, mas estes não foram viabilizados financeiramente para esta primeira etapa de implantação do complexo.

Entre os créditos provavelmente garantidos neste grupo, estão o EA 3, de verificação de conformidade pré-entrega (comissionamento) adicional, e o EA 4, de proteção do ozônio, tendo sido realizadas as alterações necessárias no projeto dos sistemas de ar-condicionado. No entanto, a especialista revelou que o crédito EA 5, de

mensuração e verificação de desempenho, no entanto foi perdido, por que o projeto de elétrica não incorporou a separação de circuitos necessária para viabilizar a medição isolada dos consumos.

Quanto ao grupo de **materiais e recursos**, deve ser destacado um estudo bastante interessante relacionado aos créditos MR 2.1 e MR 2.2, de gestão de resíduos de construção. Foi elaborado um plano para emplosão, separação dos ferros para reciclagem e britagem do concreto de uma estrutura de um edifício inacabado existente no local. Parte do resíduo foi utilizado para correção do nivelamento do terreno e, posteriormente, foi utilizado em uma área de piso do centro de convenções (para demonstração da aplicação do concreto com agregado reciclado). Este estudo foi conduzido por uma equipe da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EP-USP). Também estão sendo buscados os créditos: MR 4.1 e MR 4.2, de uso de materiais com conteúdo reciclado; MR 5.1 e MR 5.2 de materiais regionais; e MR 7, de uso de madeira certificada. Mas estes sete créditos dependem de documentação, comprovando o uso desses materiais na obra e, portanto, ainda estão incertos.

Já no grupo de **qualidade do ambiente interno**, muitos créditos estão incertos, principalmente por dependerem de dados documentados da obra. Os créditos EQ 1, de monitoramento de dióxido de carbono (CO₂), e EQ 2, de efetividade de ventilação, precisavam ser verificados. Para o crédito EQ 3.1, de gestão da qualidade do ar interno durante a construção, foi elaborado um plano, mas este também depende da comprovação de que os procedimentos foram efetivamente realizados na obra. Outro crédito incerto é o EQ 3.2 de gestão da qualidade do ar interno pré-ocupação, que requer que haja duas semanas do edifício respirando (*flush-out*), antes da ocupação. Quanto aos créditos EQ 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 de especificação de materiais de baixa emissividade, no início do projeto, em 2004, era esperado ganhar apenas dois deles, devido à indisponibilidade de fornecedores. Atualmente a disponibilidade de fornecedores viabiliza a obtenção de todos, mas estes também dependem de documentação que comprove a aquisição dos materiais durante a obra.

Quantos aos pontos de **inovação e processo de projeto**, quatro créditos estão sendo pleiteados, comprovando-se a adoção de soluções ou práticas de projeto que excedam os requisitos do sistema de avaliação. Neste caso, os créditos mais fáceis de conquistar são relacionados ao uso de materiais, como exceder os requisitos para: o uso de madeira certificada; gestão de resíduos de obra; uso de materiais regionais; e uso de materiais com conteúdo reciclável. Estes, porém, como vários outros pontos já mencionados, são ainda incertos, por dependerem de documentação da obra. Uma outra possibilidade resulta da contribuição da ETRA e economia de água acima do exigido.

6.4 Resultados alcançados

Independente do resultado da avaliação com a ferramenta LEED™, o relato dos principais eventos do processo de projeto e a descrição do conjunto de soluções e sistemas do complexo revelam a presença de estratégias agressivas, visando o desempenho ambiental do complexo. Os resultados obtidos dependeram, em grande parte, da integração entre os subsistemas do edifício, possibilitados apenas devido à integração entre as diferentes disciplinas de projeto.

Dados indicando a eficiência energética atingida ainda não estão 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 do edifício central e que representam a maior área construída do complexo. A conceituação e 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. Para a economia e uso racional de água, foram previstos: a ETRA, para tratamento de todo o esgoto gerado e reuso da água nas torres de resfriamento; captação e armazenagem da água da chuva, para uso na irrigação dos jardins e bacias; e dispositivos economizadores. Quanto à seleção de materiais de menor impacto ambiental, pode ser mencionado o amplo uso do aço nos principais sistemas estruturais, mas dados mais significativos dependem de documentação proveniente da obra, que comprove, por exemplo, o uso de madeira certificada, de materiais com conteúdo reciclado e materiais de origem, processamento e produção regional.

7 Análise dos dados

Neste capítulo, após a apresentação dos estudos de caso, estes são posicionados em relação à referência teórica. Em seguida são discutidas lições aprendidas que possam servir de referência para futuros projetos. Pontos positivos e dificuldades, apontados pelos entrevistados, são analisados à luz dos elementos de PPI que constituem o tema central desta pesquisa.

7.1 Posicionamento do estudo de caso 01 (SAP Labs Brazil) em relação à referência teórica

O posicionamento do estudo de caso 01 (SAP Labs Brazil) em relação à referência teórica foi feito, analisando-se a ocorrência de cada um dos elementos metodológicos de PPI e a presença dos agentes em cada etapa do processo. As semelhanças e diferenças indicaram o quanto o processo estudado aproximou-se da referência teórica.

7.1.1 Elementos metodológicos

Trabalho multidisciplinar integrado

Na etapa de Conceituação do Projeto, que correspondeu à elaboração do projeto para a concorrência a convite, houve um trabalho multidisciplinar mais intenso do que é usual, tendo participado o consultor de conforto térmico e acústico, a projetista de estrutura, projetistas de instalações e uma empresa de consultoria LEED™. Normalmente, em etapas de concurso para projeto, projetistas complementares e consultores específicos são chamados para reuniões pontuais, visando apenas uma verificação das soluções propostas e pré-dimensionamento de sistemas estruturais e áreas técnicas. Os arquitetos relataram que os principais conceitos foram desenvolvidos predominantemente apenas pela equipe de arquitetura, mas, desde o início, parâmetros, fornecidos pelo consultor de conforto térmico, orientaram os trabalhos e a participação da projetista de estruturas foi mais intensa que o usual.

Já no início da etapa de Desenvolvimento do Projeto (Anteprojeto), em setembro de 2007, a equipe de projetistas e consultores foi inteira contratada e também a construtora, possibilitando uma maior integração das atividades a partir desta etapa. No entanto, em primeiro lugar, os principais conceitos do edifício já estavam definidos neste momento e, em segundo, o desenvolvimento dos projetos ocorreu predominantemente de forma tradicional, ou seja, cada disciplina sendo elaborada isoladamente das demais, com o escritório de arquitetura sendo responsável pela coordenação dos projetos e compatibilização entre as disciplinas.

Muitas reuniões presenciais de desenvolvimento das soluções foram realizadas isoladamente, apenas com os projetistas e consultores diretamente envolvidos com a questão abordada, e sempre sob a coordenação do escritório de arquitetura. Também houve reuniões mensais, mas estas não tiveram o caráter de *brainstorm*, para análise e desenvolvimento de soluções de projeto, como recomendado nas referências de PPI. Foram reuniões gerenciais para discussão e decisão sobre os vários problemas de

projeto enfrentados, que, neste sentido, foram eficazes. Também não eram reuniões com toda a equipe de projetistas, com a exceção de algumas reuniões gerais de entrega. Estavam sempre presentes cliente, construtora, arquitetura e gerenciadora (contratada a partir de novembro de 2007) e, conforme a necessidade, eram convocados projetistas e consultores diretamente envolvidos com um determinado elemento do projeto em pauta.

Uma intensa participação do cliente no processo de projeto foi considerada, por vários agentes entrevistados, algo muito positivo. Várias soluções não usuais foram possíveis apenas devido a este engajamento do cliente. Exemplos incluem: o sistema de automação; o protocolo DALI; e lâmpadas de alto desempenho, incluindo grande uso de *leds*. Se, de um lado, estas soluções, endossadas pelo cliente, representam um alto custo inicial de implantação, por outro, trazem grandes benefícios para a futura operação do edifício. O projetista de automação, em particular, considerou esta intensa participação do cliente, desde o começo e ao longo de todo o processo, o principal ponto positivo para a viabilização de seu projeto.

Outro dado importante foi a participação da construtora, a partir da etapa de Desenvolvimento do Projeto, o que possibilita uma maior integração entre as etapas de projeto e construção. Infelizmente, entrevistas com representantes da construtora não foram possíveis, para uma investigação adequada dessa questão.

Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)

Este elemento metodológico ocorreu, mas de forma parcial. Na etapa de Pré-projeto, foram definidas as metas e informações necessárias para elaboração do programa e requisitos (*design brief*) do concurso a convite para o projeto. Quanto a metas de desempenho ambiental, foi explicitado no programa o requisito de obter certificação do sistema LEED™, nível *ouro*.

Após a contratação dos projetistas, consultores e construtora, a demanda de obter certificação foi explicitada claramente para todos, mas isto não foi traduzido em

metas claras e mensuráveis, logo no início do processo, com a discussão e definição *consensual* entre todos os membros da equipe. Os relatos dos entrevistados indicam que não houve clareza para todos os projetistas envolvidos, desde o início, quanto aos requisitos que deveriam ser atendidos para obtenção da certificação, principalmente aqueles relacionados ao atendimento à norma ASHRAE/IESNA, dos Estados Unidos. A especialista em sistemas de certificação relatou que a maior dificuldade, para a obtenção da certificação, foi o fato de que não houve, logo no início, um conhecimento por parte de todos os agentes, não só do LEED™, mas principalmente desta norma.

Um maior esclarecimento dos agentes, quanto aos vários requisitos que precisavam ser atingidos para a certificação, ocorreu a partir da etapa de Documentos de Construção (Projeto Básico, no início de novembro de 2007), quando foram incluídos a gerenciadora, a nova especialista em sistemas de certificação e a empresa responsável pelas simulações de desempenho energético. No entanto, neste momento, o projeto de arquitetura já estava consolidado e havia pouca margem para alteração dos elementos relacionados.

Quanto a Avaliação Pós-Ocupação (APO), esta não pôde ser investigada, mas uma está prevista, como parte do processo de “*ideation*”, mencionado anteriormente.

Gestão do processo

A partir da contratação dos projetistas, consultores e construtora, que marcou o início da etapa de Desenvolvimento do Projeto, passou a haver três esferas de gestão do processo. O cliente teve o papel de controle do processo e fiscalização quanto ao atendimento às suas necessidades e requisitos, o escritório de arquitetura teve o papel de coordenação dos projetos e a construtora ficou responsável pela gestão da obra. Durante todo o processo, não existiu a figura da gerenciadora tradicional, usualmente contratada para a gestão do projeto e (ou) da obra. O escopo da empresa denominada pelos entrevistados (e também neste texto) como gerenciadora, na realidade abrangia as consultorias necessárias ao processo de certificação, o controle de qualidade e a fiscalização da obra.

Não chegou a ser elaborado um *Plano da Qualidade do Empreendimento* (PQE), como recomendado em abordagens sobre gestão de projetos, mas vários procedimentos de gestão da qualidade foram efetivamente empregados. Deve ser mencionada a realização dos seguintes tipos de reunião: presenciais mensais de gerência (e eventualmente de entrega); semanais gerenciais em ambiente de teleconferências; e presenciais para resolver questões específicas. As reuniões gerenciais e sua periodicidade foram definidas pelo próprio cliente, com base na experiência recente de implantação da sede da empresa na China. Os elementos de gestão, que funcionaram bem neste processo anterior, foram adotados para o processo do *SAP Labs Brazil*.

As reuniões eram registradas em atas, sendo que questões pendentes, relatadas na ata de uma reunião, já serviam de pauta para a reunião seguinte. Desta forma o processo pôde ser documentado minuciosamente, garantindo-se a rastreabilidade de eventos e decisões importantes. As atas eram redigidas pela SAP, no primeiro mês, e pela gerenciadora, depois que esta foi contratada. Este formato de ata foi definido pela SAP e o sistema de teleconferência é muito utilizado pela empresa normalmente.

Quanto às reuniões presenciais para resolver questões específicas, estas eram realizadas principalmente sob a coordenação do escritório de arquitetura. Também foi relatado que foi muito empregado o correio eletrônico, para troca de informações e resolução de questões de projeto. Já o sistema em rede para compartilhamento de arquivos e documentos foi implantado pela gerenciadora, no início da etapa de Documentos de Construção. Foi relatado que estes elementos de gestão funcionaram bem, mas houve dificuldade de manter atualizadas as versões validas de documentos de construção no canteiro.

Em questionário para avaliação de elementos de gestão do processo, respondido por dez dos quinze agentes entrevistados, a coordenação por parte da arquitetura foi bem avaliada (ver Quadro 7.1).

<p>(1) Avalie o processo quanto à clareza dos objetivos e metas desde o início de sua participação, principalmente em relação às metas de desempenho ambiental</p>	<i>excelente</i> 1 agente (10%)	<i>bom</i> 8 agentes (80%)	<i>regular</i> 1 agente (10%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
<p>(2) Avalie o processo quanto à clareza em relação aos papéis e responsabilidades dos agentes.</p>	<i>excelente</i> 2 agentes (20%)	<i>bom</i> 6 agentes (60%)	<i>regular</i> 2 agentes (20%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
<p>(3) Avalie a coordenação do projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quanto à presteza no atendimento das necessidades específicas de seu serviço (projeto, consultoria, outros) • Quanto à gestão das interfaces entre diferentes projetos / disciplinas, incluindo compatibilizações. • Quanto à abertura para sugestões de novas soluções. 	<i>excelente</i> 3 agentes (30%)	<i>bom</i> 6 agentes (60%)	<i>regular</i> 1 agente (10%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
	<i>excelente</i> 2 agentes (20%)	<i>bom</i> 4 agentes (40%)	<i>regular</i> 3 agentes (30%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
	<i>excelente</i> 4 agentes (40%)	<i>bom</i> 2 agentes (20%)	<i>regular</i> 3 agentes (30%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
<p>(4) Avalie a eficácia dos seguintes meios de comunicação empregados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reuniões semanais em ambiente de teleconferência. • Reuniões presenciais para resolver questões específicas. • Reuniões presenciais mensais. • Sistema em rede de compartilhamento de documentos e informações. 	<i>excelente</i> 3 agentes (42,86%)	<i>bom</i> 3 agentes (42,86%)	<i>regular</i> 1 agente (14,28%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
	<i>excelente</i> 3 agentes (30%)	<i>bom</i> 7 agentes (70%)	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
	<i>excelente</i> 2 agentes (25%)	<i>bom</i> 4 agentes (50%)	<i>regular</i> 2 agentes (25%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
	<i>excelente</i> 3 agentes (30%)	<i>bom</i> 1 agente (10%)	<i>regular</i> 3 agentes (30%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
<p>(5) Avalie a adequação do cronograma para o bom desenvolvimento de seu serviço (projeto, consultoria, outros).</p>	<i>excelente</i> 2 agentes (20%)	<i>bom</i> 1 agente (10%)	<i>regular</i> 3 agentes (30%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>
<i>excelente</i> 2 agentes (20%)	<i>bom</i> 1 agente (10%)	<i>regular</i> 3 agentes (30%)	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>	

Quadro 7.1 Resultados dos questionários para avaliação da gestão do processo de projeto do SAP Labs Brazil

Os meios de comunicação empregados também foram avaliados positivamente, com exceção para o sistema em rede para compartilhamento de arquivos, cuja avaliação variou uniformemente de ruim à excelente. Deve ser destacada a avaliação ruim atribuída ao cronograma por 4 dos agentes (40%) que responderam ao questionário, indicando um subdimensionamento do tempo para o desenvolvimento adequado das atividades.

As entrevistas também indicaram uma certa falta de clareza nos escopos de alguns dos projetistas, principalmente relacionada às tarefas adicionais para atendimento aos requisitos de certificação. Estas tarefas incluíram a compilação e elaboração de uma extensa documentação, necessária para comprovar que as soluções, sistemas, componentes e materiais definidos atendem aos pré-requisitos e requisitos para obtenção dos créditos pleiteados. Este fato talvez seja a principal causa para alguns problemas enfrentados no processo. Foi relatado que alguns projetistas foram muito abertos e engajados na busca das melhores soluções para os problemas enfrentados. Outros, no entanto, foram mais resistentes e, em algumas situações, não responderam às demandas solicitadas de forma satisfatória. Houve dificuldade para obtenção de um conjunto de informações e documentos, tanto para viabilizar a simulação de energia, quanto para comprovar o atendimento aos requisitos.

Isto é uma indicação de que não havia em toda a equipe de projeto um alinhamento e comprometimento, quanto aos papéis e responsabilidades para a busca dos objetivos e metas de desempenho, o que é considerado um ponto crítico nas referências consultadas sobre PPI.

Simulação de desempenho energético

O uso de ferramentas de simulação de desempenho energético ocorreu, mas não desde o início do processo, como recomendado nas referências de PPI. Nas etapas de Conceituação e Desenvolvimento do Projeto, foi muito importante a contribuição do consultor de conforto térmico, que forneceu parâmetros importantes para a definição e desenvolvimento de vários conceitos do projeto, como volumetria,

orientação e dispositivos de sombreamento. Posteriormente, foram conduzidas simulações de desempenho energético com ferramenta computacional, mas apenas a partir da etapa de Documentos de Construção, para verificar se a eficiência energética atenderia aos requisitos para a certificação. As simulações serviram de base para a definição do sistema de ar-condicionado e especificação dos vidros, mas alterações em elementos da arquitetura foram muito limitadas e se restringiram a áreas técnicas, pois o projeto estava demasiado avançado.

Otimização contínua de valores

Não foi coletada nenhuma evidência que indique a adoção de *otimização contínua de valores*, que implica no desenvolvimento das soluções de projeto considerando simultaneamente as interdependências entre subsistemas, as implicações de desempenho e os custos ao longo do ciclo de vida. Foi relatado, porém, que como a construtora foi contratada durante o início da etapa de anteprojeto, comprometendo-se com um valor global para a obra, os custos foram avaliados por esta durante as etapas de Desenvolvimento do Projeto e Documentos de Construção.

7.1.2 Posicionamento

A Figura 7.1 sintetiza o desenvolvimento do processo, indicando a presença dos agentes e elementos metodológicos, bem como o desenvolvimento das soluções de projeto, em cada etapa. Já a Figura 7.2 ilustra o posicionamento do estudo de caso em relação à referência teórica. Características importantes do processo estão relacionadas ao modelo adotado de contratação dos projetos, a partir de concurso a convite. Percebe-se que na etapa de Pré-projeto, quando foi elaborado o programa e requisitos (*design brief*) para o concurso, apenas o cliente participou. Na etapa seguinte de Conceituação do Projeto, a participação do cliente não era possível, já que se tratava de um concurso, mas além dos arquitetos, projetistas e consultores participaram.

A Figura 7.2 revela uma maior proximidade com a referência teórica, nas etapas de Desenvolvimento do Projeto e Documentos de Construção, após a seleção do projeto vencedor, quando a equipe de projetistas e consultores foi ampliada e o cliente passou a participar. Elementos como trabalho multidisciplinar integrado, ADE (verificações ao atendimento de requisitos LEED™), gestão do processo e simulação de desempenho energético, são parcialmente empregados nestas etapas.

Outro dado importante que a figura revela é que, a partir deste momento, a construtora também passa a participar, pois foi contratada se comprometendo com um custo global para a obra e prazos, definidos a partir do Projeto Conceitual.

A análise das evidências indicou uma ocorrência parcial dos elementos metodológicos que caracterizam a referência teórica. No entanto, o processo está mais próximo a uma prática convencional, já que na etapa de concurso, quando os principais conceitos foram definidos, o escritório de arquitetura centralizou as principais decisões e a maior parte dos elementos metodológicos não foram empregados. As metas estabelecidas foram alcançadas, mas requereram grandes esforços e dedicação dos agentes.

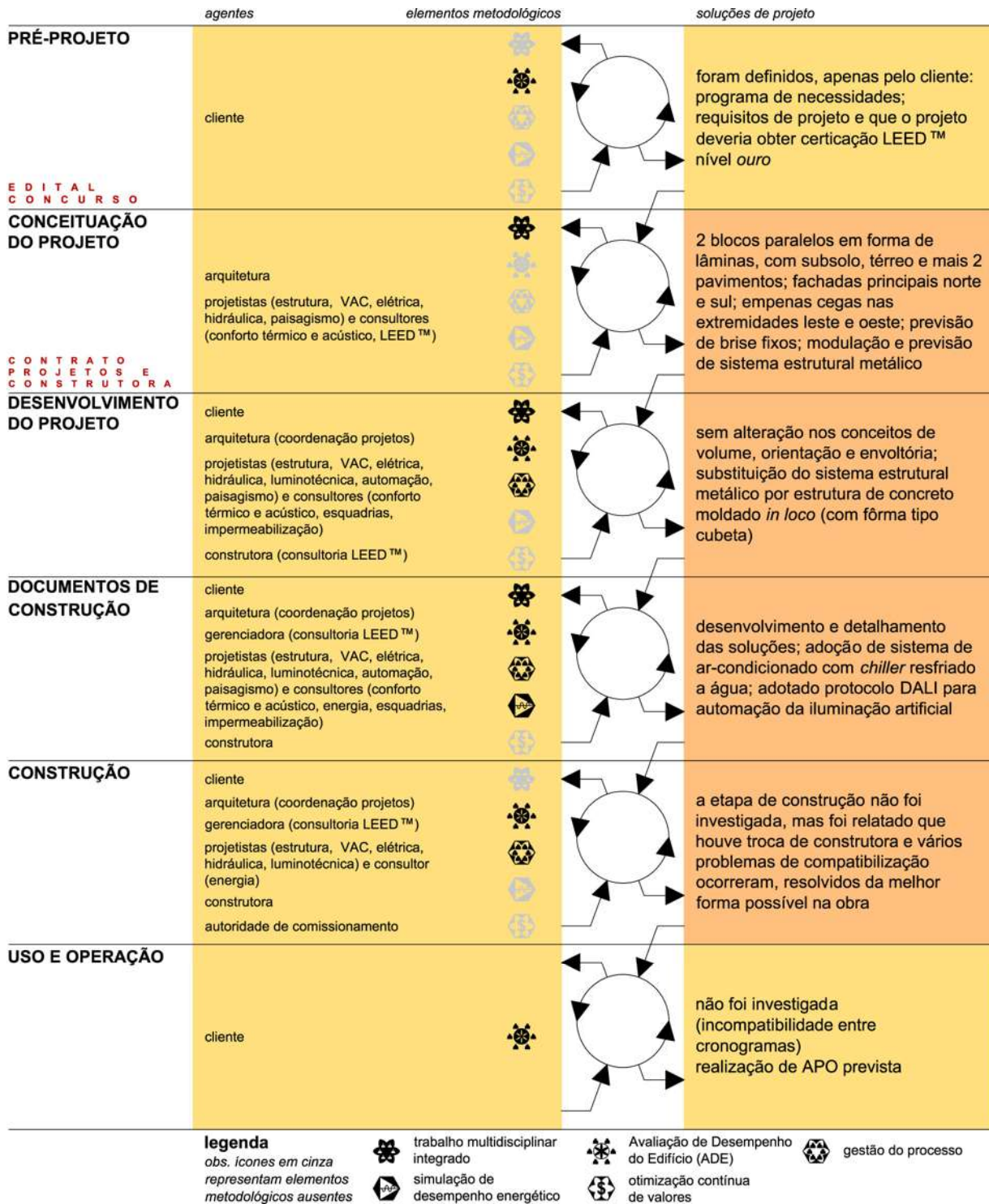


Figura 7.1 Processo de projeto do SAP Labs Brazil



























ESTUDO DE CASO 01 (SAP Labs Brazil)		REFERÊNCIA TEÓRICA (PPI)	
	agentes	elementos metodológicos	
PRÉ-PROJETO	cliente	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários) arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros) consultor de custos representante da construtora autoridade de comissionamento
			EDITAL CONCURSO
CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	arquitetura projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, paisagismo) e consultores (conforto térmico e acústico, LEED™)	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários) arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros) consultor de custos representante da construtora autoridade de comissionamento
			CONTRATO PROJETOS E CONSTRUTORA
DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	cliente arquitetura (coordenação projetos) projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo) e consultores (conforto térmico e acústico, esquadrias, impermeabilização) construtora (consultoria LEED™)	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários) arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros) consultor de custos representante da construtora autoridade de comissionamento
			DOCUMENTOS DE CONSTRUÇÃO
CONSTRUÇÃO	cliente arquitetura (coordenação projetos) gerenciadora (consultoria LEED™) projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica) e consultor (energia) construtora autoridade de comissionamento	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários) arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros) consultor de custos representante da construtora autoridade de comissionamento
			USO E OPERAÇÃO
	cliente		cliente (proprietário, gerente de operações e usuários) arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros) consultor de custos autoridade de comissionamento
legenda		 trabalho multidisciplinar integrado	 Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)
obs. ícones em cinza representam elementos metodológicos ausentes		 simulação de desempenho energético	 gestão do processo
		 otimização contínua de valores	

Figura 7.2 Posicionamento do processo de projeto do SAP Labs Brazil em relação à referência teórica de PPI

7.2 Posicionamento do estudo de caso 02 (Ampliação do CENPES) em relação à referência teórica

O posicionamento do estudo de caso 02 (Ampliação do CENPES) em relação à referência teórica é apresentado a seguir.

