

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Avaliação de Objetivos de Sustentabilidade: Estudo de Caso de Duas
Instituições Educacionais**

Santiago Muñoz Navarrete

Porto Alegre
2011

SANTIAGO MUÑOZ NAVARRETE

**AVALIAÇÃO DE OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASO
DE DUAS INSTITUIÇÕES EDUCACIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia

Porto Alegre

2011

SANTIAGO MUÑOZ NAVARRETE

**AVALIAÇÃO DE OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE: ESTUDO DE CASO
DE DUAS INSTITUIÇÕES EDUCACIONAIS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Área da Construção e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 21 de setembro de 2011

Prof. Miguel Aloysio Sattler
PhD. pela University of Sheffield, Inglaterra
orientador

Prof.^a Luciana Inês Gomes Miron
Dra. pela UFRGS
colaboradora

Prof. Luiz Carlos Pinto da Silva Filho
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. em Engenharia Civil pela UFRGS

Prof.^a Luciana Inês Gomes Miron (UFRGS)
Dra. em Engenharia Civil pela UFRGS

Prof.^a Ercília Hirota (UEL)
Dra. em Engenharia Civil pela UFRGS

A mi querida madre, mi primera inspiración sostenible

“... saberíamos muito mais das complexidades da vida se nos aplicássemos a estudar com afinco as suas contradições em vez de perdermos tanto tempo com as identidades e as coerências, que essas têm obrigação de explicar-se por si mesmas.”

José Saramago

AGRADECIMENTOS

Agradeço a CAPES, ao CNPq e à Superintendência de Infra-estrutura da UFRGS, que financiaram o desenvolvimento do mestrado e desta pesquisa.

À UFRGS por oferecer ensino público gratuito e de qualidade. Ao PPGEC por viabilizar a realização dos meus estudos no Brasil.

À Escola Frei Pacífico e ao IFRS de Feliz, representados pelos seus diretores, que permitiram a realização dos estudos em suas edificações.

À grande família do NORIE incluindo todos os professores, pesquisadores, alunos, bolsistas e funcionários que, no dia a dia, oferecem um ambiente propício para o desenvolvimento de um mestrado fora de casa.

Ao professor Miguel Aloysio Sattler, orientador desse trabalho, cuja constante disponibilidade, profundo interesse pela sustentabilidade em diversas áreas e amplo conhecimento na área da construção, permitiu e encorajou a realização desta pesquisa.

À professora Luciana Miron, co-orientadora deste trabalho, pela constante orientação na busca do norte nesta pesquisa e, em especial, pelo inestimável incentivo à melhor conclusão deste trabalho.

À auxiliar de pesquisa Tana Klein, pela ajuda na elaboração da estruturação gráfica da pesquisa.

Aos meus colegas Daniela e Bruno, pela parceria desde o começo do mestrado. Aos demais colegas e amigos do NORIE pela sua amizade. Aos amigos portugueses, em especial ao Vitor, pelo seu apoio nas atividades fora da escola.

À Amanda, por todo o apoio ao longo deste trabalho.

À minha família, pelo carinho e constante incentivo desde longe.

RESUMO

NAVARRETE, S. M. **Avaliação de Objetivos de Sustentabilidade: Estudo de Caso de Duas Instituições Educacionais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

Proposta: O desenvolvimento de empreendimentos mais sustentáveis no Brasil apresenta desafios para o setor da construção civil, devido à incorporação de parâmetros inovadores, que a maioria de intervenientes na cadeia produtiva dos empreendimentos não coordena adequadamente. Embora exista uma quantidade considerável de estudos que apontem as vantagens das edificações sustentáveis, poucos referem as exigências e as novas atividades na gestão desses empreendimentos, que surgem em decorrência da necessidade de atender aos objetivos de sustentabilidade propostos e da complexa interação entre eles. Ainda, uma das melhores formas para disseminar os princípios da construção sustentável, é através das instituições educativas. Assim, esta pesquisa insere-se no contexto da discussão do processo de projeto de edificações educacionais, com foco na sustentabilidade. **Objetivos:** O objetivo principal desta pesquisa foi: avaliar como a interação sistêmica afeta o atendimento aos objetivos de empreendimentos com foco na sustentabilidade. Esse objetivo foi desdobrado nos objetivos específicos: propor uma forma de explicitar os objetivos de sustentabilidade; identificar as interações mais importantes no atendimento aos objetivos de sustentabilidade; identificar as causas do não atendimento aos objetivos de sustentabilidade. **Método:** A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso, realizado sobre dois empreendimentos já executados e em operação no Rio Grande do Sul. A pesquisa foi realizada em três etapas principais: compreensão, desenvolvimento e análise. A primeira etapa teve como objetivo caracterizar os estudos de caso, entender o processo de desenvolvimento e identificar os objetivos de sustentabilidade. Nesta etapa foram empregadas técnicas de análises de documentos, visitas e entrevistas com os diferentes intervenientes. A segunda etapa teve como objetivo a avaliação dos objetivos de sustentabilidade, contando com a ajuda de especialistas externos para a validação das análises. Nesta etapa foi proposta uma ferramenta gráfica para a estruturação dos critérios de sustentabilidade. Na última etapa foram discutidas as possíveis causas que levaram ao não atendimento dos objetivos propostos, e as recomendações para o desenvolvimento de futuros projetos desse tipo. **Resultados:** Os resultados da avaliação mostraram uma forte semelhança entre ambos estudos de caso, expondo o baixo atendimento dos objetivos de sustentabilidade. Foi percebido que a maior ocorrência das causas está relacionada à etapa de planejamento e projeto, considerando como aspecto importante, a definição efetiva do projeto, de modo que possibilite a mudança dos objetivos e a forma como eles serão atendidos, ao longo de todo o processo de projeto.

Palavras-chave: *Edificações sustentáveis; processo de projeto; instituições educativas; objetivos de sustentabilidade.*

ABSTRACT

NAVARRETE, S. M. **Sustainability Targets Analysis: Case Study of Two Educational Buildings**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2011.

The development of sustainable projects in Brazil introduces challenges to the construction industry, on account of new variables that most stakeholders don't manage properly. A fair amount of studies show the green building advantages, but just a few points out the new activities and demands on the project management, emerging by the existence of sustainable targets and the complex relations between them. Moreover, educational buildings are a good way to disseminate the sustainable construction principles. Thus, this study approaches the project development process of educational buildings with sustainability focus. The main objective of this study was to assess the influence of systemic relations on the achievement of sustainable project targets. This main objective was unfolded in three secondary objectives: propose how to (a form) make explicit the sustainable targets; identify the most important relations to the sustainable targets achievement; and identify the causes of failure in the sustainable targets achievement. The strategy followed was a case study research, developed on two building projects already built and in use in the Rio Grande do Sul state. The research was divided in three main phases: the first phase comprised the cases characterization, development process understanding and sustainable targets identification. The second phase consisted of sustainable targets assessment, supported by specialist validations. In this phase was proposed a graphic tool for organize the sustainable targets. The third phase comprised the discussion of failure causes in the sustainable targets achievement, and suggestions for future projects development. The assessment results showed a strong similarity between the two cases, having a poor achievement of the sustainable targets. Was concluded that most failure causes occurs at the programming and design phase, and a key aspect in this kind of projects is an early and effective definition of sustainable targets, to allow possible modifications along the project development process.

Keywords: *sustainable buildings, project development process, educational buildings, sustainable targets.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Princípios ambientais da construção sustentável (adaptado de Yuba, 2005).	26
Figura 2. Princípios e estratégias da construção sustentável, sob a visão do ciclo de vida (adaptado de Yuba, 2005).....	30
Figura 3. Fatores que orientam as tomadas de decisão na etapa de projeto (CIB, 1999).....	33
Figura 4. Estratégias de projeto para Edificações mais sustentáveis, no contexto brasileiro (Nakamura, 2006)..	35
Figura 5. Centro de estudos Regenerativos, Pomona, USA.....	37
Figura 6. Centro de Estudos Ambientais Adam Joseph Lewis (OBERLIN COLLEGE, 2011)	40
Figura 7. Etapas do ciclo de vida dos produtos na construção civil (adaptado de Athena Institute, 2011).....	41
Figura 8. Principais métodos de avaliação existentes	43
Figura 9. Métodos de projeto	51
Figura 10. Fases do modelo de projeto proposto por Cross (2000).	52
Figura 11. Estruturação gráfica (adaptada de Kamara <i>et al</i> , 2000)	52
Figura 12: Divisão do processo de projeto.	54
Figura 13. Importância do empreendedor em um projeto sustentável (adaptado de Ward, 1991).....	64
Figura 14. Delineamento da Pesquisa.....	68
Figura 15. Planilha de registro do processo de pesquisa.	70
Figura 16. Implantação da Escola Frei Pacífico.....	72
Figura 17. Entrevistas realizadas para a caracterização da Escola Frei Pacífico.....	73
Figura 18. Implantação do IFRS – Campus de Feliz.	74
Figura 19. Entrevistas realizadas para a caracterização do IFRS – Campus de Feliz.	75
Figura 20. Fontes de evidência para a identificação de objetivos.	76
Figura 21. Parâmetros de avaliação para o atendimento de objetivos de sustentabilidade, Escola Frei Pacífico.	78
Figura 22. Entrevistas realizadas para validação de análises na etapa B, Escola Frei Pacífico e IFRS – Campus de Feliz.	79
Figura 23. Localização da Escola Frei Pacífico, adaptado de Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul - SEMA, 2010 (fonte: GoogleMaps, 2011).....	80
Figura 24. Levantamento do terreno onde foi construída a Escola Frei Pacífico. (Fonte: ZANIN, 2006).	81

Figura 25. Planta esquemática da edificação existente, primeira etapa da Escola Frei Pacífico. (Fonte: ZANIN, 2006).....	82
Figura 26. Descrição de ambientes e áreas da escola Frei Pacífico.	83
Figura 27. Ciclo fechado de trocas orgânicas (adaptado de ZANIN et al., 2006).....	84
Figura 28. Foto das paredes externas e internas na construção da escola Frei Pacífico.....	85
Figura 29. Foto do lado sul da edificação, escola Frei Pacífico.....	85
Figura 30. Lado norte da edificação, cobertura verde externa e janelas superiores das salas de aula. Escola Frei Pacífico.	86
Figura 31. Foto da cobertura e circulação externa da edificação. Escola Frei Pacífico.....	87
Figura 32. a) Corte transversal de sala de aula padrão com esquema de ventilação, b) Corte de sala de aula padrão com esquema de iluminação natural (adaptados de Gemeli, 2009).....	88
Figura 33. Programa de necessidades da escola Frei Pacífico.....	90
Figura 34. Implantação proposta no anteprojeto inicial da escola Frei Pacífico (NORIE, 2004).	91
Figura 35. Implantação proposta no projeto final da escola Frei Pacífico (NORIE, 2007).....	91
Figura 36. Reforço metálico na estrutura da cobertura verde, Escola Frei Pacífico.....	94
Figura 37. Infiltração na cobertura verde, área externa, em frente ao bloco 4.....	96
Figura 38. Estado atual da lagoa de estabilização.	96
Figura 39. Localização do IFRS – Campus de Feliz (fonte: IFRS, 2011).....	97
Figura 40. Foto do IFRS Campus de Feliz. Foto tomada em Julho de 2010.....	98
Figura 41. Implantação das duas etapas do IFRS Campus de Feliz.....	99
Figura 42. Execução das paredes externas e internas em execução.....	101
Figura 43. Corte transversal das salas: esquema de ventilação cruzada e iluminação natural.....	101
Figura 44. Corte transversal do telhado sul e norte, IFRS Campus de Feliz.	102
Figura 45. Critérios específicos de sustentabilidade para o IFRS Campus de Feliz, adaptado de Sattler,(2003).	104
Figura 46. Escoramento temporário do telhado sul.....	107
Figura 47. Infiltração no telhado das salas.....	108
Figura 48. Infiltração no telhado do banheiro masculino.....	108
Figura 49. Janelas inferiores e superiores, na fachada norte, em uma das salas.....	109

Figura 50. Ponto de acesso, pérgola - rampa.....	109
Figura 51. Vigas de eucalipto, depois de serem desmontadas	110
Figura 52. Novas vigas de madeira maciça.....	110
Figura 53. Conjunto de princípios contemplados na Frei Pacífico, a partir de Yuba (2005).....	112
Figura 54. Estruturação gráfica dos objetivos de sustentabilidade da escola Frei Pacífico (Vide figura completa Apêndice C).	114
Figura 55. Objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias de sustentabilidade na Escola Frei Pacífico. ...	115
Figura 56. Matriz de relações entre objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias da Escola Frei Pacífico (Vide figura completa Apêndice D)	117
Figura 57. Resultados da Fase 1 da avaliação na Escola Frei Pacífico.	126
Figura 58. Resultados da Fase 2 da avaliação na Escola Frei Pacífico.	126
Figura 59. Conjunto de princípios contemplados no IFRS, a partir de Yuba (2005).....	128
Figura 60. Estruturação gráfica dos objetivos de sustentabilidade, no IFRS de Feliz (Vide figura completa no Apêndice E).	129
Figura 61. Objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias de sustentabilidade, no IFRS de Feliz.....	130
Figura 62. Matriz de relações entre objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias, na IFRS de Feliz (Vide figura completa Apêndice F).	131
Figura 63. Resultados da Fase 1 da avaliação dos objetivos de sustentabilidade, no IFRS de Feliz.	139
Figura 64. Resultados da Fase 2 da avaliação dos objetivos de sustentabilidade, no IFRS de Feliz.	139
Figura 65. Fragmento da tabela de análise com os 5 porquês, com identificação das etapas em que ocorreram as possíveis causas, Escola Frei Pacífico e IFRS Campus de Feliz (Vide figura completa Apêndice G).	143
Figura 66. Percentagem de ocorrência para as diferentes causas para o não atendimento dos objetivos, de acordo com as etapas em que ocorreram na Escola Frei Pacífico e no IFRS Campus de Feliz.....	143
Figura 67. Percentagem de ocorrência das causas para o não atendimento dos objetivos, de acordo com as etapas em que ocorreram nos dois estudos de caso	144
Figura 69. Etapas do processo de projeto, incluindo o acompanhamento por um coordenador de projeto, nas etapas de execução e operação.....	149

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1	CONTEXTO	16
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	18
1.3	QUESTÕES DA PESQUISA	20
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA	21
1.5	DELIMITAÇÕES	21
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2.	A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.1	COMPREENSÃO DO CONCEITO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	23
2.1.1	Princípios de Sustentabilidade para a Construção Civil	26
2.1.2	O Contexto dos Países em Desenvolvimento	31
2.1.3	Edificações Sustentáveis	32
2.1.3.1	Edificações Institucionais mais Sustentáveis	36
2.2	AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE	41
2.2.1	Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade	41
2.2.1.1	Sistemas de avaliação de sustentabilidade, como ferramenta de auxílio ao processo de projeto	44
3.	O PROCESSO DE PROJETO	47
3.1	O PROJETO COMO PROCESSO CRIATIVO	48
3.1.1	Etapas do Projeto	49
3.1.2	Métodos de Projeto	50
3.1.2.1	Cross (2000)	51
3.2	O PROJETO COMO PROCESSO GERENCIAL	53
3.2.1	Etapas do Processo de Projeto	54
3.2.1.1	Concepção do Projeto	55
3.2.1.2	Planejamento e Projeto	55
3.2.1.3	Execução	57
3.2.1.4	Operação, Uso e Manutenção	57
3.2.1.5	Desconstrução	57
3.2.2	Participantes no Processo de Projeto	58
3.2.2.1	Fluxo de Informações	59
3.2.3	Processo de Projeto Convencional	60
3.2.4	Processo de Projeto Integrado (PPI)	61

3.2.5	Particularidades do Processo de Projeto de Edificações Sustentáveis	63
3.3	CONSIDERAÇÕES DESTE CAPITULO	66
4.	MÉTODO DE PESQUISA	67
4.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	67
4.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	68
4.3	ETAPA A: COMPREENSÃO	70
4.3.1	Protocolo da Coleta de Dados	71
4.3.2	Caracterização dos Empreendimentos	71
4.3.2.1	Escola Municipal Frei Pacífico	72
4.3.2.2	Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus de Feliz	74
4.4	ETAPA B: DESENVOLVIMENTO	76
4.4.1	Identificação de Objetivos – Estruturação Gráfica	76
4.4.2	Identificação de Relações	77
4.4.3	Avaliação	77
4.5	ETAPA C: ANÁLISE	79
5.	RESULTADOS DA ETAPA A	80
5.1	CASO 1 – ESCOLA MUNICIPAL FREI PACÍFICO	80
5.1.1	Caracterização da Escola Frei Pacífico	81
5.1.1.1	Materiais e Técnicas Construtivas da Edificação	84
5.1.1.2	Processo de Desenvolvimento da Escola Frei Pacífico	89
5.1.2	Estado Atual da Edificação da Escola Frei Pacífico	94
5.2	CASO 2 – INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (IFRS), CAMPUS DE FELIZ	96
5.2.1	Caracterização do IFRS, Campus de Feliz	98
5.2.1.1	Materiais e Técnicas Construtivas da Edificação	100
5.2.1.2	Processo de desenvolvimento do IFRS Campus de Feliz	103
5.2.2	Estado Atual da Edificação do IFRS, Campus de Feliz	106
5.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS DA ETAPA A	111
6.	RESULTADOS DA ETAPA B	112
6.1	ESCOLA MUNICIPAL FREI PACÍFICO	112
6.1.1	Objetivos de Sustentabilidade	113
6.1.1.1	Estruturação Gráfica dos Objetivos de Sustentabilidade	113
6.1.2	Relações Existentes entre Objetivos de Sustentabilidade	116
6.1.3	Avaliação do Atendimento aos Objetivos de Sustentabilidade	118
6.1.3.1	Resultados da avaliação	119
6.1.3.2	Soluções técnicas com problemas associados	125

6.1.3.3	Análise geral dos resultados	126
6.2	IFRS CAMPUS DE FELIZ	127
6.2.1	Objetivos de Sustentabilidade	129
6.2.1.1	Estruturação Gráfica dos Objetivos de Sustentabilidade	129
6.2.2	Relações Existentes entre Objetivos de Sustentabilidade.....	131
6.2.3	Avaliação do Atendimento dos Objetivos de Sustentabilidade	132
6.2.3.1	Resultados da avaliação.....	132
6.2.3.2	Soluções técnicas com problemas associados a questões externas	137
6.2.3.3	Análise geral dos resultados	138
6.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS DA ETAPA B.....	140
7.	RESULTADOS DA ETAPA C.....	142
7.1	CAUSAS DO NÃO ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE	142
7.1.1	Etapa de Concepção do Empreendimento	144
7.1.2	Etapa de Planejamento e Projeto	145
7.1.3	Etapa de Execução das Obras	146
7.1.4	Etapa de Operação.....	146
7.1.5	Questões Externas	147
7.1.6	Considerações.....	148
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA ALCANÇAR OS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE PRETENDIDOS	148
8.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	151
8.1	CONCLUSÕES	151
8.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	153
	APÊNDICE A (em arquivo digital)-	166
	APÊNDICE B (em arquivo digital)-	169
	APÊNDICE C (em arquivo digital)-	181
	APÊNDICE D (em arquivo digital)	182
	APÊNDICE E (em arquivo digital).....	183
	APÊNDICE F-(em arquivo digital).....	184
	APÊNDICE G-(em arquivo digital)	185

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AQUA: Alta Qualidade Ambiental.

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.

BRE: Building Research Establishment.

CAR: Cambridge Architectural Research.

CENERG: Centro Avançado em Pesquisa em Energia Aplicada.

CIB: The International Council for Research and Innovation in Building and Construction.

DPObras: Departamento de Obras da Universidade.

EUA: Estados Unidos da América.

FAURGS: Fundação de Apoio da Universidade do Rio Grande do Sul.

FCAV: Fundação Carlos Alberto Vanzolini.

FEPVARC: Fundação de Educação Profissional do Vale do Rio Caí.

GBC Brasil: Green Building Council Brasil.

GCAR: Grupo de Controle, Automação e Robótica

HQE: Association pour La Haute Qualité Environnementale (Associação pela alta qualidade ambiental).

IEA: International Energy Agency.

IETC: International Environmental Technology Centre.

IFRGS: Instituto Federal do Rio Grande do Sul.

ISO: International Organization for Standardization.

LCA: Life Cycle Analysis.

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design.

MTS: Market Transformation to Sustainability

NBR: Norma Brasileira Regulamentada.

NERCI: Núcleo de Excelência em Redes de Comunicação Industriais.

NIST: National Institute of Standards and Technology.

NORIE: Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação.

NRCan: National Resources Canada.

Poli-USP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PPGEC: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

PROEP: Programa de Expansão da Educação Profissional.

PPI: Processo de projeto integrado.

QAE: Qualidade Ambiental do Edifício.

RAC-C: Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

RCD: Resíduos de Construção e Demolição.

RS: Rio Grande do Sul.

RTQ-C: Regulamento técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços Públicos.

SGE: Sistema de Gestão do Empreendimento.

SMAM: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Porto Alegre.

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

UNEP: United Nations Environment Programme.

USGBC: United States Green Building Council.

WCED: World Commission on Environment and Development

1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta o escopo desta dissertação, abordando o contexto em que está inserida a pesquisa, o problema, as questões e os objetivos propostos, bem como as delimitações.

1.1 CONTEXTO

Atualmente, é bem aceita a ideia de que o grande consumo de materiais e energia para o desenvolvimento das atividades humanas está chegando aos limites da capacidade de suporte do planeta (CIB¹, 1999; CIB, UNEP-IETC², 2002; UNEP, 2011). O setor da construção civil é o maior contribuinte de emissões de gás estufa no mundo (UNEP, 2011), considerando que: a energia consumida nas edificações equivale a um quinto da energia consumida globalmente (EIA³, 2010); o consumo de materiais equivale a mais de um terço dos recursos sendo consumidos pela sociedade humana, incluindo 12% da água limpa para uso e consumo da população global; e a construção significativamente contribui à geração de resíduos sólidos, estimados em 40% do volume total (UNEP, 2011). No Brasil, as edificações residenciais, comerciais e públicas consomem o 44% do total da energia produzida (BRASIL, 2008).

A UNEP (2011) afirma que os países desenvolvidos, onde o estoque construído já está consolidado, respondem pela maior parte do consumo de energia relacionada às edificações existentes e emissões de CO₂. No entanto, o panorama está mudando rapidamente. A maioria dos países em desenvolvimento, onde existe um significativo déficit habitacional, cresce de forma acelerada, urbanizando-se de duas a três vezes mais rápido que os países desenvolvidos (UNEP, 2011). Sendo assim, especialmente nos países em desenvolvimento (Brasil), o grande potencial para reduzir a demanda por recursos energéticos e materiais provém de novas edificações concebidas segundo os princípios que orientam a produção de construções sustentáveis⁴ (UNEP, 2011).

¹ The International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB).

² United Nations Environment Programme (UNEP), International Environmental Technology Centre (IETC).

³ U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA).

⁴ Os termos edificações sustentáveis, edificações verdes, edificações de alto desempenho ambiental são usadas de forma alternada na literatura (KIBERT, 2008). Todavia, o termo construção sustentável trata dos aspectos ambientais, sociais e econômicos do ambiente construído (CIB; UNEP-IETC, 2002; SILVA, 2003; GIBBERD, 2004; SATTLER, 2004; KIBERT, 2008).

Tais impactos representam, tanto responsabilidades, quanto oportunidades para o setor da construção civil e para a comunidade acadêmica, para trabalhar no desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis, nas diversas disciplinas e áreas do conhecimento, que auxiliem à indústria da construção a minimizar seus impactos sobre o meio ambiente (CIB, 1999).

Apesar de ser o maior contribuinte de emissões de gás estufa, o setor da construção civil também possui um enorme potencial para reduzi-las (IPCC⁵, 2007). Baseado em 80 estudos em 36 países, o relatório do IPCC (IPCC, 2007) aponta que a redução de 29% das emissões (a partir da linha base projetada para 2020) pode ser alcançada a custo zero, especialmente nos países em desenvolvimento. Além das questões ambientais, a produção de edificações sustentáveis, e seu uso subsequente, podem trazer inúmeros benefícios sociais e econômicos, incluindo o melhoramento de condições de conforto e saúde, produtividade e bem-estar, criação de empregos e geração de renda (CIB, 1999; CIB, UNEP-IETC, 2002; SATTLER, 2007; UNEP, 2011).

Quanto às edificações sustentáveis, existem dois paradigmas. O primeiro está baseado no conceito de sistemas passivos e consiste em adequar a edificação ao local onde é inserida, utilizando elementos naturais e técnicas construtivas (passivas), sem alta tecnologia (UNEP, 2011). O segundo paradigma propõe uma aproximação mais “ativa” e baseia-se no estado da arte de sistemas prediais (*high-tech*), para reduzir as cargas energéticas do edifício. Esta pesquisa está inserida no contexto do primeiro paradigma, que objetiva: minimização do consumo de recursos não renováveis; minimização de efluentes líquidos e de resíduos sólidos; maximização da qualidade dos ambientes internos (considerando conforto térmico, lumínico, acústico e qualidade do ar, flexibilidade e adaptabilidade do edifício) e redução de custos, considerando todo o ciclo de vida do edifício (BRE, CAR, ECLIPSE⁶, 2002; IEA, 2003; FULLBROOK et al., 2005; PULASKI et al., 2006; SATTLER, 2007).

Uma das melhores formas para disseminar os princípios da construção sustentável são as instituições educativas. Segundo Orr (2002), as edificações e a paisagem nas escolas refletem um currículo que influencia potencialmente o processo de aprendizagem. Dessa forma, em concordância com o mesmo autor, os ambientes de ensino devem ser usados como ferramenta educacional e laboratório para solucionar os problemas ambientais. A operação das edificações e a paisagem devem ser um modelo exemplar de práticas da sustentabilidade (*ibid.*). Em contraste, no contexto nacional, o programa de expansão educacional Brasil Profissionalizado⁷ sugere a construção de escolas convencionais, com um projeto executivo padrão para todo o território nacional (BRASIL, 2011), desconsiderando de antemão princípios da construção sustentável.

⁵ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

⁶ Building Research Establishment (BRE); Cambridge Architectural Research (CAR); Eclipse Research Consultants.

⁷ O programa Brasil Profissionalizado visa fortalecer as redes estaduais de educação profissional e tecnológica. A iniciativa repassa recursos do governo federal para que os estados invistam em suas escolas técnicas. Criado em 2007, o programa possibilita a modernização e a expansão das redes públicas de ensino médio integradas à educação profissional. O objetivo é integrar o conhecimento do ensino médio à prática (BRASIL, 2011).