7.2.1 Elementos Metodológicos

Trabalho multidisciplinar integrado

As interações entre as disciplinas de projeto foram bastante intensas, a partir da etapa de Conceituação do Projeto, o que não é usual em processos de projeto com concurso a convite no país. Os principais conceitos, definidos já nesta etapa, foram resultado da colaboração entre as equipes, com destaque para arquitetura, pesquisa em eco-eficiência, projetistas de estruturas e instalações prediais (elétricas, hidrossanitárias e de ar-condicionado).

Depois de firmado o contrato global para os projetos e consultorias, a equipe foi ampliada e os conceitos, já definidos, foram desenvolvidos e detalhados. As equipes de projeto trabalharam predominantemente de forma isolada, mas ocorreram muitas reuniões presenciais, para solução de questões específicas, com a participação dos agentes diretamente envolvidos. Reuniões multidisciplinares de trabalho com a participação de todas as disciplinas não ocorreram.

Mesmo com esta diferença em relação às referências de PPI, o trabalho multidisciplinar resultou em soluções com grande integração entre diferentes subsistemas. No relato do processo, já apresentado em item anterior, há vários exemplos de como as interações entre diferentes disciplinas foi fundamental para o desenvolvimento das soluções.

Quanto à participação do cliente, esta foi muito intensa ao longo de todo o processo, com exceção para a Conceituação do Projeto, que correspondeu à preparação do material para o concurso. Por se tratar de um empreendimento de demonstração, soluções inovadoras foram encorajadas e mesmo demandadas pela empresa, por meio de requisitos no Memorial Descritivo do concurso. Posteriormente, grande parte destas soluções foi desenvolvida e validada, muitas das quais representando custos significativos de implantação inicial, viabilizados, porém, pelos benefícios no longo prazo.

Quanto à participação de representantes da construtora, esta não ocorre durante as etapas de projeto. As licitações para as obras são feitas a partir dos Documentos de Construção elaborados.

Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)

Como no primeiro estudo de caso, na Ampliação do CENPES, este elemento metodológico ocorreu parcialmente. Um Memorial Descritivo, com os objetivos, programa de necessidades e requisitos, foi elaborado apenas pelo cliente e fornecido aos projetistas e consultores da equipe de projeto. Quanto ao desempenho ambiental, havia dez princípios de eco-eficiência bastante claros e o requisito de obter certificação LEED™, mas foi relatado que metas mensuráveis específicas não chegaram a ser definidas no início. Muitos parâmetros foram elaborados ao longo do processo, com a colaboração entre os fiscais da Petrobras e equipes de projeto. Foi relatado que, para cada princípio explicitado e a partir destes parâmetros, o conjunto de soluções foi desenvolvido nos limites das capacidades e habilidades de cada equipe de projetistas e consultores.

Quanto ao processo de certificação LEED™, ao longo do desenvolvimento dos projetos, o atendimento aos pré-requisitos e requisitos foi acompanhado por integrantes da equipe de pesquisa em eco-eficiência. Foram realizadas verificações esporádicas da pontuação obtida no sistema, incluídas nas entregas de relatórios. Não foi coletada evidência, porém, que indicasse um engajamento de toda a equipe de projetistas e

consultores, nas atividades relacionadas ao processo de certificação, incluindo definição de metas ambientais específicas. Requisitos foram atendidos, mas não chegou a ocorrer uma discussão e definição *consensual* das metas de desempenho ambiental, entre todos os agentes.

Quanto à realização de APO, este elemento não pôde ser investigado, já que a obra está em andamento. Não há previsão de realização de APO, para atendimento de requisito para certificação LEED™.

Gestão do processo

Quanto aos papéis e responsabilidades, a arquiteta coordenadora de projetos relatou que os papéis estavam claros, mas houve certa dificuldade para a definição das responsabilidades, até mesmo por conta de várias alterações solicitadas pelo cliente ao longo do processo.

Também havia uma exigência contratual englobando a gestão da qualidade e segurança no ambiente de trabalho para o processo de projeto, itens que normalmente não são exigidos em projetos menores. Foi então elaborado um *Plano de Gestão da Qualidade* (PQE) para o projeto, formalizando elementos como: controle de documentação; *workflow* estabelecendo as comunicações entre os agentes; nomenclaturas de documentos; elaboração de atas (com procedimentos e atribuição do responsável pela redação); procedimentos para a troca de correio eletrônico; e controles de prazos e entregas.

Estes procedimentos foram todos estabelecidos pelo escritório de arquitetura, a partir da orientação da consultora técnica para implantação do *Plano da Qualidade*. Também houve a realização de um curso em dois dias. No primeiro dia do curso, participou o escritório de arquitetura e, no segundo, todas as subcontratadas. Auditorias, com equipe da Petrobras e um agente de terceira parte contratado, foram conduzidas, para avaliar a conformidade dos procedimentos formalizados no plano, com os procedimentos efetivamente incorporados às atividades das equipes. A

arquiteta coordenadora dos projetos revelou que esta foi a primeira experiência do escritório de arquitetura, com sistemas de gestão com este nível de implantação.

Também deve ser mencionado que a Petrobras possui uma equipe multidisciplinar robusta, que permite o fornecimento de entradas para o projeto, bem como a verificação, análise crítica e validação dos vários estágios de desenvolvimento dos projetos. Este é um ponto muito positivo, principalmente considerando a grande complexidade do empreendimento e exigências, inclusive de segurança. No entanto, esta fragmentação da estrutura organizacional da Petrobras, que inclui os papéis e responsabilidades, torna a gestão do processo uma tarefa muito mais complicada. O mesmo vale para a fragmentação da estrutura organizacional da equipe de projeto. Dificuldades associadas a esta característica foram relatadas, o que indica uma necessidade de aperfeiçoamento dos meios de gestão empregados.

Quanto à coordenação dos projetos, o projetista de ar-condicionado relatou que a definição do agente responsável por esta função costuma ser um ponto crítico. Neste projeto isto não foi um problema, já que estava muito claro que a coordenação estava a cargo do escritório de arquitetura. Em questionário para avaliação de elementos de gestão do processo do projeto 02 (Quadro 7.2), respondido por seis dos oito agentes entrevistados, a coordenação por parte da arquitetura foi bem avaliada, variando de regular a excelente nos três diferentes quesitos.

Os meios de comunicação empregados também foram bem avaliados. Quanto ao cronograma, da mesma forma que o estudo de caso 01, a maioria dos agentes que responderam ao questionário o avaliou como ruim (4 agentes, 66,7%), indicando um subdimensionamento do tempo para o desenvolvimento adequado das atividades.

<p>(1) Avalie o processo quanto à clareza dos objetivos e metas desde o início de sua participação, principalmente em relação às metas de desempenho ambiental</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>excelente</i></th> <th><i>bom</i></th> <th><i>regular</i></th> <th><i>ruim</i></th> <th><i>péssimo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 agente (20%)</td> <td>3 agentes (60%)</td> <td>1 agente (20%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>	1 agente (20%)	3 agentes (60%)	1 agente (20%)												
<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>																	
1 agente (20%)	3 agentes (60%)	1 agente (20%)																			
<p>(2) Avalie o processo quanto à clareza em relação aos papéis e responsabilidades dos agentes.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>excelente</i></th> <th><i>bom</i></th> <th><i>regular</i></th> <th><i>ruim</i></th> <th><i>péssimo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3 agentes (50%)</td> <td>2 agentes (33,3%)</td> <td>1 agente (16,7%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>	3 agentes (50%)	2 agentes (33,3%)	1 agente (16,7%)												
<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>																	
3 agentes (50%)	2 agentes (33,3%)	1 agente (16,7%)																			
<p>(3) Avalie a coordenação do projeto.</p> <ul style="list-style-type: none"> Quanto à presteza no atendimento das necessidades específicas de seu serviço (projeto, consultoria, outros) Quanto à gestão das interfaces entre diferentes projetos / disciplinas, incluindo compatibilizações. Quanto à abertura para sugestões de novas soluções. 	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>excelente</i></th> <th><i>bom</i></th> <th><i>regular</i></th> <th><i>ruim</i></th> <th><i>péssimo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 agente (16,7%)</td> <td>3 agentes (50%)</td> <td>2 agentes (33,3%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>3 agentes (50%)</td> <td>3 agentes (50%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 agentes (50%)</td> <td>2 agente (33,3%)</td> <td>1 agente (16,7%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>	1 agente (16,7%)	3 agentes (50%)	2 agentes (33,3%)				3 agentes (50%)	3 agentes (50%)			3 agentes (50%)	2 agente (33,3%)	1 agente (16,7%)		
<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>																	
1 agente (16,7%)	3 agentes (50%)	2 agentes (33,3%)																			
	3 agentes (50%)	3 agentes (50%)																			
3 agentes (50%)	2 agente (33,3%)	1 agente (16,7%)																			
<p>(4) Avalie a eficácia dos seguintes meios de comunicação empregados:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reuniões presenciais para resolver questões específicas. Sistema em rede de compartilhamento de documentos e informações. 	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>excelente</i></th> <th><i>bom</i></th> <th><i>regular</i></th> <th><i>ruim</i></th> <th><i>péssimo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2 agentes (33,3%)</td> <td>4 agentes (66,7%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 agente (16,7%)</td> <td>3 agente (50%)</td> <td></td> <td>2 agentes (33,3%)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>	2 agentes (33,3%)	4 agentes (66,7%)				1 agente (16,7%)	3 agente (50%)		2 agentes (33,3%)						
<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>																	
2 agentes (33,3%)	4 agentes (66,7%)																				
1 agente (16,7%)	3 agente (50%)		2 agentes (33,3%)																		
<p>(5) Avalie a adequação do cronograma para o bom desenvolvimento de seu serviço (projeto, consultoria, outros).</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>excelente</i></th> <th><i>bom</i></th> <th><i>regular</i></th> <th><i>ruim</i></th> <th><i>péssimo</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 agente (16,7%)</td> <td></td> <td></td> <td>4 agentes (66,6%)</td> <td>1 agente (16,7%)</td> </tr> </tbody> </table>	<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>	1 agente (16,7%)			4 agentes (66,6%)	1 agente (16,7%)										
<i>excelente</i>	<i>bom</i>	<i>regular</i>	<i>ruim</i>	<i>péssimo</i>																	
1 agente (16,7%)			4 agentes (66,6%)	1 agente (16,7%)																	

Quadro 7.2 Resultados dos questionários para avaliação da gestão do processo de projeto da Ampliação do CENPES

Simulação de desempenho energético

As avaliações iniciais das implicações quanto ao conforto térmico e luminoso foram feitas já na etapa do concurso, com simulações e estudos simplificados. Estas foram fundamentais para embasar os principais conceitos relacionados à volumetria, orientação e envoltória dos edifícios. Posteriormente, na etapa de Documentos de

Construção, com a contratação da equipe de projetistas e consultores, uma grande quantidade de estudos detalhados foi conduzida, para avaliação do conforto térmico, luminoso, acústico e da eficiência energética, com o suporte de ferramentas computacionais avançadas de simulação.

Brandão et al. (2008) descrevem detalhadamente os estudos de conforto térmico e o uso de ferramentas computacionais de simulação, realizados pela equipe de consultoria e pesquisa de eco-eficiência. Os autores relatam que, para os estudos de conforto térmico, não foram estabelecidas *bases de referência*, devido: (1) à prática relativamente recente de estudos dessa natureza, para apoio ao desenvolvimento de projetos; (2) à falta de dados de edifícios locais e com situações climáticas similares; e (3) aos aspectos inovadores do conjunto de edifícios projetados. Portanto, os estudos foram baseados principalmente em análises comparativas de alternativas de projeto, especialmente aquelas relacionadas às soluções e especificações para a envoltória dos edifícios. Valores adequados, para qualificar o desempenho do edifício e orientar as decisões quanto às alternativas de ambientes 100% condicionados ou com sistema híbrido de condicionamento (passivo e ativo), foram, então, cuidadosamente considerados caso a caso. Os seguintes passos, para avaliação do desempenho quanto ao conforto térmico, são apresentados por Brandão et al. (2008):

- Estabelecimento de parâmetros e critérios de projeto para ambientes com ventilação natural e condicionamento ativo;
- Estudos preliminares dos edifícios, para testar a seleção dos espaços críticos, zoneamento térmico, cronogramas de simulação, materiais e cargas térmicas internas;
- Condução de simulações de dinâmica dos fluidos, para a ventilação externa ao redor dos edifícios, estabelecendo-se valores para coeficientes de pressão, velocidade do vento nas aberturas e coeficientes para as trocas térmicas externas por convecção;

- Condução de simulações de termodinâmica, para o uso de ventilação natural em ambientes, estabelecendo-se o potencial de horas nas quais o condicionamento ativo poderia ser prescindido;
- Especificação de configurações para modos híbridos de condicionamento, em espaços com requisitos especiais de uso ou com potencial insuficiente de ventilação natural;
- Condução de simulações para os modos híbridos e 100% de condicionamento ativo; e
- Avaliação dos resultados das simulações e proposta de alterações de elementos do projeto, materiais e critérios para operação dos edifícios.

Para a realização destes estudos, foi constituído um banco horário de dados climáticos. O Laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais, do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (MASTER/IAG/USP), forneceu os dados da estação meteorológica do Aeroporto Internacional Antonio Carlos Jobim, que é a estação meteorológica mais próxima disponível (MONTEIRO et al., 2008). Os dados considerados foram: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento, para os anos de 1998 a 2004 (METAR, 2005 apud MONTEIRO et al., 2008). Já as ferramentas computacionais incluíram programas avançados como o CFX (de dinâmica dos fluidos) e o TAS (de termodinâmica). Para estudos de iluminação foi utilizado principalmente o Radiance (MOURA et al., 2009).

Segundo a pesquisadora da equipe de eco-eficiência entrevistada, as recomendações feitas a partir dos resultados incluíram: a adoção de massa térmica na envoltória para ambientes com ventilação natural; adoção de ventilação noturna para resfriamento; e critérios para especificação de vidros. Também foram feitas recomendações quanto a isolamento, indicando-se os coeficientes globais de transmissão que os componentes de vedação deveriam ter e simulando-se alternativas sugeridas pela arquitetura. A pesquisadora entrevistada afirmou que a realização

destes estudos e verificações teriam sido impossíveis sem o uso de ferramentas computacionais de simulação. Quanto às simulações, para demonstração de atendimento a requisitos da certificação LEED™, de redução do consumo de energia, estas estão a cargo de outra equipe de pesquisadores da UFSC e ainda não foram concluídas.

Otimização contínua de valores

Não foi obtida nenhuma informação que indique a ocorrência de *otimização contínua de valores*. Na etapa de Documentos de Construção, foi realizada a quantificação do Projeto Detalhado, para embasar as licitações, mas não houve o apoio de um especialista, para que a consideração global dos custos, considerando também o ciclo de vida dos edifícios, pudesse embasar o desenvolvimento das soluções e sistemas. No entanto, foi relatado pela projetista de hidráulica que os parâmetros, fornecidos pela Petrobras, para basear o desenvolvimento e validação dos projetos, também consideravam a relação entre investimentos iniciais e períodos de amortização. Infelizmente, a realização de entrevistas com os profissionais da Petrobras, responsáveis por estas avaliações, não foram possíveis.

7.2.2 Posicionamento

A Figura 7.3 ilustra o processo de projeto e produção da Ampliação do CENPES, identificando a presença dos agentes e elementos metodológicos, em cada etapa, e o desenvolvimento das soluções de projeto, enquanto a Figura 7.4 ilustra o posicionamento do processo em relação à referência teórica de PPI. As figuras revelam que nas três primeiras etapas há uma distância grande em relação à referência teórica.

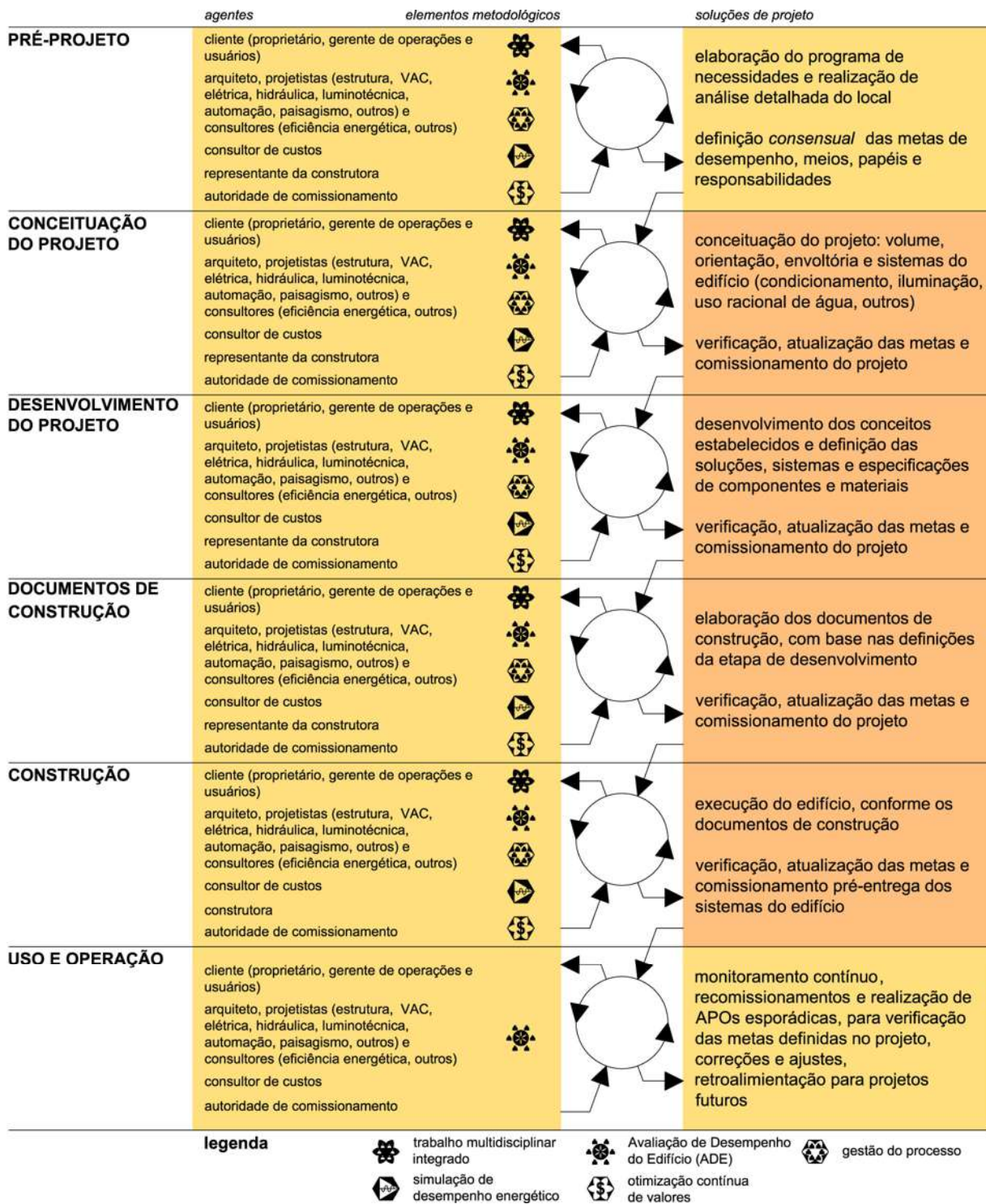




























































Figura 7.3 Processo de projeto e produção da Ampliação do CENPES

ESTUDO DE CASO 02 (Ampliação do CENPES)

REFERÊNCIA TEÓRICA (PPI)

	agentes	elementos metodológicos	agentes	elementos metodológicos
PRÉ-PROJETO	cliente	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros)	
EDITAL CONCURSO			consultor de custos	
			representante da construtora	
			autoridade de comissionamento	
CONCEITUAÇÃO DO PROJETO	arquitetura projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica) e consultores de eco-eficiência	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros)	
			consultor de custos	
			representante da construtora	
			autoridade de comissionamento	
CONCEITUAÇÃO DO PROJETO (rev)	cliente arquitetura	   	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros)	
			consultor de custos	
			representante da construtora	
			autoridade de comissionamento	
CONTRATO PROJETOS	cliente arquitetura (coordenação projetos)	    	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo) e consultores (eco-eficiência, acústica, esquadrias, impermeabilização, plano de qualidade, quantificação geral)	
			consultor de custos	
			representante da construtora	
			autoridade de comissionamento	
LICITAÇÃO DA OBRA	cliente arquitetura (coordenação projetos)	   	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo) e consultoria (impermeabilização)	
			consultor de custos	
			construtora	
			autoridade de comissionamento	
CONSTRUÇÃO	cliente arquitetura (coordenação projetos)	  	cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo) e consultoria (impermeabilização)	
			consultor de custos	
			construtora	
			autoridade de comissionamento	
USO E OPERAÇÃO	cliente		cliente (proprietário, gerente de operações e usuários)	
			arquiteto, projetistas (estrutura, VAC, elétrica, hidráulica, luminotécnica, automação, paisagismo, outros) e consultores (eficiência energética, outros)	
			consultor de custos	
			autoridade de comissionamento	

legenda

obs. ícones em cinza representam elementos metodológicos ausentes



trabalho multidisciplinar integrado



simulação de desempenho energético



Avaliação de Desempenho do Edifício (ADE)



otimização contínua de valores



gestão do processo

Figura 7.4

Posicionamento do processo de projeto da Ampliação do CENPES em relação à referência teórica de PPI

Da mesma forma que o primeiro caso, a contratação dos projetos se deu após concurso a convite. Por esta razão, na etapa de Pré-projeto, quando foi elaborado o Memorial Descritivo para o concurso, apenas o cliente participou. Na etapa seguinte, de Conceituação do Projeto, correspondendo à preparação do material para o concurso, participam os arquitetos, projetistas e consultores, mas o cliente não pode participar do desenvolvimento das soluções. Após a seleção do projeto vencedor e antes da contratação, houve uma etapa intermediária de revisão da Conceituação do Projeto, na qual participam os arquitetos e o cliente.