É importante reconhecer que a construção sustentável precisa de uma mudança profunda nas atitudes e comportamentos, entre todos os intervenientes da cadeia produtiva, incluindo reguladores, empreendedores, especialistas, executores e usuários finais, entre outros (CIB, 1999; UNEP, 2011). Entretanto, a coordenação entre todos os envolvidos não é comum. Por exemplo, as decisões que são tomadas na etapa de concepção, planejamento e projeto têm um maior impacto no desempenho ambiental da edificação do que nas outras etapas; porém, essas decisões não tendem a contemplar os custos operacionais da edificação sempre que não sejam pagas pelo empreendedor (UNEP SBCI, 2009). Nessa instância, diversos autores consideram que as maiores oportunidades para alcançar os objetivos da construção sustentável se encontram nas primeiras etapas do processo de projeto das edificações (CIB, 1999; REED e GORDON, 2000; CIB, UNEP-IETC, 2002; VOSGUERITCHIAN e MELHADO, 2005; ZAMBRANO, 2008; UNEP, 2011).

No entanto, Reed e Gordon (2000) advertem que, para alcançar esses objetivos, é preciso capacitar aos envolvidos na tomada de decisão durante as etapas do processo de projeto. Os projetistas, em especial, devem entender o processo de projeto da edificação de uma forma holística, considerando todas as atividades relacionadas à construção e tendo em vista todo o seu ciclo de vida (MENDLER, 2001). A sustentabilidade de uma edificação é algo complexo, não se resume a decisões e dispositivos técnicos somados ao projeto; depende de uma abordagem ampla e de um compromisso ético ambiental e social de todos os atores envolvidos, ao longo de todo o desenvolvimento de um empreendimento (ZAMBRANO et al., 2008). Deve-se perceber que cada decisão na etapa de projeto tem repercussões sobre os recursos ambientais, sociais e econômicos (REED e GORDON, 2000). Dessa forma, a presente pesquisa insere-se no contexto da discussão do processo de projeto de edificações educacionais, com foco na sustentabilidade.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A construção sustentável está evoluindo e ganhando força no meio científico, desde finais de 1980, mas os princípios que a regem ainda não têm sido implementados como uma prática comum na indústria da construção civil (MOHAMED et al., 2008). Na prática convencional, Fabrício e Melhado (2001) afirmam que o processo de projeto de edificações é caracterizado por ser um processo segmentado e isolado entre as disciplinas. Segundo os mesmos autores, durante as primeiras etapas, as soluções são desenvolvidas, exclusivamente, por um escritório de arquitetura externo e, depois, validadas pelo cliente, enquanto a contratação dos demais atores envolvidos no projeto costuma ocorrer nas etapas finais, quando as principais definições já foram tomadas e as possibilidades de alteração ou otimização são restritas e custosas. Assim, a profunda separação entre a fase de projeto e as fases posteriores é apontada como causadora de dificuldades para o atendimento às demandas do empreendimento (FABRÍCIO e MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002; IEA, 2003; FIGUEIREDO, 2009).

Romano (2006) complementa o anterior afirmando que, no processo de projeto de edificações, em função do aumento crescente da complexidade tecnológica e do número de intervenientes, e da consequente elevação do

fluxo de informações e necessidade de maior integração, em prazos cada vez mais curtos, verifica-se que as interfaces técnicas e gerenciais tornam-se cada vez mais complexas. Dessa forma, a mesma autora constata que, no contexto brasileiro, os envolvidos não estão preparados para o gerenciamento desse processo, conservando práticas que são causadoras de muitos problemas no processo construtivo, como um todo. Na ausência de um processo de integração, os sistemas acabam sendo superdimensionados, estabelecendo conflitos, somando redundâncias desnecessárias e eliminando a possibilidade de operação conjunta (REED e GORDON, 2000).

Ainda mais, Vosgueritchian e Melhado (2005) apontam que a coordenação do processo de projeto está sofrendo uma irrevogável mudança, devido à incorporação dos aspectos de sustentabilidade, porém sem considerar a interação sistêmica⁸ entre eles no próprio processo de projeto. Para Lapinski *et al* (2006), as grandes perdas no processo de projeto são devidas ao fato de que o empreendedor e as equipes de projeto possuem um entendimento limitado sobre quais aspectos são indispensáveis para um empreendimento sustentável. Nesse sentido, vários autores afirmam que o processo de projeto de edificações sustentáveis é mais complexo, visto que possuem mais intervenientes, que precisam de maior interação entre si, fundamentalmente pelos requisitos especiais, tecnologias construtivas e materiais inovadores (HILL e BOWEN, 1997; REED e GORDON, 2000; LAPINSKI *et al.*, 2006; PULASKI *et al.*, 2006; BAE e KIM, 2007).

De forma similar, Klotz e Horman, (2009) defendem que um mesmo escritório de projeto, que poderia trabalhar de forma independente na concepção e projeto de um empreendimento convencional, necessitaria de maiores esforços de coordenação no desenvolvimento de um empreendimento sustentável. Na busca pela eficiência do desempenho ambiental, diversos grupos de profissionais seriam envolvidos e necessitariam uma estrutura de integração, entre especialistas, construtores, e usuários (KLOTZ e HORMAN, 2009). Além disso, recentes experiências de empreendimentos com enfoque na sustentabilidade têm evidenciado dificuldades ao longo do processo de projeto, relacionadas com a ausência de requisitos de sustentabilidade, falhas na execução das obras e falhas após a ocupação, na operação da edificação (CASTRO-LACOUTURE *et al.*, 2008). Segundo os referidos autores, a causa desses problemas reside nos métodos convencionais de gestão.

Entre outras barreiras para alcançar o resultado esperado com edificações sustentáveis, Cole (2000) afirma que apesar de existirem diversas diretrizes focadas nas melhores práticas para aumentar o desempenho ambiental das edificações, não há informação estruturada acerca dos procedimentos necessários para se alcançar esse desempenho ambiental, ao longo do processo de projeto. Ainda mais, Chen *et al* (2005) mencionam que poucos estudos consideram o efeito da gestão do processo de projeto, com vistas à adoção de práticas que visam a sustentabilidade. Mohamed *et al* (2008) indicam a ausência de uma estrutura que permita integrar os diversos especialistas, considerando os critérios e restrições dos respectivos sistemas, resultado da interação sistêmica

⁸ Entende-se interação sistêmica como a influência recíproca de dois ou mais critérios de projeto, os quais influenciam, por sua vez, o sistema como um todo. Na revisão de literatura e neste trabalho, esse termo abrange os conceitos de relações e interdependências.

entre os próprios critérios. A estrutura desse processo de projeto é uma das necessidades para que se possam realizar recomendações significativas (MYERS, 2005).

Percebe-se que as decisões de projeto não só terão um impacto na etapa de construção, como também ao longo das etapas posteriores, como operação/uso, manutenção e desconstrução (CASTRO-LACOUTURE *et al*, 2008). Pesquisas anteriores apontaram a importância de considerar objetivos de sustentabilidade e sua interação sistêmica no longo prazo, especialmente durante a etapa de planejamento e projeto (LAPINSKI *et al*, 2006; CASTRO-LACOUTURE *et al*, 2008; ZAMBRANO, 2008). No entanto, Lapinski *et al* (2006) afirmam que é preciso identificar quais aspectos de sustentabilidade podem ser realizados de forma mais eficiente. Para os mesmos autores existem cinco aspectos chave para alcançar uma edificação mais sustentável: a) inserir esses objetivos no processo, o mais cedo possível; tão cedo quanto a estimativa do valor total da edificação; b) alinhar esses objetivos com a estrutura do empreendimento; c) identificar os aspectos da edificação que poderiam levar ao atendimento desses objetivos; d) selecionar uma equipe de projeto experiente e inseri-la o mais cedo possível no processo; e e) investir tempo em alinhar cada um dos envolvidos com os objetivos do empreendimento.

Para o atendimento dos objetivos, Horman *et al.* (2005) complementam que são necessários métodos para capturar e utilizar o conhecimento de edificações sustentáveis, através de todo o processo de projeto. Nesse contexto, Cole (1998) aponta que os métodos de avaliação de sustentabilidade são ferramentas que trazem conhecimento e habilidades para a equipe de projeto, e podem auxiliar na assimilação de aspectos de sustentabilidade, como prática de projeto. Porém esses métodos não contemplam aspectos do processo de projeto, como a capacidade para associar responsabilidades específicas aos envolvidos, ou prover a participação interativa entre os envolvidos ao longo do processo (COLE, 1998; DING, 2008). Para Zambrano (2008), os métodos de avaliação de sustentabilidade dependem de uma modelagem prévia, que possibilite analisar e estruturar os critérios envolvidos nas decisões. Segundo a mesma autora, apesar da sua importante valia, esses métodos demandam um instrumento que permita auxiliar a organização e identificação dos aspectos presentes e suas inter-relações, na primeira etapa do processo de projeto.

Outra estratégia para introduzir e disseminar o conhecimento sobre edificações sustentáveis é a avaliação de seus objetivos. Segundo Bordass e Leaman (2005) e Bonatto (2010), através de avaliações pós-ocupação é possível analisar os resultados, frente aos objetivos propostos e ações realizadas. Nesse sentido, a avaliação dos objetivos de edificações sustentáveis, na etapa de operação/uso, pode indicar quais os aspectos a serem considerados no processo de projeto de novos empreendimentos com foco similar.

1.3 QUESTÕES DA PESQUISA

Considerando o contexto em que está inserida esta pesquisa, e com base no problema de pesquisa apresentado no item anterior, foi definida a questão principal de pesquisa:

“Como a interação sistêmica afeta o atendimento aos objetivos de empreendimentos mais sustentáveis?”

Esta questão geral foi desdobrada nas seguintes questões secundárias:

- a. Quais as interações mais importantes para o atendimento aos objetivos de sustentabilidade?
- b. Quais as causas principais do não atendimento aos objetivos de sustentabilidade?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

Para responder à principal questão de pesquisa, o objetivo deste estudo é “avaliar como a interação sistêmica afeta o atendimento aos objetivos de empreendimentos com foco na sustentabilidade”.

A partir desse objetivo, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a. Propor uma forma de explicitar os objetivos de sustentabilidade;
- b. Identificar as interações mais importantes no atendimento aos objetivos de sustentabilidade;
- c. Identificar as causas do não atendimento aos objetivos de sustentabilidade.

1.5 DELIMITAÇÕES

Para o desenvolvimento desta pesquisa serão consideradas instituições educativas que foram concebidas com foco na sustentabilidade. Como mencionado anteriormente, as instituições educativas são ambientes que podem constituir um modelo exemplar de práticas da sustentabilidade, e neste contexto, as edificações e a paisagem deverão usadas como ferramenta para tal fim. Portanto, o atendimento aos objetivos de sustentabilidade torna-se um imperativo, pois deles não depende só o desempenho da edificação, mas sim o sucesso da instituição. Neste sentido, as edificações mais sustentáveis de instituições educacionais tornam-se um objeto relevante de investigação, assim como constituem uma delimitação para este estudo.

Por outro lado, as edificações analisadas estão localizadas no estado do Rio Grande do Sul e foram desenvolvidas por uma mesma equipe na etapa inicial do projeto, com a participação do NORIE. O vínculo do NORIE na realização desse tipo de projetos reforça a importância desta delimitação, visto que o resultado desta pesquisa pode auxiliar na concepção de futuros projetos a serem desenvolvidos pelo mesmo grupo. Por último, embora a sustentabilidade deva ser analisada de uma forma holística, a avaliação dos objetivos de sustentabilidade nesta pesquisa encontra-se delimitada à dimensão ambiental, em decorrência das restrições da literatura quanto à avaliação da sustentabilidade.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em oito capítulos. O presente capítulo abordou o contexto no qual está inserido este estudo e o problema de pesquisa, identificando na literatura as lacunas de conhecimento. A partir dessa discussão, foram apresentadas as questões e os objetivos a serem alcançados nesta pesquisa.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre a sustentabilidade na construção civil, abordando os princípios que devem ser aplicados à indústria da construção civil, como um todo, nas diferentes etapas que compõem o ciclo de vida das edificações. A partir desses princípios, são apresentados os critérios mais relevantes a serem considerados pelas edificações sustentáveis, tomando como exemplo duas instituições educativas mais sustentáveis. Em seguida, foi apresentada a importância da avaliação da sustentabilidade para o processo de projeto, desde a análise do ciclo de vida, até as diversas metodologias de avaliação disponíveis, com foco no processo AQUA.

O terceiro capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o processo de projeto, iniciando-se com as definições referentes ao projeto, como processo criativo e como processo gerencial, incluindo vários modelos propostos por diversos autores. A partir dessa diferenciação, é abordado o projeto, como processo gerencial, e são definidos os intervenientes deste processo. Em seguida, são apresentados os aspectos do processo de projeto de uma edificação convencional e as particularidades no desenvolvimento do mesmo nas edificações mais sustentáveis, abordando, nessa instância, o processo de projeto integrado.

O quarto capítulo apresenta o método de pesquisa. Inicia-se com a descrição da estratégia de pesquisa escolhida, seguida do delineamento do processo de pesquisa e o detalhamento das três etapas principais, incluindo a descrição dos estudos de caso, objeto desta pesquisa, e suas evidências.

O quinto capítulo apresenta os resultados da etapa A da pesquisa, referentes à caracterização dos estudos de caso. Abarca os materiais e técnicas construtivas, o processo de desenvolvimento e o estado atual das edificações. O sexto capítulo apresenta os resultados da etapa B, referentes à avaliação dos objetivos de sustentabilidade dos estudos de caso. Neste capítulo são identificados os objetivos de sustentabilidade e as relações existentes entre eles, assim como são apresentados quais foram atendidos ou não, tudo isto a partir de uma estruturação gráfica proposta para cada estudo. O sétimo capítulo apresenta os resultados da última etapa da pesquisa, referentes à análise das possíveis causas do não atendimento dos objetivos de sustentabilidade, ao longo do processo de projeto. Ainda, são apresentadas algumas recomendações para o desenvolvimento de empreendimentos com foco similar, baseando-se nas causas encontradas e na revisão da literatura, incluindo, por último, os sistemas de avaliação de sustentabilidade, como ferramenta de auxílio ao processo de projeto. Finalmente, o oitavo capítulo apresenta as conclusões e recomendações para futuras pesquisas, sintetizando as contribuições desta pesquisa.

2. A SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A partir da década de 90 a visão de desenvolvimento sustentável passou a influenciar a definição de estratégias e métodos para redução dos impactos negativos do setor da construção civil sobre o entorno. O presente capítulo apresenta uma revisão sobre o conceito de construção sustentável e os princípios que devem orientar a concepção de edificações que procuram uma maior sustentabilidade, assim como também aborda o contexto das metodologias de avaliação de sustentabilidade, como ferramentas de auxílio ao processo de projeto.

2.1 COMPREENSÃO DO CONCEITO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

O conceito de desenvolvimento sustentável emergiu progressivamente na década de 70, a partir das questões ambientais presentes nas políticas socioeconômicas nacionais e internacionais. Mas foi em 1987, a partir do trabalho da Comissão Brundtland (*World Commission on Environment and Development - WCED*), que foi criada a definição clássica de desenvolvimento sustentável (BRUNDTLAND, 1987):

Desenvolvimento econômico e social que atenda as necessidades da geração atual sem comprometer a habilidade das gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades.

Posteriormente, na *Earth Summit*, conferência das Nações Unidas realizada em 1992 no Rio de Janeiro, foi criada a Agenda 21 focalizando o desenvolvimento sustentável em diferentes contextos, entre eles o impacto gerado pelos assentamentos humanos (CIB, 1999). Em virtude disso, foi formulada em 1996 a *Habitat Agenda* (UN-HABITAT, 1996), na qual foi destacado o papel primordial do setor da construção civil, considerando sua importância para o desenvolvimento socioeconômico dos países, para a qualidade de vida gerada a partir dos assentamentos humanos, bem como pelo seu impacto ambiental, em termos de uso intensivo de recursos naturais e/ou não renováveis e desperdícios. Em decorrência dessas publicações, o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB) publica, em 1999, a Agenda 21 para a Construção Sustentável⁹ (CIB; UNEP-IETC, 2002).

O Desenvolvimento Sustentável pode ser compreendido como o processo que busca manter um equilíbrio dinâmico entre as demandas dos habitantes pela equidade, prosperidade e qualidade de vida; e o

⁹Agenda 21 on Sustainable Construction – CIB Publication 237.

ecologicamente possível (CIB, 1999). É aquele desenvolvimento que nos leva a viver dentro da capacidade de suporte do planeta (GIBBERD, 2003).

A finalidade principal da Agenda 21 para a Construção Sustentável foi criar um marco global e uma terminologia de apoio às agendas regionais e governamentais, assim como servir de referência para a definição das atividades de pesquisa e desenvolvimento relacionadas à construção sustentável. Entre essas atividades, a Agenda 21 contempla a redução de impactos, por meio de mudanças significativas nos processos de projeto, produção, uso e manutenção de edifícios (CIB, 1999).

O setor da construção civil tem uma importância significativa no desenvolvimento de qualquer país, e representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. A indústria da construção é o maior empregador no mundo, com 111 milhões de empregados no mundo inteiro, estando 74% deles em países de baixa renda (CIB; UNEP-IETC, 2002). A International Energy Agency - IEA (2006) afirma que o uso de energia em edifícios residenciais, comerciais e públicos representa 35% do consumo final da energia no mundo. No Brasil, esses três setores representam 44,4% do consumo final de energia (BRASIL, 2008). No ano de 2009, as obras de construção civil (infraestrutura, edificações, obras de manutenção e reformas) no Brasil foram responsáveis por 46,6% do total do investimento realizado no país, correspondente a 9,2% do PIB brasileiro (FIESP, 2010).

A produção de empreendimentos da construção utiliza materiais e recursos energéticos finitos, muda a estrutura do ecossistema e produz grandes quantidades de resíduos de obras e de demolição. Silva (2003) aponta vários dos impactos dos edifícios e das obras civis sobre o meio ambiente, entre eles: a alteração da natureza, da função e aparência das áreas urbanas e rurais; a geração de resíduos (em proporções maiores que nas outras atividades econômicas) e; a liberação indireta de CO₂, na fabricação e transporte dos materiais utilizados.

Adicionalmente, a energia embutida nos materiais e produtos, as emissões de gases estufa e a poluição ambiental são impactos especialmente relacionados ao processamento das matérias primas e à manufatura dos produtos acabados. Além disso, o desflorestamento massivo, nos países em desenvolvimento, está associado a indústria da construção, causando erosão do solo, sedimentação nos cursos de água, mudança nos regimes de precipitação, entre outros (CIB; UNEP-IETC, 2002). Considerando tudo isto, pode-se afirmar que é impossível alcançar o desenvolvimento sustentável sem que a indústria da construção adquira consciência da necessidade de processos sustentáveis e ambientalmente corretos, no processo de desenvolvimento de edificações (BOSSINK, 2008).

Entretanto, o impacto ambiental gerado pela indústria da construção é, possivelmente, maior nos países em desenvolvimento, que nos países desenvolvidos, devido à situação de crescimento e ao baixo grau de industrialização do setor (CIB; UNEP-IETC, 2002). As prioridades nas agendas regionais, os problemas e sua escala, e as tecnologias existentes dos países em desenvolvimento se diferenciam radicalmente daquelas dos

países desenvolvidos. A partir disto, foi proposta, em 2002, a Agenda 21 para Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento.

Esta Agenda define a construção sustentável como o processo holístico, que busca restabelecer e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído, através de assentamentos que afirmem a dignidade humana e incentivem a equidade econômica. Gibberd (2004), de forma semelhante e sintética, afirma que a construção sustentável é aquela que busca maximizar os benefícios sociais e econômicos, enquanto minimiza os impactos ambientais negativos.

Sob o mesmo ponto de vista, Silva (2003) afirma que a construção sustentável não implica em priorizar uma dimensão, em detrimento das demais, nem demandar uma solução perfeita, mas sim buscar o equilíbrio entre a viabilidade econômica, que mantém as atividades e negócios; as necessidades da sociedade; e as limitações do meio ambiente. O contexto dos países em desenvolvimento é um claro exemplo, onde a demanda por um grande volume de edificações, com níveis mínimos de qualidade para populações carentes, precisa encontrar equilíbrio com a escassez de recursos e a proteção ambiental.

A construção sustentável procura gerar valor mediante o aumento do desempenho ambiental das edificações e da viabilidade econômica no longo prazo (SHAFII *et al*, 2006). Empreendimentos sustentáveis, e ambientalmente responsáveis, são mais econômicos e eficientes em termos de durabilidade e consumo energético, e oferecem ambientes mais saudáveis e confortáveis para os usuários (SILVA, 2003). Tudo isso resulta em benefícios nos aspectos de saúde, segurança, produtividade e relação custo-eficiência.

Entretanto, diversas interpretações têm sido dadas à construção sustentável. Inicialmente, o termo “Construção sustentável” resumia todas as atividades do setor que tivessem alguma relação com o conceito, porém, mais recentemente, têm sido utilizados vários termos para distinguir as diversas atuações, entre eles: “edificações mais sustentáveis”, “edificações e ambiente construído sustentáveis”, “indústria da construção sustentável” (YUBA, 2005). Nesse mesmo sentido, segundo Silva (2003) e Figueiredo (2009), existe uma imprecisão no emprego da terminologia relacionada à sustentabilidade. Na bibliografia consultada e nos escritórios de projeto, observa-se que o termo “sustentável” é, na maioria dos casos, empregado para referir-se a aspectos unicamente ambientais, sem considerar, ou explicitar as outras dimensões.

Contudo, Silva e Shimbo (2001) propõem analisar os princípios de diferentes contextos para a definição de um referencial com características básicas de sustentabilidade na construção civil. O resultado é a obtenção de cinco dimensões de análise (Ambiental, Social, Econômica, Política e Cultural), cujos princípios são abordados na seção seguinte.

2.1.1 Princípios de Sustentabilidade para a Construção Civil

A Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB, 1999) e a Agenda para Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento (CIB; UNEP-IETC, 2002) definiram o conceito geral de desenvolvimento sustentável e contribuíram com princípios delimitados para o setor da construção civil. A primeira Agenda teve uma preponderância significativa das questões ambientais sobre as demais, enquanto que a segunda Agenda teve uma preocupação maior com as dimensões social, econômica, política e cultural; principalmente pela explicitação dos problemas comuns aos países em desenvolvimento. Essas e outras publicações têm definido, com maior detalhamento, os princípios, desafios, e estratégias para as diferentes dimensões da sustentabilidade.

Yuba (2005) reúne a síntese desses princípios nas cinco dimensões, apresentados nas figuras seguintes. A dimensão ambiental (Figura 1) é a mais enfatizada na literatura que trata da sustentabilidade na construção civil. O estágio de desenvolvimento atual mostra princípios mais delimitados, estratégias e uma grande definição de ações específicas, apontadas para cada agente do setor. Para autores como Lyle (1994) e Yuba (2005), entre outros, o fator principal para reduzir os impactos ambientais é considerar os processos de regeneração natural, no desenvolvimento de tecnologias mais amigáveis.

Princípios e estratégias na dimensão ambiental da construção sustentável
Reduzir o uso de recursos, em todo o ciclo de vida dos materiais e produtos: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a produção de resíduos; • Reduzir a exploração de minérios; • Promover a eficiência energética na produção e na operação das edificações; • Reduzir o consumo de água na produção e na operação das edificações; • Aumentar a durabilidade; • Aumentar a manutenção.
Reduzir a liberação de emissões ambientalmente perigosas: <ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a emissão de gases tóxicos, que contribuem para o efeito estufa. • Reduzir a emissão de efluentes.
Promover o funcionamento saudável dos ecossistemas, em escala local, regional e global: <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver pesquisas sobre os impactos ao meio ambiente causados por materiais e acabamentos; • Desenvolver estratégias para lidar com materiais perigosos.
Incentivar o desenvolvimento e a difusão de tecnologias ambientalmente sustentáveis. <ul style="list-style-type: none"> • Vencer a barreira da inércia tecnológica dos países em desenvolvimento; • Vencer a dependência tecnológica, em relação aos países desenvolvidos; • Vencer a falta de políticas de suporte às tecnologias nacionais; • Inovar os materiais e métodos de construção.
Melhorar a qualidade do processo de construção e seus produtos.
Adotar o conceito de sistema regenerativo.

Figura 1. Princípios ambientais da construção sustentável (adaptado de Yuba, 2005).

A dimensão social é abordada com base nos princípios das áreas dos direitos humanos e das relações de trabalho. Considerando a representatividade da construção civil na economia de uma região, é demandada ao setor a contribuição para a redução da pobreza e das desigualdades dentro da população, e a busca de

soluções para as questões de discriminação (CIB; UNEP-IETC, 2002). Wells (2003) trata os aspectos sociais da construção sustentável nos países em desenvolvimento, e define a “responsabilidade social” como “a minimização dos efeitos negativos e a maximização dos efeitos positivos que uma atividade econômica exerce sobre as pessoas e a sociedade” Dessa forma, o impacto se dá em três escalas: a) nos envolvidos na atividade; b) na comunidade local; e c) na comunidade global (efeito mínimo).

Na dimensão econômica da sustentabilidade, o incentivo do setor da construção civil à economia local é um dos aspectos mais apontados, como tendo influência positiva para a geração de renda, economia forte e diversificada. A organização e participação da comunidade nos empreendimentos, a união do trabalho profissional com o trabalho voluntário, a transferência dos recursos exógenos e a mobilização de recursos endógenos são mecanismos apontados pelo SEBRAE (2011) para o desenvolvimento econômico local.

A dimensão política da sustentabilidade na construção civil aborda, principalmente, a falta de integração entre os agentes tomadores de decisão (governos locais, órgãos de legislação, associações de profissionais, construtores, usuários), o que prejudica a operacionalização da sustentabilidade nas outras dimensões (YUBA, 2005). Tal problema está relacionado, principalmente, à falta de identificação desses agentes, como parte de um mesmo setor ou, ainda, por uma representação deficiente. A mesma autora afirma que, o aumento da participação pública, além de influenciar as ações sobre o meio ambiente; ajuda a recuperar a consciência, que vem sendo gradativamente perdida pelo ser humano estar inserido em uma série de interconexões naturais e artificiais; e ajuda a educar para as questões ambientais. Adicionalmente, as políticas públicas têm sido negativamente influenciadas em consequência do cenário econômico atual, pela adoção, cada vez mais crescente, de medidas de caráter emergencial na escala local (CIB; UNEP-IETC, 2002).