Uma proximidade com a referência de PPI ocorreu, apenas na etapa de Documentos de Construção, na qual estiveram presentes toda a equipe de projetistas e consultores e os seguintes elementos metodológicos: trabalho multidisciplinar integrado; gestão do processo; e simulação de desempenho energético. Outro dado importante é a ausência de um representante da construtora nas etapas de projeto.

A Figura 7.4 revela, então, uma presença parcial dos elementos metodológicos, principalmente a partir da etapa de Documentos de Construção. Durante a etapa de Conceituação do Projeto, o trabalho multidisciplinar integrado, incluindo arquitetura, pesquisa em eco-eficiência, projetistas de estruturas e instalações prediais (elétricas, hidrossanitárias e ar-condicionado), foi muito importante para a definição dos principais conceitos de projeto. No entanto, como no primeiro caso, o processo está mais próximo à prática convencional. As metas estabelecidas estão sendo alcançadas, mas exigiram intensos esforços dos agentes, em um processo de projeto bastante árduo.

7.3 Lições aprendidas

Conclusões a partir de análises comparativas entre dois processos, com características e contextos diversos, devem ser formuladas com precaução, verificando-se cuidadosamente a pertinência dos argumentos. Entretanto, as duas investigações revelaram características comuns aos dois processos, incluindo pontos positivos e dificuldades, o que reforça a validade das lições aprendidas, discutidas a seguir, como referências para futuros projetos com metas de desempenho ambiental.

7.3.1 Interação entre as disciplinas desde o início do processo

Em várias entrevistas de ambos os casos, foram apontados como pontos positivos: (1) o trabalho em equipe desde a etapa de Conceituação do Projeto (concurso); (2) uma boa interação e comprometimento entre os agentes; e (3) uma boa abertura para sugestões e orientações.

A arquiteta coordenadora do projeto da Ampliação do CENPES relatou que a etapa de Conceituação foi muito rica, quanto à troca de idéias. Houve uma grande interação entre os projetistas e, conseqüentemente, uma maior troca de conhecimento. Houve uma facilidade de entrosamento para o trabalho em conjunto, favorecida por experiências de trabalho anteriores, e cada disciplina buscou atingir o seu limite. A contribuição de todos foi significativa, cabendo à arquitetura juntar as idéias. Um exemplo significativo desta integração, relatado no capítulo anterior, foi a adoção de insuflamento do ar-condicionado pelo piso no Edifício Central, viabilizado apenas pelo trabalho conjunto de vários profissionais ao longo do desenvolvimento do projeto, incluindo arquitetura, consultoria de eco-eficiência, projetista de ar-condicionado, projetista de luminotécnica e consultor de esquadrias.

Segundo a projetista de estruturas (que participou de ambos os projetos), a consequência mais importante de uma maior interação entre as disciplinas, desde as etapas iniciais, é o desenvolvimento de soluções mais eficientes. A mesma opinião é compartilhada pelo projetista de VAC da Ampliação do CENPES, que apontou como ponto positivo o fato de ter começado a participar do processo cedo, antes de estarem consolidados os principais conceitos de arquitetura.

Quanto ao processo do SAP Labs Brazil, o projetista de luminotécnica relatou que toda a dinâmica do processo foi positiva e que os relacionamentos entre todos os participantes foram muito satisfatórios, destacando uma ótima relação com a equipe de arquitetura.

Em contrapartida, alguns agentes de ambos os estudos, que não participaram das etapas de concurso, relataram que gostariam de ter participado e que resultados melhores poderiam ter sido alcançados se isto tivesse ocorrido. Estes são: os projetistas de ar-condicionado do SAP Labs Brazil (contratados posteriormente, na etapa de Documentos de Construção), também responsáveis pela condução das simulações de desempenho energético; a projetista de paisagismo da Ampliação do CENPES; e o consultor de esquadrias, que participou de ambos os estudos de caso. Este último, baseado em outras experiências de trabalho, defendeu que o trabalho multidisciplinar desde o início é muito mais eficaz, para a resolução e desenvolvimento do conjunto de projetos.

A projetista de estruturas ressaltou também a importância da satisfação gerada pelos resultados alcançados, em um projeto mais bem concebido e gerado a partir da colaboração da equipe inteira. Em um projeto assim, o arquiteto deixa de ser o único responsável pelo processo criativo e o trabalho passa a ser mais interessante e motivador para todos os envolvidos. Todos acabaram vivenciando um maior reconhecimento para as suas contribuições.

Para a integração entre as soluções de ambos os projetos, muitas reuniões presenciais foram realizadas, com a participação dos agentes diretamente envolvidos.

Porém, o arranjo proposto nas referências de PPI é significativamente mais interativo, com a realização de reuniões multidisciplinares de equipe completa, para a análise e desenvolvimento das soluções, nas quais os diferentes projetistas e especialistas são encorajados a romper as barreiras tradicionais de suas disciplinas e opinar abertamente sobre elementos normalmente atribuídos a outras disciplinas. A adoção destas reuniões é um novo passo necessário, considerando os benefícios decorrentes de uma maior integração entre as disciplinas.

7.3.2 Questionamento do programa de necessidades

Como já mencionado, em ambos os casos estudados, o cliente elaborou um programa de necessidades bastante completo e bem caracterizado, o que é fundamental para o desenvolvimento de projetos. Apesar deste ponto positivo, em ambos os processos ocorreu um amadurecimento das necessidades e requisitos, paralelamente ao avanço e detalhamento das soluções. Este é um padrão muito comum em processos de projeto e ficou comprovado que pode ocorrer, mesmo quando os programas fornecidos foram bem definidos e detalhados. Em muitos casos, este fato acarreta enormes retrabalhos aos projetistas. Na Ampliação do CENPES, os retrabalhos, em decorrência de alterações solicitadas em estágios avançados dos vários projetos, foram muito significativos, talvez, em parte, devido à grande escala do empreendimento.

Por conta deste fato, a necessidade de questionamento do programa, com a colaboração entre projetistas e cliente, é defendida por autores focando a gestão de processos de projeto e produção (MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002; ROMANO, 2003) e também em abordagens de PPI focando o desempenho ambiental (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Isto deve ocorrer ainda na etapa de Pré-projeto, tão logo a equipe seja constituída.

Os dados observados corroboram a validade desta proposta e indicam a necessidade de acrescentar um novo elemento. Logo no início da etapa de Desenvolvimento, deve ocorrer um novo questionamento do programa, realizado a partir dos desenhos resultantes da etapa de Conceituação, por que sempre ocorre um retorno de informações (retroalimentação) por parte do cliente, quando este começa a visualizar e compreender os futuros ambientes que deverão atender as suas necessidades. Deve, então, ser alocado um período adequado para o refinamento do programa e incorporação dos ajustes necessários ao projeto. Isto deve ocorrer antes de haver um avanço no desenvolvimento dos vários projetos, buscando-se, assim, minimizar o retrabalho decorrente do amadurecimento do programa. Uma possibilidade é a incorporação de uma atividade específica, com este propósito, que poderia ser denominada *Atualização do Programa de Necessidades (APN)*, com a participação de toda a equipe de projeto e uma intensa participação de futuros usuários e operadores.

7.3.3 Estabelecimento de metas de desempenho ambiental e uso de sistemas de avaliação e certificação ambiental

Metas de desempenho ambiental estavam presentes nos programas de necessidades dos dois casos. Para o SAP Labs Brazil, foi explicitado o requisito de obter certificação LEED™, nível *ouro*. Para a Ampliação do CENPES, foram explicitados dez princípios de eco-eficiência, de caráter eliminatório para a seleção do projeto vencedor do concurso, e o objetivo de obter certificação LEED™.

A incorporação desses requisitos ainda é novidade em empreendimentos do país e, por isso, representam um grande avanço. A especialista em sistemas de certificação ambiental, que está dando suporte ao processo de certificação LEED™, na etapa de obra da Ampliação do CENPES, apontou, como principal ponto positivo, os esforços despendidos antes do início da etapa de projeto, para a incorporação dos aspectos de eco-eficiência. A entrevistada defendeu que a preparação para o início do projeto foi conduzida de forma, se não ideal, muito próxima dela, referindo-se à

incorporação dos princípios de eco-eficiência no programa, ao *workshop* e espaço de comunicação com a equipe de professores, para informar os escritórios de arquitetura concorrentes, quanto aos aspectos relevantes e formas de incorporá-los nos projetos. A especialista relatou ainda que a Ampliação do CENPES foi o primeiro projeto no país a buscar certificação LEED™, iniciando a discussão e abrindo caminho para os projetos brasileiros seguintes registrarem-se no sistema.

A pesquisadora da equipe de eco-eficiência, também apontou esta questão, como um dos principais pontos positivos, acrescentando que a incorporação dos requisitos de desempenho ambiental no edital da Ampliação do CENPES também influenciou outras licitações para projetos de obras públicas e privadas posteriores.

No entanto, em ambos os casos as metas foram definidas apenas pelo cliente, sem a participação dos demais agentes. A discussão e definição *consensual* das metas de desempenho e uma tradução dos requisitos e princípios em critérios, unidades de medida e desempenhos de referência podem ser auxiliados pela ferramenta LEED™ adotada, pois esta fornece parâmetros para a definição de metas claras e mensuráveis. Mas, para tanto, todos, desde o início, precisam compreender muito bem as características e requisitos do sistema e participar intensamente das tarefas relacionadas, o que não ocorreu em nenhum dos casos.

Conforme relato da especialista em sistemas de certificação, existe no país uma tendência de atribuir todas as tarefas ao profissional credenciado, sem maior envolvimento dos demais agentes. A especialista considerou como a maior dificuldade, relacionada aos processos de certificação dos dois casos, o fato do LEED™ e da norma ASHRAE/IESNA não terem sido bem compreendidos e considerados logo no início do processo por toda a equipe de projetistas e consultores.

7.3.4 Modelos de contratação para os projetos e obra

Uma análise dos dois processos investigados, a partir da referência teórica, revelou algumas dificuldades relacionadas ao modelo de seleção dos projetistas a partir de concorrência a convite, com elaboração de um projeto conceitual.

Em ambos os casos, foi prevista uma ajuda de custo para os candidatos à concorrência. Mas este valor costuma ser apenas um valor simbólico e dificilmente é suficiente para remunerar de forma adequada todos os projetistas envolvidos. Participar de concorrências para o projeto é sempre um risco assumido pelos candidatos, já que o tempo e energia despendidos serão recompensados apenas no caso de se efetivar a contratação para as próximas etapas. Por este mesmo motivo, os prazos para o desenvolvimento do material do concurso quase sempre são excessivamente curtos. Para o SAP Labs Brazil, foi de um mês e, para a Ampliação do CENPES, de dois meses. Dificilmente, então, haveria tempo para, por exemplo, desenvolver duas ou três alternativas de solução e conduzir simulações de desempenho energético, para identificar aquela com melhores oportunidades para alcance dos objetivos e metas almejados, como é recomendado para processos de projeto com metas agressivas de eficiência energética (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; TORCELLINI et al., 2005a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009).

Soma-se a estas dificuldades, a seguinte questão: como formar uma equipe completa de PPI (incluindo representantes do cliente, todos os projetistas e representantes da etapa de construção) e dar início ao *trabalho multidisciplinar integrado* já na etapa de Pré-projeto, em processos de projeto nos quais a contratação dos projetistas se dá após concurso a convite? A participação do cliente, por exemplo, no melhor dos casos, inevitavelmente se restringe a prover o programa, objetivos e requisitos, junto com o edital da concorrência. Felizmente, isto ocorreu em ambos os casos, mas uma intensa participação do cliente, para desenvolvimento e avaliação das alternativas de soluções, fica impossibilitada durante a etapa do concurso.

Em vista disso, uma alternativa seria optar por um modelo de concorrência, no qual os critérios para a seleção se restrinjam às propostas técnicas e financeiras, currículos, referências de trabalhos realizados, e comprovação das habilidades e competências das equipes de projeto concorrentes, sem a exigência de apresentação de uma proposta de projeto conceitual. Desta forma, seria evitado o risco de se comprometer com um projeto conceitual desenvolvido sob condições muito aquém daquelas defendidas nas várias referências consultadas. Ao contrário, após a contratação haveria a possibilidade de iniciar o processo ainda em uma etapa de Pré-projeto, sendo possível adotar todos os elementos metodológicos que forem considerados adequados e viáveis, em função das especificidades do projeto em questão.

Outra questão importante é: como garantir a participação da construtora desde a primeira etapa do processo, no caso de contratação após licitação a partir dos Documentos de Construção⁵⁴?

Comentando esta questão, a projetista de estruturas (que participou de ambos os projetos) defendeu que é fundamental a participação da construtora desde o início do processo e que “*o projeto integrado só vai funcionar de verdade, quando a construção for integrada, não só o projeto*”.

Se referindo ao SAP Labs Brazil, ela relatou que durante a etapa de Desenvolvimento do Projeto, houve um contato grande com a engenharia de custos da construtora, mas faltou um maior intercâmbio com a gerência de obra, para antecipar problemas que acabaram ocorrendo durante a execução. Este departamento da construtora passou a participar mais efetivamente, apenas a partir da etapa de Documentos de Construção, quando a obra também foi iniciada. Um exemplo dado, foi um detalhe de armação do sistema de laje *tipo cubeta*, revisto durante a obra devido à dificuldade de execução. Um maior contato com o pessoal de obra em etapas

⁵⁴ Em obras públicas no Brasil, é obrigatória a contratação das construtoras por meio de licitações, baseadas em Documentos de Construção (Projetos Básicos ou Projetos Executivos).

anteriores poderia ter identificado problemas desta natureza mais cedo, reduzindo os imprevistos e retrabalhos.

Neste sentido, uma sugestão da projetista é convidar também representantes de construtoras, para participar da etapa de concurso, como consultores, da mesma forma como costuma ocorrer com os projetistas complementares. Nas etapas seguintes de Desenvolvimento e Documentos de Construção, poderia ser contratado um consultor especialista em execução de obras e construtibilidade ou, no caso de obra privada, convidadas as construtoras, prováveis candidatas para a licitação, para uma apresentação do projeto, solicitando-se comentários que contribuam para um melhor desenvolvimento do projeto. As vantagens para a construtora seriam: (1) obter um conhecimento do projeto que será de grande valia para o momento da concorrência para a obra; e (2) contribuir para que o projeto incorpore elementos de racionalidade, construtibilidade e custos mais adequados para a futura construção. Estas apresentações poderiam ser gerais para todas ou separadas para cada uma das construtoras convidadas.

A contratação da obra por meio de licitação também é questionada por vários autores. Grilo e Melhado (2002) discutem diferentes sistemas de contratação, incluindo sistemas integrados do tipo *projeto-construção*, no qual a mesma empresa (ou consórcio de empresas) fica responsável tanto pelo projeto, como pela construção do empreendimento. Uma grande vantagem é a possibilidade de maior integração entre as duas etapas, já que a empresa construtora participa das etapas iniciais de projeto (KIBERT, 2005).

Uma questão de difícil resolução, no entanto, é como acordar os custos para a obra, sem a disponibilidade de documentos detalhados de construção. Esta questão é ainda mais crítica, considerando que demandas de desempenho não usuais provavelmente vão requerer soluções de projeto também não usuais, o que tornará ainda mais difícil uma previsão dos custos, antes da elaboração dos documentos de construção. Discorrendo sobre diferentes modelos de contratação nos Estados Unidos, *The American Institute of Architects* (2007) relata que, normalmente, em contratos

projeto-construção tradicionais, são acordados custos globais fixos logo no início, atribuindo a maior parte dos riscos ao projetista-construtor. O autor defende que o adiamento da definição dos custos globais de obra, para etapas posteriores, permite que os benefícios, decorrentes do envolvimento e colaboração dos agentes desde cedo, sejam aproveitados.

7.3.5 Definição adequada dos escopos, honorários, cronograma de atividades e prazos

Os contratos dos membros da equipe precisam ser considerados com bastante cuidado, pois honorários inadequados tornarão difícil ou até impossível a alocação do tempo necessário para o desenvolvimento de soluções inovadoras, sendo um obstáculo recorrente a dificuldade para previsão do tempo de trabalho e despesas necessárias (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Esta questão está relacionada com a definição dos escopos de trabalho, cronogramas de atividades e prazos.

Quanto ao tempo de trabalho, a grande maioria dos entrevistados, de ambos os estudos de caso, relataram que o tempo despendido foi muito maior do que o previsto inicialmente. Também foram apontadas inadequações dos cronogramas de ambos os processos. No questionário de avaliação da gestão dos processos, o cronograma foi avaliado como ruim pela maioria dos entrevistados em ambos os casos, 40% no estudo de caso 01 (Quadro 7.1), e 66,7% no estudo de caso 02 (Quadro 7.2).

Particularmente para atender aos requisitos para certificação LEED™, o projetista de luminotécnica do SAP Labs Brazil relatou que é necessário muito mais tempo de trabalho, que em projetos sem esta demanda. O trabalho realizado neste processo foi muito maior do que ele esperava inicialmente. As análises necessárias, com uso de ferramentas de simulação para iluminação, são muito mais trabalhosas, pois têm que ser feitas ambiente por ambiente. Há também a necessidade de documentação comprovando as densidades de potência alcançadas.

Uma dificuldade, apontada pela projetista de estrutura (que participou de ambos os processos), é que o ritmo adotado para o desenvolvimento dos projetos foi demasiado rápido, para que as vantagens do processo integrado fossem melhor aproveitadas. Em muitas situações, não havia tempo para que as soluções fossem adequadamente amadurecidas, de forma que, um pouco mais pra frente, ao se constatar as falhas, inadequações ou incompatibilidades, teve-se que voltar atrás e refazer. Mas como havia pressões de prazo, a solução inadequada já tinha sido passada adiante para os demais projetistas e a alteração acabava gerando retrabalhos em todos os projetos envolvidos.

A questão dos prazos apertados de projeto, combinada aos efeitos cascata gerados pelas várias alterações, foi considerada uma dificuldade muito grande pela arquiteta coordenadora e pela pesquisadora da equipe de consultoria para eco-eficiência, da Ampliação do CENPES. Esta última relatou que, em certos momentos, várias mudanças na arquitetura implicaram na necessidade de conduzir novas simulações, que requereriam pelo menos duas semanas, para fornecer as informações necessárias para o desenvolvimento das soluções verificadas. Mas muitas vezes não havia tempo para isso. A pesquisadora relatou que “*o cronograma foi convencional, para um projeto não convencional*”, resultando em uma série de atropelamentos, na extensão do prazo definido originalmente e em uma quantidade de trabalho despendido muito maior do que o previsto inicialmente.

Considerando esta dificuldade de previsão do tempo de trabalho necessário, principalmente considerando demandas não usuais, uma alternativa é recomendada por 7group e Reed (2009). Trata-se de solicitar aos membros uma proposta separada para a participação na *reunião de equipe inicial* (citada no *Capítulo 3* e discutida em detalhe no *Capítulo 8*) e apenas depois desta, solicitar as propostas de escopo e honorários para todo o processo de projeto e produção. Desta forma, as propostas refletirão melhor as reais necessidades de alocação de tempo para cada etapa de projeto, já que todos terão uma idéia mais clara das necessidades específicas e características do processo.

Desta forma, os contratos de todos os participantes poderão ser mais adequados, quanto à clareza e completude dos escopos, bem como quanto aos honorários, evitando-se incertezas nas etapas iniciais do processo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). A especialista em sistemas de certificação entrevistada defendeu que é muito importante formalizar as metas, por exemplo, as exigências para obter o nível de certificação desejado, nos contratos. Ela acrescentou que também devem ser estabelecidos os meios para verificação do cumprimento aos requisitos e definidos, de forma bastante clara, quais são os papéis e responsabilidades para a realização das tarefas associadas. Do contrário, fica muito difícil exigir o atendimento às demandas necessárias, por exemplo, o fornecimento da extensa documentação exigida.

7.3.6 Participação e motivação do cliente na equipe de projeto

Relatos de vários agentes entrevistados revelaram que ocorreu uma intensa participação, engajamento e motivação do cliente nos dois processos. Em algumas entrevistas isto foi apontado como um dos principais pontos positivos. Deve-se lembrar que todas as decisões de projeto dependem da aprovação do cliente, que dificilmente vai aceitar a adoção de elementos não usuais, sem uma compreensão clara dos benefícios associados. Em ambos os estudos de caso, soluções e tecnologias inovadoras, que representaram acréscimos significativos nos custos iniciais de implantação, foram endossadas pelos clientes.

Outra questão importante para o processo de desenvolvimento dos projetos é o estabelecimento de uma relação de confiança entre as equipes e o cliente. Um relato interessante do projetista de ar-condicionado da Ampliação do CENPES ilustra bem essa questão. O projetista considerou a relação com o cliente muito positiva, mas no começo havia um grande questionamento dos conceitos do projeto, por parte dos fiscais representando o cliente, até mesmo devido a esta ser uma primeira experiência de trabalho entre as duas empresas. Ocorreu então, uma fase de adaptação e de

ganho de confiança, entre a empresa de projeto de instalações e a Petrobras, que correspondeu às primeiras reuniões e na qual a seriedade da empresa pôde ser percebida. Em seguida, houve uma fase de adaptação dos projetistas ao modo de trabalho da Petrobras. A adaptação foi difícil, mas, após estas fases, o processo se desenvolveu bem.