Na dimensão cultural da sustentabilidade, a discussão centra-se na recuperação de técnicas e materiais nativos e seu aprimoramento, frente à rejeição dos usuários que buscam alcançar os padrões modernos, comumente popularizados pela globalização. Edwards e Bennett (2003) apontam a necessidade de alcançar o equilíbrio entre a utilização de materiais de construção “globais” (cimento, aço, alumínio, vidro e madeira) e materiais “locais” (tijolo, solo cimento, madeira local, bambu e outros produtos renováveis), considerando, especialmente para a produção da habitação: (a) o conforto interno; (b) o relativo impacto ambiental benéfico; (c) a cultura popular, que busca alcançar o *status* de moderno, dos países desenvolvidos.

Por outro lado, na dimensão cultural, também são discutidos aspectos, como a valorização das raízes da população; a abordagem dos símbolos da sociedade (ascensão social, progresso material, estabilidade), métodos de construção tradicionais, soluções “caseiras”, qualidade estética, valores da comunidade, questões de religião (CIB; UNEP-IETC, 2002); como formas de inclusão da população no projeto.

Contudo, para alcançar a sustentabilidade, como um todo na construção civil, é indispensável que essas dimensões sejam contempladas conjuntamente. Da mesma forma, os princípios devem ser considerados em todas as etapas de desenvolvimento de um empreendimento na construção civil, como apresentado na Figura.

Exploração dos recursos naturais:

Os princípios de sustentabilidade no processo de exploração de recursos naturais consideram, em geral, a redução do esgotamento dos recursos não renováveis, os impactos causados na exploração e a taxa de consumo (YUBA, 2005).

Fabricação de materiais e produtos de construção:

Neste processo, sobressaem, principalmente, questões de caráter técnico nos princípios da dimensão ambiental. Nas outras dimensões, considerando o contexto dos países em desenvolvimento, a tendência é que o processo contribua como uma oportunidade de trabalho e geração de renda, para melhorar as condições na escala local e regional (CIB, UNEP-IETC, 2002).

Processo de projeto:

O processo de projeto é considerado, cada vez mais, como o processo mais importante na tomada de decisões para a sustentabilidade, evidente em todos os métodos de avaliação de sustentabilidade (CIB, 1999; CIB, UNEP-IETC, 2002; KIBERT, 2008). Este processo engloba todas as decisões dos processos subsequentes, o que indica a importância de atividades participativas, com todos os intervenientes, incluindo projetistas, construtores, fornecedores, empreendedores, usuários e demais clientes.

Processo de construção:

No contexto dos países em desenvolvimento, o processo de construção (execução de obra) engloba um conjunto de atividades, das mais artesanais àquelas inteiramente industrializadas (CIB, UNEP-IETC, 2002). O enfoque nesses países ultrapassa a dimensão ambiental, considerando outros aspectos, como geração de empregos, contratação de mão de obra formal, segurança e saúde no trabalho, além de maior participação dos trabalhadores nas decisões.

Operação (uso e manutenção):

O processo de operação, também chamada de etapa de uso e manutenção, é a mais longa de todo o ciclo de vida das edificações, em que todos os resultados dos processos anteriores são testados, em termos de consumo e habitabilidade (YUBA, 2005). Na construção sustentável, pode-se dizer que, enquanto a fase de projeto é a mais importante, em termos de processo, a fase de operação é a mais importante, em termos de produto. Principalmente porque é nessa fase que é consumida a maior quantidade de energia e água potável, e, também,

é nessa fase que os usuários finais sofrem as influências das condições ambientais proporcionadas pelo ambiente interno.

Processo de desconstrução:

O processo de desconstrução é o conjunto de atividades relacionadas à disposição da edificação (ou de seus componentes e/ou elementos), quando conclui sua vida útil, ou quando passa por reformas de porte considerável (ROCHA, 2008). Na desconstrução são considerados os processos de demolição, desmontagem, reciclagem, e reuso, além da gestão de resíduos finais. A reciclagem é definida como o reprocessamento dos materiais em novos produtos. O reuso é definido como a transferência de materiais de uma aplicação para outra (ROCHA, 2008). Nesse processo predomina a dimensão ambiental da sustentabilidade, embora nos países em desenvolvimento (incluindo o Brasil) são consideradas, também, as dimensões econômica e social, através das oportunidades aí existentes para a geração de renda.

Na construção sustentável, a importância do processo de desconstrução está no potencial de minimização da grande quantidade de resíduos gerados. A demolição deve ser concebida como um processo de desmontagem de componentes, visando seu reuso, reaproveitamento ou reciclagem. Esse processo depende, principalmente, do processo de projeto, sendo que, quanto maior o cuidado no projeto com as possibilidades de desmontagem futura dos componentes, maior vai ser a capacidade de reuso/reaproveitamento/reciclagem, implicando em menor consumo de recursos virgens para a produção dos materiais, em todas as cadeias produtivas da construção civil. Quanto maior o potencial de desmontagem de uma edificação, maior sua flexibilidade e eficiência ambiental, assim como sustentabilidade (ROCHA, 2008).

A partir dos princípios e estratégias apresentados anteriormente, é perceptível uma ênfase maior na dimensão ambiental da sustentabilidade, principalmente pelo grau de aprofundamento, em contraste com as outras dimensões, apesar de estas serem citadas. Isto, devido ao estado da arte das pesquisas, metodologias de avaliação de sustentabilidade, leis e regulamentações analisadas; as quais também são influenciadas pelas preocupações ambientais, em nível mundial (aquecimento global, desmatamento de florestas naturais, contaminação das águas, entre outros). De acordo com Silva (2003), apenas aumentando o escopo das considerações, além dos aspectos ambientais, incluindo os econômicos, sociais e institucionais, será possível estabelecer uma real aproximação à sustentabilidade.

	Exploração dos recursos naturais	Fabricação de materiais de construção	Processo de projeto
Ambiental	<p>Reduzir o esgotamento dos recursos minerais.</p> <p>Reduzir a devastação das florestas nativas.</p> <p>Conservar a diversidade ecológica e seus valores associados, os recursos hídricos, os solos, os ecossistemas e paisagens frágeis e singulares.</p>	<p>Aumentar a responsabilidade sobre os impactos ambientais.</p> <p>Minimizar os danos ambientais causados pelas suas operações.</p> <p>Considerar o ciclo de vida, como base para o desenvolvimento dos produtos.</p> <p>Reduzir a quantidade de material e energia incorporada nos produtos.</p> <p>Reduzir as emissões de produtos em uso.</p>	<p>Abordar o projeto de forma integrada, considerando, desde a fase de exploração dos recursos, até a desconstrução.</p> <p>Desenvolver consciência ambiental e capacitação para as questões ambientais.</p>
Social	<p>Combater as desigualdades sociais, empobrecimento e desemprego.</p> <p>Reconhecer e respeitar os direitos legais e costumes das comunidades tradicionais de possuir, usar e manejar suas terras, territórios e recursos.</p> <p>Manter ou ampliar, a longo prazo, o bem estar econômico e social dos trabalhadores das comunidades locais.</p>	<p>Dar preferência para materiais e técnicas de alta demanda de mão-de-obra.</p>	<p>Incorporar no processo de projeto os impactos sociais.</p> <p>Inovar os materiais de construção e métodos, para dar melhores condições de habitação, principalmente para a parcela mais carente da população.</p>
Econômica	<p>Incentivar o uso eficiente e otimizado dos recursos naturais, para assegurar a viabilidade econômica, sem esquecer os impactos ambientais e sociais.</p>	<p>Disponibilizar financiamentos diferenciados (benefícios fiscais).</p> <p>Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.</p>	<p>Disponibilizar financiamentos diferenciados (benefícios fiscais).</p> <p>Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.</p>
Político	<p>Assegurar aos trabalhadores os direitos de organização e negociação de seus interesses.</p> <p>Manter processos de consulta com os grupos diretamente afetados.</p> <p>Manter a participação da(s) comunidade(s) local(is) diretamente afetada(s) pela exploração dos recursos naturais.</p> <p>Definir, documentar e estabelecer legalmente as posses de longo prazo e os direitos de uso sobre a terra e recursos naturais.</p>	<p>Construir parcerias e cooperação, para o desenvolvimento e implementação de ações para a construção sustentável.</p>	<p>Fortalecer as instituições de planejamento, em todos os níveis, do global ao local.</p> <p>(Usuários) demandar produtos ambientalmente mais amigáveis dos projetistas e fornecedores.</p>
Cultural	<p>Respeitar os valores estéticos de um lugar.</p>		<p>Reavaliar o tradicional;</p> <p>Valorizar e aumentar a vida útil de materiais e tecnologias de construções tradicionais nativas, ao invés de substituí-los por técnicas importadas.</p> <p>Equilibrar a utilização de tecnologias nativas, e a produção de pré-fabricados em escala, para atender à habitação social.</p>
	Processo de construção	Uso / manutenção	Processo de desconstrução
Ambiental	<p>Minimizar os danos ambientais causados pelos seus processos de produção.</p> <p>Melhorar a qualidade do processo de construção (eficiência e segurança) e de seus produtos.</p> <p>Reduzir o uso de recursos.</p> <p>Estimular o gerenciamento ambiental responsável dos recursos naturais.</p>	<p>Encarar as questões ambientais como um aspecto do conforto, um fator que afeta beneficentemente a produtividade do uso dos espaços.</p> <p>Desenvolver procedimentos no uso da edificação, para serem ambientalmente corretos.</p> <p>Manter a qualidade do ambiente construído.</p> <p>Ver a consciência ambiental como um fator de competitividade (empresas de manutenção)</p>	<p>Minimizar os danos ambientais pelas suas operações.</p> <p>Substituir a noção de "demolição" por "desconstrução" ou "desmontagem".</p>

Figura 2. Princípios e estratégias da construção sustentável, sob a visão do ciclo de vida (adaptado de Yuba, 2005).

Continuação da Figura 2

Social	Criar empregos. Atender aos padrões da OIT. Ser responsável frente às gerações futuras. Encorajar movimentos "socialmente inclusivos".	Gerenciar a saúde do ambiente interno.	
Econômico	Apoiar a economia da região. Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis. Tornar a produção mais eficiente. Disponibilizar financiamentos e incentivos fiscais.		
Político	Constituir parcerias e cooperação, para o desenvolvimento e implementação de ações para a construção sustentável. Auto-regular a conduta. Manter relações transparentes com a sociedade. Manter diálogo e participação.	Capacitar para a sustentabilidade. Incluir a sustentabilidade nas práticas.	
C.	Encorajar movimentos "com centro na pessoa".	Tornar a sustentabilidade a base das decisões.	

Figura 2. Princípios e estratégias da construção sustentável, sob a visão do ciclo de vida (adaptado de Yuba, 2005).

2.1.2 O Contexto dos Países em Desenvolvimento

No contexto dos países em desenvolvimento, as preocupações relativas à construção sustentável ultrapassam os limites da dimensão ambiental, para as outras dimensões, especialmente a social. Vários autores afirmam que países em desenvolvimento têm outras prioridades, que não as ambientais, entre eles Kohler e Moffatt (2003), que dizem: "países em desenvolvimento têm como prioridade a solução de questões, como dignidade e segurança, mais do que a redução dos impactos do ciclo de vida". Outros aspectos assumem um rol prioritário, entre eles: a aptidão de uso, durabilidade e adaptabilidade no tempo, melhoramento nos níveis de habitabilidade e na qualidade dos espaços, utilização de materiais e mão de obra local, capacidade de geração de emprego, supressão de trabalho informal (SCHILLER et al., 2003).

Nesse contexto, é preciso estabelecer uma série de princípios integrais de sustentabilidade, que sejam complementares entre a dimensão ambiental e as outras dimensões, a social, principalmente. Isto, em concordância com Gibberd (2004), que também faz uma análise similar. O mesmo autor afirma que nos países desenvolvidos, onde a maior parte das necessidades básicas humanas já foi atendida, a ênfase deve ser dada para a tentativa de manutenção de padrões de vida, atuando na preservação do esgotamento de recursos e dos danos ambientais. Enquanto que nos países em desenvolvimento, a ênfase deve ser o atendimento às necessidades básicas, prevendo os impactos ambientais negativos. Da mesma forma, Silva *et al* (2003) compreendem que em todos os países em desenvolvimento (incluído o Brasil), as necessidades de redução de desigualdade social e econômica juntam-se à necessidade fundamental de equilíbrio entre o custo e o benefício ambiental, envolvidos nas ações para o desenvolvimento das nações.

Por outro lado, Cole e Larsson (2002) questionam a prática profissional ligada à construção sustentável, no contexto dos países em desenvolvimento. Eles afirmam que nesses países é comum o enfoque convencional dos projetistas, que procuram a modernidade tecnológica dos países desenvolvidos, sem perceber as profundas diferenças de contexto com a realidade local. Essa questão de caráter social, mas com impactos na dimensão ambiental, deve ser trabalhada conforme a Agenda 21 para Construção Sustentável em Países em Desenvolvimento (CIB; UNEP-IETC, 2002). Aparentemente, o preconceito e a rejeição dos usuários a técnicas nativas estão relacionados à imagem de “primitivismo, subdesenvolvimento e pobreza”.

Em relação aos aspectos de construção sustentável nos países em desenvolvimento (incluindo o Brasil), o próximo item aborda: os principais conceitos que são considerados na concepção das edificações sustentáveis; os fatores que orientam as tomadas de decisão na etapa de projeto; os objetivos de sustentabilidade comumente almejados e as estratégias de projeto indicadas para esse contexto, assim como os benefícios percebidos com esse tipo de edificações.

2.1.3 Edificações Sustentáveis

Todas as dimensões da sustentabilidade devem estar presentes, em cada projeto de edificações sustentáveis. Porém, na literatura relacionada com edificações sustentáveis, a dimensão ambiental predomina sobre as outras, fundamentalmente pelo caráter técnico e objetivo do ambiental. Dessa forma, os conceitos aqui apresentados de forma mais detalhada, referem-se, predominantemente, à dimensão ambiental, mas sem esquecer que os princípios das outras dimensões (apresentados anteriormente) são aplicáveis para a concepção de qualquer tipo de projeto mais sustentável.

As premissas de sustentabilidade para o processo de projeto de edificações são explicitadas por Sattler (2004) da seguinte forma:

- Os princípios da sustentabilidade devem orientar diretamente o processo de desenvolvimento do projeto;
- Uma abordagem sistêmica deve ser adotada;
- O processo deve considerar, tanto quanto possível, ciclos locais para o fluxo de materiais e energia envolvidos;
- O projeto deve tentar refletir os processos que ocorrem na natureza e aplicar seus princípios (projetar com a natureza);
- Como o ser humano e a sustentabilidade humana se constituem no principal objetivo de cada projeto, o uso de produtos que sabidamente apresentam ameaça a saúde humana e ao meio ambiente, em qualquer etapa do ciclo de vida, deve ser eliminado, ou se isso não for possível, minimizado;

- Como a sustentabilidade humana requer a preservação da natureza, aquilo que se aplica aos humanos deve ser aplicado às milhares de outras espécies com quem compartilhamos este planeta.

Na concepção de uma edificação sustentável, devem ser considerados todos os fatores que podem afetar o ambiente natural ou a saúde humana. Esses fatores (Figura 3) compreendem tanto os aspectos técnicos, quanto os de natureza humana e social, muitas vezes relativamente elementares, porém relevantes para todos os contextos. Nessa instância, a Agenda 21 para Construção Sustentável (CIB, 1999) enfatiza que a “[...] adequação ao propósito visado pode parecer um fator que não se encaixa em uma estrutura de aspectos ambientais; porém, é bastante claro que casas excessivamente grandes (p.ex. nos Estados Unidos) ou edifícios públicos, exercem impactos ambientais significativos [...]”.

Quanto aos materiais e à manufatura de produtos, a Agenda 21 destaca a importância de reduzir a quantidade de energia embutida nos materiais e produtos, mediante a utilização de matérias primas renováveis e o reuso/reciclagem simples e aumento da durabilidade. Da mesma forma, a consideração de produtos em uso, com baixa emissão de poluentes e de técnicas construtivas para a desmontagem e reciclagem são metas que os projetistas devem incorporar nas suas rotinas, em parceria com os fabricantes (CIB, 1999).

Fatores que orientam as tomadas de decisão na etapa de projeto de uma edificação sustentável	
<ul style="list-style-type: none"> • Insumos (recursos consumidos) • Energia • Materiais • Água • Terra • Capital e investimentos operacionais • Funcionalidade ou nível de serviço • Adequação ao propósito visado • Flexibilidade, adaptabilidade e durabilidade • Manutenção e desempenho • Ventilação e qualidade do ar • Qualidade do ar nos ambientes internos • Conforto térmico • Conforto visual 	<ul style="list-style-type: none"> • Conforto acústico • Controle de sistemas • Cargas ambientais • Cargas no local e áreas adjacentes • Cargas na comunidade e na região • Poluição de ar na região • Degradação da camada de ozônio • Gases de efeito estufa • Gerenciamento • Planejamento do processo construtivo • Planejamento/gestão do funcionamento de edifícios • Manutenção de edifícios

Figura 3. Fatores que orientam as tomadas de decisão na etapa de projeto (CIB, 1999).

A seleção de materiais deve ser realizada baseando-se no desempenho ambiental, vida de serviço e efeitos sobre a saúde. Embora as metodologias de avaliação ambiental auxiliem os projetistas nesse processo, o maior desafio na seleção de materiais é a falta de dados de desempenho dos produtos e materiais, que circulam no mercado local.

Com relação ao consumo de recursos, a Agenda 21 (CIB, 1999) aborda três pontos principais: energia, água e uso do solo. Quanto à energia, é destacada a importância da utilização de fontes renováveis de energia, assim

como a incorporação de técnicas passivas, que diminuam o consumo na etapa de uso, tais como iluminação passiva, isolamento térmico e aquecimento solar, entre outras. Quanto ao consumo de água, é destacada a importância de reduzir o consumo doméstico, assim como contar com a água pluvial e reutilizar as águas cinzas, para outros usos que não o consumo humano. Nos países em desenvolvimento, é ressaltada a importância de se garantir a qualidade e potabilidade no serviço de fornecimento e nos reservatórios das edificações. O uso do solo, também, deve incluir uma melhor gestão da paisagem e do entorno: facilitando escoamentos e drenagem natural; otimizando o uso dos telhados; e até com a inclusão de agricultura urbana, para compensar o espaço construído.

Igualmente, a International Energy Agency (2003) reúne vários critérios de desempenho ambiental, que podem ser considerados como objetivos de sustentabilidade (predominantemente ambiental) para a etapa de projeto. Entre eles, se destacam a minimização do consumo de recursos não renováveis, incluindo terra, água, matérias-primas e combustíveis fósseis, das emissões para a atmosfera, relacionadas com o aquecimento global e acidificação e dos efluentes líquidos e resíduos sólidos, dos impactos nos ecossistemas locais. Além da maximização da qualidade dos ambientes internos, considerando conforto térmico, luminoso, acústico e qualidade do ar, da otimização da flexibilidade e adaptabilidade do edifício, considerando os custos no ciclo de vida do edifício (custo global do projeto e da obra, assim como os custos de operação e manutenção).

Considerando os autores acima mencionados, percebe-se, portanto, que todos os conceitos que estão relacionados à concepção e desenvolvimento de edificações sustentáveis se apóiam em princípios que buscam a racionalização na gestão dos recursos naturais. Em primeiro lugar, devem ser considerados os condicionantes relativos à realidade climática local; a influência das edificações vizinhas no projeto; os quadrantes de maior insolação; a amplitude térmica; a média da umidade relativa e a direção e velocidade dos ventos predominantes (SATTLER, 2004). Em segundo lugar, a escolha das técnicas construtivas, em consonância com a dos os materiais, é fundamental, considerando-se a sua disponibilidade no local. É preciso levar em conta a possibilidade de reciclagem ou reaproveitamento, assim como o impacto da extração, manufatura e durabilidade dos mesmos (YUBA, 2005). Em terceiro lugar, a gestão da produção é fundamental para garantir a eficiência no consumo de recursos, mesmo no canteiro de obras. A correta gestão de resíduos, por outro lado, garante a reutilização no local ou a destinação adequada, segundo as normas locais (CIB, UNEP-IETC, 2002). Por último, a qualidade do ambiente interno, condicionado à correta escolha de materiais e conforto ambiental, deve ser garantido para o bem-estar dos usuários (KIBERT, 2008).

A consideração desses aspectos resulta em soluções técnicas de projeto destinadas a atender os objetivos anteriormente mencionados. Sem esquecer que o projeto de uma edificação sustentável depende, principalmente, do local onde será construída, Nakamura (2006) indica algumas das estratégias recomendadas para o contexto brasileiro, apresentadas na Figura 4.

<p>Com relação ao condicionamento natural:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer relações visuais; • Garantir melhor orientação (ventos, incidência de luz e radiação solar) e porosidade da massa construída (massas vazadas melhoram a ventilação); • Garantir permeabilidade entre espaços internos e externos, criando espaços de transição; • Presença ativa de vegetação (sombra, resfriamento, alimento) e de água; • Sistema de pátios para integrar o ambiente visual e, funcionalmente, oferecer lugares de convívio e melhorar o desempenho da ventilação; • Permeabilidade do solo.
<p>Com relação à climatização passiva:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachadas diferenciadas, conforme a orientação; • Resfriamento evaporativo; • Sombreamento; • Incorporação de vegetação no isolamento da edificação (resfriamento e sombreamento);
<ul style="list-style-type: none"> • Orientar o edifício na direção dos ventos predominantes; • Resfriamento passivo noturno, por meio de vãos nas fachadas que permanecem abertos durante a noite; • Inércia térmica; • Camada de ar ventilada nas fachadas; • Captação de luz natural, sem elevar excessivamente a carga térmica; • Vidros seletivos, deixando passar mais radiação na faixa de luz visível e menos na faixa do infravermelho; <p>Dispositivos de proteção solar externos, verticais ou horizontais, para minimizar a incidência de radiação solar indireta no interior.</p>
<p>Com relação à forma da edificação:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concepção alongada favorece o acesso de luz natural e propicia a ventilação natural cruzada; • Cobertura dupla (com camada de ar) ou com maior isolamento; • Aberturas com proteção contra chuva; • Criação de zonas climáticas; • Evitar fachadas planas e peles de vidro.

Figura 4. Estratégias de projeto para Edificações mais sustentáveis, no contexto brasileiro (Nakamura, 2006).

No entanto, parte desses itens também dependem da correta implantação do edifício. Conforme Serrador (2008), fatores como a inserção urbana e o impacto da edificação sobre os fluxos e acessos na região, podem garantir boa parte do resultado positivo, na direção de uma construção de menor impacto ambiental.

Como previamente descrito, vários desses fatores não são considerados unicamente nas edificações sustentáveis, nem governam de forma exclusiva as tomadas de decisão de caráter sustentável. Porém, a grande maioria se tornou mais relevante ou surgiu como resposta do meio técnico à conscientização ambiental generalizada na década de 90, a partir das estratégias para o cumprimento de metas estabelecidas nas agendas ambientais. Silva (2003) afirma que, dessa forma, foi difundido o conceito de projeto “verde” ou ecológico (*green design*) e cunhada a expressão edificação verde (*green building*), que é utilizada em alternância com a expressão edificação sustentável, embora, na maioria das vezes, trata-se primordialmente da dimensão ambiental da sustentabilidade.

A demanda por edificações sustentáveis está crescendo rapidamente. Tais edificações, além de serem encaradas como uma resposta do setor da construção à meta do desenvolvimento sustentável, também podem ser justificadas por outras razões (WOLFF, 2006). Uma são os diversos benefícios proporcionados (NEEDY *et al*,

2004; FULLBROOK *et al.*, 2005), e outra pode ser pela concepção de uma vantagem competitiva, ao se projetar edifícios ambientalmente amigáveis (NGOWI, 2001). Diversos autores (KATS, 2003; FOWLER, 2004; NEEDY *et al.*, 2004; FULLBROOK *et al.*, 2005; RIES *et al.*, 2006; WOLFF, 2006) mencionam os principais benefícios proporcionados pelas edificações sustentáveis:

- São mais econômicas, considerando todo o ciclo de vida (consomem menos energia, água, matérias primas);
- Reduzem a geração de resíduos;
- Oferecem melhorias na qualidade dos ambientes, interno (conforto térmico, lumínico e acústico) e externo (conforto visual);
- Oferecem ambientes mais saudáveis, mais confortáveis e mais produtivos (ganhos na produtividade dos usuários);
- Procuram a durabilidade no tempo, através da adaptabilidade e flexibilidade, tendo em vista as necessidades dos futuros usuários.

Com relação à vantagem competitiva, Ngowi (2001) aponta que as estratégias de negócio visam a criação da vantagem competitiva, basicamente de duas formas: oferecendo produtos com preços menores do que os concorrentes, ou oferecendo produtos diferenciados, que recompensem os custos extras de sua produção. Nesse sentido, as empresas que projetam e/ou produzem edificações sustentáveis têm uma vantagem competitiva frente às outras, oferecendo produtos que empregam os recursos de forma mais eficiente, e ainda mais, proporcionando benefícios aos seus usuários (NGOWI, 2001).

2.1.3.1 Edificações Institucionais mais Sustentáveis

A difusão das tecnologias utilizadas nas edificações sustentáveis é outro dos aspectos fundamentais para alcançar o desenvolvimento sustentável. A transferência do conhecimento, através das próprias edificações, é uma das estratégias que instituições educativas têm implantado para esse fim. Em sequência, são apresentados dois estudos de caso, identificados na bibliografia, que servem como exemplo.

Centro de Estudos Regenerativos (LYLE, 1994):

A primeira fase de construção do Centro de Estudo Regenerativos de Pomona (Califórnia, USA), nos mais de 6 hectares do campus da *California State Polytechnic University*, iniciou-se no ano de 1993, a partir de uma iniciativa na própria universidade (LYLE, 1994).

O centro (Figura 5) foi concebido para atender a uma comunidade de vinte pessoas, dois professores visitantes e um assessor, na primeira fase; podendo ser ampliado para acomodar até 90 pessoas. Os objetivos principais do Centro são a educação, demonstração e pesquisa acerca das tecnologias regenerativas. Lyle (1994) define

um sistema regenerativo como aquele que provê uma restituição contínua, através de processos cíclicos de energia e materiais. Neste Centro, segundo o mesmo autor, os estudantes fazem uso das tecnologias relacionadas à energia, moradia, água, alimentação e resíduos, como parte de sua rotina diária.