7.3.7 Aperfeiçoamento do sistema de gestão

Uma gestão eficiente do processo é fundamental. A Ampliação do CENPES é particularmente interessante para a discussão desta questão, devido às características do empreendimento, de grande escala e complexidade, e à implantação do *Plano da Qualidade* para o processo de projeto, que foi uma exigência contratual da Petrobras.

A escala e complexidade do empreendimento deu-se, tanto em relação às necessidades funcionais, de desempenho e segurança, como quanto às estruturas organizacionais diretamente envolvidas no processo. Aproximadamente 140 pessoas chegaram a trabalhar na equipe de projetistas e consultores para o desenvolvimento do projeto. Estas características foram consideradas uma dificuldade pela arquiteta, em parte por esta ter sido uma primeira experiência de trabalho do escritório de arquitetura com a Petrobras e com um empreendimento de tais dimensões e complexidade. No início, não havia familiaridade com a forma de trabalho e o nível de exigência do cliente.

Quanto ao sistema de gestão, a arquiteta coordenadora defendeu que, principalmente devido às características do empreendimento, este é imprescindível, mas os procedimentos formalizados no *Plano da Qualidade* atrapalharam bastante a fluidez do desenvolvimento do projeto. O sistema implicou em uma grande burocracia e enrijeceu muito o processo. Como exemplo, foi relatado que para a resolução de um problema, que em outros projetos costuma ser resolvido com um único telefonema, neste projeto era necessário convocar uma reunião, registrar em ata, enviar para a

Petrobras para análise, para finalmente, depois de 15 dias obter uma resposta, positiva ou não.

A arquiteta desenvolveu esta questão, argumentando que com um pouco mais de liberdade, trabalhando em um ambiente com menos pressão e burocracia, a troca de idéias costuma ser mais prazerosa e pode gerar resultados mais criativos, com maior versatilidade nos desenhos. As restrições e pressões, inclusive de prazos, podem acabar levando a opções mais óbvias, onde soluções melhores poderiam ser desenvolvidas. Esta dificuldade é algo natural, pois no início da implantação de um sistema novo, o rendimento sofre um revés, mas posteriormente este é melhorado. Ela concluiu que, em um projeto tão grande e complexo, são necessários os procedimentos e toda a documentação que foi realizada, mas as características do sistema de gestão precisam ser aperfeiçoadas.

A forma de trabalho estabelecida pela Petrobras foi apontada como uma das principais dificuldades pela arquiteta, pela pesquisadora da equipe de eco-eficiência e pelos projetistas de instalações hidrossanitárias e ar-condicionado. Foi relatado que depois de desenvolvidas as soluções de projeto, estas precisavam ser validadas pelos fiscais da Petrobras, mas a validação ocorria de forma parcial e o cliente muitas vezes acrescentava solicitações para a incorporação de novos conceitos ou idéias. A arquiteta relatou que, no início da etapa de Documentos de Construção, ocorreram dificuldades de retorno para aprovação de desenhos emitidos. Foi relatado pela projetista de instalações hidrossanitárias que nem sempre a Petrobras lograva dar o retorno no prazo estabelecido e que a solução encontrada para este problema foi a resolução de muitas questões em reuniões presenciais no escritório dos projetistas.

Conforme relato do projetista de ar-condicionado, esta dificuldade foi, em parte, consequência da grande capacidade técnica do cliente, que dispunha de vários especialistas responsáveis pela análise, solicitação de alterações e validação das soluções de projeto, para cada disciplina de projeto. Um lado muito positivo desta característica é que, desde o início, o cliente conhecia muito bem as suas necessidades. Então, foi minimizado o risco de ocorrerem grandes alterações devido a

custos acima do esperado, por exemplo. Porém, o ponto negativo é que, devido ao grande conhecimento técnico do cliente, ele pôde solicitar a incorporação de conceitos e idéias novas a qualquer instante do processo de projeto, o que, em estágios mais avançados, necessariamente gera impactos nos tempos de trabalho, custos e prazos.

Particularmente para o processo de certificação LEED™, foram apontadas dificuldades, pela especialista que dá apoio ao processo durante a etapa de obra. Estas dificuldades estão relacionadas aos seguintes aspectos do processo: fragmentação da estrutura organizacional e dos processos de decisão dentro da Petrobras; fragmentação dos contratos de obra, que comumente envolvem várias construtoras contratadas e subcontratadas; fragmentação das estruturas organizacionais das várias construtoras; e a falta de exigências contratuais para a cobrança dos aspectos para a certificação. Estes aspectos geraram incertezas e dificuldades para o controle do processo, redobrando a necessidade de reapresentar a todo tempo as metas relacionadas à certificação e as implicações nas atividades diárias de todos os agentes, das construtoras e Petrobras.

Também houve dificuldades de descontinuidade e de comunicação, pois, para cada nova construtora contratada, os requisitos e metas precisavam ser novamente apresentados. Esta questão indica que esforços adicionais de gestão são necessários. A especialista defendeu que, para processos de certificação em empreendimentos com este nível de complexidade, uma alternativa é a designação de uma equipe, representando o cliente, responsável exclusivamente em acompanhar o processo e solicitar, aos inúmeros agentes envolvidos, a extensa documentação necessária para o atendimento aos pré-requisitos e créditos pleiteados.

7.3.8 Definição adequada das etapas e marcos de passagem

Uma clara definição das etapas, subestágios e marcos de passagem (*milestones*) do projeto é necessária (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Esta questão está relacionada à uma dificuldade apontada para a Ampliação do CENPES. Neste processo, não houve uma etapa de Desenvolvimento do Projeto (ou Anteprojeto) e após a contratação da equipe de projetistas e consultores, os vários projetos foram desenvolvidos em uma única etapa denominada Projeto de Detalhamento.

Os projetistas de instalações hidrossanitárias e de ar-condicionado relataram que normalmente eles trabalham com três etapas: Estudo Preliminar; Anteprojeto; e Projeto Executivo. Em outros projetos de ar-condicionado desenvolvidos pelo projetista, por exemplo, a etapa preliminar de conceituação fornece entradas para desenvolvimento e modificações na arquitetura e estrutura, a etapa de Anteprojeto é constituída pelos traçados básicos e, na etapa de Projeto Executivo, é realizado o detalhamento para execução.

Neste processo, no entanto, após a etapa inicial de concurso, houve uma única etapa, com desenvolvimento gradual dos projetos em várias emissões (ou revisões) e sem uma definição clara das transições entre as subfases. Depois de feitas as emissões dos projetos, havia um prazo para análise do fiscal da Petrobras, com comentários, solicitação de alterações e aprovação. A projetista de instalações hidrossanitárias relatou que, por esta razão, por um lado, os projetistas buscavam produzir bastante material o quanto antes, para poderem ser conduzidos mais rapidamente para os caminhos corretos, e, por outro, havia o risco de avançar demais e acabar tendo de refazer muita coisa.

A arquiteta coordenadora considerou um problema esta passagem direta de um Projeto Conceitual para uma etapa de Detalhamento, argumentando que muitos desenhos, que foram adiantados, tiveram de ser refeitos posteriormente.

7.3.9 Condução de simulações de desempenho energético

Os projetistas de ar-condicionado do SAP Labs Brazil, também responsáveis pela condução de simulações de desempenho energético, ressaltaram a importância de empregar esse recurso cedo no processo, para que as informações geradas possam servir de entradas de projeto. A principal dificuldade, relatada pelos projetistas, foi o fato das simulações terem sido realizadas demasiado tarde no processo. Estas visaram principalmente a verificação, quanto ao atendimento do pré-requisito para certificação, quando os conceitos de arquitetura já estavam consolidados.

Já na Ampliação do CENPES, simulações detalhadas com ferramentas computacionais puderam embasar o desenvolvimento do projeto, durante toda a etapa de Documentos de Construção, que também englobou atividades características de Desenvolvimento. No *Capítulo 6*, foram relatados alguns exemplos das várias soluções beneficiadas pelas análises realizadas. A pesquisadora da equipe de eco-eficiência relatou que os estudos detalhados realizados teriam sido inviáveis sem o uso de ferramentas computacionais avançadas de simulação.

Na etapa de concurso da Ampliação do CENPES, porém, apesar de ter havido uma intensa participação da equipe de eco-eficiência, estudos mais detalhados não foram possibilitados devido ao curto prazo para desenvolvimento do projeto conceitual.

7.3.10 Aprendizado

Finalmente, o aprendizado com o processo foi apontado como um dos principais pontos positivos, por vários dos entrevistados. O consultor de esquadrias (que participou dos dois projetos) relatou que a colaboração foi muito boa entre os participantes em ambos os casos e que o aprendizado foi muito grande, por conta dessa maior interação. O mesmo foi relatado também pela projetista de estruturas dos

dois processos, pelo gerente de operações do SAP Labs Brazil, pela projetista de instalações hidrossanitárias e pela pesquisadora da equipe de eco-eficiência, ambas da Ampliação do CENPES.

A pesquisadora também relatou que outro ponto positivo, internamente para a equipe de eco-eficiência, foi o fato de este trabalho ter sido simultaneamente de consultoria e de pesquisa científica. Devido às necessidades do projeto, muitos critérios e parâmetros tiveram de ser estabelecidos pela equipe, para os quais não havia referências de legislação ou normas, o que levou a um grande aprendizado e avanço do grupo.

Para a projetista de instalações hidrossanitárias da Ampliação do CENPES, a questão mais interessante foi o desenvolvimento dos conceitos de reuso de água e aproveitamento de água pluvial, pois a incorporação efetiva destes conceitos é algo bastante recente. A norma técnica NBR 15527:2007 *Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007), por exemplo, é de apenas dois anos atrás. Curiosamente, a projetista considerou como pontos positivos a escala do empreendimento e o fato desta ser uma primeira experiência de trabalho com a Petrobras, aspectos considerados também como grandes dificuldades para vários entrevistados. Foi relatado que a experiência foi bastante desgastante, mas também muito crítica e construtiva. O aprendizado foi muito grande, do ponto de vista técnico, gerencial e também quanto aos aspectos de desempenho ambiental. A partir desta experiência a demanda pela incorporação de aspectos de desempenho ambiental vem crescendo e os próprios procedimentos de trabalho do escritório já incorporaram e direcionam os novos projetos para essas questões, oferecendo essas alternativas para os clientes.

O aprendizado com o processo figura entre os principais pontos positivos, não só para consolidação de novas práticas, por parte dos agentes envolvidos, mas também para produção e registro das informações que sirvam de referências para outros projetos e equipes.

7.4 Considerações do capítulo

Neste capítulo, os dados investigados foram analisados. Inicialmente os estudos de caso foram posicionados em relação à referência teórica e, em seguida, as dificuldades e pontos positivos identificados embasaram a discussão de lições aprendidas, que podem servir de referência para futuros processos de projeto.

Nos dois casos, foi constatada uma presença parcial dos elementos metodológicos que caracterizam PPIs, incluindo: a incorporação de requisitos de desempenho ambiental nos editais dos concursos; adoção de sistemas de avaliação e certificação ambiental; uma maior interação entre as disciplinas de projeto e consultoria, a partir da etapa de conceituação; o uso de ferramentas computacionais de simulação; e uma intensa participação e motivação dos clientes. Estes tiveram uma influência significativa sobre os resultados positivos alcançados.

Foram constatadas, porém, em ambos os processos, três diferenças importantes em relação à referência teórica de PPI. A primeira é que, apesar da presença de requisitos de desempenho ambiental claros nos dois processos, não houve uma discussão e definição *consensual* de metas específicas e mensuráveis, com a tradução dos requisitos e princípios em critérios, unidades de medida e bases de referência.

A segunda diferença está relacionada ao modelo de contratação dos projetos por meio de concurso fechado, que restringe substancialmente os meios disponíveis nas duas etapas iniciais do processo. Na etapa de Pré-projeto, quando são definidos os objetivos e metas, apenas o cliente participa. Já na etapa de Conceituação, que corresponde à preparação do material para o concurso, o cliente não pode participar do desenvolvimento e decisões do projeto. Prazos também são sempre demasiado curtos, impossibilitando, por exemplo, simulações de desempenho energético de diferentes alternativas de soluções.

Finalmente, a terceira é que, em ambos os processos, a tarefa de integrar os subsistemas coube principalmente à equipe de arquitetura, também responsável pela coordenação, quando no PPI 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.

As várias referências de PPI consultadas indicam que metas mais agressivas de desempenho ambiental dependeriam da incorporação desses elementos. Nesta investigação, não foram encontradas evidências consistentes que corroboram esta afirmação. Deve-se admitir que os arranjos, centralizando no escritório de arquitetura a integração entre subsistemas, foram capazes de atender aos requisitos de desempenho ambiental estabelecidos. No entanto, em nenhum dos casos, o processo foi tranquilo. Ocorreram percalços, problemas de várias naturezas, retrabalhos significativos e os resultados dependeram de muito esforço e dedicação dos agentes.

É possível supor, com base nos estudos de caso de PPIs consultados, destacando-se Torcellini et al. (2005a), Torcellini et al. (2006), 7group e Reed (2009), que grande parte desses problemas poderiam ser evitados ou, ao menos, minimizados, com a adoção dos elementos metodológicos propostos. Com base neste pressuposto, no próximo capítulo procurou-se construir uma referência de PPI mais detalhada, para apoiar futuros projetos com metas mais rigorosas de desempenho ambiental.

8 Recomendações para as etapas do PPI

No *Capítulo 3*, os principais conceitos e elementos metodológicos do PPI foram discutidos, caracterizando-se uma referência teórica para orientar o desenvolvimento desta pesquisa. Neste capítulo, os elementos metodológicos são examinados com maior detalhe e são feitas recomendações para cada etapa do PPI.

8.1 Pré-Projeto

No início da etapa de Pré-projeto, devem ser realizadas atividades de *pesquisa e análise*, elaborando-se o programa de necessidades e uma minuciosa análise do local (7GROUP; REED, 2009). Neste momento, também deve ser considerada a hipótese de selecionar um sistema para avaliação e certificação ambiental do edifício. Estes dados servirão de base para uma primeira reunião multidisciplinar, com a equipe completa, para criar alinhamento e uma compreensão clara das informações de entrada do projeto e do PPI, entre todos. A Figura 8.1 sintetiza as atividades da etapa.

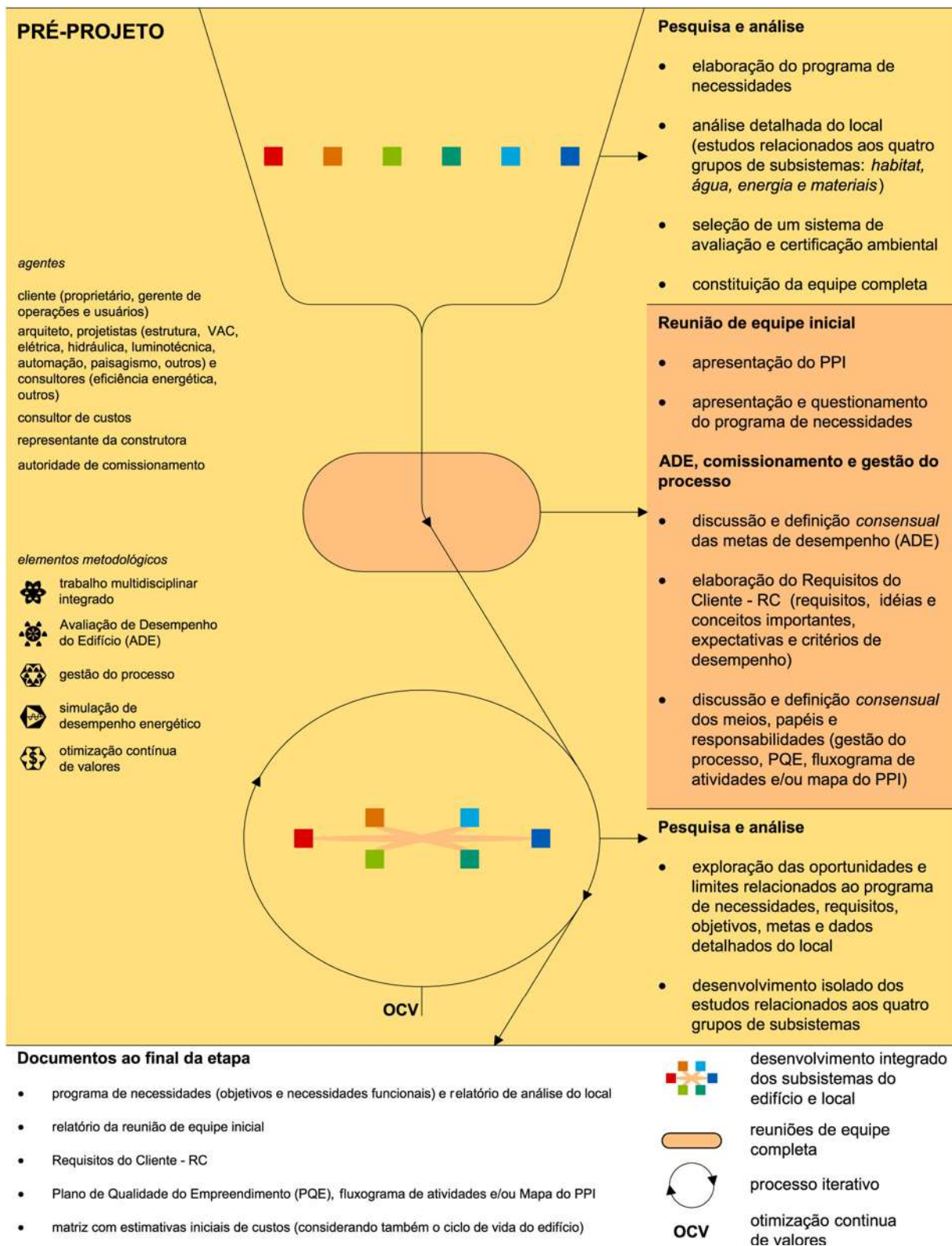


Figura 8.1 Etapa de Pré-projeto⁵⁵

⁵⁵ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Programa de necessidades

Um *programa de necessidades* preliminar deve ser definido, englobando os objetivos e necessidades funcionais do empreendimento. Tradicionalmente, o cliente é responsável pela elaboração do programa, que é fornecido posteriormente para a equipe de projetos, mas Voordt e Wegen (2005) defendem que este deve ser continuamente atualizado até a etapa de Documentos de Construção. O programa definido logo no início deve ser bastante completo e claro, compreendendo as principais áreas, funções, proximidades e adjacências. Caso o cliente não disponha dos recursos necessários para uma elaboração adequada deste documento, empresas especializadas nesta atividade podem ser contratadas.

A disponibilidade de informações e parâmetros sobre o uso e operação do edifício, cedo no processo, é um elemento fundamental para a otimização do projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Para empreendimentos nos quais os futuros usuários sejam conhecidos, por exemplo, uma empresa que vai ocupar o edifício, o programa deve conter uma descrição clara da organização, incluindo (VOORDT; WEGEN, 2005): declaração de intenções (*mission statement*); estrutura organizacional; número de funcionários (total e por departamentos); relações entre departamentos e funções; e processos de trabalho.

O programa de necessidades deve conter ainda (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007): natureza e situação do empreendimento; exigências regulamentares e legais específicas aplicáveis ao empreendimento; exigências técnicas, funcionais, arquitetônicas e ambientais; número, natureza e tipologia dos ambientes; faixas de variação de suas áreas; programação prevista de uso dos diferentes ambientes (com flexibilidades associadas); horários de ocupação dos diferentes locais; e nível de desempenho de equipamentos.

Voordt e Wegen (2005) acrescentam que é recomendável incluir informações sobre estimativas iniciais e expectativas quanto aos custos. Limitações financeiras devem ser consideradas, a partir de estudos de viabilidade cuidadosos ou, pelo menos,

após estudos comparativos de referências de projetos equivalentes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Uma programação preliminar das fases do empreendimento pode ser feita, mas deverá ser questionada e refinada em fase posterior, com a participação de todos os membros da equipe principal.

Análise do local

Uma pesquisa e análise do sítio e entorno são fundamentais. Uma avaliação mais simplificada poderá auxiliar na escolha do sítio, mas, depois de selecionado o local, terá de ser minuciosa, para orientar as futuras decisões de projeto. A possibilidade de usar um edifício existente sempre deve ser considerada e analisada mais cuidadosamente. Se possível, recomenda-se que o cliente e futuros usuários participem desta análise (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). 7group e Reed (2009) propõem dividir os vários subsistemas que devem compor o estudo detalhado em quatro grupos principais: *habitat*; *água*; *energia* e *materiais*.

A pesquisa e análise dos grupos *habitat* e *água* devem englobar (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007; 7GROUP; REED, 2009): o meio físico (topologia, natureza do solo, hidrologia, geologia etc.); o clima (sol, vento, chuva etc.); e os ecossistemas (fauna, flora, paisagem, vegetação, etc.). O ambiente construído e humano (instalações industriais, atividades técnicas, natureza da vizinhança etc.) também deve ser considerado, incluindo: história e tipologias urbanas; infra-estruturas viárias (estradas, ciclovias, vias para pedestres, vias férreas, vias navegáveis etc.); redes de infra-estrutura urbana (eletricidade, gás, água, saneamento, telecomunicação etc.); e os serviços (transportes públicos, coletas de resíduos etc.).

A investigação do subsistema *energia* pode se valer de ferramentas computacionais e métodos avançados, envolvendo o estudo das características do local e clima e criação de um *modelo base* simplificado do edifício, a partir dos requisitos programáticos e funcionais, para uma primeira simulação de eficiência energética e análise preliminar (TORCELLINI et al., 2005a; 7GROUP; REED, 2009). Geralmente, este modelo é construído com insolação neutra (todos os lados possuem as mesmas

características quanto a aberturas e fechamentos). O modelo pode, por exemplo, ter uma planta quadrada, com janelas distribuídas uniformemente em cada fachada, e mesma área do programa proposto, respeitando normas e legislação aplicáveis ao uso e local específicos. Com base neste modelo, são simulados consumos anuais e picos de demanda para aquecimento, resfriamento, iluminação, pontos de uso geral, ventiladores e bombas do sistema de condicionamento.

Em seguida pode ser realizada uma *análise paramétrica* por eliminação, que fornecerá aos projetistas uma compreensão da influência que elementos específicos exercem sobre o desempenho energético global do edifício (TORCELLINI et al., 2005a). Elementos como perdas térmicas por condução, cargas térmicas de pessoas e de radiação solar, e cargas de uso geral são excluídas da simulação, uma de cada vez, registrando-se o impacto nos resultados.

Por exemplo, se a eliminação das trocas de calor por condução através da envoltória resultar numa influência pequena no consumo e custos de energia, então há pouco sentido em elevar os níveis de isolamento térmico acima do prescrito pela legislação⁵⁶. Da mesma forma, a análise paramétrica pode demonstrar um limite máximo para o isolamento, antes que os ganhos de calor internos comecem a aumentar a demanda sobre o sistema de condicionamento. Com base nestes resultados, após a formação da equipe, esta poderá concluir que reduzir os níveis de isolamento e empregar os recursos financeiros em outros subsistemas pode resultar em um impacto maior sobre o desempenho energético do edifício. Por outro lado, se a eliminação dos ganhos térmicos devido à radiação solar resulta um grande impacto no desempenho energético global, então será eficaz explorar os elementos do edifício relacionados, como área envidraçada, orientação, propriedades térmicas dos vidros e dispositivos de sombreamento (TORCELLINI et al., 2005a).

Também é importante determinar uma *base de referência* (*benchmark* ou *baseline*) de eficiência energética, para o uso e local do edifício projetado,

⁵⁶ O autor se refere à legislação e normas dos Estados Unidos.

preferencialmente a partir de dados típicos para aquela tipologia e local de inserção (7GROUP; REED, 2009). Nos Estados Unidos, esta tarefa é facilitada pelo uso da ferramenta *Target Finder*, desenvolvida pela *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA), baseada no relatório *2003 Commercial Buildings Energy Consumption Survey* (CBECS), realizado pelo *U.S. Department of Energy* (DOE). No Brasil, no entanto, ainda não estão disponíveis ferramentas similares ou os dados necessários para baseá-las.

Em ambos os estudos de caso analisados, que estão em processo de certificação pelo sistema LEED™, a *base de referência* adotada, para comprovar a redução no consumo de energia, corresponde às instruções do *Building Performance Rating Method*⁵⁷, do Apêndice G da norma ASHRAE/IESNA 90.1-2004. Portanto, os valores de redução documentados para a certificação não correspondem a comparações com edifícios similares locais, mas com edifícios que atendem minimamente à legislação americana, que traz considerações para um número restrito de localidades internacionais.

A simulação de desempenho energético do *modelo base* simplificado, a *análise paramétrica* por eliminação, e a *base de referência* constituem um conjunto consistente de dados para que, na etapa seguinte, a equipe de projeto defina as metas para o uso de energia. Ainda considerando o subsistema *energia*, também deve ser realizado um estudo de viabilidade para o uso de energias renováveis no empreendimento (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007).

Quanto ao grupo de *materiais*, devem ser investigados (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007; 7GROUP; REED, 2009): os recursos locais (energia, materiais, resíduos, etc.); cadeias locais de reaproveitamento de resíduos; materiais e técnicas construtivas tradicionais do local; alternativas de transporte dos materiais; e a disponibilidade de Inventários de Ciclo de Vida de materiais construtivos para o local. Como discutido no *Capítulo 2*, o uso de Inventários de Ciclo de Vida, para basear a

⁵⁷ *Método de Avaliação do Desempenho do Edifício.*

seleção de materiais, componentes e sistemas, é fundamental para a minimização dos impactos ambientais da produção de edifícios, mas estes ainda são raros no país.

Também é importante um exame dos possíveis impactos positivos e negativos, considerando-se os dados levantados, em relação aos seguintes aspectos (FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2007): incômodos para os futuros usuários (sonoros, visuais, olfativos, etc.); poluição sobre o meio natural (solo e subsolo, lençol freático, etc.); riscos à saúde dos futuros usuários (ar externo poluído, ondas eletromagnéticas, etc.); e riscos naturais e tecnológicos.

Seleção de um sistema de avaliação e certificação ambiental

Sistemas de avaliação e certificação ambiental de empreendimentos também podem auxiliar na definição de metas específicas de desempenho. É recomendada a adoção de um sistema disponível para o local (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Atualmente, no Brasil, estão disponíveis os sistemas LEED™ e Processo AQUA, de certificação ambiental, e o sistema PROCEL EDIFICA, para avaliar eficiência energética. Estes sistemas foram apresentados no *Capítulo 2*.

Constituição da equipe

A equipe de projeto deve ser formada o mais cedo possível, para assegurar as entradas de informação e o suporte técnico necessários durante a etapa inicial do processo. Como o tempo é freqüentemente subestimado, muitos custos adicionais poderiam ser evitados com a configuração apropriada da equipe no momento correto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Também é comum a alocação de prazos e recursos insuficientes, que tornam difícil ou mesmo impossível para os projetistas despenderem o tempo necessário para explorar novas alternativas de projeto. Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) afirmam que honorários adicionais nas etapas iniciais podem resultar em reduções nos gastos de etapas

posteriores ou podem simplesmente ser necessários para atingir metas mais agressivas de desempenho.

Os estudos de caso revelaram dificuldades relacionadas a esta questão. A maioria dos entrevistados revelou que foi despendido muito mais tempo de trabalho do que o previsto inicialmente e também devem ser lembradas as limitações relacionadas ao modelo de seleção da equipe de projeto a partir de concurso a convite.

Nas principais referências de PPI consultadas, é defendido que uma configuração específica da equipe de projeto precisa ser desenvolvida e adaptada para cada caso, de acordo com as condições específicas e objetivos definidos no início do projeto. No entanto, considerando projetos com metas rigorosas de desempenho ambiental, os seguintes agentes devem estar presentes já na primeira reunião de trabalho (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009):

- Cliente (ou representante com autonomia para tomada de decisões);
- Gerente de facilidades e operação (ou representante);
- Representante dos usuários;
- Coordenador de projetos;
- Arquiteto;
- Projetista de ar-condicionado;
- Projetista de instalações elétricas;
- Projetista de instalações hidrossanitárias;
- Projetista de estruturas;
- Projetista de Paisagismo;

- Especialista em eficiência energética, apto para condução de simulações de desempenho energético com ferramentas computacionais;
- Engenheiro civil, com experiência em aquíferos superficiais e subterrâneos, sistemas para aproveitamento de água pluvial e reuso de água;
- Representante da construtora ou gerente de obras;
- Consultor de custos (com experiência em custos ao longo do ciclo de vida); e
- Autoridade de comissionamento.

Dependendo das necessidades específicas do projeto, a equipe poderá ser estendida, incluindo um ou mais dos seguintes agentes (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009): facilitador de PPI; especialista em iluminação natural; especialista em conforto acústico; projetista de luminotécnica; especialista em automação; especialista em projetos sustentáveis; especialista em seleção de materiais e ACV; arquiteto de interiores; especialista de marketing; fornecedores; especialista em patologias de edificações; ecologista de sistemas; biólogo ou botânico; permaculturista; especialista em restauração de habitat; engenheiro de solos e geotecnia; analista de produtividade; membros da comunidade local; representantes do poder público; engenheiros de tráfego; urbanista; e outros especialistas (em conforto ambiental, patrimônio histórico e restauro etc.). Estes agentes poderão ser incluídos para todo o desenvolvimento do projeto ou apenas para consultas específicas, dependendo das necessidades particulares de cada caso.

Crerérios para a seleção dos membros da equipe devem incluir competência e capacitação relacionada ao desempenho ambiental, em conformidade com os objetivos específicos do projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). É recomendado que o arquiteto seja consultado quanto à inclusão dos membros, antes de

formalizada a contratação, já que este deve trabalhar muito próximo destes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Como o PPI envolve uma estreita colaboração entre os membros da equipe, desde o início do processo, e estes terão de desempenhar papéis não usuais, todos devem ser consultados quanto à vontade e interesse em participar do processo e cruzar as fronteiras de práticas profissionais convencionais (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). As expectativas devem ser explicadas claramente no início das negociações contratuais e todos devem concordar e estar comprometidos com as metas de desempenho definidas.

Reunião inicial multidisciplinar de equipe

Uma primeira reunião de trabalho multidisciplinar é recomendada, ainda na etapa de Pré-projeto, com a participação de toda a equipe (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Para superar riscos e dificuldades, é necessário desenvolver estratégias de colaboração entre os agentes, dentro de uma equipe robusta. Neste sentido, a pauta desta reunião deve incluir: apresentação sobre o PPI; questionamento do *programa de necessidades*; discussão e definição *consensual* das metas de desempenho (início da ADE) e dos meios, papéis e responsabilidades (gestão do processo); e apresentação dos dados do local.

Um pré-requisito essencial para a cooperação e comprometimento dos agentes é a comunicação das vantagens de um processo de projeto orientado para a integração da equipe. Recomenda-se que, num primeiro momento, seja conduzida uma apresentação sobre PPI, já que muito raramente todos os participantes estão familiarizados com este modelo de processo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2002c; 7GROUP; REED, 2009).

ADE, comissionamento e gestão do processo

Deve haver, em seguida, um exame cuidadoso e questionamento do *programa de necessidades*, quanto à completude e contradições. A equipe deverá examinar e discutir conjuntamente os objetivos, as necessidades e demandas do cliente e iniciar a tarefa de traduzi-los em princípios, unidades de medida, bases de referência e metas de desempenho (7GROUP; REED, 2009).

O estabelecimento das metas de desempenho no início do processo corresponde ao primeiro passo da *Avaliação de Desempenho do Edifício – ADE* (PREISER; VISCHER, 2005). Restrições, opções e conflitos entre diferentes metas de grande importância para o projeto devem ser discutidos, analisados e documentados cuidadosamente (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Nas etapas seguintes, as soluções de projeto propostas deverão ser verificadas em relação a esses elementos, que deverão ser regularmente atualizados. Uma definição consensual destes elementos é uma maneira eficaz para estabelecer um alinhamento entre a equipe, em torno dos objetivos e metas de desempenho do projeto.

A estrutura de colaboração, incluindo os papéis e responsabilidades, e os prazos para o projeto precisam ser estabelecidos com base em avaliações realistas e poderão ser otimizados, se definidos em comum acordo entre a equipe, considerando-se os procedimentos e tecnologias prováveis de serem escolhidos. Neste sentido, é recomendado o desenvolvimento de um *fluxograma de atividades* e/ou um *mapa do PPI*, já discutidos no *Capítulo 3*, identificando detalhadamente os papéis e responsabilidades dos agentes, atividades, tarefas e o cronograma (ROMANO, 2003; INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009).

Procedimentos para a *gestão do processo* também precisam ser definidos e posteriormente formalizados em um *Plano da Qualidade do Empreendimento - PQE* (MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003), também já explicado no *Capítulo 3*. Este deve incluir: o *fluxograma de atividades* e/ou *mapa do PPI*; a

padronização dos sistemas de comunicação, definindo-se hierarquias e meios para a transferência de informações e compatibilizações; e os procedimentos para controle, verificação, análise crítica e validação de elementos do projeto. O PQE também poderá contemplar a formalização dos procedimentos necessários para a ADE. Ao final da reunião os agentes devem concordar e estar comprometidos com os objetivos, princípios, metas e *fluxograma de atividades* do PPI.

Outro conceito importante é o de *comissionamento*, explicado no *Capítulo 3*. Recomenda-se que a autoridade de comissionamento participe desta primeira reunião. A primeira tarefa deste agente poderá ser a elaboração do documento de *Requisitos do Cliente* (RC), a partir do *programa de necessidades* e do *relatório da reunião de equipe inicial*. O RC deve conter requisitos do cliente para o projeto, expectativas quanto ao desempenho esperado e explicitar idéias importantes, conceitos e critérios de desempenho (PREISER; VISCHER, 2005; 7GROUP; REED, 2009).

Na reunião de equipe inicial também é necessária a apresentação dos dados levantados durante a pesquisa e análise do local, que servirá de base para uma primeira exploração de alternativas de soluções para energia e seleção de sistemas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Neste momento deverão ser consideradas estimativas iniciais de custo para as alternativas de soluções e tecnologias para o projeto.

Pesquisa e análise

Em seguida, deve haver novas atividades de *pesquisa e análise*. Os vários agentes poderão desenvolver isoladamente os trabalhos, a partir das informações de entrada já examinados. Oportunidades e limites relacionados ao programa de necessidades, requisitos, objetivos, metas e dados detalhados do local devem ser explorados. Estudos relacionados aos quatro grupos de subsistemas devem ser aprofundados.

Quanto ao grupo de subsistemas *energia*, podem ser realizadas simulações de variações do *modelo base*, baseadas na lista de possibilidades de soluções desenvolvidas. Primeiro, devem ser exploradas questões que influenciam elementos arquitetônicos, como volumetria, orientação, relação entre áreas de vidro e opacas da envoltória, cargas térmicas, iluminação natural, ventilação natural, considerando ventos predominantes, etc.. As alternativas devem ser comparadas entre si e com o *modelo base*, quanto aos usos de energia resultantes. Estas avaliações permitirão investigar as inter-relações entre os diferentes subsistemas, incluindo sistemas de iluminação natural, características térmicas e estratégias de controle (TORCELLINI et al., 2005a; 7GROUP; REED, 2009).

8.2 Conceituação do Projeto

Na etapa de Conceituação do Projeto, a equipe deve continuar as atividades de *pesquisa e análise*. Alternativas para os conceitos devem ser desenvolvidas de forma colaborativa, aproveitando-se as habilidades e conhecimentos de todos os membros. As interações entre as várias disciplinas de projeto são fundamentais para que os sistemas sejam concebidos e desenvolvidos de forma integrada. Enquanto o escopo para os trabalhos de pesquisa, análise e proposição de alternativas deve ser mantido amplo, as metas de desempenho precisam ser firmadas, definindo-se os critérios, unidades de medida e bases de referência com clareza (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). As atividades da etapa são sintetizadas na Figura 8.2.

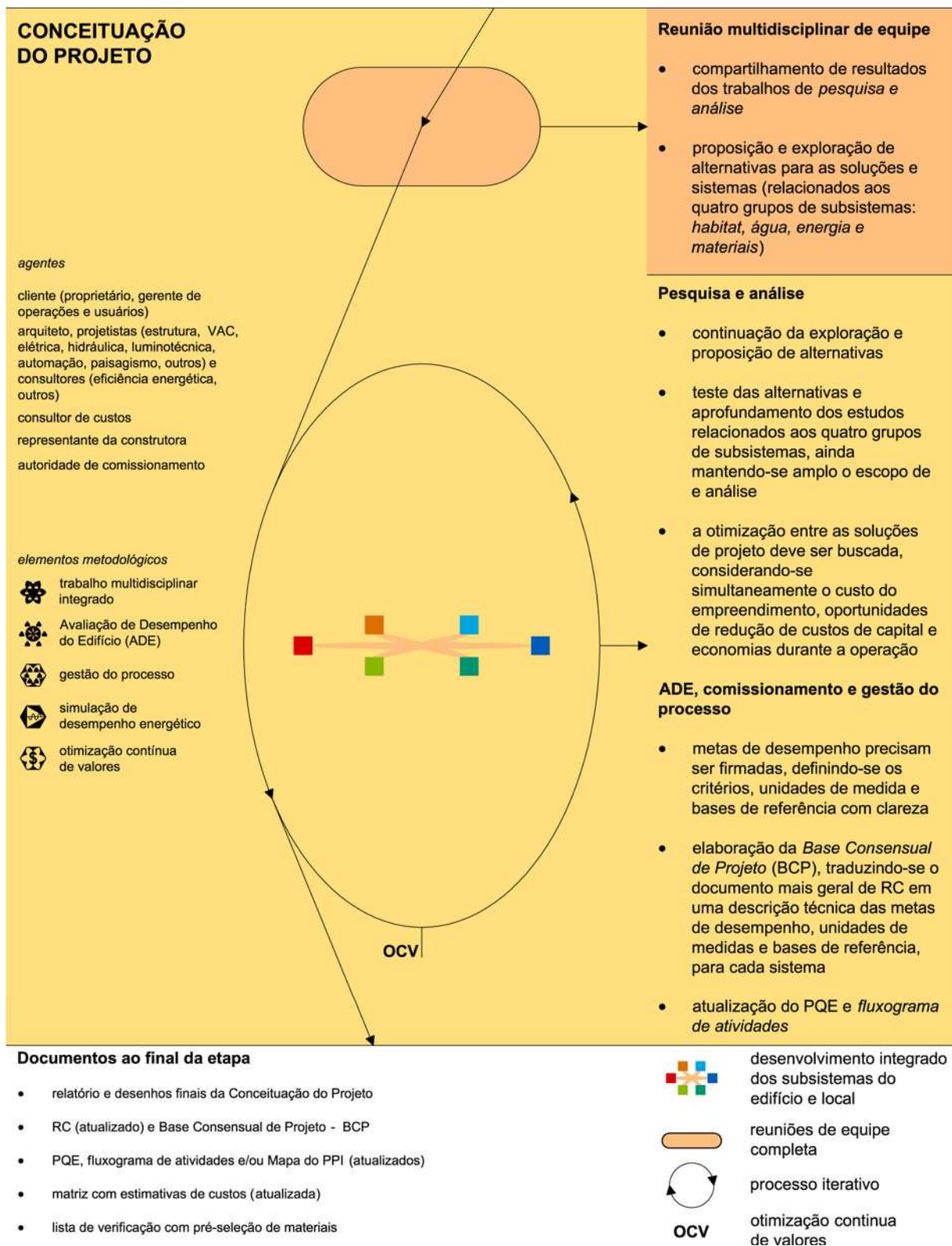


Figura 8.2 Etapa de Conceituação do Projeto⁵⁸

⁵⁸ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Reunião multidisciplinar de equipe

Recomenda-se que, na passagem da etapa de Pré-projeto para essa, seja realizada uma nova reunião de equipe multidisciplinar, com todos os membros (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009), para o compartilhamento de resultados dos trabalhos de pesquisa e análise e início da exploração de alternativas para as soluções e sistemas.

Conceitos preliminares, relacionados aos quatro grupos de subsistemas (*habitat, energia, água e materiais*), precisam ser propostos, considerando-se os objetivos e metas de desempenho. Estes englobam: volume, orientação e envoltória; sistemas de iluminação (natural e artificial); sistemas de condicionamento (passivos e ativos); sistemas hidrossanitários; materiais etc..

Pesquisa e análise

Após a reunião geral de equipe, novas atividades de *pesquisa e análise* devem ocorrer, repetindo-se esse padrão ao longo de todo o processo de projeto (MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY, 2006; 7GROUP; REED, 2009). Uma série de reuniões presenciais para desenvolvimento de soluções específicas também são necessárias ao longo das etapas de projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Nestas, devem participar os membros principais da equipe e aqueles diretamente envolvidos com o problema de projeto em pauta.

Para avaliação do grupo de subsistemas *energia*, o conjunto selecionado de soluções e sistemas, ao final da etapa, deve ser modelado e seu desempenho energético simulado. Em seguida variações desse projeto devem ser simuladas, provendo a equipe com informações que orientem um refinamento das soluções elaboradas (TORCELLINI et al., 2005a).

A otimização entre as soluções de projeto deve ser buscada, considerando-se simultaneamente o custo do empreendimento, oportunidades de redução de custos de capital e economias durante a operação, que são as questões chaves para as decisões de projeto. É fundamental que os custos sejam considerados em função de todo o ciclo de vida do edifício e esforços devem ser desprendidos para convencer o cliente quanto às vantagens de longo prazo, relacionadas ao atendimento a metas agressivas de desempenho ambiental. Esta pode ser uma tarefa difícil, por que normalmente vantagens financeiras de curto prazo costumam ser priorizadas para a tomada de decisões (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Uma apresentação das implicações quanto aos custos ao longo do ciclo de vida é uma das maneiras mais eficazes para convencer o cliente a rever considerações de curto prazo (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Outra opção é recomendada por 7group e Reed (2009), que relatam várias situações em que a decisão por adotar determinados sistemas mais caros, se deu devido à demonstração de que os custos adicionais seriam compensados pelo menor dimensionamento de outros sistemas (por exemplo, de condicionamento ativo) ou até mesmo eliminação de sistemas inteiros.

ADE, comissionamento e gestão do processo

É fundamental que, durante todo o processo, os desempenhos resultantes das alternativas de soluções desenvolvidas sejam verificados em relação às *bases de referência* e metas estabelecidas anteriormente (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). Quanto à gestão do processo, é importante a realização das atividades e tarefas conforme o PQE e o *fluxograma de atividades*, que engloba também o cronograma.

Quanto ao processo de comissionamento, nesta etapa, as metas de desempenho devem ser definidas com maior rigor. A autoridade de comissionamento, deverá então elaborar, com a colaboração da equipe, a *Base Consensual de Projeto* (BCP), já explicado no *Capítulo 3*, traduzindo-se o documento mais geral de RC em

uma descrição técnica das metas de desempenho, unidades de medidas e bases de referência, definidas para cada sistema do edifício (7GROUP; REED, 2009). Ambos os documentos, RC e BCP, orientarão as decisões de projeto, verificando-se o atendimento às metas estabelecidas. Estes documentos, o PQE e o *fluxograma de atividades* devem ser atualizados, considerando novas necessidades, oportunidades e restrições. As atualizações devem ser responsabilidade da equipe de projeto e não da autoridade de comissionamento, que deve auxiliar, mas não poderá desempenhar sozinha estas tarefas (7GROUP; REED, 2009).

8.3 Desenvolvimento do projeto

Na etapa de Desenvolvimento do Projeto, as atividades de *pesquisa e análise* para os quatro grupos principais de subsistemas devem continuar sendo aprofundadas, mas à medida que os vários projetos são detalhados, o escopo de investigação vai se estreitando, bem como as possibilidades de alterações. Materiais e componentes já pré-selecionados anteriormente precisam ser definidos em função dos sistemas do edifício (estrutural, condicionamento, iluminação etc.).

Projetos detalhados e cálculos incluem: a verificação das demandas térmicas e de energia; sistemas de iluminação (natural e artificial); sistemas de condicionamento (passivos e ativos); instalações hidrossanitárias e sistemas para uso racional e economia de água; e instalações elétricas, sistemas de cogeração e fontes de energia renovável (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). A incorporação e desenvolvimento de soluções inovadoras precisam ser examinados em separado e, caso necessário, por meio de testes e simulações. As atividades da etapa são sintetizadas na Figura 8.3.