As edificações foram planejadas para fazer o máximo uso da insolação e ventilação. A própria implantação destas, a forma, os pés-direitos altos e as aberturas próximas ao telhado, facilitam o movimento do ar interno e entre os prédios. Os telhados verdes foram desenhados para garantir a penetração dos raios solares, no inverno, e para barrá-los, no verão, além de contribuir para uma maior inércia térmica. Superfícies envidraçadas em painéis únicos e não reflexivos são voltadas para o sul, nos locais onde a radiação solar direta é desejável.



Figura 5. Centro de estudos Regenerativos, Pomona, USA.

Também, as edificações foram pensadas pela equipe multidisciplinar de projeto para se modelarem ao local de implantação e se tornarem exemplos de aplicação de princípios regenerativos. Trata-se de um local para servir às necessidades humanas, concebido como um sistema ecológico de suporte à vida. Para implantação do Centro, foi priorizada uma área que facilitasse a locomoção a pé até as outras zonas. Internamente, o acesso de veículos é limitado para os de serviço, trabalho, entregas e emergências. Nas questões de energia, foram implantados sistemas para a conversão/produção da energia, incluindo o uso direto do calor por radiação, painéis fotovoltaicos, biomassa e conversão eólica (LYLE, 1994).

Por outro lado, o clima semiárido do sul da Califórnia faz com que grande parte da água utilizada nas cidades seja importada e todas as plantações sejam irrigadas. Portanto, no Centro, o uso eficiente da água e sua reciclagem são importantes objetos de estudo (LYLE, 1994). Neste, toda a água pluvial que não é diretamente aproveitada, é armazenada para uso posterior. Já, a água para uso doméstico é provida pela rede pública e, após o uso, é tratada e utilizada para a irrigação das áreas de plantio, assim como o esgoto é tratado.

O tratamento de esgoto abrange três sistemas de processamento natural, que funcionam em paralelo (LYLE, 1994). O sistema de aquicultura, de leito de raízes e o de *surface-flow wetland*¹⁰ operam através de encanamentos, que permitem que esses sejam utilizados simultaneamente, alternativamente ou em conjunto. As

¹⁰ Sistema de purificação de águas residuais em solo saturado com vegetação característica e camada inferior impermeável, para não contaminar o lençol freático (ERCOLE, 2003).

três lagoas de aquicultura são destinadas à criação de peixes, possuem tamanhos variados e foram projetadas para maximizar o controle para fins de pesquisa. Além destas lagoas, pequenos tanques translúcidos são mantidos para a produção de alimentos para os peixes, ou para outros propósitos, segundo sua localização; para irrigação, quando estão localizados em pontos altos e para o armazenamento de calor, quando se encontram nas edificações.

A complexa topografia do local representa, em menor escala, as condições das áreas de plantio de diversas regiões, permitindo o plantio de seis sistemas diferentes de cultivo de plantas. Nesses, a produção de alimentos e o manejo de animais estão conectados através da rede de fluxos de energias e materiais, onde os elementos dão suporte uns aos outros, assim como em um sistema natural, porém reguladas pela gestão humana (LYLE, 1994).

Centro de Estudos Ambientais Adam Joseph Lewis (ORR, 2002):

O Centro de Estudos Ambientais Adam Joseph Lewis surgiu a partir de estudos realizados durante as aulas do professor David Orr, no Oberlin College, Ohio, Estados Unidos. O programa de necessidades deste centro resultou da cooperação entre 12 arquitetos e 25 alunos, entre os anos de 1992 e 1993 (ORR, 2002). O objetivo seria se tornar um centro de estudos ambientais, sediado em uma edificação que não impactasse sobre a saúde humana e ambiental, atual e futura, local e global. Este projeto inicial teve como princípios: a) aproveitar águas residuais; b) gerar mais eletricidade que a utilizada; c) não fazer uso de materiais conhecidos como cancerígenos, mutagênicos ou potencialmente causadores de desregulação endócrina; d) usar eficientemente energia e materiais; e) promover suficiência com tecnologias ambientais; f) fazer uso de produtos e materiais cultivados ou produzidos de maneira mais sustentável; g) implantação em paisagem promovendo a diversidade biológica; h) promover a habilidade analítica para avaliar os custos totais, ao longo da vida da edificação; i) promover a consciência ecológica de lugar; j) tornar-se genuinamente pedagógico, em seu projeto e operação e; k) atender a requisitos rigorosos, para a contabilidade de todos os custos.

Porém, foi só em 1995, após a troca de reitoria na universidade, que foi possível implementar o projeto. Para isso, foi confiada ao mesmo David Orr a construção da edificação para o centro de estudos ambientais. No entanto, a equipe de projeto inicial enfrentou algumas dificuldades relacionadas ao alto custo das tecnologias mais sustentáveis que gostariam de implementar, e também aos processos burocráticos e políticos, por se tratar de uma edificação institucional (ORR, 2006). Os altos custos previstos estavam relacionados à proposta de incluir estudantes e comunidade no processo de projeto; à investigação de materiais e tecnologias adequadas aos objetivos do programa; à definição de padrões mais elevados de desempenho e de fazer uso de tecnologias mais sofisticadas. Somam-se a isso, os maiores esforços em integrar sistemas e tecnologias e custos de manutenção futura do edifício (ORR, 2002).

O projeto, que foi desenvolvido através da coordenação de Orr, contou com a participação de uma equipe multidisciplinar de especialistas, em cada área e de um escritório de arquitetura contratado através de um amplo processo de seleção. Entre os especialistas, encontrava-se John Lyle, que ajudou a elaborar o projeto paisagístico. Nessa instância, John Lyle também foi o coordenador das treze charretes¹¹, realizadas com a participação de 250 pessoas, entre estudantes e comunidade em geral, no ano de 1995. Durante essas charretes, as metas do centro foram refinadas e definidas. Os princípios estruturantes foram construir uma edificação com o mínimo de impactos, que se integrasse a seu entorno e onde se desenvolvesse e se aplicasse novas ferramentas analíticas. O programa final da edificação contou com os objetivos de: a) maximizar o uso da luz natural; b) utilizar energia e materiais de modo eficiente; c) usar energia solar para gerar eletricidade; d) exportar eletricidade; e) purificar águas residuais no local; f) eliminar o uso de materiais tóxicos na pintura, materiais e construção; g) utilizar materiais reciclados no mobiliário; h) promover diversidade biológica; i) fazer uso de madeira e outros materiais certificados; k) projetar a edificação para o desenvolvimento e aprendizado; l) projetar o edifício e entorno como um laboratório educacional; m) utilizar a edificação como um modelo para desenvolver as políticas ambientais da universidade e; n) monitorar o desempenho da edificação (ORR, 2006).

O processo de projeto foi desenvolvido entre fevereiro de 1996 e o verão de 1998. Porém, muitas das decisões foram estabelecidas logo no início do processo de projeto, partindo-se do princípio de que 90% dos problemas nas edificações têm origem em erros que ocorrem nas primeiras semanas de projeto (ORR, 2006). Essas decisões envolveram tanto o estilo da arquitetura a ser adotado, como o nível de tecnologia, materiais utilizados, as formas, geometria e a disposição dos espaços.

O resultado foi uma edificação de 13.700m², composta por 70% de alvenaria cerâmica e 30% de vidro, projetada para ser dinâmica tecnologicamente (Figura 6). Possui um grande átrio, que se estende nos dois pavimentos do edifício, onde funciona a *Living Machine*¹². No primeiro pavimento, também estão localizados um auditório, uma cozinha, uma despensa, duas salas de máquinas, banheiros e duas salas de aulas. No segundo, estão dispostos sete escritórios, duas salas de aulas e uma pequena sala de conferências.

De acordo com Orr (2006), o centro concluído no ano de 2000, foi disposto segundo um eixo leste-oeste, de maneira a receber radiação solar sul diretamente, e através da reflexão dos raios solares, na praça de concreto e pedras. Além disso, seu telhado de 4.700m² de painéis fotovoltaicos gera a eletricidade utilizada no centro. Possui, inclusive, instrumentos para descrever seu desempenho energético, geotérmico, de tratamento das águas residuais na *Living Machine* e o consumo de água, em tempo real, em um painel eletrônico, implantado no átrio do edifício e através do endereço eletrônico do projeto (OBERLIN COLLEGE, 2011).

¹¹ O termo *charrete* refere-se a um processo de consenso em que um determinado grupo de pessoas, entre eles projetistas, clientes, e outros intervenientes, discutem possíveis soluções para o projeto (ver item 3.2.4).

¹² A *Living Machine*, concebida por John Todd, também integrante da equipe de projeto do Centro, é um sistema ecológico que combina elementos de tecnologia de águas residuais convencionais, com os processos de purificação dos ecossistemas de zonas úmidas. No Centro, a água limpa por esse sistema é reutilizada nos banheiros do prédio e para irrigação (OBERLIN COLLEGE, 2011).



Figura 6. Centro de Estudos Ambientais Adam J. Lewis (OBERLIN COLLEGE, 2011)

As aberturas das salas de aula são de vidro duplo e as do átrio, de vidro triplo, contando, inclusive, com janelas com controle de abertura automática, de acordo com a temperatura (OBERLIN COLLEGE, 2011). Além disso, a temperatura no interior do edifício é controlada através de um sistema de aquecimento e refrigeração, projetado para fazer uso da inércia térmica do solo. É constituído por vinte e quatro poços geotérmicos, enterrados sob a horta orgânica, no lado norte do edifício.

O projeto paisagístico, elaborado por John Lyle, possui uma grande variedade de ecossistemas construídos, que simulam ecossistemas nativos e incorporam a produção de alimentos, seguindo alguns princípios de paisagismo ecológico. Esses incluem a agricultura urbana, o uso extensivo de plantas nativas da região, a gestão das águas pluviais, a integração do espaço social e ecológico e a regeneração da diversidade dos ecossistemas. Além disto, o paisagismo dentro do edifício foi pensando para conectar fisicamente e psicologicamente ocupantes com os fluxos naturais de energia, ciclos da matéria e da diversidade biológica.

Muitas das decisões de projeto, porém, tiveram que ser modificadas, devido ao alto custo envolvido (ORR, 2006). Uma firma, contratada em 1996 para analisar o projeto e orçamento, eliminou alguns elementos previstos, como uma claraboia para ventilação, na *Living Machine*. Esta, porém, foi instalada posteriormente, a um custo muito mais elevado. Também, o desempenho energético da edificação não se apresentou tão alto quanto previsto inicialmente. O consumo de energia nos meses de inverno foi considerado maior que o necessário, até 2003, quando foram solucionados alguns problemas de execução, devido ao corte de custos.

Essas duas instituições, o Centro de Estudos Regenerativos e o Centro de Estudos Ambientais Adam Joseph Lewis, são exemplos importantes, através dos quais é possível compreender que os objetivos de projetos sustentáveis nem sempre alcançam as metas propostas. Como foi evidenciado, também, em vários outros estudos, edifícios sustentáveis projetados com os rigorosos critérios de desempenho ambiental, frequentemente consumiam ainda mais energia, que aqueles resultantes de práticas convencionais de projeto e construção (SILVA, 2003).

Como resultado, foi identificado na literatura a necessidade de avaliar o desempenho ambiental das edificações consideradas mais sustentáveis. Dessa forma, o próximo item explicita a importância da avaliação da sustentabilidade em edificações, expondo as metodologias mais relevantes.

2.2 AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE

As questões de sustentabilidade podem ser entendidas como uma complexa rede de questões interconectadas, que congregam aspectos mais objetivos (como a maior parte das questões ambientais) e outros aspectos que têm um forte caráter subjetivo, resultando na dificuldade de obtenção de dados absolutos. Tal complexidade, para ser considerada na tomada de decisões, implica na busca e utilização de procedimentos mais claros e na obtenção de dados que possam ser mais facilmente compreendidos (YUBA, 2005).

Nesse sentido, a mesma autora aponta a dificuldade que têm os profissionais nos processos de tomada de decisão na construção sustentável. Frente a isso, as metodologias de avaliação de sustentabilidade foram criadas para auxiliar os profissionais na tomada de decisões, além de, propriamente, avaliar o desempenho das edificações.

2.2.1 Metodologias de Avaliação da Sustentabilidade

As metodologias de avaliação da sustentabilidade são utilizadas para compreender e avaliar o grau de impacto que o setor da construção civil provoca em um determinado contexto. A contribuição consiste na análise do desempenho de produtos e edificações, elaboração de requisitos, análises de ciclo de vida, desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade e caracterização de impactos de materiais de construção e das edificações (YUBA, 2005).

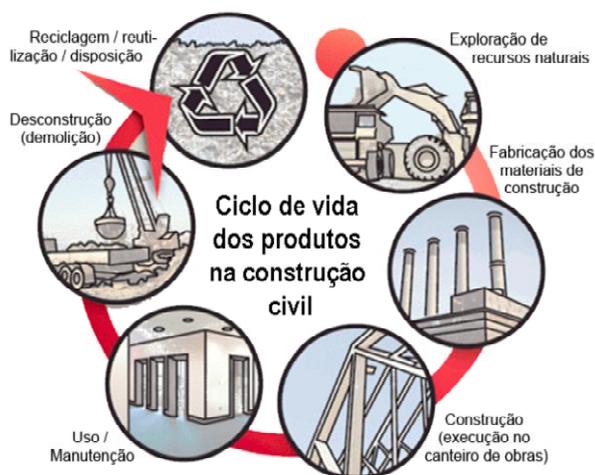


Figura 7. Etapas do ciclo de vida dos produtos na construção civil (adaptado de Athena Institute, 2011)

Essas metodologias derivam, especialmente, dos procedimentos de avaliação de impactos ambientais de processos e produtos industrializados (SILVA, 2003). A maioria destes procedimentos está baseada no conceito de Análise do Ciclo de Vida – LCA (*Life Cycle Analysis*), partindo da premissa de que todas as etapas da vida de um produto (Figura 7) geram impacto ambiental e devem ser analisados (SETAC, 1991). O desenvolvimento do conceito de LCA, junto à avaliação de desempenho ambiental de uma edificação, significa gerar informações quanto aos fluxos de entrada (consumo de recursos) e saída (emissões e resíduos), definidos pela: implantação e orientação; seleção de materiais; flexibilidade do projeto; processo de construção; operação; e gerenciamento de resíduos de obra e demolição.

A necessidade de analisar o desempenho de uma edificação e atribuir um rótulo à mesma, surgiu da imprecisão quanto ao que efetivamente significa ser “ambientalmente responsável, conforme ou amigável” (HUOVILA *et al*, 2002), ou até mesmo sustentável. No mesmo sentido, Silva (2003) menciona dois aspectos relacionados à necessidade de classificar o desempenho das edificações. O primeiro estímulo veio com a constatação de que, mesmo os países que implementavam os conceitos de projeto ecológico (construção sustentável) no ambiente construído, não possuíam os meios para avaliar o desempenho dessas edificações. O segundo estímulo veio do consenso entre pesquisadores e agências governamentais quanto à classificação de desempenho atrelada aos sistemas de certificação, sendo esse um dos métodos mais eficientes para elevar o nível de desempenho ambiental, através do próprio mercado.

Nesse contexto, tais sistemas foram disseminados em ritmo crescente na última década, encorajando a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental. Silva (2000) afirma que esses sistemas foram desenvolvidos para avaliar de forma detalhada o estoque construído, ou de forma simplificada para orientar projetistas ou sustentar a atribuição de rótulos ambientais para edificações. No entanto, no caso dos países em desenvolvimento, conforme o CIB, UNEP-IETC (2002) e Silva *et al.* (2003), o conceito de avaliação de sustentabilidade das edificações deve, necessariamente, partir da dimensão ambiental, além de contemplar as dimensões social/democrática e econômica.

As metodologias de avaliação de sustentabilidade podem ser classificadas de acordo com as dimensões de sustentabilidade adotadas. A classificação de Deakin *et al apud* Huovila *et al* (2001) foi uniformizada por Yuba (2005), que considerou as três dimensões principais da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) e adotou a nomenclatura de “unidimensional” e “pluridimensional”. A partir dessa classificação, são apresentados na Figura 8 os sistemas de avaliação mais relevantes atualmente.

No contexto brasileiro, adicionalmente foram desenvolvidos e aprovados em 2009, regulamentos específicos para a avaliação da eficiência energética de edificações (BRASIL, 2009). Incluem o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), e o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C), entre outros.

Método de Avaliação	Ano	Autores	Dimensões da Sustentabilidade	Descrição do método
Pegada Ecológica (WACKERNAGEL, 1998), (GLOBAL FOOTPRINT NETWORK, 2011)	1996	Wackernagel e Rees	Ambiental	Avaliação da quantidade de "hectares globais" necessários para suprir as necessidades de uma determinada população, de acordo com seus padrões de consumo (alimentação, habitação, transporte, energia, bens e serviços).
Green Globes (GREEN GLOBES DESIGN, 2011)	2000	Canadian Standards Association	Ambiental e Social	Consiste de uma sequência de questionários preenchidos online, em sete etapas do projeto. Uma avaliação global (pontos) para a edificação, em sete categorias com pesos diferentes é gerada (5% - gestão do projeto e compras, 11,5% - local, 38% - energia, 8,5% - água, 10% - recursos, 7% - minimização de poluentes e gestão de efluentes e 20% - ambiente interno).
Casbee (CASBEE, 2011)	2001	Japan Sustainable Building Consortium	Ambiental	Quatro ferramentas que apontam propósitos e clientes diferentes (pré-projeto, novas construções, edificações existentes e renovação). Utiliza critérios de qualidade e desempenho ambiental da edificação e o impacto da edificação no entorno. Como resultado, é gerado uma rotulagem do grau de sustentabilidade da edificação.
EcoProp (VTT, 2008)	2008	VTT Technical Research Centre of Finland	Ambiental, Social e Econômica	Software de gestão de requisitos, que ajuda a definir os objetivos de desempenho de uma edificação a ser projetada e construída, considerando as necessidades dos usuários, proprietários e comunidade em geral, o desempenho da edificação e os custos do ciclo de vida e impactos ambientais.
SBMethod (LARSSON, 2010)	2007	IISBE	Ambiental, Social e Econômica	Baseada em critérios prescritivos e critérios de desempenho, que pode ser usada para avaliar e comparar com métodos existentes, e/ou também usada para assistir às organizações locais no desenvolvimento de metodologias de avaliação. Para isso, na metodologia é possível considerar os aspectos específicos do local, para eliminar ou mudar o peso de certos critérios de avaliação.
BREEAM (BREEAM, 2011)	1990	BREEAM	Ambiental e Social	Incorpora critérios de avaliação abordados em 9 seções: consumo eficiente de energia, transporte, uso local e ecologia, saúde e bem-estar, consumo eficiente de água, gestão de resíduos, escolha e impactos de materiais, poluição e gerenciamento do empreendimento. Sua estrutura permite definir e ponderar as categorias de avaliação, segundo a região onde será utilizado.
SBAT (CSIR, 2011)	2004	Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)	Ambiental, Social e Econômica	Providencia um guia de projeto com indicações de sustentabilidade para a edificação, nas diferentes etapas, dentro do contexto de países em desenvolvimento. Isto, através da coleta e interpretação de indicadores de desempenho, distribuídos em 15 categorias de avaliação, nas 3 dimensões principais da sustentabilidade.
Athena (ATHENA INSTITUTE, 2011)	2011	Athena Institute	Ambiental	Baseada, principalmente, na LCA. Consiste em um conjunto de 3 ferramentas (comparação dos impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida da edificação, avaliação do impacto ambiental dos componentes da edificação e avaliação ambiental de produtos em geral), que procuram apoiar a tomada de decisão dos especialistas na hora de projetar uma edificação ou pensar em uma reforma.

Figura 8. Principais métodos de avaliação existentes

Continuação da Figura 8.

HQE (SERRADOR, 2008)	2005	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)	Ambiental e Social	Sistema de rotulagem, que adota uma abordagem de gestão de projeto, que visa obter qualidade ambiental do empreendimento de construção ou reabilitação e reformas, compreendendo dois sistemas: Gestão de Projeto e Avaliação da Qualidade do Ambiente Edificado. O empreendimento é, então, analisado em catorze categoriais (entre eco-construção, eco-gestão, conforto e saúde dos usuários)
LEED (USGBC, 2009; USGBC, 2010)	2009	US Green Building Council (USGBC)	Ambiental	Certificação dirigida ao mercado, baseada em diversos princípios ambientais e energéticos (da América do Norte), organizados em cinco categorias principais: (a) locais sustentáveis, (b) uso eficiente da água, (c) energia e atmosfera, (d) materiais e recursos e (e) qualidade do ambiente interno. Avalia diferentes tipologias de projeto, entre eles: (a) LEED para novas construções, (b) LEED para fachadas e núcleos, (c) LEED para escolas, (d) LEED para o desenvolvimento de bairros, (e) LEED <i>retail</i> para edificações de varejo, (f) LEED para a saúde, (g) LEED para residências e (h) LEED para interiores de edifícios comerciais. A estrutura de avaliação resulta relativamente simples, baseada em uma lista de verificação de créditos e categorias. A utilização do LEED no Brasil tem sido amplamente discutida, por causa da desconsideração das diferenças nas agendas regionais entre Norte America e o Brasil
Processo AQUA (Edifícios do setor de serviços) (FCAV, 2007)	2007	Fundação Vanzolini (FCAV)	Ambiental	Sistema de avaliação elaborado a partir do referencial francês HQE, separando três tipologias: a) escritórios e edifícios escolares, b) hotéis e c) edifícios habitacionais. É definido como um processo de gestão de projeto, visando obter a qualidade ambiental de um empreendimento. Estrutura-se em dois instrumentos: O Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), que permite avaliar o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor; e a Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), que permite avaliar o desempenho ambiental arquitetônico e técnico da construção. A QAE estrutura-se em 14 categorias, agrupadas em: a) eco-construção; b) gestão; c) conforto; e d) saúde. A implementação do SGE permite controlar o conjunto de processos relacionados às fases de projeto e construção, organizando o empreendimento para que o desempenho ambiental do perfil QAE seja alcançado. O SGE organiza-se em quatro capítulos: a) comprometimento do empreendedor; b) implementação e funcionamento; c) gestão do empreendimento; e d) aprendizagem.

Figura 8. Principais métodos de avaliação existentes

Por outro lado, Graham (2000) aponta as vantagens de incluir sistemas de avaliação no processo de projeto, como ferramenta de auxílio à tomada de decisões, entre elas: melhorar a eficiência da equipe de projeto, através de um leque mais amplo de conhecimentos organizados de forma sistemática; prover um processo de aprendizagem dos impactos das edificações e aspectos relacionados à sustentabilidade; fornecer várias opções de projeto, mediante um processo documentado.

2.2.1.1 Sistemas de avaliação de sustentabilidade, como ferramenta de auxílio ao processo de projeto

Zambrano (2008) propõe a utilização de instrumentos de auxílio ao projeto, focados em parâmetros específicos do projeto ou em múltiplos parâmetros simultâneos. Os primeiros, segundo a mesma autora, referem-se a

ferramentas que auxiliam a tomada de decisão, no detalhamento de elementos específicos, como a orientação solar, a abertura das janelas, isolamento térmico adequado, etc. Entre essas ferramentas estão os modeladores gráficos e os programas de simulação.

Esse tipo de instrumento é útil e necessário para a iteração de soluções, que procuram comprovar o desempenho ambiental. Porém, não se aplicam às etapas iniciais do projeto, quando se objetiva uma compreensão mais ampla da problemática, que envolve diversos aspectos simultaneamente, no sentido de decisões e definições de linhas gerais do projeto e que são, em geral, de ordem qualitativa (ZAMBRANO, 2008).

Os instrumentos focados em múltiplos parâmetros simultâneos são, em sua maioria, sistemas de avaliação ambiental ou de sustentabilidade (ver item 2.2.2), que permitem uma abordagem mais ampla da edificação, embora não sejam específicos para o auxílio no processo de projeto. Segundo a mesma autora, essas ferramentas destacam os aspectos a serem observados pela equipe de projeto e podem orientar no atendimento do desempenho alvo de avaliação.

No entanto, a maioria delas (por exemplo, o LEED, CASBEE, ATHENA) não auxiliam na identificação de prioridades, hierarquias, interdependências, etc., no cenário de decisões, muitas vezes, conflitantes, como é o caso das etapas iniciais do processo de projeto (ZAMBRANO, 2008). Motta e Aguilar (2009) complementam que as ferramentas de auxílio, como as certificações verdes, condicionam as respostas aos requisitos previstos para a sustentabilidade do empreendimento. Também, Loots e Irurah (2005) insistem em que a falta de conexões entre os resultados da avaliação e as decisões de projeto, enfraquece significativamente as pontes entre a avaliação e o processo de projeto. Nesse sentido, Mohamed *et al* (2008) aponta outras limitações, entre elas: a tendência de atuar (avaliar) somente após ser concluído o projeto, em lugar de promover a participação interativa ao longo do ciclo de vida; e a limitada capacidade para associar os critérios de sustentabilidade a intervenientes específicos. No contexto brasileiro, Piccoli *et al* (2010) verificaram que a implementação de um sistema de certificação ambiental (LEED) requer de novas formas de gestão do processo de projeto.

Contudo, Zambrano (2008) faz uma diferenciação, quanto ao referencial francês HQE, afirmando:

O procedimento HQE, em seu objetivo de auxílio ao projeto, apresenta nitidamente dois objetivos: um, relacionado ao auxílio à gestão do processo do projeto, pois estabelece procedimentos metodológicos e organizacionais específicos para este fim; e outro, relacionado a objetivos ambientais, em função dos quais a concepção arquitetônica deverá concentrar suas prioridades. Ou seja, destina-se, tanto ao processo gerencial do projeto, como à concepção arquitetônica, ambos com vistas à qualidade ambiental. No procedimento HQE, não são abordados parâmetros arquitetônicos, mas sim alvos ambientais, que o projeto deve atingir.

Nesse sentido, considerando que o processo AQUA foi adaptado ao contexto brasileiro, poder-se-ia dizer que também aborda as mesmas questões. Considera-se que o sistema de gestão do empreendimento (SGE) incorporado pelo AQUA, é o grande diferencial frente a outros sistemas de avaliação da sustentabilidade, como o LEED. Dessa forma, o AQUA apresenta-se como uma ferramenta interessante, que auxilia o processo de projeto, focando o atendimento dos objetivos de sustentabilidade na realidade brasileira.

Contudo, embora vários autores critiquem as metodologias de avaliação, por suas limitações ou enfoques (variações regionais, desconsideração dos aspectos sociais e econômicos, sistemas de ponderação, marketing, entre outras críticas), não há dúvida de que existe uma contribuição significativa para a construção sustentável. Por um lado, proporcionam uma estrutura de trabalho para medição e avaliação do desempenho ambiental das edificações, e por outro, auxiliam aos profissionais do setor na inserção de parâmetros de sustentabilidade no processo de projeto (DING, 2007). Nesse mesmo sentido, Silva (2003) aponta que a aplicação de iniciativas, como o BREEAM, no Reino Unido, demonstraram que a identificação e a comunicação da eficiência e desempenho ambiental de edifícios: (a) elevaram a conscientização e o critério de seleção dos usuários e (b) estimularam os esforços de proprietários e construtores em produzir edifícios a partir de melhores critérios ambientais.

2.3 CONSIDERAÇÕES

Este capítulo teve como objetivo contextualizar o conceito de construção sustentável, através de dois tópicos principais.

Em primeiro lugar, foram abordados os princípios e as estratégias da sustentabilidade na construção civil, sob a visão do ciclo de vida das edificações. Além disso, foram apresentados os principais conceitos das edificações sustentáveis, entre eles os fatores que afetam as tomadas de decisão na etapa de projeto, assim como os objetivos de sustentabilidade e as soluções mais comuns nesse tipo de edificações. Com relação aos objetivos de sustentabilidade, foi percebida uma complexidade intrínseca por causa da variedade de fatores que afetam as decisões de projeto, assim como a quantidade de interações existentes entre si. Tais interações são entendidas neste trabalho inseridas em uma interação mais ampla e complexa, a interação sistêmica, a qual será apresentada com maior detalhe no seguinte capítulo.

Em segundo lugar, foi abordado o conceito de avaliação de sustentabilidade, considerando as diversas metodologias de avaliação. A partir disso, foram percebidas as contribuições dos sistemas de avaliação na disseminação de parâmetros da construção sustentável, bem como na utilização deles para o auxílio às tomadas de decisão. Dessa forma, é salientada a sua importância, nas práticas de projeto e construção no Brasil, como ferramenta de projeto que auxilia objetivamente os profissionais, na identificação das decisões com maior impacto ambiental no contexto nacional.

Nesse sentido, o capítulo seguinte aborda o conceito do Processo de Projeto, considerando ele como principal aspecto para contribuir para a sustentabilidade na construção civil.

3. O PROCESSO DE PROJETO

A palavra projeto é utilizada em inúmeros contextos e situações, onde significa, genericamente, a criação de um objeto ou lugar com um propósito prático (TZORTZOPOULOS, 1999; LAWSON, 2005). Na área da engenharia e arquitetura, a NBR 5670 (ABNT, 1977) define o projeto como:

A definição qualitativa e quantitativa dos atributos técnicos, econômicos e financeiros de um serviço ou obra de engenharia e arquitetura, com base em dados, elementos, informações, estudos, discriminações técnicas, cálculos, desenhos, normas, projeções e disposições especiais.

A NBR 13531 (ABNT, 1995) especifica essas obras de engenharia e/ou arquitetura como “elementos de edificação a construir, a pré-fabricar, a montar, a ampliar, (...), abrangendo os ambientes exteriores e interiores e os projetos de elementos da edificação e das instalações prediais.” Entretanto, Fabrício (2002) afirma que muitos autores definem projeto a partir de uma visão mais voltada aos resultados. Para Tzortzopoulos (1999), o projeto é, fundamentalmente, a identificação das necessidades dos clientes finais e o desenvolvimento do produto, a partir dessas necessidades. Para Melhado (1994), a forma, funções e o processo de produção devem ser incorporados ao projeto.

As atividades de projeto nem sempre são bem entendidas, nem mesmo a forma como devem ser desenvolvidas (CROSS, 2000). No entanto, vários autores descrevem dois padrões básicos para o processo de projeto. O primeiro, chamado de processo criativo (TZORTZOPOULOS 1999), está relacionado ao processo de criação do projetista (ou uma equipe de projeto) e tem o objetivo de fornecer informações sobre um produto a ser produzido (FABRICIO, 2002). O segundo, chamado processo gerencial, se refere ao cunho de gerenciamento do empreendimento (FABRICIO, 2002), e compreende todas as etapas do ciclo de vida do produto edificação (MANZIONE, 2006).

O presente capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre o conceito de processo de projeto, abordando os dois padrões básicos e explicando os aspectos mais importantes de cada um. O projeto, como processo gerencial, é abordado com uma ênfase maior, apresentando-se as particularidades do mesmo no desenvolvimento de edificações sustentáveis.

3.1 O PROJETO COMO PROCESSO CRIATIVO

O projeto, como processo criativo, enfoca o projeto como o ato de criar (MELHADO, 1994), onde os problemas e soluções estão interligados (TZORTZOPOULOS, 1999). Envolve atividades, como desenhar, detalhar, analisar, descobrir, construir, testar e discutir (SCHEIDT e HIROTA, 2010).

Para Tzortzopoulos (1999), o processo de criação consiste na resolução de problemas de projeto e a produção de soluções, sendo que os problemas sempre apresentam um objetivo, restrições e critérios para uma boa solução (CROSS, 2000). Nessa instância, o ato de propor soluções é uma forma de compreender o problema, uma vez que o modo como a solução é concebida influencia na concepção do problema (CROSS, 2000). No entanto, o mesmo autor afirma que não existem soluções definitivas para os problemas e qualquer solução pode ter inconsistências.

Este processo é caracterizado por atrasos e retrabalhos, em função das poucas informações que o projetista recebe no início do projeto (TZORTZOPOULOS, 1999). No desenvolvimento de edificações, os problemas não são claros desde o começo, devido à complexidade dos requisitos dos diferentes envolvidos (TZORTZOPOULOS, 1999; FABRÍCIO, 2002). Segundo Miron (2008), os requisitos do cliente referem-se às suas necessidades e expectativas, sendo que o grau de satisfação dele é determinado pela qualidade do produto final, diretamente relacionada com a qualidade da solução de projeto. Ainda, a mesma autora menciona que, além dos requisitos do cliente, existem requisitos do terreno, requisitos ambientais, regulamentares, de projeto e de execução.

Geralmente, esses requisitos são informações repassadas à equipe de projeto por outros envolvidos, como o empreendedor, sem realizar pesquisas adicionais, que poderiam demonstrar melhor os reais problemas de projeto (TZORTZOPOULOS, 1999). Dessa forma, a equipe de projeto deve ser, não só tecnicamente competente, mas capaz de organizar as distintas informações, entender a natureza e as necessidades daqueles que provém a informação (LAWSON, 2005), e basear-se em seu conhecimento e experiência (MELHADO, 1994) para gerar um produto. Ainda mais, Tzortzopoulos (1999) e Manzione (2006) acrescentam a intuição e a criatividade neste processo.

Por outro lado, Cross (2000) afirma que a resolução de problemas de projeto é apenas uma etapa para atingir o objetivo principal, que é o produto final e sua descrição para produção. O projeto arquitetônico é a primeira orientação da equipe de projeto, e consiste no processo de converter informações, conhecimento e experiência em idéias, através da idealização, simulação e implantação (MELHADO, 1994). Nesse contexto, Lawson (2005) afirma que o desenho e as especificações para produção são a forma de comunicação entre a equipe de projeto e os executores. Manzione (2005) considera a expressão através de desenhos uma característica fundamental do projeto, ao representar o problema e demonstrar sua solução. Ainda mais, Scheidt e Hirota (2010) afirmam que plantas e maquetes direcionam uma opção formal do projeto. No entanto, desenhos, plantas ou maquetes

têm suas limitações, pois elas demonstram o resultado final do produto, mas não necessariamente como ele vai funcionar (LAWSON, 2005).

3.1.1 Etapas do Projeto

O projeto, como processo criativo, envolve diversas etapas, partindo do entendimento do problema, ao desenvolvimento de uma solução. Nesse processo incluem-se: a formulação de um negócio, a seleção de um terreno, o desenvolvimento de um programa de necessidades, os projetos de especialidades de produto, o detalhamento dos métodos construtivos em projetos para produção e o planejamento da obra de execução (MELHADO, 1994). Segundo Tzortzopoulos (1999), comumente o projetista desenvolve um conceito inicial genérico da edificação, através de informações do terreno de implantação e do programa de necessidades do cliente. Esse conceito é desenvolvido e modificado, conforme as novas informações advindas de pesquisas e as restrições e modificações das necessidades do cliente.

Diversos autores dispõem o projeto em diversas etapas, segundo o contexto e complexidade do mesmo. Romano (2006) organiza este processo em: a) projeto informacional (levantamento de dados do projeto arquitetônico); b) projeto conceitual (concepção para o produto, que atenda da melhor maneira possível uma necessidade); c) projeto preliminar (layout definitivo do produto, com definição clara da função, durabilidade, produção, montagem, operação e custos); d) projeto legal (informações técnicas para aprovação pelas autoridades competentes); e e) projeto detalhado e/ou projetos para produção (documentação necessária para a produção do produto desejado). Por outro lado, a norma NBR 13531 (ABNT, 1995) divide o projeto entre as etapas de levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto e/ou pré-execução, projeto legal, projeto básico (opcional) e projeto para execução. Para maior detalhe das etapas, foi utilizada nesta pesquisa a seguinte sequência: estudo preliminar, anteprojeto, projeto executivo e projeto legal.

Estudo preliminar

Também denominado Projeto Conceitual, este se destina “à avaliação de todas as informações recebidas para seleção e recomendação do partido arquitetônico” (ROMANO, 2006). O partido geral da edificação é aprovado a partir da seleção de alternativas entre diferentes métodos construtivos, da análise de viabilidade comercial e econômica, entre outras (ROMANO, 2006).

Anteprojeto

Nesta etapa, também chamada de Projeto Básico ou Projeto Preliminar, as ideias da etapa anterior são configuradas e dimensionadas (ZAMBRANO, 2008). Informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e seus sistemas são concebidos e representados, além de ser realizada uma estimativa aproximada de custos e prazos (ROMANO, 2006).

Projeto executivo

Esta etapa tem como objetivo a descrição do produto para execução, através de desenhos e elementos textuais exatos, completos e detalhados (ZAMBRANO, 2008). Nesta etapa devem ser compatibilizados os projetos das várias disciplinas, revisados e analisados criticamente (ROMANO, 2006).

Projeto legal

Nesta fase são preparadas todas as informações técnicas necessárias para submissão à análise e aprovação pelas autoridades competentes (ROMANO, 2006). A mesma autora acrescenta ainda as atividades de registro da edificação, junto ao registro de imóveis, e o lançamento do empreendimento.

3.1.2 Métodos de Projeto

Conforme Tzortzopoulos (1999), os projetistas abordam o problema de projeto e desenvolvem seu trabalho de formas distintas, não existindo um único método ou sistema utilizado por todos; assim, também, cada projetista pode abordar cada problema de projeto de diferentes formas. No entanto, a mesma autora aponta a existência de uma forma de abordagem usual do problema de projeto entre os projetistas. Um conceito inicial e genérico da edificação é desenvolvido, de forma rápida e a partir da própria experiência do projetista, utilizando poucas informações, como as condições do terreno e o programa de necessidades do cliente. Esse conceito inicial é refinado, utilizando diversas informações, de forma que, na maioria dos casos, vai constituir a base do projeto final, com pequenas modificações (TZORTZOPOULOS, 1999).

Esse tipo de abordagem é desenvolvida em função da falta de informações e do pouco tempo para a tomada de decisões (LAWSON, 2005). Por causa disso, os pesquisadores ou projetistas têm desenvolvido métodos para abordar o problema, que procuram trazer procedimentos lógicos para o processo criativo de projeto (CROSS, 2000). Segundo o mesmo autor, os métodos de projeto derivam de diversas áreas do conhecimento, têm propósitos distintos e são relevantes, em relação a diferentes estágios da resolução do problema.

Contudo, Cross (2000) afirma que todos os métodos buscam formalizar os procedimentos de projeto e externalizar o pensamento, com o objetivo de diminuir a ocorrência de problemas comuns ao processo informal. O mesmo autor explica que a externalização é realizada através de diagramas e tabelas, e é necessária entre a equipe de projeto, pois dessa maneira os membros da equipe podem contribuir para o próprio processo. Assim, os métodos de projeto, alguns deles apresentados na Figura 9, contribuem para o melhor entendimento do processo de tomada de decisões, indicando as maneiras possíveis de desenvolver o projeto, do princípio ao fim (TZORTZOPOULOS, 1999; LAWSON, 2005).

Método de Projeto (Autor)	Fonte	Descrição do método
Architectural Practice and Management Handbook. Royal Institute of British Architects (RIBA, 1965)	Tzortzopoulos (1999), Lawson (2005)	4 etapas do processo de projeto. a) assimilação, diz respeito à acumulação e ordenação das informações gerais e específicas sobre o problema; b) estudo geral, consiste em investigar a natureza do problema e as possíveis soluções; c) desenvolvimento, por nesta se desenvolver e se refinar as soluções isoladas da fase anterior; e d) comunicação, consiste na transferência das informações sobre a solução à equipe de projeto e demais participantes.
Markus (1969) e Maver (1970)	Tzortzopoulos (1999), Lawson (2005)	Trata-se de um modelo horizontal do processo criativo e um vertical, relacionado ao processo gerencial. Este método é uma sequência de decisão e um processo de projeto ou morfologia. A sequência de decisão (horizontal) passa pela análise, síntese, avaliação e decisão. Estas etapas se tornam cada vez mais detalhadas, à medida que o processo de projeto avança verticalmente, da etapa de concepção, ao projeto detalhado. A etapa de análise refere-se à compreensão do problema, à exploração das relações e ao estabelecimento e classificação dos objetivos e critérios da solução. A etapa de síntese tem por objetivo gerar soluções. A de avaliação consiste em analisar as soluções em relação aos objetivos identificados na fase de análise e, a partir desta avaliação, o projetista irá reexaminar o projeto na última etapa.
Ulrich e Eppinger (1995)	Ulrich e Eppinger (1995)	6 etapas em um processo genérico. A primeira envolve o planejamento; a segunda compreende a concepção, englobando a descrição da forma, função e característica do produto; a terceira etapa inclui a definição da arquitetura do produto e a decomposição deste em subsistemas e componentes; na quarta, o projeto é detalhado e na quinta, testado e refinado, até ser produzido, na última etapa.

Figura 9. Métodos de projeto

3.1.2.1 Cross (2000)

Para Cross (2000) existem dois tipos de modelo de projeto, como processo criativo. Os descritivos, que simplesmente descrevem a sequência de atividades, que geralmente ocorrem neste processo, e os prescritivos; que possuem o objetivo de prescrever melhores padrões de atividades. Dentro do modelo descritivo, a solução parte da geração de um conceito do projetista, após a exploração do problema de projeto e a avaliação das soluções, através de quatro fases: exploração, geração, avaliação e comunicação (CROSS, 2000). No modelo prescritivo, o processo acontece em sete fases, onde são apresentados métodos para simplificação e melhoria do processo de projeto (TZORTZOPOULOS, 1999). Na Figura 10 são apresentadas as fases e os métodos propostos por Cross (2000).

A elucidação dos objetivos é a primeira e mais importante fase, no começo de um projeto (CROSS, 2000). Segundo o mesmo autor, é fundamental ter a clara idéia dos objetivos, em todas as etapas do processo de projeto, ainda que objetivos possam mudar ao longo do processo. Os objetivos iniciais ou intermediários podem mudar, expandir-se, contrair-se ou até serem completamente alterados, segundo a compreensão do problema e o desenvolvimento das soluções. No entanto, aponta o mesmo autor, o estabelecimento claro de objetivos é um apoio para controlar e gerenciar o processo de projeto. A árvore de objetivos é um formato claro e útil para a elucidação dos mesmos, já que ela mostra, de forma gráfica, os meios para alcançar os próprios objetivos, assim como também a hierarquização e as relações entre eles.

FASE	MÉTODO RELEVANTE À FASE
Elucidação de objetivos	Árvore de objetivos Propósito: Clarificar objetivos de projeto, sub-objetivos e as relações entre eles.
Estabelecimento de funções	Análise de funções Propósito: Estabelecer as funções requisitadas e os limites do sistema de um novo projeto.
Estabelecimento de requisitos	Especificação de desempenho Propósito: Desenvolver uma especificação certa para o desempenho requerido pela solução de projeto.
Determinação de características	Quality Function Deployment (QFD) Propósito: Estabelecer objetivos a serem atingidos pela engenharia do produto, para assim satisfazer os requisitos do cliente.
Geração de alternativas	Gráfico morfológico Propósito: Gerar alternativas de soluções de projeto, para ampliar a busca por novas soluções potenciais.
Avaliação de alternativas	Atribuição de valores para objetivos Propósito: Comparar os valores de cada alternativa de projeto, baseando-se no desempenho, frente aos valores diferenciados.
Melhoria de detalhes	Engenharia de valor Propósito: Aumentar ou manter o valor de um produto, através da redução de custos de produção.

Figura 10. Fases do modelo de projeto proposto por Cross (2000).

Ward *et al* (1991) afirma que o atendimento dos objetivos é propriamente um indicador de sucesso no empreendimento. Ainda mais, conforme o mesmo autor, é necessário conhecer as relações entre os objetivos, sendo que a realização de um objetivo pode afetar o atendimento de outro, seja de forma favorável, neutral ou desfavorável. Dessa forma, o atendimento dos objetivos só é possível mediante o desdobramento dos mesmos, em atividades e componentes.

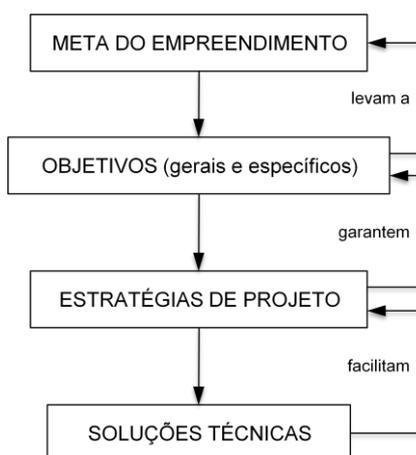


Figura 11. Estruturação gráfica (adaptada de Kamara *et al*, 2000)

Cross (2000) aponta a árvore de objetivos como uma ferramenta relevante para apoiar a elucidação dos objetivos. Nesse contexto, Kamara *et al* (2000) propõe uma estrutura conceitual para representar a interdependência hierárquica entre a meta do projeto, os objetivos, as estratégias e as soluções técnicas. Esta estrutura contempla vários níveis de abstração, do mais concreto, na base, ao mais abstrato, no topo (Figura

11). Assim, as soluções técnicas facilitam a implementação das estratégias de projeto, as quais permitem o atendimento de objetivos, e subsequentemente, da meta do projeto (KAMARA *et al*, 2000). Conforme o mesmo autor, o posicionamento dos critérios nos quatro níveis desta estrutura, depende das funções, atributos, obtenção, funcionamento e influência sobre os outros critérios.

Nesse contexto, a interação sistêmica foi entendida neste trabalho como a influência recíproca de dois ou mais objetivos de projeto, os quais influenciam, por sua vez, o sistema como um todo. Dessa forma, considera-se a interação sistêmica em um sentido mais amplo, que abrange tanto as relações (influência entre objetivos diferentes, de forma horizontal), como as interdependências (influência hierárquica entre o objetivo e seus desdobramentos, de forma vertical).

3.2 O PROJETO COMO PROCESSO GERENCIAL

O projeto, como processo gerencial, envolve a abordagem deste trabalho. Esta abordagem compreende uma visão ampla, que busca explicitar todas as atividades relacionadas ao projeto, que são desenvolvidas em cada uma das etapas, ao longo do ciclo de vida de uma edificação. Conforme Tzortzopoulos (1999), a partir dessa abordagem, torna-se clara a impossibilidade de dissociação entre o processo de projeto e a gestão do empreendimento.

Segundo Romano (2006) e Manzione (2008), o processo de projeto gerencial se desenvolve durante todo o ciclo de vida do produto, desde o seu planejamento, até o acompanhamento do seu uso/operação. Tzortzopoulos (1999) afirma que “a análise do projeto, como um processo gerencial, busca uma forma de avaliar e implementar a importância da visão sistêmica, ao longo do processo construtivo”. Nesse processo, a mesma autora indica que é importante que as etapas sejam integradas e que, em todas elas, a garantia e o controle da qualidade devem estar presentes. A fragmentação entre as etapas e seus diversos intervenientes resulta em dificuldades de gerenciamento do projeto, e essa fragmentação está diretamente relacionada à complexidade do projeto, em ambas as direções, pois “quanto mais complexo o projeto, maior tende a ser a fragmentação, e quanto maior a fragmentação, mais complexo o processo” (TZORTZOPOULOS, 1999).

A qualidade do produto edificação é diretamente influenciada pela qualidade do sistema de suporte (gestão) do processo de projeto (SCHEIDT e HIROTA, 2010). As mesmas autoras indicam que esse sistema é constituído por referências, códigos, manuais, desenhos, modelos, cálculos, simulações e opiniões de todos os participantes do processo. De forma similar, Manzione (2006) afirma que o conteúdo das informações obtidas através do sistema de suporte possui impacto na solução final, segundo o estágio onde essas são inseridas, considerando que nos primeiros estágios (menos estruturados e de mais incertezas), estas possuem um alto impacto, que diminui conforme o andamento do processo.

Manzione (2006) também afirma que modelos de processo gerenciais buscam a simplificação desse processo, e assim, facilitar a gestão, ao identificar “as interfaces do projeto com os processos internos na empresa”. Nesse contexto, Pegoraro (2010) aponta que um processo de projeto bem estruturado faz com que este se torne compreensível para todos os clientes. E, para se atender a esta premissa, todas as atividades, participantes, entradas e saídas de informação, devem estar documentadas de maneira clara e organizada.

3.2.1 Etapas do Processo de Projeto

Em concordância com Pegoraro (2010), o tempo de duração, número e nome das fases e tipos de documentos dependem de cada empresa. Existem muitas subdivisões do processo de projeto, propostas por diversos autores, que divergem quanto ao número e conteúdo das etapas (TZORTZOPOULOS, 1999). Isto se deve à complexidade e ao alto grau de incerteza deste processo e à natureza dos empreendimentos (TZORTZOPOULOS, 1999).

Muitos autores restringem o processo de projeto às fases de concepção e projeto do produto, conforme visto no item anterior. A NBR 13.531 (ABNT, 1995) divide o processo entre as etapas de levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto e/ou pré-execução, projeto legal, projeto básico (opcional) e projeto para execução, desconsiderando a execução, o uso e manutenção e a desconstrução deste. Fabrício (2002) considera ainda mais etapas. Após a definição do tipo de empreendimento, estudo preliminar, anteprojeto, projeto arquitetônico e projetos complementares, acrescenta ainda a de validação dos projetos, a de alterações do projeto durante a produção, a de entrega do imóvel e a de avaliação durante o uso.

Melhado (1994) subdivide o processo em idealização do produto, análise de viabilidade, formalização (anteprojeto), detalhamento (projeto executivo e projeto para produção), planejamento e execução e entrega. Romano (2006) divide o processo de projeto em três grandes fases, subdivididas em atividades, que se desenvolvem de maneira sequencial e evolutiva. A primeira, chamada de Pré-Projeção, envolve o planejamento do empreendimento. A segunda, de Projeção, diz respeito à elaboração do projeto do produto. E a terceira, de Pós-Projeção, refere-se ao acompanhamento, na execução da obra e operação da edificação.

Neste trabalho, em função da variedade de padrões para a divisão deste processo, foi adotada a proposta por Tzortzopoulos (1999) e Romano (2006), acrescentando a desconstrução, como última etapa (Figura 12).



Figura 12: Divisão do processo de projeto.

3.2.1.1 Concepção do Projeto

A primeira etapa do processo de projeto, a concepção, refere-se à etapa de estabelecimento das metas de empreendimento e requisitos para os projetos (MELHADO, 1994). Nesta etapa, decisões como o segmento de mercado a ser atendido, custos do empreendimento e utilização de financiamentos devem ser tomadas, além dos requisitos funcionais, espaciais e operacionais do produto e qualidade da obra e prazos, entre outros (MELHADO, 1994).

Segundo Kamara *et al* (2000), as soluções funcionais e construtivas do empreendimento devem partir dos requisitos dos clientes e usuários. A partir do programa estratégico ou inicial, desenvolvem-se os parâmetros e objetivos principais, abrangendo as etapas de especificações gerais e a seleção do terreno. Segundo Melhado (1994), a tradução dessas metas em requisitos para o projeto é realizada na etapa do programa funcional, e a profundidade de detalhamento destes requisitos depende de cada empreendedor. Conforme Romano (2006), dentre as atividades desta etapa destacam-se: a busca ou seleção do terreno; a identificação das necessidades dos clientes/usuários ao longo do ciclo de vida da edificação; o estabelecimento dos requisitos dos clientes/usuários; o estabelecimento dos requisitos do projeto; a análise da viabilidade comercial, econômica e financeira do empreendimento; o monitoramento do progresso do projeto; e o plano do projeto.

Fabício (2002) comenta que a identificação das necessidades dos clientes depende da capacidade de compreendê-los e de se tomar decisões estratégicas. Porém, o mesmo autor considera esta etapa longa e tediosa, quando focada no atendimento das necessidades dos clientes que, muitas vezes, possuem certa dificuldade em expressar seus desejos, envolvendo requisitos vagos, nebulosos e, muitas vezes, conflitantes.

3.2.1.2 Planejamento e Projeto

Segundo Laufer e Tucker (1987), a etapa de planejamento possui o objetivo de definir soluções para uma ação futura desejada, determinando-se as atividades, o modo de realizá-las, os participantes, a sequência e os prazos. Segundo Romano (2006), esta etapa envolve atividades gerenciais de definição das ações, sua duração e sequência, estimativa de custos e planejamento dos recursos e de planejamento organizacional, comunicações e aquisições do projeto.

O projeto é visto aqui como a etapa de concretização da solução dos problemas estruturados na etapa anterior, através de um projeto arquitetônico. Esta etapa apresenta ciclos de decisão, criando alternativas, desenvolvendo e refinando o projeto, até a sua versão definitiva (ZAMBRANO, 2008). A etapa de projeto é caracterizada por uma sucessão de diferentes subetapas, que avançam em níveis crescentes de detalhamento, de forma que a liberdade de decisões entre alternativas vai sendo substituída pelo amadurecimento e desenvolvimento das soluções adotadas, ao mesmo tempo em que o projeto avança da concepção arquitetônica, para o detalhamento dos projetos de especialidades (FABRICIO, 2002).