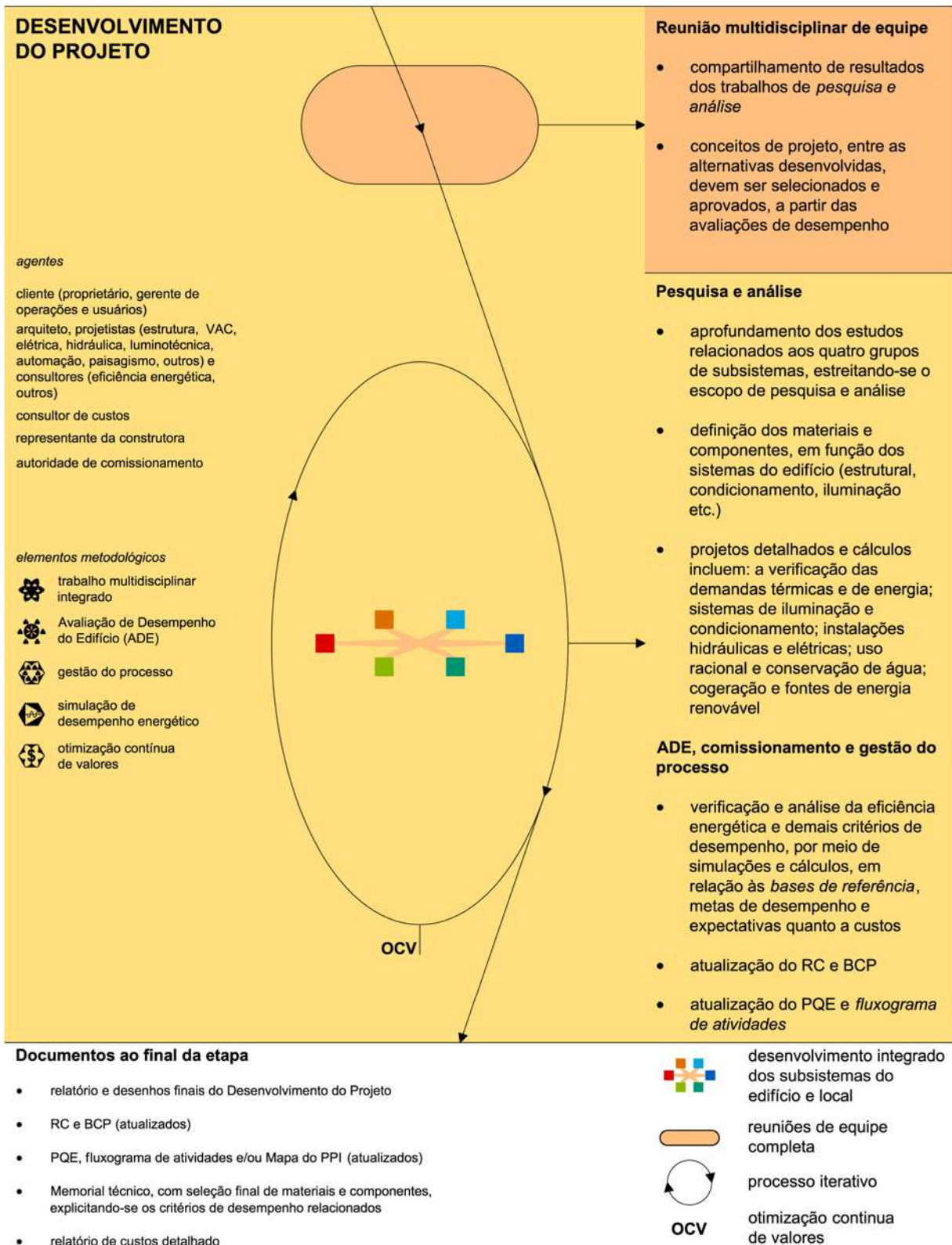


Figura 8.3 Etapa de Desenvolvimento do Projeto⁵⁹

⁵⁹ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Reunião multidisciplinar de equipe

Na passagem da etapa de Conceituação para a de Desenvolvimento do Projeto, os conceitos de projeto, entre as alternativas desenvolvidas, devem ser selecionados e aprovados, a partir das avaliações de desempenho. Para esta tarefa, é fundamental que haja uma nova reunião de equipe multidisciplinar, na qual os resultados dos trabalhos de *pesquisa e análise*, bem como as alternativas de soluções, poderão ser compartilhados e avaliados⁶⁰ (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009).

Análise e pesquisa

Após a reunião novas atividades de pesquisa e análise devem ser realizadas. Quanto às implicações energéticas, o modelo do edifício deve ser atualizado e novas simulações devem ser conduzidas, para orientar decisões referentes ao conjunto de sistemas. Isto possibilitará um dimensionamento mais exato dos sistemas e uma otimização do consumo e custos de energia, bem como do conforto ambiental dos usuários (TORCELLINI et al., 2005a). Também poderão ser necessárias simulações com ferramentas computacionais específicas para dinâmica dos fluidos, termodinâmica e iluminação natural, por exemplo.

O detalhamento e especificação de componentes devem ser feitos, considerando-se a influência das propriedades físicas dos materiais sobre a eficiência energética, incluindo resistência térmica, refletância, transmitância etc.. Isto permitirá uma redução no dimensionamento dos equipamentos dos sistemas ativos de iluminação e condicionamento, podendo gerar uma economia significativa na etapa de

⁶⁰ 7group e Reed (2009) prevêm, depois da etapa de Conceituação do Projeto (Conceptual Design) e antes da etapa de Desenvolvimento do Projeto (Design Development), uma etapa de Projeto Esquemático (Schematic Design) e reuniões de equipe são recomendadas nas passagens entre cada fase. Nos guias de IEA (2003a) e de Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007), no entanto, esta etapa intermediária não é prevista. Acredita-se que não existe uma receita ideal e a divisão das etapas e quantidade de reuniões gerais de equipe deverão ser estabelecidos, conforme as necessidades particulares de cada processo.

construção, que poderá ser revertida para o aprimoramento de outros sistemas do edifício (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

As possibilidades de simplificação dos sistemas ativos devem ser examinadas, considerando-se também os efeitos para operação, manutenção e uso. Esta otimização inclui o ajuste fino entre componentes e avaliação da eficiência e dos custos de operação. Também deve ser recomendado para o cliente o monitoramento contínuo (por meio de submedição, por exemplo) e os diferentes pontos para monitoramento devem ser incorporados no projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Quanto ao subsistema de *materiais*, as especificações precisam ser verificadas caso a caso, quanto ao desempenho ambiental. O conceito de ACV deve ser utilizado, na extensão possível, e comparações entre opções devem ser baseadas em equivalência funcional, considerando todo o ciclo de vida do edifício. Silva (2007) faz as seguintes recomendações para a seleção de materiais:

- Analisar e especificar sistemas em vez de materiais;
- Especificar para uso mínimo de materiais;
- Não selecionar produtos, mas ciclos de vida;
- Avaliar a energia incorporada dos materiais e sistemas por unidade funcional, usando dados locais;
- Especificar desempenho em vez de fonte. Quando possível e pertinente, avaliar o teor reciclado dos materiais e especificar produtos locais, reutilizados, renováveis, recicláveis. Isto leva a uma economia de recursos naturais. A demanda é que estimula o desenvolvimento de mecanismos para reciclagem e reutilização;
- Avaliar a toxicidade potencial dos materiais e buscar alternativas a materiais tóxicos ou perigosos. Na falta de dados, especificar pelo princípio da precaução; e

- Sistematizar as informações e seu processo de decisão, para que possa ser verificado e revisado. Uma matriz MET (Materiais, Energia, Toxicidade) para os sistemas principais (determinados pelo volume/massa ou pelo impacto potencial dos materiais e componentes) ajuda a documentar as informações.

ADE, comissionamento e gestão do processo

A eficiência energética e demais critérios de desempenho precisam ser verificados e analisados, por meio de simulações e cálculos, para verificação em relação às *bases de referência*, metas de desempenho e expectativas quanto a custos. Os documentos de RC e BCP precisam ser atualizados, conforme as necessidades do processo e com o auxílio da autoridade de comissionamento. Os procedimentos de gestão devem seguir as orientações definidas anteriormente e o PQE e o *fluxograma de atividades* devem ser atualizados conforme a necessidade.

8.4 Documentos de Construção

Nesta etapa os documentos de projetos, incluindo desenhos e especificações, são detalhados, a partir dos documentos aprovados da etapa de Desenvolvimento do Projeto. Os projetos e especificações precisam ser cuidadosamente revisados, para encontrarem-se áreas nas quais as intenções do projeto não são satisfeitas. Aspectos ainda sem definição podem indicar deficiências em etapas anteriores (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). A Figura 8.4 sintetiza as atividades da etapa.

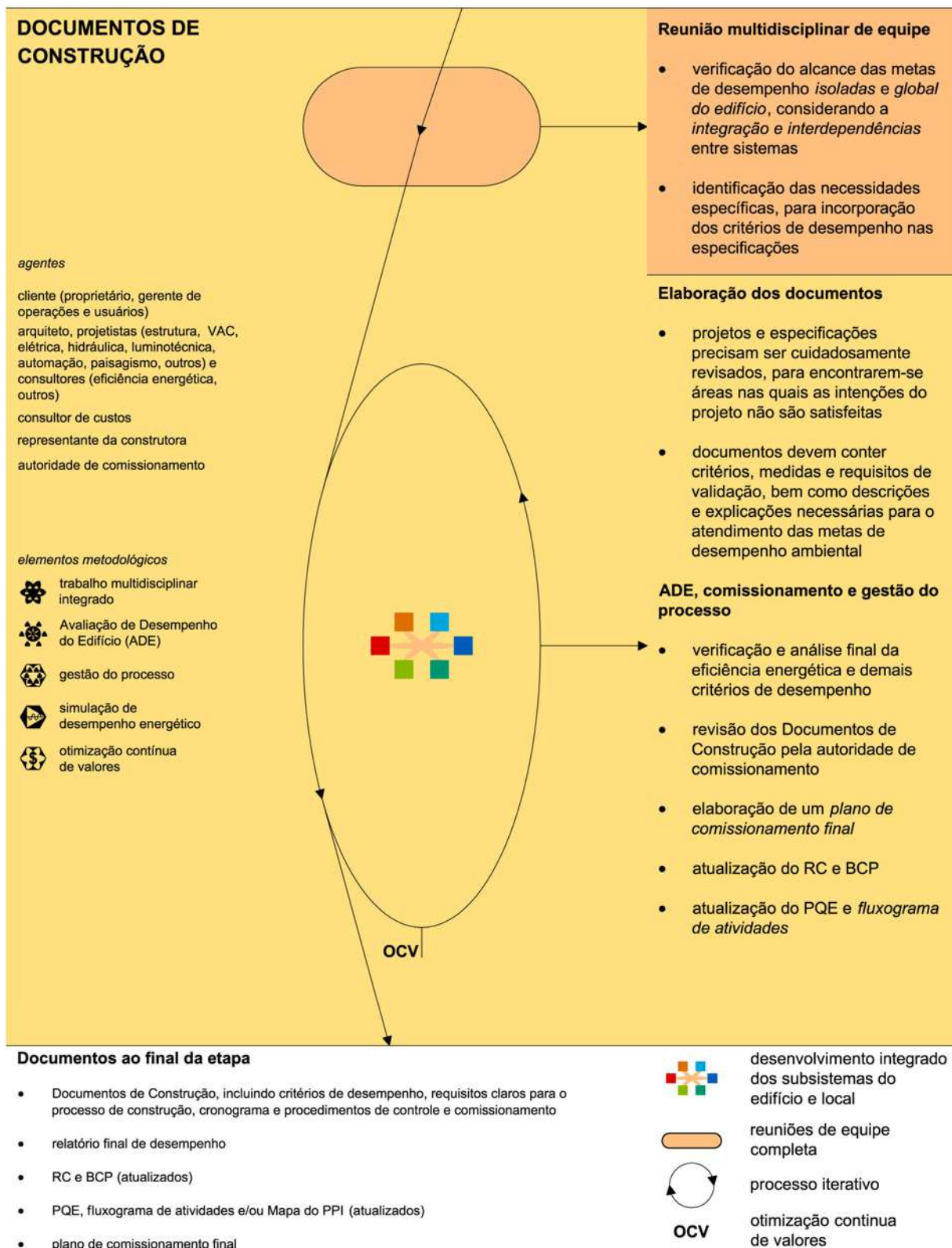


Figura 8.4 Etapa de Documentos de Construção⁶¹

⁶¹ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Reunião multidisciplinar de equipe

A integração alcançada nas etapas anteriores precisa ser mantida, apesar das pressões de prazos cada vez maiores (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). É recomendada a realização de uma reunião de equipe multidisciplinar na passagem da etapa de Desenvolvimento do Projeto para esta, na qual deve ser verificado o alcance das metas e o desempenho global do edifício, considerando a integração e interdependências entre sistemas (7GROUP; REED, 2009). Também precisam ser identificadas as necessidades específicas, para incorporação dos critérios de desempenho nas especificações.

Elaboração dos documentos

Os documentos de construção devem conter critérios, medidas e requisitos de validação, bem como descrições e explicações necessárias para o atendimento das metas de desempenho ambiental. Principalmente nos documentos de licitação, deve ser assegurado que as metas de desempenho e procedimentos de execução estejam traduzidos em requisitos de projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Para processos de certificação ambiental, as metas relacionadas, pré-requisitos, requisitos e documentação necessária precisam ser explicitados e formalizados nos documentos de licitação (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

Informações adicionais e descrição de processos construtivos vão conferir maior qualidade aos documentos de projeto e prevenir possíveis interpretações equivocadas e desentendimentos, que normalmente acarretam aumentos de custos e atrasos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Neste sentido, a elaboração de *projetos para produção* é recomendada (MELHADO, 1994; FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003). Metas para minimização de impactos das atividades de obra também precisam estar explicitadas nos documentos incluindo, por exemplo, plano de controle de erosão e sedimentação, gestão de resíduos e controle da qualidade do ar durante a obra (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

ADE, comissionamento e gestão do processo

Para a ADE, a eficiência energética e demais critérios de desempenho precisam ser verificados e analisados novamente, por meio de simulações, cálculos e avaliações de custos, para assegurar o atendimento às metas almejadas e demonstrar atendimento a normas e legislação (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Exemplos de pontos críticos para verificação, quanto ao grupo de subsistemas *energia*, incluem: assegurar que as propriedades térmicas e óticas dos vidros estão adequadamente especificadas; a eficiência energética e desempenho dos equipamentos são satisfatórios; os algoritmos de controle estão bem expressados e os valores de Resistência Térmica dos materiais isolantes estão especificados. No caso de revisões devido a restrições orçamentárias, todas as modificações precisam ser cuidadosamente avaliadas para assegurar que as metas originais de economia de energia sejam mantidas e os impactos causados sejam bem compreendidos (TORCELLINI et al., 2005a).

Quanto ao comissionamento, os Documentos de Construção devem ser revistos pela autoridade de comissionamento, para assegurar que os desempenhos esperados para o conjunto de sistemas estejam adequadamente adereçados nos projetos e especificações (BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). Também deve ser elaborado um *plano de comissionamento final*, que deve incluir todos os elementos construtivos relevantes e sistemas técnicos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009).

Também é fundamental que a coordenação e controle de qualidade durante a construção sejam assegurados. Neste sentido, precisam ser examinadas as intenções de projeto, escopos e requisitos específicos nos contratos com fornecedores e construtoras, incluindo os subcontratados. Procedimentos para documentação das atividades da etapa de obra também precisam ser formalizados nas licitações e contratos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

8.5 Construção

As atividades desta etapa são desenvolvidas a partir dos Documentos de Construção. Em muitos processos, as construtoras são selecionadas por meio de licitação, sendo este modelo de contratação obrigatório em obras públicas no Brasil. Nestes casos, é muito importante que as intenções do projeto e metas de desempenho estejam explicitados com clareza nos documentos de licitação e sejam posteriormente formalizados nos contratos. As atividades da etapa são sintetizadas na Figura 8.5.

Licitação, Negociação e contratação

No caso de contratação da construtora a partir de licitação, os procedimentos precisam ser considerados cedo, ainda na etapa de Pré-projeto, para assegurar aspectos de qualidade de projetos inovadores. A pré-seleção de concorrentes deve levar em conta a experiência relacionada a aspectos de desempenho ambiental e referências que atestem as capacidades para assegurar que o processo de construção atenda às metas estabelecidas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Os editais de licitação e contratos são elaborados a partir dos Documentos de Construção e devem conter requisitos, orientações e procedimentos que possibilitem a verificação e documentação, por parte das construtoras, dos aspectos relacionados às metas de desempenho estabelecidas. Requisitos específicos para supervisão, controle e procedimentos de comissionamento, justificados pelas metas de desempenho almejadas, devem estar definidos detalhadamente. Também é recomendado que as alterações consideradas necessárias sejam informadas aos agentes envolvidos e verificadas, com tanto cuidado, quanto foram todos os elementos da versão original. Estas devem ser atualizadas nos Documentos de Construção e no edital de licitação (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

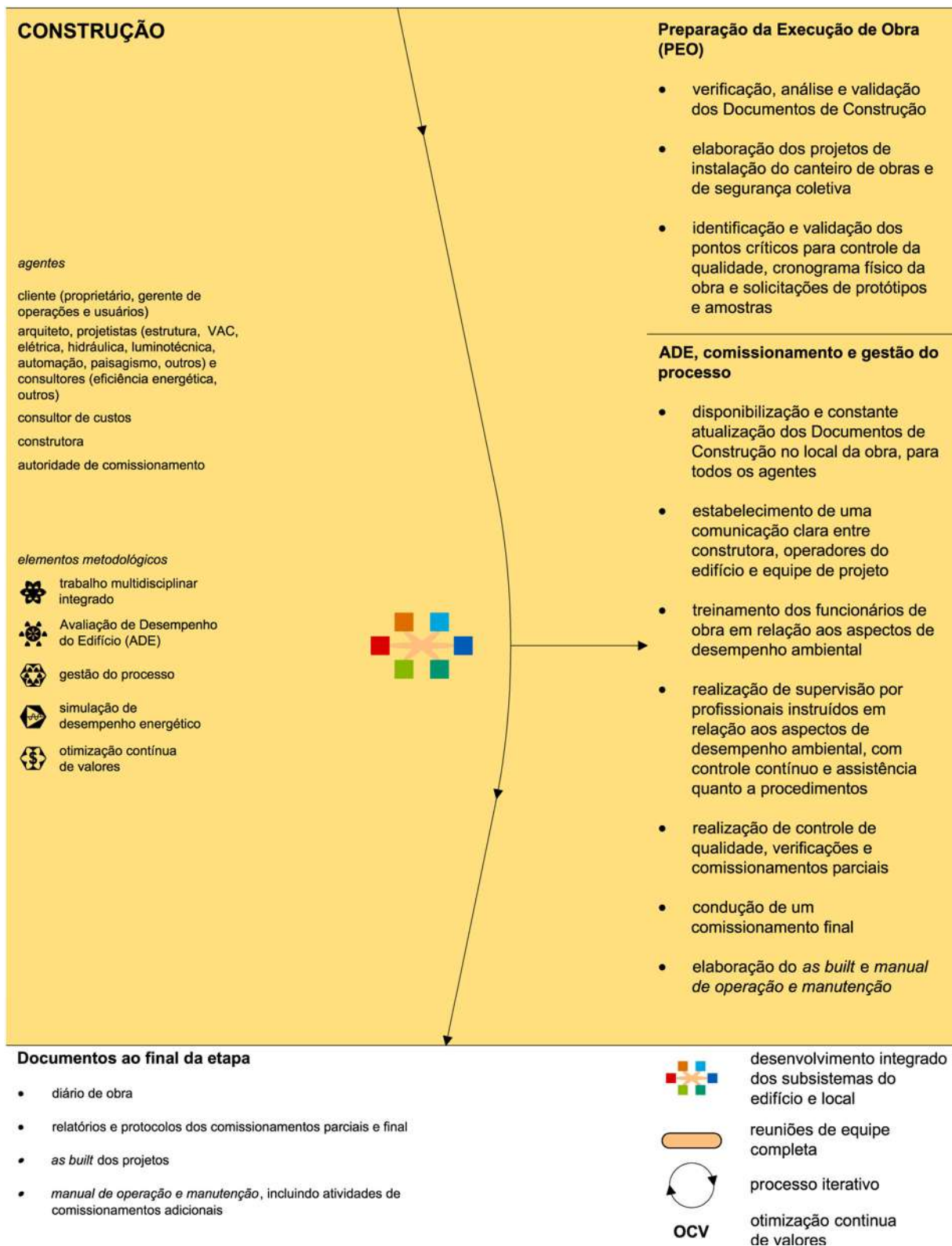


Figura 8.5 Etapa de Construção⁶²

⁶² Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Preparação da Execução de Obras (PEO)

Depois de contratadas as construtoras, é necessário alocar um período para a transferência de informação entre representantes das etapas de projeto e de construção (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007). Nas referências focando a gestão da qualidade (MELHADO, 2001; SOUZA, 2001; FABRICIO, 2002, ROMANO, 2003) é proposta a adoção de uma fase de *Preparação da Execução de Obras* (PEO), com este propósito.

Souza (2001) recomenda que, durante este período, todos os Documentos de Construção sejam verificados, analisados e validados, incluindo: projetos; memoriais descritivos; detalhamentos; e projetos para produção. Este também é o momento para a elaboração dos projetos de instalação do canteiro de obras e de segurança coletiva. Soluções para problemas de interface, envolvendo diferentes serviços, devem ser identificadas, estudadas e definidas. Segundo a autora, outros elementos que podem ser definidos nesse período incluem: identificação e validação dos pontos críticos para controle da qualidade; o cronograma físico da obra; e solicitações de protótipos e amostras necessários nos canteiros.

ADE, comissionamento e gestão do processo

Uma gestão eficiente da comunicação e documentos de projeto é imprescindível, já que assegura que todos os agentes estejam sempre atualizados quanto às informações válidas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Todos os Documentos de Construção devem estar disponibilizados no local da obra, sendo constantemente atualizados e acessíveis para todos os agentes. Uma comunicação clara entre construtora, operadores do edifício e equipe de projeto vai ajudar a assegurar que os componentes sejam instalados apropriadamente. Cronogramas de revisão de projeto e vistorias na obra também são cruciais para assegurar que especificações de detalhes omitidas dos projetos não comprometam os aspectos de desempenho almejados.

Considerando demandas de desempenho ambiental, a supervisão da construção deve incluir controle contínuo e assistência quanto a procedimentos, como, por exemplo, de gestão e reciclagem de resíduos da obra e para assegurar a proteção dos recursos naturais do local, incluindo vegetação, solo, água etc. (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Neste sentido, o treinamento dos operários de obra é fundamental, principalmente no caso de procedimentos não usuais às empresas construtoras. A supervisão deve ser realizada por profissionais instruídos em relação aos aspectos de desempenho ambiental.

Quanto à ADE, verificações e comissionamentos parciais, durante a etapa de construção, são recomendados, incluindo testes específicos, para validação dos elementos relacionados ao desempenho ambiental. Isto deve ocorrer em momentos chave, de forma que as necessidades de alterações sejam identificadas em tempo para minimização de prejuízos e atrasos. É necessário garantir o controle de qualidade, verificando-se a fabricação e execução de todos os principais elementos construtivos, para assegurar o atendimento às metas de desempenho estabelecidas. Todas as alterações precisam ser verificadas, buscando-se evitar incompatibilidades entre sistemas e detalhes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Ocasionalmente, simulações são necessárias para ajudar a resolver problemas identificados nesta etapa final e para responder a alterações consideradas necessárias (TORCELLINI et al., 2005a). Normalmente são necessários testes e ajustes dos sistemas e instrumentos para medição, validação e monitoramento do desempenho e o desenvolvimento de componentes novos também pode requerer procedimentos específicos *in loco* ou testes quanto ao desempenho energético e qualidade de protótipos (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

No final da etapa, deve ser conduzido um comissionamento final, no qual os desempenhos de cada sistema do edifício devem ser avaliados, em função das intenções de projeto, e registrados, pela autoridade de comissionamento (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). É importante que isto ocorra, apenas depois de corrigidas as deficiências identificadas, por meio dos testes e

comissionamentos parciais. A intenção é assegurar que todos os sistemas e controles funcionam de acordo com as intenções do projeto. Sensores de luminância mal calibrados, por exemplo, podem permitir que luminárias fiquem acesas mais tempo que o necessário. Um “bom” edifício pode rapidamente se tornar um “mau” edifício com estratégias de controle inadequadas (TORCELLINI et al., 2005a).

O gerente de operações (ou representante) deve participar dos procedimentos, de forma a se familiarizar com os sistemas. Também é recomendável que os funcionários de operação participem, o que pode gerar economias nas futuras etapas de treinamento. Também deve fazer parte dos procedimentos, a solicitação e registro de garantias de materiais e componentes.

Também devem ser elaborados o *as built* dos projetos e o *manual de operação e manutenção*, documentos fundamentais para a transferência de informações sobre o edifício e seu funcionamento, para os futuros operadores e usuários.

8.6 Uso e Operação

Esta etapa inclui o uso, operação e manutenção do edifício. No início há uma fase de transição, na qual deve ser assegurada uma transferência adequada de informações sobre o edifício, das equipes de projeto e construção, para o proprietário, usuários e operadores. A adoção de elementos, como mensuração e verificação contínua, Avaliação Pós-Ocupação (APO) e recomissionamento, poderá garantir um melhor funcionamento do edifício, uma manutenção mais apropriada e uma maior eficiência dos sistemas. A Figura 8.6 sintetiza as atividades da etapa.

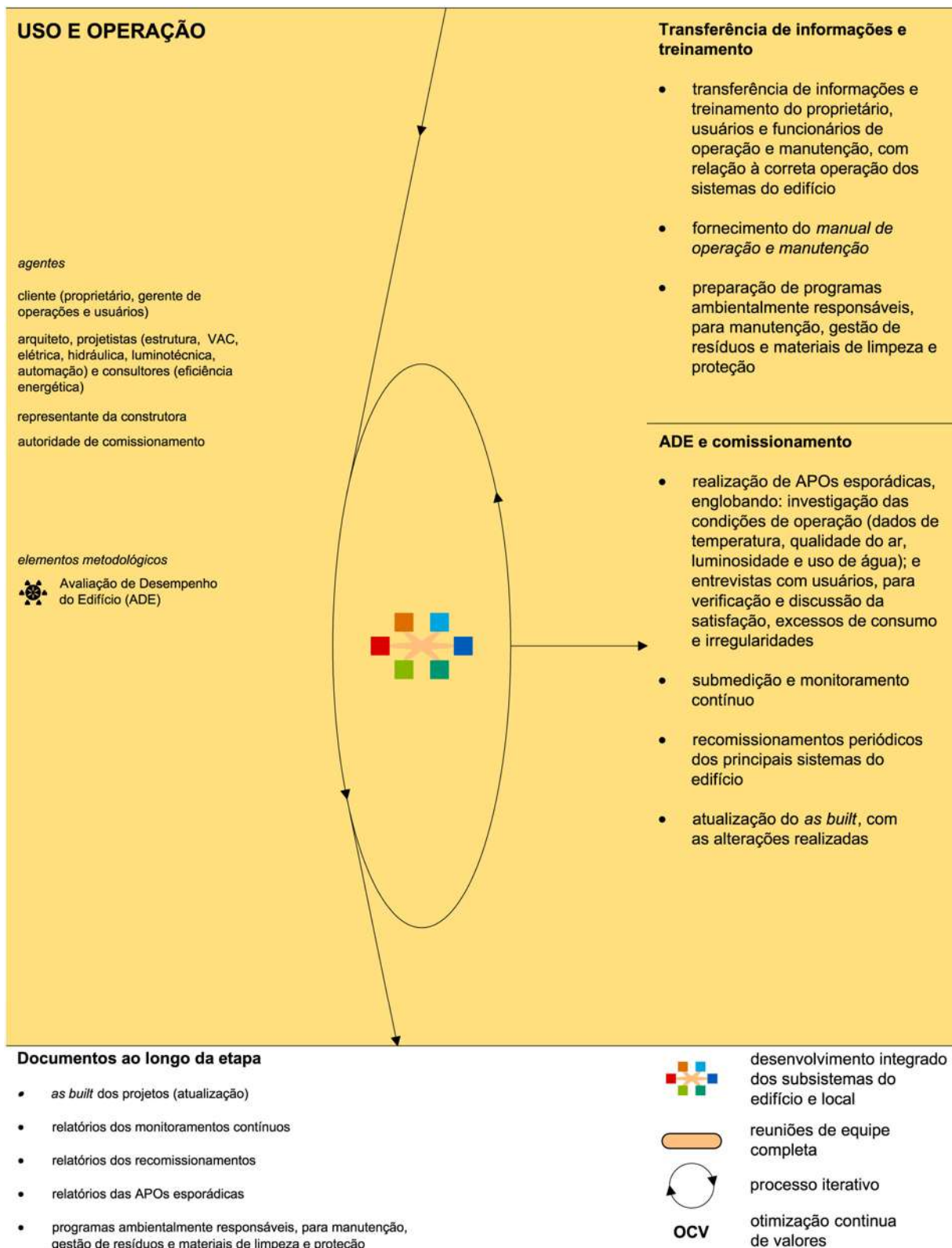


Figura 8.6 Etapa de Uso e Operação⁶³

⁶³ Baseada nos autores Busby, Perkins + Will e Stantec Consulting (2007) e 7group e Reed (2009).

Transferência de informações e treinamento

É muito importante a transferência de informações e treinamento do proprietário, usuários e funcionários de operação e manutenção, com relação à correta operação dos sistemas do edifício (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007; 7GROUP; REED, 2009). A eficiência energética para operação do edifício poderá ser otimizada, apenas se os usuários e operadores compreendam como os sistemas interagem (TORCELLINI et al., 2005a). Um plano de operação pode garantir tanto um bom funcionamento dos sistemas, como uma melhor compreensão dos procedimentos, por parte dos usuários.

Neste sentido, é fundamental o fornecimento de um *manual de operação e manutenção*, incluindo informações sobre ajustes, correções e alterações possíveis, sem o comprometimento das principais funções, sistemas e componentes (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

A atualização do *as built*, com todas as alterações realizadas, constitui a base para futuras mudanças. A fase de treinamento também pode incluir a preparação de programas ambientalmente responsáveis, para manutenção, gestão de resíduos e materiais de limpeza e proteção (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a; BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING, 2007).

ADE e recomissionamento

É muito importante a realização de APOs esporádicas, que devem ser entendidas como subestágios da ADE. Uma primeira avaliação, considerando as metas de desempenho definidas nas etapas de projeto, poderá ser realizada ao final do período de garantia. Um plano para a APO deve incluir a investigação das condições de operação, por exemplo, verificando dados de temperatura, qualidade do ar, luminosidade e uso de água, e entrevistas esporádicas com usuários, conduzidas e

avaliadas por especialistas, para verificação e discussão da satisfação, excessos de consumo e irregularidades (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Os procedimentos e rotinas de operação e manutenção devem incluir uma verificação contínua do desempenho ambiental e eficiência energética. Por esta razão, deve-se recomendar, ainda na etapa de projeto, a adoção de submedição e monitoramento contínuo, possibilitados por meio de sistemas de automação. Também é considerado muito importante o recomissionamento periódico dos principais sistemas do edifício.

A análise dos dados produzidos, a partir destes procedimentos, servirá de base para as ações corretivas possíveis e ajustes finos dos sistemas, considerando demandas dos usuários e alterações climáticas. Estratégias de otimização para a operação podem ser formuladas (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a).

Os resultados de APOs também poderão servir de referência, para projetos futuros (FABRÍCIO, 2002; ROMANO, 2003; PREISER; VISCHER, 2005). Neste sentido, KOWALTOWSKI et al. (2006) discutem a necessidade de formatar as informações mais importantes, com o uso de representações gráficas, que facilitem e estimulem o uso de APOs, como informações de entrada em processos de projeto.

9 Considerações finais

Neste último capítulo, são discutidos os resultados positivos e limitações desta pesquisa. Também são feitas indicações de continuidade para a investigação aqui iniciada em pesquisas futuras e uma síntese das principais conclusões formuladas.

9.1 Resultados positivos e limitações desta pesquisa

Uma contribuição importante desta pesquisa dá-se devido à atenção dedicada aos processos de projeto dos empreendimentos investigados. Em muitas pesquisas, é focado o conjunto de soluções de projeto propostos ao final do processo, outras discutem dados de desempenhos resultantes das soluções propostas. A investigação e análise de processos de projeto e produção também são fundamentais, para identificar dificuldades e pontos positivos, para o desenvolvimento do conjunto de soluções e sistemas dos edifícios.

Trata-se de uma investigação difícil, dada a complexidade dos processos de projeto e produção de edificações, que envolvem uma grande quantidade de variáveis, incluindo agentes, elementos metodológicos, soluções e sistemas, requisitos e critérios funcionais e de desempenho. Devido a esta complexidade, foi fundamental a definição de uma referência teórica, constituída pelos elementos metodológicos fundamentais que caracterizam o PPI.

Também foi necessário, em decorrência de limitações de prazo no âmbito de uma pesquisa de mestrado, estabelecer um recorte e privilegiar as etapas de projeto dos dois estudos de caso. Foram realizadas ao todo vinte entrevistas, para os dois processos de projeto, com vários agentes representando várias disciplinas de projeto. As informações levantadas foram suficientes para o entendimento das principais soluções e sistemas de cada estudo de caso e a elaboração de relatos sobre os processos de projeto, destacando os eventos mais significativos para o tema da pesquisa. Resultados preliminares das avaliações com a ferramenta LEED™ foram apresentados e os resultados alcançados foram discutidos. Os dados coletados também possibilitaram o posicionamento dos estudos de caso em relação à referência teórica e a discussão das lições aprendidas, a partir das dificuldades e pontos positivos constatados. Os objetivos definidos no início da pesquisa foram alcançados.

Para a investigação de processos, particularmente de projeto, recomenda-se a replicação da metodologia empregada para o levantamento de dados. Para orientar a coleta e análise dos dados foi realizado um pré-mapeamento das evidências consideradas fundamentais, que foram divididas em fichas separadas, para depois serem analisadas conjuntamente em uma ficha de análise geral, com o auxílio de figuras representando as relações entre evidências e ocorrências nas várias etapas do processo.

Uma limitação importante para a discussão sobre os processos de projeto e produção de ambos os estudos de caso é não ter sido possível investigar cuidadosamente as etapas de construção. A integração entre as etapas de projeto e construção é uma questão de enorme importância para o tema desta pesquisa, mas os elementos relacionados, como dificuldades e pontos positivos não puderam ser investigados a contento. A principal razão para isso foram limitações de prazo e recursos para o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado e o fato dos dois empreendimentos estarem localizados em outros estados, respectivamente, São Leopoldo, RS, e Rio de Janeiro, RJ. Entretanto, este fato não diminui a importância dos resultados obtidos e, na realidade, fornece uma primeira indicação de continuidade para os esforços iniciados aqui.

9.2 Indicações de continuidade da pesquisa iniciada

A discussão sobre o Processo de Projeto Integrado, iniciada neste trabalho, dá margem para vários desdobramentos. Há varias possibilidades de continuidade do tema, em diferentes contextos. Os seguintes objetos de pesquisa são recomendados:

- Investigação das etapas de Construção e de Uso e Operação dos dois estudos de caso, complementando os resultados desta pesquisa. As etapas de construção podem revelar pontos positivos e dificuldades relacionados à integração entre as etapas de projeto e construção. Já as etapas de uso e operação podem ser investigadas por meio de APOs, analisando-se os resultados obtidos em relação às metas de desempenho explicitadas nas etapas de projeto;
- Investigação dos meios disponíveis para a condução de PPIs, como, por exemplo, plataformas BIM para a colaboração entre os agentes. Instrumentos para o acompanhamento do processo também podem ser desenvolvidos, a partir dos instrumentos de coleta de dados elaborados para esta pesquisa, já que estes foram concebidos para investigação e análise de processos de projeto;
- Investigação das possíveis implicações do tema de PPI em outros contextos, transcendendo-se a escala do edifício. São exemplos de objetos empresas da construção civil, associações profissionais, a indústria da construção civil, políticas públicas etc.; e
- Investigação das possibilidades de aplicação dos conceitos discutidos no ensino, já que a fragmentação entre as disciplinas de projeto está profundamente relacionada às divisões entre os diferentes currículos de cada curso (arquitetura, engenharias estrutural, elétrica, hidráulica, mecânica etc.).

9.3 Conclusões finais

Seria incorreto pressupor um modelo ideal teórico que possa orientar processos de projeto e produção de edifícios, pois estes são extremamente complexos e possuem uma grande quantidade de variáveis e especificidades. Melhado (2001, p. 70) defende que “[...] cada novo empreendimento de construção é único e exige, portanto, esforços de organização e de cooperação particulares”. A afirmação de que não pode haver um único modelo possível de *Processo de Projeto Integrado* (PPI) está presente nas principais referências consultadas sobre o tema.

No entanto, padrões e seqüências, incluindo oportunidades e limitações recorrentes, podem ser identificados e basear proposições genéricas para processos de projeto (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2003a). Neste sentido, defende-se aqui a possibilidade de caracterizarem-se elementos fundamentais, que, se aplicáveis às particularidades de cada caso, possam orientar futuros processos de projeto. As metodologias e ferramentas discutidas neste trabalho aparecem, então, como suportes importantes, tomando-se o devido cuidado para que não restrinjam a liberdade no processo de concepção. Não se trata de receitas prontas aplicáveis a qualquer projeto, elas apenas auxiliam o processo, que será tanto mais rico quanto forem críticas a percepção, análise e respostas dos projetistas e demais agentes aos problemas enfrentados.

Estes elementos fundamentais estão relacionados à constatação de que, em processos de projeto, as oportunidades de alterações e melhorias significativas são grandes no início e diminuem rapidamente ao longo das etapas. Por esta razão, uma série de recomendações foram propostas para garantir que as entradas de informação sejam adequadas e suficientes, o mais cedo possível, para que as soluções e sistemas desenvolvidos atendam aos objetivos, necessidades e metas de desempenho.

O posicionamento dos processos em relação à referência teórica revelou uma presença parcial dos elementos metodológicos que caracterizam PPIs nos dois casos.

Estes tiveram um papel importante nos resultados positivos alcançados. As *lições aprendidas*, discutidas a partir das dificuldades e pontos positivos, são resumidas a seguir:

- (01) A inclusão de projetistas e consultores e uma *maior interação* entre as disciplinas que o usual, a partir da etapa de concurso, teve impactos bastante positivos nos dois casos, possibilitando que a conceituação das principais características dos projetos, levasse em conta princípios básicos para o conforto ambiental e eficiência energética. Por exemplo, volumetrias alongadas em um eixo leste-oeste foram privilegiadas, configurando fachadas principais norte e sul e plantas estreitas, minimizando ganhos térmicos indesejados e favorecendo a iluminação e ventilação naturais. 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;
- (02) A elaboração de *programas de necessidades*, bastante completos e bem caracterizados, foi algo muito positivo em ambos os casos. Durante a etapa de Pré-Projeto, no entanto, é necessário haver um questionamento do programa, em colaboração entre a equipe completa de projeto, incluindo o cliente. Também deve haver um novo questionamento e atualização do programa, logo após a etapa de Conceituação do Projeto e antes de avançar-se com as atividades da etapa de Desenvolvimento;
- (03) A inclusão de *metas de desempenho ambiental* e o uso de um *sistema de avaliação e certificação ambiental* ocorreram nos dois processos e foram pontos muito positivos. Para a incorporação de metas mais agressivas, pode ser realizada ainda uma discussão e definição *consensual* das metas de desempenho e uma tradução dos requisitos e princípios em critérios, unidades de medida e bases de referência, que não ocorreram em nenhum dos casos. Sistemas de avaliação e certificação ambiental

podem auxiliar estas 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 requisitos do sistema e participem intensamente das tarefas relacionadas, desde o início;

- (04) *Modelos de contratação* para os projetos e obra precisam ser selecionados, 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;
- (05) Deve haver uma definição adequada dos *escopos*, honorários, cronograma de atividades e prazos;
- (06) A *participação do cliente* no processo, com grande envolvimento e motivação, é muito importante para o alcance das metas;
- (07) A adoção de procedimentos de sistemas de *gestão da qualidade* foi um ponto positivo nos dois estudos de caso. No entanto, há necessidade de aperfeiçoamento dos sistemas, visando uma maior liberdade e agilidade dos agentes para o desenvolvimento das soluções e resolução de problemas. É importante que os procedimentos formalizados sejam razoavelmente enxutos, claros e flexíveis;
- (08) É necessária uma definição adequada das *etapas e marcos de passagem* do processo;
- (09) A condução de *simulações de desempenho energético*, desde o início e ao longo de todo o processo, é fundamental para o desenvolvimento integrado das soluções de projeto; e
- (10) O *aprendizado* com o processo é um dos principais pontos positivos, não só para consolidação de novas práticas, por parte dos agentes envolvidos,

mas também para produção e registro das informações que sirvam de referências para outros projetos e equipes.

Os elementos metodológicos de PPI, parcialmente presentes nos estudos de caso, foram muito importantes para o alcance dos objetivos e metas definidos. No entanto, metas mais agressivas que as estabelecidas talvez requeiram a adoção de elementos mais próximos aos recomendados nas principais referências consultadas. Os dois estudos de caso revelam que passos importantes foram dados, mas ainda existe muito espaço para avanços nos arranjos de processos de projeto e produção, para a melhoria do desempenho ambiental das edificações.

Referências

7GROUP; REED, B. G. **The Integrative Design Guide to Green Building: Redefining the Practice of Sustainability: Redefining the Practice of Sustainability**. New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2009.

ANSEEUW, P.; GROVE, R.; MARSEILLE, T. Integrated Design For Comunity Center. **ASHRAE Journal**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Inc., p. 30-34, July 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531 Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas**. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040 Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527 Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

BONILLA, L. **Breve Historia de La Técnica y del Trabajo**. Madrid: Ediciones Istmo, 1975.

BRANDÃO, R. S. et al. The new research centre of the Brazilian Petroleum Company in Rio de Janeiro, Brazil: The achievements in the thermal performance of air-conditioned buildings in the tropics. **Energy and Buildings**. v. 40, p. 1917-1930, 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science>> Acesso em: 03 ago. 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional**. Tabela 1.9, Composição setorial do consumo de eletricidade, MME: 2008. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432> Acesso em: 03 jan. 2009.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia et al. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. v.1. 2009. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>> Acesso em: 23 ago. 2009.

BUILDING COMMISSIONING ASSOCIATION. **Building commissioning attributes**. web document revised April 14. 1999. Disponível em: <<http://www.bcxa.org/membership/attributes.htm>> Acesso em: 15 ago. 2009.

BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING. **Roadmap for the Integrated Design Process**. Vancouver: BC Green Building Roundtable, 2007.

CARDOSO, Rafael. **Uma introdução a história do design**. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

COLE, R. J.; LARSSON, N. Green Building Challenge: Lessons learned from GBC'98 and GBC2000. In: SUSTAINABLE BUILDINGS, October 22-25, 2000, Maastricht. **Proceedings...** Maastricht: NOVEM, CIB, GBC, 2000. p. 213-215.

DEFORGE, Y. L'Education Technologique. Paris: Casterman, 1970.

DERU, M.; TORCELLINI, P.; PLESS, S. **Energy Design and Performance Analysis of the BigHorn Home Improvement Center**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

DERU, M. et al. **Analysis of the Design and Energy Performance of the Pennsylvania Department of Environmental Protection Cambria Office Building**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

EASTMAN, C. et al. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 28 out. 2007.

FERRO, S. **O canteiro e o desenho**. São Paulo: Projeto Editores Associados, Instituto de Arquitetos do Brasil - SP, 1979.

FAIRBAIRN, W. **Treatise on Mills and Millwork**, Ed. 4. Oxford: Oxford University, 1878.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA" Escritórios e Edifícios escolares**. São Paulo, 2007.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Estruturas pré-fabricadas: arquitetura escolar paulista**. São Paulo: FDE, 2006.

GAMA, R. **A tecnologia e o trabalho na história**. São Paulo: Nobel, Edusp, 1987.

GHOUBAR, K. **Custe que custar: investigação sobre o conhecimento de custos da construção na criação projetual arquitetônica**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

GIBBERD, J. Assessing sustainable buildings in developing countries: the Sustainable Building Assessment Tool (SBAT) and the Sustainable Building Lifecycle (SBL). In: THE 2005 WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE (SB05Tokyo), Sep. 2005, Tokyo. **Proceedings**... Tokyo, 2005. Disponível em: <http://www.bauwesen.uni-dortmund.de/ka/prea_teaching_materials/04-001.pdf> Acesso em: 28 out. 2009.

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: 22 mai. 2009.

_____. Arquitetura Sustentável: uma integração entre Ambiente, Projeto e Tecnologia em Experiências de Pesquisa, Prática e Ensino. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 6, n. 2, p. 51-81, out./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/>> Acesso em: 20 nov. 2008.

_____. Cenpes II: em prol do desempenho ambiental das edificações. **Sistemas Prediais**, v. 2, p. 25-31, 2007. Disponível em: <<http://www.nteditorial.com.br/revista/Materias/index.asp?RevistaID1=7&Edicao=35&id=310>> Acesso em: 29 mai. 2009.

GRIFFITH et al. **Analysis of the Energy Performance of the Chesapeake Bay Foundation's Philip Merrill Environmental Center**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

GRILO, L.; MELHADO, S. B. Novas formas de contratação e organização dos empreendimentos no segmento de construção de edifícios para terceiros. Artigo Técnico. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2002, Foz de Iguaçu, PR. **Anais...** Foz de Iguaçu, PR, 2002. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/biblioteca/>> Acesso em: 04 set. 2007.

HESKETT, J. **Desenho industrial**. Rio de Janeiro: José Olympio, 2006.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Examples of Integrated Design: five low energy buildings created through Integrated Design**. Arnhem, 2000. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

_____. **The Integrated Design Process in practice: demonstration projects evaluated**. Arnhem, 2002a. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

_____. **Multi-Criteria Decision-Making MCDM-23: A Method for specifying and prioritizing criteria and goals in design**. [S.l.], 2002b. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

_____. **Blueprint Kick-off workshop: Integrated Design Process**. Arnhem, 2002c. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

_____. **Integrated Design Process: a guideline for sustainable solar-optimised building design**. Berlim, 2003a. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

_____. **Solar Low Energy Buildings and the Integrated Design Process: An introduction**, Rotterdam, 2003b. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jun. 2007.