A primeira subetapa do projeto, o estudo preliminar, é destinada à representação, análise e avaliação do conjunto de informações recebidas, para seleção e recomendação do partido arquitetônico (ou geral) da edificação (ABNT, 1995; ROMANO, 2006). Segundo Tzortzopoulos (1999), as atividades desta etapa compreendem o ponto de vista de toda a equipe de projeto, levando em consideração os clientes potenciais, através do programa de necessidades. O programa de necessidades consiste na definição das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho da edificação, baseadas nas expectativas dos usuários, a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida (ABNT, 1995).

Nesta subetapa, de caráter gerencial, destacam-se a reunião para apresentação e seleção de alternativas para a edificação, considerando a viabilidade do empreendimento (ROMANO, 2006). Os resultados desta etapa, conforme a mesma autora, compreendem o partido arquitetônico adotado, com a representação esquemática dos elementos construtivos, junto com o estudo de viabilidade econômica.

O anteprojeto, segunda subetapa, tem como objetivo a concepção e representação das informações técnicas e legais da edificação e seus elementos, sistemas e componentes, suficientes para a elaboração da estimativa de custos e a avaliação dos prazos requeridos pelos serviços de obra (ABNT, 1995). O partido arquitetônico, com a definição dos elementos construtivos, o projeto estrutural e de sistemas prediais, fazem parte desta etapa. Todos eles devem ser desenvolvidos entre a equipe de projeto, consultores e os responsáveis pela produção, detalhando a seleção de tecnologias adotadas (TZORTZOPOULOS, 1999). Segundo Romano (2006), o caráter gerencial desta etapa caracteriza-se pela coordenação técnica do projeto, considerando a análise crítica e compatibilização das revisões do projeto.

O projeto legal e o projeto executivo constituem a terceira e última subetapa da etapa de projeto. O projeto legal é considerado um marco do processo de projeto, e destina-se à submissão das informações técnicas necessárias para a análise e aprovação do projeto da edificação, pelas autoridades competentes, assim como a obtenção das licenças e demais documentos requeridos para as atividades de construção (ABNT, 1995; ROMANO, 2006).

O projeto executivo consiste na representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, sistemas e componentes, de forma completa e definitiva, suficientes para a contratação (licitação) e execução dos serviços de obra (TZORTZOPOULOS, 1999; ROMANO, 2006). Em outras palavras, de acordo com Romano (2006), esta sub-etapa destina-se à finalização das especificações da edificação e ao detalhamento dos projetos para produção. Compreende as interfaces entre os projetos estruturais, de sistemas prediais e outros específicos, sua consolidação e o detalhamento de cada um, de forma independente. Dessa forma, no âmbito gerencial, esta sub-etapa é caracterizada, fundamentalmente, pelas atividades relacionadas à coordenação técnica, revisão e compatibilização dos projetos de várias disciplinas (TZORTZOPOULOS, 1999; ROMANO, 2006).

Por outro lado, Melhado (1994) afirma que o detalhamento dos projetos, resultado desta sub-etapa, deve ser desenvolvido de forma simultânea aos projetos de produção, tendo como propósito especificar os procedimentos para a execução da obra. Segundo o mesmo autor, estes projetos devem ser o resultado da escolha da solução mais adequada, e, portanto, representam o detalhamento do produto e dos aspectos de sua produção, objetivando diminuir a tomada de decisões em obra e orientar a execução da mesma.

3.2.1.3 Execução

Na execução da obra se coloca em prática o projeto, integrando pessoas e outros recursos. No setor da construção civil, esta etapa de produção do produto edificação é caracterizada por seu longo ciclo, forte fragmentação e heterogeneidade de fornecedores e clientes internos (FABRICIO, 2002).

No processo de projeto, a etapa de execução de obra está relacionada ao acompanhamento técnico, por parte dos profissionais da área de projeto (equipe de projeto) e a avaliação do projeto por parte do setor de produção (construtor), até a entrega física da obra (TZORTZOPOULOS, 1999). O acompanhamento de obra consiste no apoio à resolução de problemas ocorridos durante a obra; o fornecimento de esclarecimentos (detalhamentos adicionais) solicitados pelos responsáveis pela construção; a participação em reuniões de obra; a análise de possíveis modificações ao projeto; e a elaboração do projeto (*as-built*) como construído (ROMANO, 2006). Acresce-se a isto, o acompanhamento para encaminhar os documentos legais para o habite-se e o registro do imóvel.

3.2.1.4 Operação, Uso e Manutenção

Mesmo sem existir atividades de desenvolvimento de projeto, propriamente dito, de acordo com Romano (2006), a etapa de operação/uso faz parte do processo de projeto, já que através dela é possível analisar o projeto, sob o ponto de vista dos usuários, visando a retroalimentação do próprio processo de projeto, incluindo a execução das obras. Isto, segundo a mesma autora, envolve atividades, como a avaliação pós-ocupação, que consiste em obter uma avaliação do desempenho e satisfação do usuário quanto à edificação já construída.

Desta forma, para esta etapa deve ser preparado o manual de uso e operação da edificação, através do qual são transmitidas todas as informações que foram desenvolvidas no projeto (RESENDE e CARDOSO, 2005). Conforme os autores, a participação dos usuários finais na preparação deste manual, pode facilitar o atendimento aos objetivos propostos nas etapas iniciais. Por último, desta etapa podem se obter informações relativas à satisfação do cliente e usuários, registros de manutenção e análises financeiras da operação da edificação.

3.2.1.5 Desconstrução

A etapa de desconstrução é a última etapa no ciclo de vida da edificação, e compreende o processo de desagregação dela em parcelas menores, buscando manter o maior grau de função e conformação das partes,

sejam elementos, sistemas e componentes (ROCHA, 2008). A desconstrução é um dos três tipos de demolição, porém, neste trabalho, foi escolhida a desconstrução e não a demolição, como última etapa, pois a demolição é o processo de desagregação do edifício em parcelas menores e cujo resultado geralmente são materiais amorfos, portanto inutilizáveis posteriormente.

De acordo com Kibert *et al* (2000), uma barreira para a desconstrução é o fato de os edifícios não serem construídos e projetados de forma a permitir a reutilização de seus componentes. Quer dizer, conforme Rocha (2008), os edifícios não são projetados para serem desconstruídos, pois os projetistas não consideram que, em determinado momento, o edifício e suas partes terão que ser desmontados. Os projetistas devem compreender como as decisões das primeiras etapas do processo de projeto interferem na desconstrução das edificações que concebem, assim como no posterior reuso de suas partes (ROCHA, 2008).

3.2.2 Participantes no Processo de Projeto

A determinação dos participantes no processo de projeto é importante, pois o tipo de interação entre eles e a consideração de suas necessidades resulta em uma maior ou menor qualidade da edificação (ZAMBRANO, 2008).

Diversos pesquisadores identificam diferentes participantes. Fabrício (2002) afirma que existem quatro categorias de participantes principais, que possuem diferentes interesses e distinta capacidade de intervir no processo de projeto. O empreendedor é o responsável pela geração do produto, enquanto que o projetista o formaliza, o construtor viabiliza a sua fabricação e o usuário o utiliza. Para Melhado (1994), a atuação destes depende das características específicas do empreendimento e da importância dada ao projeto.

O CIB (1982) acrescenta outros participantes, como a comunidade, os fabricantes e seguradores, que podem se envolver de forma contínua, intermitente ou pontual com a edificação. Também, os participantes podem ser classificados como ocupantes ou não ocupantes da edificação. Os ocupantes são os usuários permanentes, visitantes e pessoal de manutenção, enquanto que os segundos englobam os proprietários, financiadores, administradores, vizinhos e a comunidade em geral, que pode ser afetada pela edificação (CIB, 1982).

Os participantes também são chamados na literatura como intervenientes, ou *stakeholders*. Whiteley (1992) classifica-os quanto à sua posição dentro do processo de projeto. Os consumidores finais são os usuários do imóvel, moradores e a sociedade. Os internos são as pessoas que desempenham funções ou desenvolvem etapas específicas do projeto, como funcionários das empresas. Os intermediários englobam as pessoas ou empresas externas à organização, como profissionais terceirizados (arquitetos, engenheiros, empreiteiros, fornecedores, corretores, órgão governamentais) (WHITELEY, 1992).

Cada participante tem seus interesses específicos, de acordo com a atividade que desenvolve a longo do processo de projeto. No entanto, um interesse comum a todos os participantes é a qualidade do produto, ainda

possuindo diversas interpretações, de acordo com as expectativas e interesses de cada um (FABRICIO, 2002). O construtor, por exemplo, avalia a qualidade através do projeto de execução, na sua clareza e facilidade de interpretação, além da redução de desperdício de materiais e mão de obra. Já, o usuário a avalia de acordo com produto final e o conforto, bem-estar, segurança, funcionalidade, baixos custos de operação e manutenção da edificação (MELHADO, 1994).

Contudo, Fabrício e Melhado (2001) afirmam que os participantes deste processo estão cada vez mais aumentando em número e especialidades diferenciadas, para conseguir solucionar mais adequadamente os problemas de projeto, frente às inúmeras alternativas tecnológicas atualmente existentes. Nessa instância, Melhado (1994) indica que, para se garantir a coerência entre decisões e projetos, os diferentes envolvidos devem trabalhar em conjunto.

Para o mesmo autor, considerando a multidisciplinaridade do processo de projeto, surge a necessidade de orientar os trabalhos de cada um dos especialistas, segundo um mesmo conjunto de diretrizes, priorizando as tarefas, de acordo com os objetivos do empreendimento e baseado em critérios voltados para a qualidade.

3.2.2.1 Fluxo de Informações

As decisões de projeto estão influenciadas diretamente pelos fluxos de informações. A importância da comunicação no processo de projeto é dada pela interdependência entre os diversos participantes envolvidos, a necessidade de trabalho em grupo, de flexibilidade e de alto grau de coordenação (TZORTZOPOULOS, 1999).

Um fator importante é a forma como se transfere a informação. Whyte e Edge¹³, citados por Tzortzopoulos (1999), distinguem dois modelos de comunicação. No primeiro, a informação flui de um grupo a outro, de modo sequencial. No segundo, os diversos participantes e disciplinas interagem em um ambiente dinâmico, onde todos estão envolvidos, em todas as etapas, desde o início do processo. Segundo a mesma autora, o processo de projeto geralmente segue o modelo sequencial e linear de transferência de informação, prejudicando o desenvolvimento das relações entre os profissionais envolvidos. Kamara *et al* (2000) afirmam que, nesse modelo, os diversos projetistas não têm contato com o problema original e sim, com soluções previamente definidas, resultando, muitas vezes, em soluções baseadas sobre os desejos dos projetistas e não do cliente, resultando em retrabalhos e possível abandono de projetos inteiros.

Glavan e Tucker (1991) mostraram que a grande maioria dos problemas de projeto, que afetam o desempenho das edificações, está relacionada à informação de projeto pobre ou de baixa qualidade. Isto é confirmado por Melhado (1994), que afirma que os problemas de comunicação entre os participantes e entre as etapas do

¹³ WHYTE, A.; EDGE, H. M. Professional Integration in the Building Design Team. The Organization and Management of Construction: Shaping theory and practice. Vol. 2, Ed. Langford and Retik, p. 551-561, 1996.

processo de projeto podem ocasionar projetos “mal definidos, mal especificados e mal resolvidos, levando a um acréscimo de custo e de tempo de execução”.

Para Fabrício e Melhado (2001), um problema constante na gestão do processo de projeto está relacionado com a falta de informações, incluindo a tomada de decisões baseada em suposições, por falta de consistência nos dados ou porque esses dados não são divulgados a todos os participantes do projeto. Ainda, Tzortzopoulos (1999) acrescenta que muitas vezes, as informações não são disponibilizadas no momento adequado, por não haver uma clara definição de quando estas são necessárias, em cada etapa do processo. Além disso, segundo a mesma autora, cada projetista possui uma linguagem e, conseqüentemente, uma interpretação diferenciada do projeto, devido à falta de padronização para a circulação de informações.

3.2.3 Processo de Projeto Convencional

Atualmente, Romano (2006) afirma que as pressões de mercado e o curto prazo para a etapa de projeto, fazem com que o processo de projeto seja desenvolvido de maneira insuficiente e inadequada, e os resultados, em relação a prazos, custos, qualidade e escopo do empreendimento não sejam atingidos. Nessa instância, Tzortzopoulos (1999) considera o pouco tempo para a tomada de decisões um fator limitador da criatividade da equipe de projeto, tendo que optar pelo uso de tecnologias e práticas convencionais nas edificações.

A mesma autora descreve que, usualmente, o pouco tempo para tomada de decisão restringe o lançamento de alternativas, e leva os projetistas a adotarem, na maior parte das vezes, tecnologia e práticas de projeto convencionais. Esse problema deve-se, também, à limitada retroalimentação existente no projeto, que resulta na dificuldade de assegurar que tecnologias inovadoras sejam realmente eficientes. Entretanto, existem muitas restrições externas, fora do controle dos projetistas, como, por exemplo, o orçamento, a programação de obra e as restrições do terreno, fatores que também aumentam a complexidade na tomada de decisão em projeto. (TZORTZOPOULOS, 1999).

A falta de qualidade é explicada, também, pelo fato de as empresas considerarem apenas o aspecto comercial do produto, sem destacar a devida importância à integração entre projetos e produção (MANZIONE, 2006). Muitos projetos ficam incompletos, fazendo com que muitas decisões tenham de ser tomadas durante a execução da obra, como a seleção de materiais e componentes (FABRICIO, 2002; MANZIONE, 2006). Este fato, segundo Fabrício (2002), pode também ser decorrente de especificações incompletas e incompatíveis, ou da falta de detalhamento do projeto, o que impossibilita o conhecimento de todas as características deste.

De acordo com Melhado (1994), essas falhas são resultado da prática sequencial de desenvolvimento do projeto do produto e de produção, o que faz que com as soluções pensadas na primeira etapa não sejam seguidas na segunda. Para Fabrício (2002), esse fenômeno ocorre por causa da pressão de tempo e redução de custos

almejados na etapa de projeto, sendo estas vistas, frequentemente, apenas como um instrumento legal e indicativo.

Para Castells e Heineck (2001), a integração não acontece, nem mesmo dentro da etapa de projeto do produto edificação. Muitas vezes, a concepção do projeto é realizada por escritórios autônomos de projeto, caracterizando essa etapa como uma elaboração meramente qualitativa de projeto ou de desenvolvimento global ou estratégico. Já o desenvolvimento tecnológico das opções selecionadas ou de desenvolvimento quantitativo, específico ou tático, passa a ser responsabilidade da empresa construtora ou de novos profissionais contratados por ela (CASTELLS e HEINECK, 2001).

Segundo Tzortzopoulos (1999), muitos dos projetos arquitetônicos e complementares são desenvolvidos por empresas externas ou temporárias, constituídas por indivíduos com especialidades diferentes e que nunca trabalharam juntos anteriormente. Muitas vezes, ainda, trabalham em espaços físicos diferentes. A linguagem entre cada um destes projetistas é diferenciada, ocasionando problemas de comunicação, compreensão de requisitos de projeto e incompatibilidade entre desenhos (TZORTZOPOULOS, 1999).

Ou seja, em concordância com Fabrício (2002), trata-se de um processo altamente hierarquizado e desenvolvido de maneira fragmentada e sequencial, reduzindo assim consideravelmente a possibilidade de colaboração entre projetistas (FIGUEIREDO, 2009). O desenvolvimento de cada etapa depende das soluções e atuação da etapa anterior, dificultando, assim, a revisão de decisões, sendo que refazê-las significa retrabalhos (FABRICIO, 2002).

Melhado (1994) acrescenta a estas irregularidades, a desconsideração dos fornecedores e subempreiteiros no processo. Também, muitas vezes, o empreendedor não possui nenhuma participação na concepção do projeto de produto edificação e do seu processo, atuando somente como gerenciador e validando algumas soluções de projeto (FABRICIO, 2002). Além disto, segundo Manzione (2006), muitos projetistas ainda não dão a devida importância ao planejamento do projeto, por considerarem a qualidade e o cumprimento de cronogramas fatores restritivos, e acreditarem que o processo criativo não pode ser planejado. O mesmo autor menciona que o cronograma é somente utilizado para o controle das entregas dos desenhos contratados, sem considerar a complexidade do processo de projeto, sua multidisciplinaridade e interatividade, resultando em um cronograma sem adaptação às mudanças, tornando-se, portanto, ultrapassado e sem função. Trata-se de planejamentos baseados em datas críticas, que utilizam os mesmos métodos utilizados para o planejamento de obras (AUSTIN *et al*, 1999).

3.2.4 Processo de Projeto Integrado (PPI)

Figueiredo (2009) afirma que o termo *Integrated Design Process* foi proposto pela International Energy Agency (2003), mas, de acordo, com Zimmerman (2006), o seu conceito já havia sido utilizado no começo dos anos 90,

pelo programa Canada's C-2000¹⁴ e na competição IDEAS Challenge¹⁵, para descrever uma abordagem mais holística em projetos de edificações. Outros termos, como *Whole Building Design*, proposto pelo National Institute for Building Sciences, *The Integrative Design Collaborative*, proposto por Bill Reed e *Low-Energy Design Process*, utilizam os mesmos conceitos, ao considerar todo o ciclo de vida da edificação no processo de projeto e as interdependências entre os subsistemas desta edificação (FIGUEIREDO, 2009).

Nesta abordagem, Zimmerman (2006) aponta que o principal objetivo é a sustentabilidade da edificação, além de objetivos e metas secundárias explícitas, com maneiras de alcançá-las. O PPI é facilitado por um responsável e é estruturado para que os problemas e decisões sejam estudados no momento correto. Essas decisões devem ser claras e incluir toda a equipe de projeto de maneira colaborativa, fazendo uso de um pensamento holístico. O sistema deve ser interativo, a fim de que novas informações possam ser estudadas e as decisões já tomadas, refinadas (ZIMMERMAN, 2006).

O PPI se difere do convencional ao converter o tradicional processo linear e sequencial em um processo cíclico e contínuo, onde os problemas não são resolvidos separadamente e sim de maneira integrada, envolvendo múltiplos participantes (MTS, 2006). Isto permite ajustes e a descobertas das melhores soluções, na medida em que uma maior compreensão do problema é obtida (MTS, 2006). A interatividade entre processos também acontece no processo de projeto convencional, porém de forma isolada, em cada disciplina. Os projetistas se encontram ocasionalmente, para garantir que as soluções de cada um não conflitem entre si (MALIN, 2004). A interação e colaboração no PPI devem acontecer ao se garantir que as necessidades dos clientes sejam atendidas, ao se estabelecer uma coordenação entre essas necessidades e a investigação projetual do produto, ao se buscar o desenvolvimento das diferentes disciplinas em paralelo, ao se elaborar projetos coerentes com a construção e ao se acompanhar a execução da obra e elaborar o "as built", após esta etapa, garantindo a retroalimentação de projetos futuros (FABRÍCIO E MELHADO, 2001).

Outro aspecto que diferencia o sistema integrado pode ser verificado no maior tempo de duração da etapa de pré-projeto e menor na de elaboração de projeto. Isto se deve à maior quantidade de informações utilizadas na primeira fase e, conseqüentemente, melhor desenvolvimento das soluções de projeto e menor potencial de retrabalhos (FIGUEIREDO, 2009).

No entanto, Reed e Gordon (2000) destacam que para o PPI acontecer, é necessário que, desde o princípio, as responsabilidades de cada membro da equipe sejam discutidas e definidas de forma consensual, resultando em um fluxograma de atividades. Assim, também, toda a equipe deve estar comprometida com o processo e suas metas, seguindo as mesmas aspirações, propósitos e valores (MTS, 2006). Nessa instância, os mesmos autores

¹⁴ Programa NRCan's C-2000 para edificações comerciais eficientes energeticamente (ZIMMERMAN, 2006).

¹⁵ Competição IDEAS Challenge de projetos para edificações residenciais multifamiliares (ZIMMERMAN, 2006).

especificam que as metas devem ser mensuráveis com relação aos sistemas, sendo estes projetados em conjunto, procurando soluções integradas.

Na etapa de concepção, a equipe de projeto deve ser escolhida de acordo com o perfil do empreendimento, considerando a possibilidade de responder aos objetivos do projeto, incluindo a inserção de parâmetros de sustentabilidade no projeto (MTS, 2006). Na primeira etapa de projeto devem ser realizados estudos sobre os fluxos, relações e custos do programa, planejando como eles serão atendidos nas etapas posteriores, incluindo uma reavaliação do programa do projeto, com base em conceitos de sustentabilidade (MTS, 2006).

Nesta etapa podem ser realizados *workshops* ou charretes, para que as percepções e anseios de todos os participantes do processo, incluindo futuros usuários, sejam considerados nas decisões de projeto. Segundo Lennertz et al. (2008), uma charrete dura de quatro a sete dias e, neste curto espaço de tempo, o consenso entre os participantes pode ser alcançado, o que demoraria meses sem a realização destas. Um dos principais objetivos de uma charrete é identificar áreas de desacordo entre os intervenientes do processo. Para isto, é necessário que uma equipe multidisciplinar esteja presente e se garanta que as discussões sejam realistas (LENNERTZ *et al*, 2008).

Contudo, conforme os mesmos autores, para que uma charrete atinja esse objetivo, é necessária uma primeira fase de preparação, que pode durar de seis semanas a nove meses. Após a charrete, também, o comprometimento dos projetistas deve garantir que as soluções de projeto sejam baseadas na visão da comunidade e em seus interesses, para a qual foi realizada. Esse é um processo contínuo e de refinamento de soluções, onde a comunidade deve ser consultada diversas vezes e a análise do atendimento dos objetivos iniciais deve ser realizada continuamente (MTS, 2006). Os projetos legais e para execução não são mais que um detalhamento dos desenhos e especificações elaborados na etapa anterior e possuem curta duração (MTS, 2006).

Os mesmos autores indicam que durante a execução da obra, novamente deve-se verificar o atendimento dos objetivos iniciais do empreendimento e a interação entre os diversos participantes do processo. A equipe de obra deve ser treinada e contar com o acompanhamento constante dos projetistas. Nesse contexto, Vosgueritchian e Melhado (2005) defendem que a mesma equipe esteja presente, em todas as fases do processo de projeto, lideradas por um coordenador. Finalmente, na etapa de ocupação, os usuários devem receber um treinamento sobre a operação e manutenção da edificação, que deve ser atualizado continuamente, segundo as necessidades dos mesmos (VOSGUERITCHIAN e MELHADO, 2005).

3.2.5 Particularidades do Processo de Projeto de Edificações Sustentáveis

A inserção do conceito de sustentabilidade em um empreendimento implica em que ele esteja presente, não somente nas definições das estratégias da edificação, mas também no planejamento e gestão desta. Zambrano

(2008) adverte que a consideração da sustentabilidade na edificação significa abordar as questões relacionadas a este tema, ao longo das etapas do processo de projeto, e não como elementos sobrepostos a um projeto previamente concebido. Para Motta e Aguiar (2009), a sustentabilidade inclui a busca de um novo modelo de desenvolvimento, e as atividades do empreendimento devem fazer parte deste novo modelo.

A importância do empreendedor também é abordada na literatura. Os autores consultados neste capítulo apontam que, os problemas para a implementação de projetos sustentáveis estão caracterizados por um aspecto em comum: a falta de conhecimento do empreendedor quanto à construção sustentável. Esse contexto é mostrado na Figura 13.

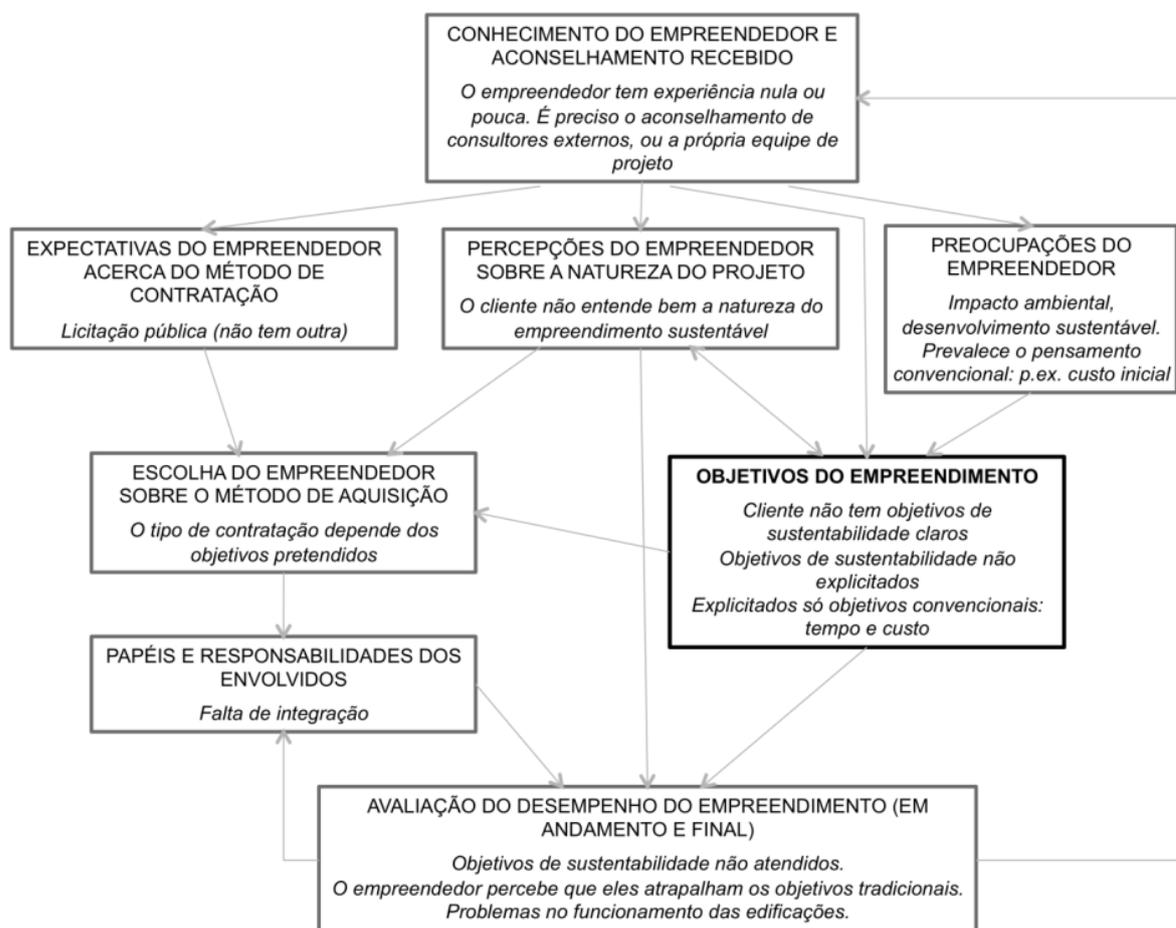


Figura 13. Importância do empreendedor em um projeto sustentável (adaptado de Ward, 1991).