_____. **Energy Technology Perspectives: Scenarios & Strategies to 2050**. Fact Sheet, Buildings and Appliances, [S.l.], 2006. Disponível em: <<http://www.iea.org/textbase/papers/2006/buildings.pdf>> Acesso em: 03 jan. 2009.

JQUES, R. Cradle to the Grave: LCA tools for sustainable development, In: 32nd ANNUAL CONFERENCE OF THE AUSTRALIA AND NEW ZEALAND ARCHITECTURAL SCIENCE ASSOCIATION, 1998, Wellington. **Proceedings...** Wellington, 1998. Disponível em: <<https://www1.creditcardguard.net.nz/~branz/branzltd/publications/pdfs/con47.pdf>> Acesso em: 22 ago. 2007.

KIBERT, C. **Sustainable construction: green building design and delivery**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 6, n. 2, p. 7-19, out./dez. 2006. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc124154.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2009.

LATORRACA, G. **João Figueiras Lima. Lelé**. Lisboa: Blau, São Paulo: Instituto Lina Bo P. M. Bardi, 1999.

LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY. **LANL Sustainable Design Guide**. Los Alamos: LANL, 2002. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/lanl_sustainable_guide.html> Acesso em: 05 out. 2007.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. **Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial**. São Paulo: Cultrix, 2000.

MALIN, N. Integrated Design. **Environmental Building News**. [S.l.], v. 13, n. 11, November 2004. Disponível em: <<http://www.integratedesign.net/resources>> Acesso em: 15 out. 2009.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais de produtos industriais**. São Paulo: EDUSP, 2002.

MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY. **Whole System Integration Process (WSIPP)**. Chicago: MTS Guideline Standard, WS-IDP Committee, 2006. Disponível em: <<http://www.integrativedesign.net/resources>> Acesso em: 17 nov. 2008.

MARTÍNEZ, A. C. **Ensaio sobre o projeto**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2000.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994. <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 04 set. 2007.

_____. O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, ABEPRO, 1999.

_____. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 04 set. 2007.

MELHADO, S. B. et al. **Manual de Escopo de Serviços para Coordenação de Projetos**. São Paulo: Associação Brasileira dos Gestores e Coordenadores de Projeto (AGESC), 2006b.

MENDES, N.; LAMBERTS, F.; CUNHA NETO, J. Building simulation in brazil. In: SEVENTH INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 2001, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/artigos.php>> Acesso em: 07 out. 2008.

MENDES, N.; WESTPHAL, F.; LAMBERTS, F.; CUNHA NETO, J. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/artigos_periodicos.php> Acesso em: 09 jan. 2009.

METAR. **Dados climáticos do Aeroporto do Galeão 1998-2004**. Laboratório Master – Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2005.

MOREIRA, D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto em arquitetura. **Ambiente Construído**, Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 9, p. 31-45, 2009. <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc183257.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2009.

MONTEIRO, L. M. et al. Conforto térmico como condicionante do projeto arquitetônico-paisagístico: o caso dos espaços abertos do novo centro de pesquisas da Petrobras no Rio de Janeiro, CENPES II. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 8, n. 4, p. 61-86, out./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/>> Acesso em: 09 jun. 2009.

MOURA, N. C. S. et al. Arquitetura e desempenho luminoso: CENPES II, o novo centro de pesquisas da Petrobras, no Rio de Janeiro, Brasil. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 9, n. 2, p. 151-172, jan./mar. 2009. Disponível em: <<http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/>> Acesso em: 09 out. 2009.

NASAR, J. L.; PREISER, W. F. E.; FISHER, T. **Designing for Designers: lessons learned from schools of architecture**. New York: Fairchild Publications, Inc., 2007.

PÁDUA, J. A. **Produção, Consumo e Sustentabilidade: O Brasil e o contexto planetário**, Trabalho apresentado na Conferência Internacional Sul-Sul "Globalização, Dívida Ecológica, Mudanças Climáticas e Sustentabilidade", Cotonou e Ouidah (República do Benin): 2001.

PARDINI, A. F. **Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED e do conceito de custos no ciclo de vida em empreendimentos mais sustentáveis no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

PERÉN MONTERO, J. I. **Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PLESS, S. D.; TORCELLINI, P. A. **Energy Performance Evaluation of an Educational Facility: The Adam Joseph Lewis Center for Environmental Studies, Oberlin College, Oberlin, Ohio**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2004. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

PREISER, W. F. E.; SCHRAMM, U. Building Performance Evaluation. In: WATSON, D. et al. (Eds.). **Time-Saver Standards for Architectural Design Data**. McGraw-Hill, 1997.

PREISER, W. F. E.; VISCHER, J. C. (Eds.). **Assessing building performance**. Oxford: Butterworth, Heinemann, 2005.

REED, B. Sustainable Design: Moving towards Integrated Design in a Disintegrated World. **Independent School**. [S.l.], p. 32-36, 2005. Disponível em: <<http://www.integrativedesign.net/resources>> Acesso em: 17 nov. 2008.

ROMANO, F. V. **Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROMERO, M. A.; ORNSTEIN, S. W. (Ed. e Coord.) **Avaliação Pós-Ocupação: métodos e técnicas aplicados à habitação social**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2003. (Coleção Habitare). Disponível em: <http://habitare.infohab.org.br/publicacao_colecao1.aspx> Acesso em: 07 fev. 2003.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~vangomes/>> Acesso em: 26 abr. 2007.

_____. Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), v. 7, p. 47-66, jan./mar. 2007. Disponível em: <[http://www.antac.org.br/ ambienteconstruido/](http://www.antac.org.br/ambienteconstruido/)> Acesso em: 17 out. 2009.

_____. Uso de materiais e sustentabilidade. **Sistemas Prediais**, [S.l.], v. 1, p. 30-34, 2007.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G. Sustainability indicators for buildings: State of the art and challenges for development in Brazil. In: WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 2008, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne, 2008.

SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA CONSULTIVA. **Revisão PSQ Gerenciamento**. PSQ 2 - Plano Setorial da Qualidade de Gerenciamento. São Paulo: SINAENCO, 2001. Disponível em: <http://www.sinaenco.com.br/pdf/PSQ_Gerenciamento.pdf> Acesso em: 16 jul. 2009.

SOBRAL, L. et al. **Acertando o Alvo 2: Consumo de Madeira Amazônica e Certificação Florestal no Estado de São Paulo**. Belém: Imazon, 2002.

SOUZA, A. L. R. **Preparação e coordenação da execução de obras: transposição da experiência francesa para a construção brasileira de edifícios**. São Paulo: 2001. 440p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://pcc5301.pcc.usp.br/pcc%205301%202004/bibliografia%202004/microsoft%20word%20-%20tese%20ana%20rocha%20-%201200%20dpi.pdf>> Acesso em: 30 ago. 2009.

THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Version 1. [S.l.]: AIA National, AIA California Council, 2007.

THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION. **Agenda 21 on sustainable construction**. Rotterdam, CIB Report Publication 237, 1999. Disponível em: <<http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick.jsp>> Acesso em: 04 jAn. 2009.

THE INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE. **Agenda 21 for sustainable construction in Developing Countries**. Pretoria: CSIR Building and Construction Technology, 2002. Disponível em: <<http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick.jsp>> Acesso em: 04 jan. 2009.

TORCELLINI, P. A.; HAYTER, S. J.; JUDKOFF, R. Low-Energy Building Design - The Process and a Case Study. **ASHRAE Transactions**, Vol. 105, Part 2. Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., p. 802-810, 1999. (NREL Report No. 26144).

TORCELLINI, P. et al. **Evaluation of Low-Energy Design and Energy Performance of the Zion National Park Visitor Center**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005a. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

_____. **Evaluation of the Energy Performance and Design Process of the Thermal Test Facility at the National Renewable Energy Laboratory**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2005b. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

_____. **Lessons Learned from Case Studies of Six High-Performance Buildings**. Golden: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2006. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/highperformance/research_reports.html> Acesso em: 13 nov. 2007.

TRUSTY, W. B.; HORST, S. Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems. In: USGBC GREENBUILDING INTERNATIONAL CONFERENCE & EXPO, November 2002, Austin. **The Austin Papers: Best of the 2002 International Green Building Conference**, [S.l.]: BuildingGreen, Inc., p. 53-57, 2002. (Compiled by the Editors of Environmental Building News). Disponível em: <<http://www.athenasmi.org/publications/publications.html>> Acesso em: 22 ago. 2007.

U S GREEN BUILDING COUNCIL. **Green Building Rating System for New Construction & Major Renovations (LEED-NC)**. Version 2.1, 2002. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>> Acesso em: 29 jul. 2009.

_____. **LEED® for New Construction & Major Renovation**. Version 2.2, 2005a. (For Public Use and Display). Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>> Acesso em: 12 dez. 2008.

_____. **New Construction: Reference Guide**. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), Version 2.2, Third Edition, 2007. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>> Acesso em: 12 dez. 2008.

_____. **LEED 2009 for New Construction and Major Renovations**. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), 2009. (For Public Use and Display). Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>> Acesso em: 29 jul. 2009.

VASARI, G. **Vidas de pintores, escultores y arquitectos ilustres**. Traducción castellana de Juan B. Righini y Ernesto Bonasso. Buenos Aires: Libreria y Editorial "El Ateneo", 1945.

VOORDT, T.; WEGEN, H. B. R. **Architecture in Use: an introduction to the Programming, Design and Evaluation of Buildings**. Oxford: Elsevier, Architectural Press, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. Tradutor Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.



ZANETTINI, S.; GARCIA, J. W. Ampliação do Cenpes - Centro de Pesquisas da Petrobras. **REM - Revista Escola de Minas**. Ouro Preto, v. 60, n. 2, p. 277-283, abr./jun. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0370-44672007000200010&script=sci_arttext> Acesso em: 20 nov. 2008.

ZIMMERMAN, A. **Integrated Design Process Guide**, [S.l.]: Canada Mortgage and Housing Corporation, 2006. Disponível em: <<http://www.geoexchangebc.ca/pdf/CMHCID.pdf>> Acesso em: 02 mai. 2007.

Apêndices

Apêndice A Exemplos de fichas para registro e análise de evidências

Modelo de ficha para soluções de projeto

<p>estudo de caso</p> <p>identificação estudo de caso</p> <p>soluções de projeto</p> <p>identificar – data da última atualização</p> <p>aspectos de desempenho que visa</p> <p>verificar quais foram definidas</p>	<p>agentes</p> <p> Verificar quais estão relacionados</p>	<p>elementos metodológicos</p> <p> Verificar quais estão relacionados</p>						
<p>etapas</p>	<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>PE</td> <td>AP</td> <td>PE</td> <td>C</td> <td>UO</td> </tr> </table>	P	PE	AP	PE	C	UO	
P	PE	AP	PE	C	UO			

descrição Descrever asbuilt ou última versão do projeto

processo descrever alterações significativas em cada etapa (*planejamento / estudo preliminar / anteprojeto/ projeto executivo / construção / uso e operação*)

implicações no desempenho Verificar.




implicações nos custos (ciclo de vida) Verificar.

implicações em construtibilidade e operação Verificar.

Notas:

1. As relações entre agentes, elementos metodológicos e etapas de projeto indicadas e ressaltadas, são as de maior relevância para a elaboração da solução final executada.
2. Observações dos pesquisadores foram indicadas entre colchetes [...].
3. Observações em *vermelho* ressaltam informações que ainda precisam ser verificadas.

Modelo de ficha para elementos metodológicos

<p>estudo de caso piloto</p> <p>identificação estudo de caso?</p>	<p>agentes</p> <p> verificar quais estão relacionados</p>	<p>Elementos metodológicos</p> <p> verificar quais estão relacionados</p>				
<p>elemento metodológico</p> <p> trabalho multidisciplinar integrado</p> <p>data da última atualização</p>						
<p>metas de desempenho relacionadas</p> <p>verificar quais foram definidas</p>						
<p>etapas</p>	P	PE	AP	PE	C	UO

descrição

breve descrição.

processo

descrever cada etapa do processo (*planejamento / estudo preliminar / anteprojeto/ projeto executivo / construção / uso e operação*)

implicações no desempenho

Verificar.

implicações nos custos (ciclo de vida)

Verificar.

implicações em construtibilidade e operação

Verificar.

Notas:

1. As relações entre agentes, elementos metodológicos e etapas de projeto indicadas e ressaltadas, são as de maior relevância para a elaboração da solução final executada.
2. Observações dos pesquisadores foram indicadas entre colchetes [...]
3. Observações em *vermelho* ressaltam informações que ainda precisam ser verificadas.

Apêndice B Exemplos de fichas guia para entrevistas

Exemplo da ficha guia para entrevista inicial (primeira apresentação do projeto)

estudo de caso

Identificação estudo de caso?

entrevista - data?

nome? – função no processo?

guia para entrevista

(1) descrição do projeto (auxiliado pela leitura de desenhos, cortes e plantas), explicitando-se o partido arquitetônico adotado e soluções relacionadas ao desempenho do edifício (principalmente ambiental e conforto).

(2) relato sobre a busca de aspectos de desempenho ambiental durante o projeto, explicitando-se quais foram os objetivos e metas e em que etapas foram definidos.

(3) descrição do processo de projeto, explicitando-se quais projetistas participaram em cada etapa e quais suportes não convencionais foram empregados (por exemplo, ferramentas de simulação).

(4) outras informações que o entrevistado julgar importante.

anotações

Anotações da entrevista...

Exemplo das fichas guia para entrevistas (elaboradas caso a caso)

estudo de caso

Identificação estudo de caso?

entrevista – data da entrevista?

Nome / Empresa – consultor de conforto térmico e acústico

guia para entrevista

Antes do início, o entrevistado deve ser consultado se há algum problema quanto ao uso de gravador.

Em seguida deve ser explicado para o entrevistado o tema e objetivos da pesquisa.

questões gerais:

- (1) Qual o escopo de sua atuação no projeto?
- (2) Em quais etapas do processo de projeto participou?
- (3) Os objetivos e metas estavam claros desde o início de sua participação, principalmente em relação as metas de desempenho ambiental?
- (4) Os papéis e responsabilidade dos agentes estavam claros desde o início de sua participação?
- (5) Quais as principais dificuldades enfrentadas no processo de projeto? Quais os pontos positivos encontrados?
- (6) Particularmente relacionadas à necessidade de obtenção de créditos para certificação, quais foram as maiores dificuldades e pontos positivos?
- (7) Dentro da atual discussão sobre sustentabilidade em edifícios, quais elementos / conceitos são efetivamente novos? E quais são discutidos há muito tempo?

questões específicas:

- (8) Como foi a participação na etapa de estudo preliminar (preparação do material para o concurso)? Foram realizadas quantas consultorias? A consultoria serviu mais como verificação e validação das soluções propostas ou serviu como entrada de projeto, com incorporação de recomendações?
- (9) Como foi a participação nas etapas de anteprojeto, projeto básico e projeto executivo? Quais os meios de análise e ferramentas utilizados (cálculos, elementos gráficos, ferramentas computacionais) para os seguintes elementos do projeto:
 - dispositivos de sombreamento (incluindo a avaliação do impacto sobre a iluminação natural);
 - caixilhos externos, incluindo esquadrias, tipo de vidros (qual foi a orientação para especificação dos vidros, quais as propriedades térmicas e ópticas);
 - vedações externas (isolamento); e
 - coberturas. Como foram definidos os materiais isolantes empregados. (Qual material foi especificado para a cobertura?)
- (10) Houve alguma característica especial no projeto de acústica, que requeresse, por exemplo, algum cálculo mais detalhado?
- (11) Quais elementos metodológicos do processo de projeto foram eficazes? Ou seja, o que funcionou bem, quanto à comunicação entre agentes, coordenação, colaboração entre agentes para desenvolvimento das soluções e resolução de problemas etc.?
- (12) Estava contemplado no contrato o tempo de trabalho adicional para atendimento aos requisitos específicos para certificação?

anotações

Anotações da entrevista...

Apêndice C Ficha técnica do projeto do SAP Labs Brazil

Cliente	SAP Labs Brazil, São Leopoldo, RS.
Projeto de arquitetura e coordenação geral de projetos	Eduardo de Almeida Arquitetos Associados. Estúdio 6 Arquitetos.
Projeto estrutural	Companhia de Projetos Ltda.
Projetos de instalações elétrica, hidrossanitária e combate a incêndio	Interativa Engenharia Ltda.
Projeto de Ventilação e Ar-condicionado	EPT Engenharia Ltda.
Projeto de luminotécnica	Mingrone Iluminação.
Projeto de automação, segurança, som, controle de acesso	SI2 Soluções Inteligentes Integradas.
Projeto de paisagismo	Soma Arquitetos.
Consultoria de conforto térmico a acústico	Ambiental Sociedade Civil Ltda.
Consultoria de esquadrias	AEC – Consultores de Arquitetura e Construção Ltda.
Consultoria de impermeabilização	PROASSP – Assessoria Projetos e Comércio Ltda.
consultoria LEED™, controle de qualidade e fiscalização de obra (denominada <i>gerenciadora</i> no texto)	Facility Consulting.
Simulação de energia	EPT Engenharia Ltda.

Apêndice D Ficha técnica do projeto da Ampliação do CENPES

Cliente	Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (CENPES)/ Petrobras
Projeto de arquitetura, administração e gestão do contrato e coordenação geral de projetos	Zanettini Arquitetura Planejamento Consultoria Ltda.
Projeto de arquitetura II	Noosfera Projetos Especiais Ltda.
Projetos de instalações de Ventilação e Ar-Condicionado, elétrica, hidrossanitária, combate a incêndio, automação, segurança, TV, CFTV, som, controle de acesso, telefonia, controle de dados	MHA Engenharia Ltda.
Projeto e consultoria de fundações	Engenheiros Consultores Associados Consultrix S/A Ltda.
Projeto de terraplenagem	Mesure Engenharia Ltda.
Projeto estrutural	Companhia de Projetos Ltda.
Projeto estrutural – Orquidário	Kurkdjian & Fruchtengarten Engenheiros Associados S/C Ltda.
Projeto estrutural – Guaritas	Hr Projetos.
Projeto de paisagismo	Benedito Abbud – Arquitetura da Paisagem Ltda.
Projeto de luminotécnica	Esther Stiller Consultoria S/C Ltda.
Comunicação visual I	Epigram Comunicação Ltda.
Comunicação visual II	Oswaldo Mellone Desenho Industrial S/C Ltda – MHO Design Projetos.
Projeto de restaurantes e cozinhas industriais	PRECX – Consultoria em Alimentação Ltda.
Consultoria de impermeabilização	PROASSP – Assessoria Projetos e Comércio Ltda.
Consultoria de esquadrias	AEC – Consultores de Arquitetura e Construção Ltda.
Quantificação geral	Control Tec Engenharia Ltda.
Pesquisa e consultoria de eco-eficiência	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) / Fundação para Pesquisa Ambiental (FUPAM) da FAU-USP.

Continuação da Ficha técnica do projeto da Ampliação do CENPES

Consultoria e projeto de acústica	Sresnewsy Engenharia Ltda.
Consultoria em pavimentação	Monobeton – Soluções Tecnológicas Ltda.
Consultoria de estruturas de concreto e metálica	Eng. Augusto Carlos Vasconcelos. Eng. Natan Jacobsohn Levental.
Consultoria e projeto de tenso-estruturas	Prof. Ruy Marcelo de Oliveira Pauletti.
Consultoria em dispersão de gases	CHEMTECH – Serviços de Engenharia e Software Ltda.
Consultoria soluções em proteção passiva contra fogo	PCF Soluções.
Consultoria para implementação do CRV – Centro de Realidade Virtual	Absolut Technologies Projetos e Consultoria Ltda.
Consultoria em espaço cênico	Espaço Cenográfico Arq. Associados.
Consultoria em câmaras frigoríficas	São Rafael Câmaras Frigoríficas.
Structural protection specialist	Fábio D. Pannoni.
Consultoria técnica para implantação plano da qualidade	Eng. Maria Angélica Covelo Silva / NGI – Núcleo de Gestão e Inovação.
Consultoria em equipamentos e acessórios para espelhos d'águas e fontes	Kolorines Technology.

Apêndice E Agentes entrevistados do SAP Labs Brazil

Cliente (SAP Labs Brazil, São Leopoldo, RS)	Arq. Shima Rezelman (arquiteta consultora) Eng. Fabiano André Hennemann (gerente de operação)
Projeto de arquitetura e coordenação geral de projetos (Eduardo de Almeida Arquitetos Associados / Estúdio 6 Arquitetos)	Arq. Eduardo de Almeida (co-autor do projeto de arquitetura) Arq. César Shundi Iwamizu (co-autor do projeto de arquitetura) Arq. Felipe Noto (coordenador)
Projeto estrutural (Companhia de Projetos Ltda.)	Eng. Heloísa Maringoni
Projeto de Ventilação e Ar-condicionado e simulação de energia (EPT Engenharia Ltda.)	Eng. Edécio e Eng. Aparecido
Projeto de luminotécnica (Mingrone Iluminação)	Arq. Antonio Carlos Mingrone
Projeto de automação, segurança, som, controle de acesso (SI2 Soluções Inteligentes Integradas)	Arq. Mauro Kuszniir
Projeto de paisagismo (Soma Arquitetos)	Arq. José Luiz
Consultoria de conforto térmico a acústico (Ambiental Sociedade Civil Ltda.)	Arq. Luiz Carlos Chichierchio
Consultoria de esquadrias (AEC – Consultores de Arquitetura e Construção Ltda.)	Arq. Paulo Duarte
Consultoria LEED™, controle de qualidade e fiscalização de obra (Facility Consulting)	Arq. Jacqueline Dankfort
Especialista em sistemas de certificação ambiental	Prof. Dra. Vanessa Gomes da Silva

Apêndice F Agentes entrevistados da Ampliação do CENPES

Projeto de arquitetura, administração e gestão do contrato e coordenação geral de projetos (Zanettini Arquitetura Planejamento Consultoria Ltda.)	Arq. Érika Bataglia (coordenadora)
Projeto estrutural (Companhia de Projetos Ltda.)	Eng. Heloísa Maringoni
Projetos de instalações de Ventilação e Ar-Condicionado (VAC), hidrossanitária e combate a incêndio (MHA Engenharia Ltda.)	Eng. Elisa (projetista de instalações hidrossanitárias) Eng. Raymond (projetista de VAC)
Projeto de paisagismo (Benedito Abbud – Arquitetura da Paisagem Ltda.)	Arq. Selma Nunes Rezende
Pesquisa e consultoria de eco-eficiência (LABAUT / FUPAM da FAU-USP)	Prof. Dra Denise Helena Silva Duarte
Consultoria de esquadrias (AEC – Consultores de Arquitetura e Construção Ltda.)	Arq. Paulo Duarte
Especialista em sistemas de certificação ambiental	Prof. Dra. Vanessa Gomes da Silva

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)