Para Reed e Gordon (2000), uma equipe de projeto multidisciplinar, presente em todas as etapas do processo de projeto, é essencial para conseguir uma integração entre a edificação, a comunidade e os sistemas naturais e econômicos. A introdução da sustentabilidade no projeto não implica em mudanças nas premissas de um PPI. As mudanças referem-se ao "processo de decisão, na forma de trabalhar e nas relações entre os membros participantes do projeto" (ZAMBRANO, 2008).

Segundo Mohamed et al. (2008), sob uma perspectiva de gestão, as práticas sustentáveis e as de construção são diferentes por natureza. As de construção são, geralmente, bem definidas e mensuráveis, fazendo uso de códigos, especificações e normas de execução. Porém, nas práticas de sustentabilidade, as informações sobre o desempenho de edificações existentes nem sempre estão disponíveis, pois este tipo de edificação demora mais tempo para demonstrar suas deficiências (COLE, 2000; MOHAMED *et al*, 2008).

Por outro lado, a inserção de requisitos de sustentabilidade e, por conseguinte, o incremento da equipe multidisciplinar, aumenta ainda mais a complexidade do processo de projeto, exigindo uma maior atenção a este (GANGEMI *et al*, 2000). O entendimento e aceitação dos conceitos de sustentabilidade, por parte desses participantes e em todas as etapas do processo, são importantes, mas sem um gerenciamento adequado do processo, o produto não poderá ser viabilizado (VOSGUERITCHIAN e MELHADO, 2005).

Dentre as etapas do processo de projeto, a que mais impacto apresenta dentro das questões abordadas pela sustentabilidade é a de uso e manutenção da edificação (MOTTA e AGUILAR, 2009). Porém, esses impactos podem ser revertidos a custos reduzidos, ao se intervir nas etapas de idealização, concepção e projeto. Durante a etapa de planejamento da edificação, Degani e Cardoso (2002) afirmam que as características ambientais e da comunidade da região devem ser conhecidas, assim como sobre a existência de mananciais e lençóis subterrâneos e das exigências das regulamentações. Quando se pensa na implantação, os mesmos autores indicam que se devam selecionar materiais e componentes que não agridam o meio ambiente e que possuam fornecedores responsáveis, priorizando o consumo mínimo de energia e água. Da mesma forma que os fornecedores, as equipes devem ser escolhidas de acordo com o seu comprometimento ambiental e ética social (ZAMBRANO, 2008).

Na etapa de projeto, Zambrano (2008) aponta que se deve ter clara a consideração das implicações das decisões: na escala do edifício, no entorno imediato, na região e no mundo todo. Segundo Vosgueritchian e Melhado (2005), mais de 90% dos princípios de sustentabilidade “se baseiam em decisões que devem ser tomadas no momento do projeto arquitetônico”. Durante a execução da obra, um gestor ambiental pode ser designado para o controle ambiental desta. Além disso, o canteiro deve ser planejado de forma a reduzir o desconforto da vizinhança e dos próprios funcionários da obra, assim como reduzir riscos de acidentes e poluição (ZAMBRANO, 2008).

A mesma autora indica que o cuidado com o meio ambiente e com os trabalhadores também deve estar presente no planejamento da operação, uso e manutenção da edificação. Para isto, deve-se elaborar um manual, contendo indicações para reposição de peças, manutenção dos sistemas, procedimentos de limpeza e monitoramento, entre outras informações. Ações que minimizem ao máximo as interferências no entorno, durante reparações e reformas, também devem ser priorizadas para esta etapa (DEGANI E CARDOSO, 2002). Também, segundo Degani e Cardoso (2002), nesta etapa deve-se considerar a durabilidade e facilidade de manutenção do mobiliário, além de adotar medidas que evitem o desperdício de energia e água. Sistemas

eficientes de iluminação, ventilação e condicionamento térmico devem ser previstos, ainda na etapa de projeto, visando a utilização da edificação. Nesse caso, em concordância com Scheidt e Hirota (2010), o uso de simulações computacionais, como ferramenta de suporte, permite avaliar o impacto do projeto.

A última etapa, de desconstrução, não pode ser desconsiderada, como foi mencionado anteriormente (ver item 3.2.1.5). Durante a etapa de projeto deve-se prever, também, a utilização de materiais e componentes duráveis, reaproveitáveis e que permitam a desmontagem (DEGANI e CARDOSO, 2002). Essa estratégia, entre outras, facilita o processo de desconstrução da edificação, ao fim de sua vida útil.

Ainda, por cima, as certificações ambientais podem ser inseridas neste processo, simultaneamente com os demais requisitos da edificação, de forma horizontal e relacionada a aspectos de planejamento do processo (MOTTA e AGUILAR, 2009). Para que a interação entre os requisitos das certificações e os demais aconteça, é importante que sejam inseridas ferramentas de gestão e comunicação entre os processos do projeto (VOSGUERITCHIAN e MELHADO, 2005). Entretanto, segundo os mesmos autores, deve-se observar que as certificações ou selos ambientais possuem pouca eficiência, em relação a uma mudança cultural na estrutura organizacional do empreendimento, por seus requisitos atentarem somente à concepção e elaboração de projetos.

Finalmente, como pôde ser visto, o processo de projeto de edificações sustentáveis e o PPI convergem em muitos aspectos. Conforme Reed e Gordon (2000), os aspectos de sustentabilidade em uma edificação podem ser atendidos mediante a integração do processo de projeto convencional.

3.3 CONSIDERAÇÕES DESTE CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo contextualizar os conceitos relacionados ao processo de projeto. Em primeiro lugar, foi abordado o projeto como processo criativo, mostrando as etapas que o compõem e vários dos métodos que têm sido pesquisados para sistematizar seu desenvolvimento, e, assim, melhorar o resultado do produto edificação.

Em segundo lugar, foi abordado o projeto como processo gerencial, destacando a importância do próprio projeto para as demais etapas ao longo do ciclo de vida da edificação. Desta abordagem foram apresentadas suas principais etapas, os participantes nelas e as particularidades do processo convencional e do PPI, visando o desenvolvimento de edificações sustentáveis. A partir disso, foi percebida a importância do projeto, como processo gerencial no desenvolvimento das edificações sustentáveis, e, portanto, para o contexto desta pesquisa. Dessa forma, foi essa a abordagem escolhida nesta pesquisa.

4. MÉTODO DE PESQUISA

O presente capítulo descreve o método adotado para o desenvolvimento desta pesquisa. É apresentada, inicialmente, a estratégia de pesquisa escolhida, seguida pelo delineamento do processo de pesquisa, junto com a descrição e o detalhamento das etapas, assim como os métodos e as evidências utilizadas.

As proposições aqui apresentadas sustentam a estratégia de pesquisa no contexto da fenomenologia, que, segundo Kerlinger (1979), é a aplicação do positivismo às ciências sociais, onde o mundo e a realidade não são objetivos e exteriores, mas, sim, socialmente construídos e voltados às pessoas. Assim, o observador é parte da realidade e está inserido no contexto do estudo, sem possibilidade de controle ou manipulação de experimentos.

4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A escolha da estratégia de pesquisa, de acordo com Yin (2003), atende três questões principais: o tipo de questão de pesquisa, o nível de controle do pesquisador sobre os eventos e o grau de comprometimento dos eventos. Para Robson (2002), a estratégia focada no estudo de casos deve ser considerada, na maior parte das situações, quando a investigação toma lugar no mundo real, e os limites entre o fenômeno e o contexto não são claros. Conforme Yin (2003), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa adequada, quando as questões propostas são do tipo *como* e *por que*, e quando o pesquisador aborda um fenômeno contemporâneo, no qual tem pouco controle sobre os eventos.

A questão de pesquisa definida para este trabalho é do tipo *como* e o objeto de estudo, empreendimentos concebidos com foco na sustentabilidade, particularmente instituições educativas; corresponde a um fenômeno contemporâneo, no qual o pesquisador não teve controle sobre os eventos investigados ao longo do estudo. Da mesma forma, os limites entre esse fenômeno e o contexto no qual se insere são difíceis de identificar. Considerando esses aspectos, a estratégia escolhida para esta pesquisa é de **estudo de caso**.

O estudo de caso visa a investigação de um caso específico, bem delimitado, contextualizado em tempo e lugar, para permitir a realização de uma busca circunstanciada de informações (VENTURA, 2007). Por outro lado, Leite (2008) menciona as principais vantagens do estudo de caso, entre elas: a) estímulo a novas descobertas durante a pesquisa, podendo ser até mais importantes do que o previamente definido; b) ênfase na qualidade da

pesquisa, devido à profundidade do estudo e à percepção do problema, como um todo; e c) simplicidade dos procedimentos adotados, tanto na coleta, como na análise dos dados. Robson (2002) e Yin (2003) complementam que o estudo de caso permite reter características significativas e genéricas de processos organizacionais e/ou gerenciais, com a ajuda de múltiplas fontes de evidência. Nesse sentido, Gummesson (2000) afirma que as conclusões sobre um caso de interesse específico podem resultar em conclusões de interesse geral.

4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A Figura 14 apresenta o delineamento desta pesquisa, o qual foi estruturado a partir do modelo proposto por Yin (2003), considerando as etapas principais de um estudo de caso: compreensão, desenvolvimento e análise, sendo que a revisão bibliográfica foi realizada durante todo o processo.

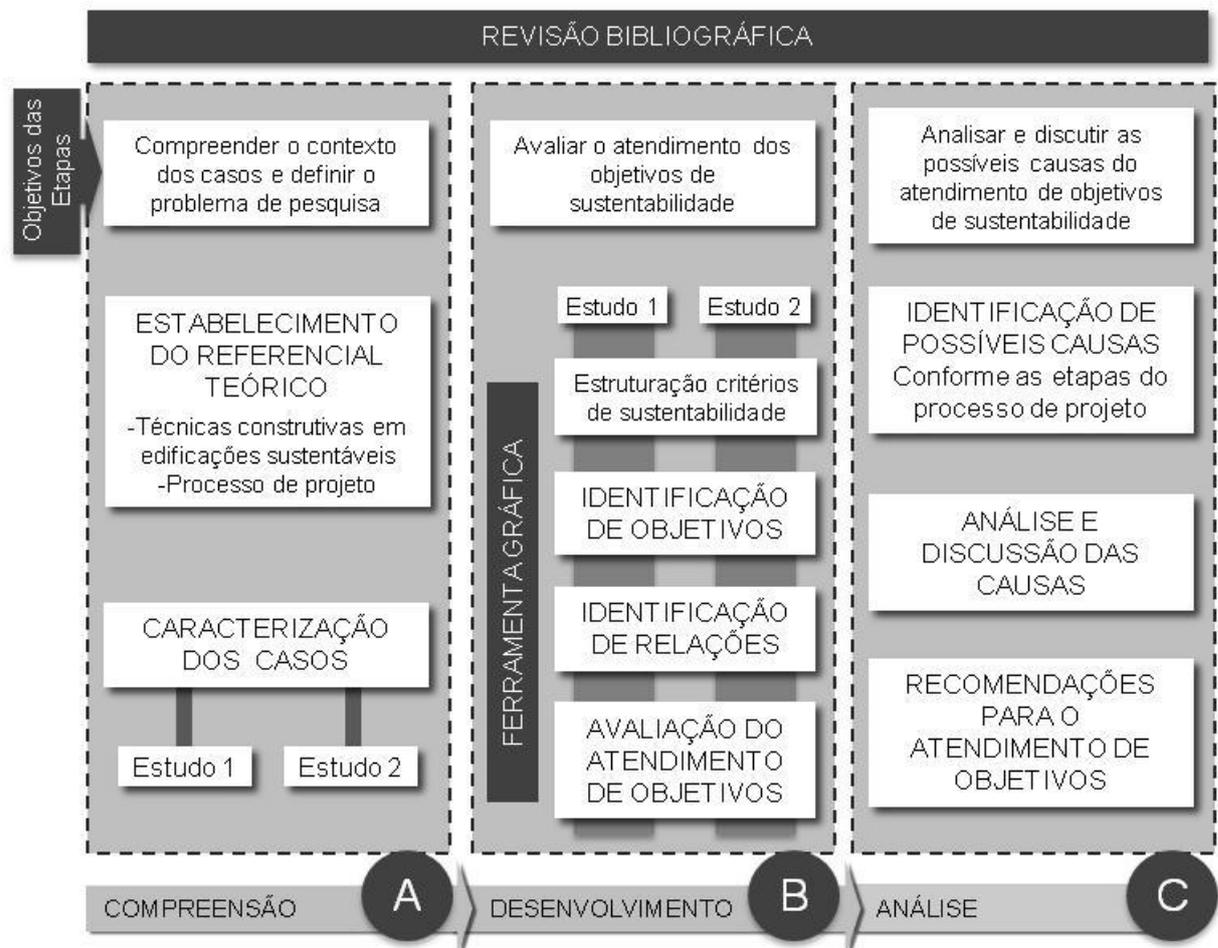


Figura 14. Delineamento da Pesquisa.

A revisão bibliográfica ocorreu em paralelo com todas as etapas da pesquisa, com a finalidade embasar o desenvolvimento da mesma na literatura existente e específica no tema. Isto foi necessário, pois, em

concordância com Miron (2008), a coleta e a análise dos dados não estavam rigidamente separadas, resultando em um ciclo de aprendizagem contínuo. Sob o mesmo ponto de vista de Figueiredo (2009), isto foi fundamental, visto que, neste tipo de pesquisa, há mais variáveis de interesse do que fontes de dados primários e, por conseguinte, houve a necessidade de embasamento, através de múltiplas fontes de evidência.

A primeira etapa do estudo teve como objetivo compreender o contexto dos casos e definir o problema de pesquisa. Nessa etapa houve um aprofundamento de conhecimentos sobre o processo de projeto de edificações sustentáveis e as técnicas construtivas presentes nesse tipo de edificações. Como resultado desses estudos, foram identificados os principais aspectos que caracterizam o processo de projeto, incluindo as dificuldades encontradas por outros pesquisadores e as respectivas recomendações. Por outro lado, foram realizadas entrevistas com intervenientes dos casos, buscando entender como foi o processo de projeto, assim como coletar a maior quantidade de dados. Como resultado desta etapa, foram caracterizados ambos os empreendimentos, apresentando as técnicas construtivas e materiais utilizados nas edificações, o processo de desenvolvimento e o estado atual das mesmas.

Durante essa etapa houve um amadurecimento sobre o foco e os objetivos da pesquisa. A pesquisa foi iniciada, tendo como propósito a melhoria na gestão do processo de projeto em empreendimentos desse tipo, considerando o acompanhamento do desenvolvimento de uma edificação educativa com aspectos de sustentabilidade, e a realização de um estudo exploratório em uma edificação já concluída. No entanto, no decorrer dessa etapa, foi percebido que não era possível acompanhar esse processo por questões externas à pesquisa. A partir disso, foi agregado um caso com características similares, constituindo, assim, duas instituições educativas com suas construções mais sustentáveis já concluídas. Sendo assim, o foco da pesquisa foi reformulado para a avaliação do processo de projeto, particularmente para a avaliação dos objetivos de sustentabilidade nessas duas instituições.

A segunda etapa da pesquisa teve como finalidade a avaliação do atendimento dos objetivos de sustentabilidade nos dois casos. Para isto, foram identificados os objetivos, com base nos documentos coletados na etapa anterior, além de novas entrevistas com participantes da concepção, equipes de projeto e usuários. Para a realização das análises foi desenvolvida uma ferramenta gráfica, que permitiu a estruturação dos critérios de sustentabilidade, mostrando o desdobramento dos objetivos e suas interdependências. A estruturação gráfica de cada edificação foi validada pela equipe de projeto respectiva, dando lugar à avaliação dos objetivos.

A avaliação do atendimento dos objetivos baseou-se, fundamentalmente, no diagnóstico (levantamento do estado atual) das edificações e na identificação dos objetivos de sustentabilidade, tomando como evidência documentos de projeto, comunicações entre os intervenientes, registros da etapa de execução, pesquisas desenvolvidas no NORIE, visitas no local e fotografias. A avaliação foi realizada em duas fases: a primeira fase consistiu na análise do próprio atendimento dos critérios que se desdobraram de cada objetivo, desde o nível de abstração mais baixo (soluções técnicas), até o mais alto (objetivos gerais); a segunda fase consistiu em analisar

o resultado da primeira fase, a partir das relações diretas entre os objetivos (específicos e gerais). A avaliação a partir das relações está baseada na importância de considerar a interação sistêmica entre os objetivos, considerando que as análises foram realizadas para cada nível de abstração – em primeiro lugar foi analisada a influência das relações entre objetivos específicos, em segundo lugar as relações entre objetivos gerais. Posteriormente, nesta etapa, foram comparados os resultados das análises em cada caso.

Finalmente, a última etapa da pesquisa objetivou a análise e discussão das possíveis causas que levaram ao não atendimento dos objetivos de sustentabilidade nos casos. Para realizar as análises foi utilizado o método dos Cinco Porquês, através do qual se tentou descobrir a possível causa mais importante para cada problema, e a etapa do processo de projeto na qual ela ocorreu. As análises foram baseadas nas evidências de projeto, na consulta a especialistas externos, em pesquisas anteriores e em referências bibliográficas, específicas para cada solução técnica relacionada ao problema. A identificação das possíveis causas e das etapas em que ocorreram, permitiu a discussão de recomendações encontradas na literatura consultada.

4.3 ETAPA A: COMPREENSÃO

A etapa A foi desenvolvida entre os meses de fevereiro e novembro de 2010, considerando que um segundo caso foi inserido no mês de agosto, devido à reformulação do foco da pesquisa. Nesse período buscou-se compreender o contexto dos casos, começando pelo estabelecimento de um referencial teórico, que visou indicar os aspectos a serem considerados na coleta de dados (ver itens 2 e 3). A caracterização dos empreendimentos envolveu o levantamento de dados relativos às características físicas e ao processo de projeto das edificações, desde a concepção, até a operação dos mesmos. Os dados para a caracterização foram coletados através das evidências: a) entrevistas semiestruturadas; b) observação não participante, em reunião da instituição; c) visita ao local e registro fotográfico; d) análise documental, e e) pesquisas anteriores. Para a realização das entrevistas semiestruturadas e da análise documental, foi elaborado um protocolo de coleta de dados (Apêndice A), descrito no item a seguir.

Tomando como exemplo pesquisas realizadas anteriormente no NORIE (MIRON, 2008), a coleta dos dados foi auxiliada por uma planilha de registro e controle do processo de desenvolvimento da pesquisa (Figura 15), tanto nesta etapa, como nas próximas. Nessa planilha foram apontadas descrições concisas das atividades relativas à pesquisa, como reuniões e entrevistas, auxiliando a interpretação dos dados e o desenvolvimento das análises.

Data / evento Participantes	Relato de Eventos, contatos e demais informações relevantes, que possam ser utilizadas na pesquisa	Observações, questionamentos e pré- análises

Figura 15. Planilha de registro do processo de pesquisa.

4.3.1 Protocolo da Coleta de Dados

O protocolo da coleta de dados compreendeu as diretrizes para a coleta e a formalização dos dados, que serviram para as análises posteriores. Nesta pesquisa, o protocolo (Apêndice A) buscou direcionar a coleta para obter informações claras das entrevistas e dos documentos fornecidos pelos participantes nelas. Dessa forma, o protocolo também foi direcionado aos participantes das entrevistas, para eles terem conhecimento de como iriam ser categorizados e analisados os dados fornecidos por eles, para as análises nesta pesquisa, assim como qual seria o retorno (*feedback*) a eles.

A coleta de dados considerou todas as informações recolhidas pelo pesquisador no decorrer das entrevistas, solicitadas diretamente, ou não, aos participantes das entrevistas. Essas informações foram coletadas de forma oral (reuniões presenciais), escrita (e-mail) ou a partir dos documentos fornecidos pelos participantes das entrevistas. Foi considerado como evidência qualquer tipo de documento existente, com informação registrada em papel ou em meio digital, relacionado com o escopo desta pesquisa. Incluíram-se, sem serem limitadas somente a estas: plantas de projeto, desenhos, cartas, e-mails, documentos de projeto.

Tratando-se de uma pesquisa na área da construção civil, os dados foram categorizados de acordo às etapas do processo de projeto dos empreendimentos e aos intervenientes que participaram (ou participam) nessas etapas. As etapas foram classificadas em: a) concepção; b) planejamento e projeto; c) execução; e d) operação/uso. Os intervenientes foram classificados como: a) empreendedor; b) autoridades; c) usuários finais; d) equipe de projeto; e) construtor; e f) outros.

Considerando o caráter acadêmico desta pesquisa, o nome das instituições, empresas, profissionais e demais participantes não foram publicados no trabalho, mudando eles por nomes genéricos (p.ex. empresa X). Da mesma forma, teve-se como premissa não realizar juízos de valor, que puderem afetar os envolvidos na pesquisa.

4.3.2 Caracterização dos Empreendimentos

A caracterização dos empreendimentos consistiu no diagnóstico de duas instituições educativas com foco na sustentabilidade, objeto de investigação. Essa caracterização teve como objetivo: o entendimento das principais características desses empreendimentos, a identificação dos critérios de sustentabilidade definidos para cada projeto, a identificação dos agentes envolvidos no processo de projeto, bem como o entendimento desse processo.

A etapa de concepção de ambos os empreendimentos teve a participação de pesquisadores do NORIE, quem ajudaram na inserção de critérios de sustentabilidade no projeto. Assim também, nesses objetos de investigação foram desenvolvidos diversos estudos por pesquisadores (SATTLER, 2003; ISOLDI *et al*, 2006; ZANIN *et al*,

2006; GEMELI, 2009; SILVA, 2009) e alunos¹⁶ do NORIE. Esse contexto foi identificado como uma importante oportunidade para a obtenção de dados sobre as edificações, e como uma possibilidade de retroalimentação de informações para o desenvolvimento de futuros projetos no NORIE.

A Escola Municipal Frei Pacífico, primeiro objeto de estudo, e o Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus de Feliz, segundo objeto de estudo, são empreendimentos já concluídos, que se encontram na etapa de operação e têm apresentado diversos problemas após a sua construção. Tais problemas impedem o seu correto funcionamento, diminuem o desempenho ambiental definido em seu projeto e dificultam o atendimento de diversos aspectos da sustentabilidade. Os dois empreendimentos estudados são edifícios institucionais educativos, porém os programas de necessidades e os requisitos funcionais são diferentes entre si. Em virtude disto, nesta etapa da pesquisa foi realizado um diagnóstico *ex-post facto* dos empreendimentos, buscando alcançar o propósito da caracterização.

4.3.2.1 Escola Municipal Frei Pacífico

A Escola Municipal Frei Pacífico, concluída em novembro de 2007, é uma escola de ensino fundamental da rede pública, localizada em uma zona rural adjacente à área de preservação ambiental do Parque Estadual de Itapuã, município de Viamão no Estado do Rio Grande do Sul, próximo à cidade de Porto Alegre. A edificação se encontra em um terreno com área aproximada de um hectare, possui 450 m² de área coberta e paisagismo, contendo quatro blocos destinados a salas de aula, salas administrativas e um conjunto de banheiros, além de uma quadra de esportes e um playground (Figura 16). A escola foi concebida com a intenção de respeitar os aspectos de preservação ambiental da área adjacente, além de proporcionar aos alunos uma educação ambiental junto à natureza e por seu intermédio promover a integração da comunidade. A edificação contempla princípios de sustentabilidade, como o uso de materiais da região, aproveitamento de recursos ambientais, produção local de alimentos, tratamento de resíduos, reutilização e reciclagem de materiais.



Figura 16. Implantação da Escola Frei Pacífico.

¹⁶ Trabalhos com títulos “Avaliação do desempenho lumínico de sala de aula em escola de ensino fundamental sustentável” desenvolvido por Cristina Vitorino da Silva, Josiane Gasperin, Patricia Carone Poyastro e Santiago Muñoz Navarrete; e “Avaliação de desempenho lumínico no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Núcleo Avançado de Feliz” desenvolvido por Luciano Pires, Marcelle Engler Bridi, Marcus Fireman, e Rafael Mascolo, ambos na disciplina Desempenho das Edificações, ministrada pelo professor Miguel Aloysio Sattler, em 2009 e 2010, respectivamente.

Nesta etapa, o levantamento dos dados foi realizado através de:

- a) **Três entrevistas semiestruturadas:** com agentes envolvidos no processo de projeto (Figura 17), gravadas e transcritas com o propósito de recopilar toda a informação recebida. Os roteiros das entrevistas são apresentados no Apêndice B.

Data	Entrevistado / atividade	Descrição
22-11-2010	Arquiteto projetista – equipe de projeto	Caracterização da edificação, identificação de critérios de sustentabilidade, compreensão do processo de projeto, coleta de documentos de projeto
25-11-2010	Diretora da Escola Frei Pacífico – representante dos usuários	Caracterização do estado atual da edificação
29-11-2010	Engenheiro da Secretaria de Educação, Prefeitura de Viamão – representante do cliente, fiscalizador	Identificação de critérios de sustentabilidade, compreensão do processo de projeto, identificação preliminar de falhas na edificação,

Figura 17. Entrevistas realizadas para a caracterização da Escola Frei Pacífico.

Não foram realizadas entrevistas com os alunos da escola, considerando a idade deles. As informações comunicadas pela diretora da escola foram consideradas com o conjunto de todos os usuários. Por outro lado, não foi possível realizar entrevistas com o construtor, embora tenha sido realizado um contato por meio telefônico. Foi enviada uma entrevista escrita, por solicitação dele, através de e-mail, porém não se obteve resposta.

- b) **Visita ao local e registro fotográfico:** realizado em março de 2009 e novembro de 2010, pelo pesquisador. A primeira visita, anterior ao período de pesquisa, teve como objetivo realizar um estudo de conforto ambiental, trabalho da disciplina de “desempenho em edificações”, no NORIE. Dessa maneira, nessa visita foi possível documentar o empreendimento por meio de imagens, de modo a ressaltar os critérios de sustentabilidade ambiental adotados no projeto. Nessa primeira visita também foram observados problemas na edificação, de forma preliminar, que ajudaram na escolha deste empreendimento como objeto de estudo. Na segunda visita, o objetivo principal foi documentar, com imagens, os problemas apontados pelos entrevistados, e, também, identificar a ocorrência de possíveis mudanças ou agravantes, desde o primeiro registro fotográfico. Ainda mais, nessa visita foi possível identificar muitos dos critérios encontrados nos documentos de projeto, e relacioná-los com os problemas encontrados.
- c) **Análise documental:** realizada ao longo de todo o período, considerando que os documentos foram sendo disponibilizados nas reuniões, ao longo do estudo. Entre eles:
- Documentos do projeto arquitetônico e complementares, tais como: plantas baixas, cortes, fachadas, memorial descritivo, e especificações técnicas;

- Diversas comunicações por via e-mail, relativas à troca de informações do próprio processo de projeto, entre a equipe de projeto, o construtor e o departamento de engenharia da Secretaria Municipal de Educação, da Prefeitura de Viamão;
- Trabalhos de pesquisa do NORIE, apontando as diretrizes do projeto e alguns esquemas preliminares (ver item 4.2.3); e
- Trabalhos de pesquisa do NORIE, focados na análise do conforto ambiental nas salas de aula (ver item 4.2.3).

4.3.2.2 Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus de Feliz

O IFRS, concluído em maio de 2008, é um centro de educação profissional, direcionado ao desenvolvimento sustentável da região, com foco na preservação ambiental. Localizado em um terreno de 62.000 m², no limite da malha urbana do município de Feliz-RS, o centro possui uma área construída de 3.670 m², com uma estrutura destinada para 2.000 estudantes. A implantação é composta, principalmente, por um conjunto de prédios térreos, distribuídos em três blocos contíguos, no sentido longitudinal do terreno; uma praça cívica junto à entrada principal; três pontos de acesso principal e uma guarita para o controle de acesso; circulação externa protegida, que interliga os três blocos e um estacionamento (Figura 18). A edificação contempla diversos aspectos de construção sustentável, alinhando o ambiente físico ao processo pedagógico proposto. Foi construído na mesma cota original, adaptando-se ao terreno, com uma orientação solar estudada, uso de ventilação cruzada, emprego de materiais e mão de obra locais, captação e uso de águas pluviais, entre outros critérios de sustentabilidade.

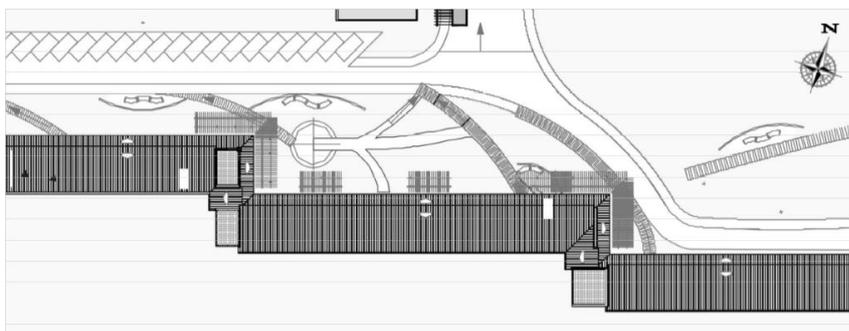


Figura 18. Implantação do IFRS – Campus de Feliz.

A caracterização do empreendimento envolveu a coleta de dados através de:

- a) **Quatro entrevistas semiestruturadas:** com agentes envolvidos no processo de projeto (Figura 19). As entrevistas foram gravadas e transcritas, com o propósito de recopilar toda a informação tratada nelas. Os roteiros das entrevistas são apresentados no Apêndice B.

Data	Entrevistado / atividade	Descrição
15-03-2010	Escritório de arquitetura – equipe de projeto	Compreensão da natureza da equipe de projeto
26-03-2010	Escritório de arquitetura – equipe de projeto	Caracterização da edificação, identificação de critérios de sustentabilidade, compreensão do processo de projeto, coleta de documentos de projeto
21-06-2010	Diretor do IFRS – representante dos usuários	Caracterização do estado atual da edificação
21-06-2010	Diretor secretário / coordenador da Fundação de Educação Profissional do Vale do Rio Cai (FEPVARC) – empreendedor, cliente	Identificação de critérios de sustentabilidade, compreensão do processo de projeto

Figura 19. Entrevistas realizadas para a caracterização do IFRS – Campus de Feliz.

Não foram realizadas entrevistas com os estudantes, devido ao fato de o edifício não estar sendo utilizado para aulas, na ocasião, por consequência de diversos problemas funcionais que apresentava. Não foi possível realizar entrevistas com o construtor, visto que o contato apresentou muita dificuldade, provavelmente pelos vários problemas acontecidos na etapa de execução das obras.

- b) **Observação não participante**, em uma reunião na instituição. A reunião foi realizada em janeiro de 2010, no centro educativo, onde representantes da prefeitura de Feliz, representantes da FEPVARC, diretores da instituição e a equipe de projeto se reuniram para discutir os problemas na autorização do habite-se¹⁷. O objetivo dessa observação foi identificar os agentes envolvidos no processo e conhecer, de forma geral, os principais problemas que a edificação estava apresentando, mesmo que não fossem problemas relacionados ao perfil ambiental. Os dados foram coletados através da transcrição das intervenções dos participantes, junto com observações pessoais de parte do pesquisador.
- c) **Visita no local e registro fotográfico**: realizado em maio de 2009, janeiro e junho de 2010, pelo pesquisador. Na primeira visita, anterior ao período de pesquisa, o objetivo foi documentar o empreendimento com imagens, ressaltando os critérios de sustentabilidade ambiental adotados no projeto. Nas visitas seguintes, o objetivo principal foi documentar com imagens os problemas apontados pelos entrevistados, e, também, identificar se haviam ocorrido mudanças ou agravantes desde o primeiro registro fotográfico.
- d) **Análise documental**: realizada ao longo de todo o período, considerando os documentos que estavam sendo disponibilizados ao longo do estudo. Entre eles:
- Relatórios/atas anuais da diretoria da FEPVARC, desde 2002 até 2008;
 - Trabalhos de pesquisa do NORIE, apontando as diretrizes do projeto e alguns esquemas preliminares (ver item 4.2.3);

¹⁷ O habite-se é o ato administrativo que autoriza a utilização de uma edificação, comprovando que foi construído seguindo as normas locais vigentes. O documento é comumente emitido pela prefeitura da cidade onde o imóvel se encontra localizado.

- Trabalhos de pesquisa do NORIE, focados na análise do conforto ambiental nas salas de aula (ver item 4.2.3);
- Documentos do projeto arquitetônico e complementares, tais como: plantas baixas, cortes, fachadas, memorial descritivo, especificações técnicas e planilha orçamentária.

4.4 ETAPA B: DESENVOLVIMENTO

A etapa B foi desenvolvida entre os meses de dezembro de 2010 e junho de 2011. Essa etapa compreendeu, fundamentalmente, a avaliação dos objetivos de sustentabilidade pretendidos em ambas instituições educativas, baseando-se na caracterização realizada na etapa anterior.

4.4.1 Identificação de Objetivos – Estruturação Gráfica

Em primeiro lugar, ocorreu a identificação dos objetivos de cada empreendimento. A partir da informação coletada na etapa anterior, foi percebido que as primeiras etapas do processo de projeto, em ambos casos, não foram estruturadas seguindo um método de projeto específico. Nessa instância, com base no referencial teórico, foi adaptada a estrutura conceitual, proposta por Kamara *et al* (2000), ao contexto de cada empreendimento, categorizando os critérios de sustentabilidade em: a) meta do empreendimento; b) objetivos gerais; c) objetivos específicos; d) estratégias de projeto; e e) soluções técnicas. A designação dos critérios a uma categoria específica foi determinada pelo nível de abstração/definição de cada critério, do mais abstrato, no topo, ao mais concreto, na base.

As fontes de evidência para a identificação dos critérios, nos dois casos, constituíram-se por documentos de projeto coletados na etapa anterior e estudos desenvolvidos por pesquisadores do NORIE (Figura 20).

Documentos de projeto: Escola Frei Pacifico e IFRS – Campus de Feliz	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implantação das edificações ▪ Planta baixa arquitetônica ▪ Planta de revestimentos ▪ Planta de coberturas ▪ Planta de mobiliário ▪ Planta luminotécnica ▪ Elevações de fachada 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cortes longitudinais e transversais ▪ Planta e detalhamentos estruturais ▪ Planta instalações elétricas e gás ▪ Planta instalações hidro-sanitárias ▪ Memorial descritivo ▪ Especificações técnicas
Estudos/pesquisas Frei Pacifico	Estudos/pesquisas IFRS – Campus de Feliz
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISOLDI et al. (2006) ▪ ZANIN et al. (2006) ▪ GEMELI (2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SATTLER (2003) ▪ SILVA (2009)

Figura 20. Fontes de evidência para a identificação de objetivos.

O desenvolvimento da estruturação gráfica partiu da designação dos critérios de sustentabilidade, em cada uma das categorias. A definição de uma ferramenta gráfica, que permitisse uma melhor visualização dos critérios de

sustentabilidade, ao longo do processo de projeto, baseou-se na necessidade de uma modelagem prévia, que possibilitasse analisar e estruturar os parâmetros e critérios envolvidos nas decisões, apontada por Ward et al. (1991), Kamara et al., (2000) e Zambrano (2008). A escolha e adaptação dessa estrutura foi determinada pela consulta bibliográfica, principalmente por Gutman (1982), Reynolds e Gutman (1988), Kamara et al. (2000) e Bonatto (2010).

Para a elaboração da mesma foi utilizado a ferramenta computacional MS Visio e foram realizados vários ciclos de revisão, contando com a participação de um auxiliar de pesquisa. A representação final (resultados da etapa B) das estruturas gráficas incluiu as relações entre os objetivos e a avaliação dos mesmos.

4.4.2 Identificação de Relações e Interdependências (Interação Sistêmica)

Em segundo lugar, a partir da estruturação dos critérios de sustentabilidade, foi realizada a identificação das relações e interdependências entre objetivos. A inclusão delas se fundamentou na revisão bibliográfica, visto que, conforme Williamson *et al.* (2003), as teorias de auxílio à decisão de projeto não se direcionam aos relacionamentos entre os objetivos (relações entre objetivos diferentes, de forma horizontal); porém, o conhecimento delas é fundamental para avaliar a realização dos próprios objetivos (WARD et al., 1991).

Com base nisso, foram identificadas as interdependências (influência hierárquica entre o objetivo e seus desdobramentos, de forma vertical) entre soluções técnicas, estratégias de projeto, objetivos específicos e gerais, fundamentando a definição de cada uma na revisão de literatura, referente aos princípios de sustentabilidade e edificações sustentáveis (ver item 2). No caso das relações (no sentido horizontal), foram identificados três tipos de relação: a) diretas; b) indiretas; e c) mal concebidas (ver item 6.1.2). Para auxiliar o processo de identificação de relações, foi elaborada uma matriz, para cada caso de estudo.

4.4.3 Avaliação

A identificação dos objetivos e sua interação sistêmica (interdependências e relações) permitiu a avaliação do atendimento dos mesmos. Em concordância com Kowaltowski et al., (2006), a avaliação dos objetivos se concentrou nas falhas do ambiente físico, pelas suas próprias evidências, e no programa das instituições. A análise do atendimento dos objetivos foi realizada de forma qualitativa, a partir das perspectivas do autor, de agentes envolvidos e de especialistas externos, que validaram o diagnóstico de problemas específicos. A avaliação consistiu em comparar o levantamento de todos os critérios, já estruturados, com o estado atual das edificações e funcionamento das instituições¹⁸.

O atendimento aos objetivos gerais depende dos critérios que desdobram dele (interdependências) e das relações com outros objetivos. Por esta razão, a avaliação foi realizada em duas fases. A primeira fase consistiu

¹⁸ O funcionamento das instituições foi analisado quando o atendimento dos objetivos compreendia a operação das mesmas, como por exemplo o programa pedagógico.

na análise do atendimento aos critérios que desdobram do objetivo. A segunda fase consistiu em analisar o resultado da primeira fase, a partir das relações diretas entre os objetivos (específicos e gerais). As análises, nas duas fases, foram realizadas respeitando a ordem hierárquica dos critérios, da base ao topo da estruturação gráfica. As análises da Fase 1 compreenderam todos os níveis, começando pelo nível mais baixo (soluções técnicas). As análises da Fase 2 compreenderam só as relações nos níveis superiores, dos objetivos específicos aos gerais, considerando o sentido da dependência entre cada objetivo. Os parâmetros das duas fases são apresentados na Figura 21.

PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO	
FASE 1: análise do atendimento aos critérios que desdobram do objetivo geral	
Objetivos Atendidos	Todos os critérios foram atendidos
Objetivos Parcialmente atendidos	Ao menos um critério foi atendido ou parcialmente atendido
Objetivos Não Atendidos	Nenhum critério foi atendido
FASE 2: análise das relações diretas entre os objetivos (específicos e gerais)	
Objetivos Atendidos	Objetivos atendidos na fase 1, cujas relações diretas conectam outros objetivos atendidos.
Objetivos Parcialmente atendidos	Objetivos atendidos, ou parcialmente atendidos na fase 1, cujas relações diretas estão conectadas com objetivos parcialmente atendidos e/ou com objetivos não atendidos, tendo, como mínimo, um objetivo parcialmente atendido.
Objetivos Não Atendidos	Objetivos não atendidos na fase 1 ou que não cumpriram os parâmetros anteriores.

Figura 21. Parâmetros de avaliação para o atendimento de objetivos de sustentabilidade, Escola Frei Pacífico.

As evidências das análises consistiram nas mesmas utilizadas na etapa anterior, para determinar o estado atual da edificação. Ademais, foram realizadas visitas ao local, registro fotográfico e novas entrevistas semi-estruturadas com agentes envolvidos no processo de projeto, objetivando a validação da estruturação gráfica e uma análise ao atendimento dos objetivos. Essas entrevistas também foram gravadas e transcritas para recopilar toda a informação. Os roteiros são apresentados no Apêndice B. Nesta etapa, na Escola Frei Pacífico, foram realizadas:

- a) **Visita no local e registro fotográfico:** realizado em junho de 2011, pelo pesquisador. O objetivo específico foi validar as análises realizadas com imagens, assim como identificar se haviam ocorrido mudanças desde as visitas passadas. Nesta visita também foi possível conhecer e identificar o projeto e as obras de reforma da edificação;
- b) **Entrevista semi-estruturada** com a diretora da escola, em 20 de junho de 2011;
- c) **Entrevista semi-estruturada** com o arquiteto projetista, em 28 de junho de 2011;
- d) **Consultas ao especialista externo**, para a validação das análises referidas aos sistemas de reutilização de águas, em junho de 2011.

No IFRS – Campus de Feliz foi realizada uma visita ao local, com registro fotográfico, em 23 de fevereiro de 2011, com o propósito de validar as análises prévias. Também foram realizadas consultas ao especialista externo, no referente aos sistemas de reutilização de águas. Na Figura 22 são apresentadas as entrevistas realizadas nesta etapa.

Data	Entrevistado	Descrição
26-01-2011	Escritório de arquitetura	Validação de estruturação gráfica e análises prévias
23-02-2011	Diretor do IFRS	Validação de análises prévias
23-02-2011	Prefeitura municipal de Feliz	Validação de análises prévias, específica à concepção
29-03-2011	Diretor secretário / coordenador FEPVARC	Validação de análises prévias, específica à concepção

Figura 22. Entrevistas realizadas para validação de análises na etapa B, Escola Frei Pacífico e IFRS – Campus de Feliz.

4.5 ETAPA C: ANÁLISE

A etapa C foi realizada entre os meses de maio e julho de 2011, uma parte em paralelo com a etapa anterior. Esta última etapa compreendeu a análise e discussão das possíveis causas ao não atendimento dos objetivos de sustentabilidade, e recomendações para futuros empreendimentos com foco semelhante.

A análise das possíveis causas levou em consideração os resultados das duas etapas anteriores. Na identificação das causas foi utilizado o Método dos Cinco Porquês (Ver Item 7), através do qual tentou-se descobrir a possível causa mais importante da falha em determinada solução técnica, que levou, portanto, ao não atendimento do objetivo.

A identificação dos Cinco Porquês se fundamentou nas evidências utilizadas nas etapas anteriores, na consulta ao especialista externo, em pesquisas anteriores (ver itens 6.1.3 e 6.2.3) e em referências bibliográficas, específicas para cada solução técnica. Assim, chegou-se à identificação das possíveis causas para o não atendimento dos objetivos nos dois empreendimentos, classificando-as segundo a etapa do processo de projeto na qual ocorreram. Esta classificação foi adotada buscando relacionar as causas encontradas e as atividades definidas, para cada etapa do processo de projeto, presentes na revisão de literatura, realizada ao longo da pesquisa. Para o desenvolvimento desta atividade foi elaborada uma tabela, onde foi registrado o desdobramento dos objetivos, até as soluções técnicas, frente aos respectivos 5 Porquês.

As possíveis causas de cada objeto de estudo foram comparadas, com o propósito de identificar as semelhanças de ocorrência entre eles. A partir disso, foi realizada uma discussão das causas, através da revisão bibliográfica, com especial atenção àquelas referências que indicam as dificuldades e as recomendações no desenvolvimento de empreendimentos com foco na sustentabilidade.

5. RESULTADOS DA ETAPA A

O presente capítulo apresenta os resultados da etapa A desta pesquisa, que caracteriza os casos escolhidos para neles avaliar o seu atendimento aos objetivos de sustentabilidade. Desta forma, este capítulo consiste da caracterização das edificações da Escola Municipal Frei Pacífico (caso 1) e do Instituto Federal do Rio Grande do Sul – Campus Feliz (caso 2), a partir das técnicas construtivas utilizadas, do processo de desenvolvimento de cada empreendimento e do seu estado atual.

5.1 CASO 1 – ESCOLA MUNICIPAL FREI PACÍFICO

A Escola Municipal Frei Pacífico, concluída em novembro de 2007, é uma escola de ensino fundamental da rede pública, localizada em uma zona rural adjacente à área de preservação ambiental do Parque Estadual de Itapuã, no Distrito de Itapuã, município de Viamão, no Estado do Rio Grande do Sul, próximo a cidade de Porto Alegre (Figura 23).



Figura 23. Localização da Escola Frei Pacífico, adaptado de Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul - SEMA, 2010 (fonte: GoogleMaps, 2011).

O projeto foi desenvolvido a partir da demanda da comunidade residente no Distrito de Itapuã por uma nova sede para uma escola municipal, frente à carência de um espaço físico adequado para atender às necessidades

de sua comunidade escolar. Os edifícios anteriores sofriam frequentes alagamentos e apresentavam debilidades funcionais (ZANIN et al., 2006). Como resposta, e considerando a proximidade da nova edificação ao Parque Estadual, a escola foi concebida, desde seu início, com a intenção de respeitar os aspectos de preservação ambiental da área adjacente, além de proporcionar uma educação ambiental junto à natureza e promover a integração da comunidade.

A partir desses preceitos, foram incorporados no projeto princípios de sustentabilidade e educação ambiental, enfatizando a utilização racional dos recursos disponíveis, a relação respeitosa e a preservação das espécies vegetais existentes. Diretamente relacionados com esses princípios, algumas diretrizes de projeto foram definidas: o uso de materiais da região, aproveitamento de recursos ambientais, produção local de alimentos, tratamento de resíduos, reutilização e reciclagem de materiais.

Conseqüentemente, partindo dos aspectos incorporados no projeto, é que a escola Frei Pacífico busca focar seus esforços na eco-alfabetização dos alunos, considerando que o envolvimento das crianças na educação ambiental é fundamental para o sucesso, a longo prazo, dos esforços para alcançar a sustentabilidade (LEGAN, 2004).

5.1.1 Caracterização da Escola Frei Pacífico

O empreendimento está localizado em um terreno com área aproximada de um hectare, relativamente plana e com um dreno natural que percorre todo o terreno, no sentido leste – oeste (Figura 24).

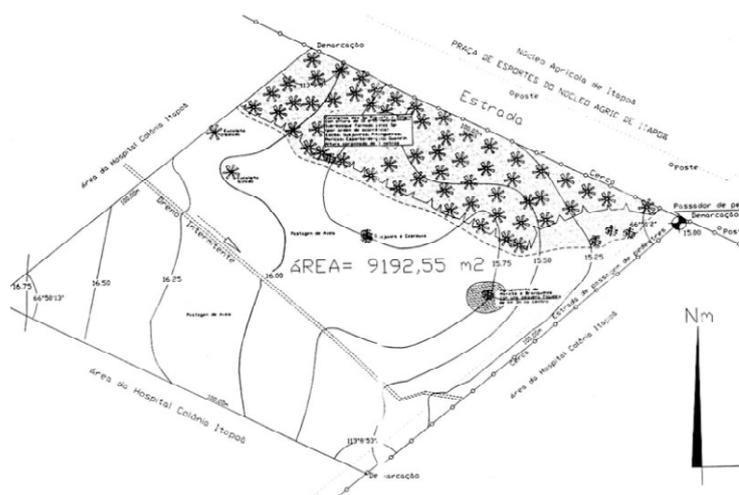


Figura 24. Levantamento do terreno onde foi construída a Escola Frei Pacífico.
(Fonte: ZANIN, 2006).

A implantação das edificações obedece, principalmente, à orientação solar, aos ventos predominantes no local e à vegetação de grande porte presente no terreno. Quanto à orientação solar, a edificação foi projetada com telhados voltados para sul e norte, a fim de reduzir os ganhos excessivos de calor e aumentar a iluminação

natural, assim como para se proteger, nas fachadas leste e oeste, com paredes de pedra. Da mesma forma, quanto aos ventos predominantes, a edificação foi projetada abrindo-se aos ventos provenientes do leste, no verão, e fechada aos ventos provenientes do sul e oeste, no inverno. Além disso, a implantação também foi condicionada pela grande massa constituinte de um bosque de eucaliptos, localizada no lado norte-nordeste do terreno, onde se buscou evitar o sombreamento por ele determinado e procurando evitar o desbaste excessivo do maciço vegetal (Figura 24).

O empreendimento da escola Frei Pacífico foi projetado e planejado em duas etapas, sendo que só foi executada a primeira. Nessa primeira etapa foi construída a edificação presentemente existente (Figura 25), que possui 450 m² de área coberta e seu paisagismo, contendo os blocos 1, 2, 3 e 4, os quais foram destinados a salas de aula, salas administrativas e a um conjunto de banheiros, além de uma quadra de esportes e um playground. A etapa 2, que no início de 2011 ainda não havia sido iniciada, seria integrada pelos blocos 5, 6 e 7: uma sala de aula, um auditório multifuncional, uma sala de alfabetização e por outro conjunto de banheiros, além de uma guarita de acesso, um coreto e por uma quadra de esportes definitiva.

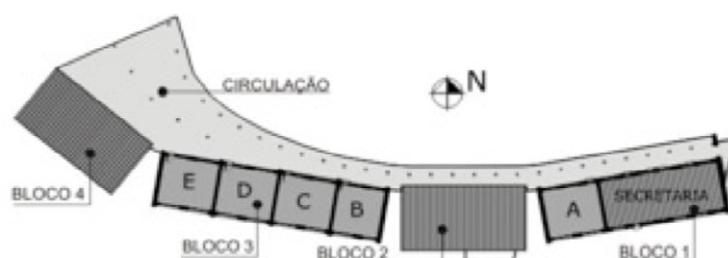


Figura 25. Planta esquemática da edificação existente, primeira etapa da Escola Frei Pacífico. (Fonte: ZANIN, 2006).

O bloco 1 contém salas dedicadas às atividades administrativas, uma biblioteca e uma sala de aula. Devido ao fato de que a etapa 2 ainda não foi executada, a biblioteca, antes projetada para estar no lugar da sala de aula A, foi reduzida e inserida dentro das áreas administrativas. O bloco 2 contempla o refeitório e as áreas de serviço. O bloco 3 reúne as outras quatro salas de aula, e o bloco 4 é constituído pelo conjunto de banheiros e pelo laboratório de informática. Na Figura 26 é apresentada uma descrição mais detalhada dos ambientes internos, em cada sala, junto com as áreas respectivas.

Os quatro blocos estão conectados por uma circulação externa, protegida por uma cobertura verde plana, que se alarga em direção ao oeste, criando uma área de recreação coberta no bloco 4, utilizada pelos estudantes nos dias de chuva. Nesse ponto, a cobertura apresenta umas aberturas zenitais, que permitem a iluminação natural de uma floreira. A cobertura verde também possui um sistema de recolhimento de águas de chuva, constituído por drenos e gárgulas, que levam a água até uma calha perfurada, que a distribui no perímetro. Dessa forma, a

água é recolhida por uma calha aberta de pedra, no nível do solo, que circunda todo o perímetro da cobertura, e é conduzida, posteriormente, a uma lagoa de estabilização, localizada junto ao acesso principal da escola.

BLOCO 1	Área (m ²)	BLOCO 2	Área (m ²)
secretaria	22,0	refeitório	53,8
almoxarifado	4,7	cozinha	18,8
salas administrativas	29,2	despensa	8,1
sala professores	30,7	área de serviço	5,9
sala de aula A	49,8	sanitários dos funcionários	4,1
sanitários dos professores	5,9		
BLOCO 3	Área (m ²)	BLOCO 4	Área (m ²)
sala de aula B	41,9	laboratório de informática	53,5
sala de aula C	50,5	banheiro feminino	16,8
sala de aula D	50,5	banheiro masculino	19,2
sala de aula E	49,8		

Figura 26. Descrição de ambientes e áreas da escola Frei Pacifico.

Quanto aos blocos, o projeto da edificação contemplou estratégias bioclimáticas, para melhorar o conforto dos usuários, alunos e professores. Entre elas, destaca-se: a ventilação cruzada nas salas; a ventilação por efeito chaminé; a iluminação natural, com a ajuda de janelas zenitais e prateleiras de luz; a proteção solar, por beirais, e a inércia térmica, através da utilização de paredes de pedra.

No exterior da edificação, foram desenvolvidos vários aspectos contribuintes para a educação ambiental e associados a questões de sustentabilidade. No entorno imediato ao refeitório, no lado posterior, encontra-se uma horta projetada para a produção local de alimentos, para as refeições dos estudantes da escola.

A redução do consumo de água, reuso e reciclagem de resíduos são outros dos aspectos importantes relacionados à educação ambiental dos alunos e à sustentabilidade. Para a redução de consumo de água, foram utilizados sanitários com caixa de descarga acoplada de menor consumo. No reuso e reciclagem, a compostagem e a separação e tratamento de efluentes líquidos integram o dia a dia dos alunos.

Os resíduos orgânicos sólidos da escola são recolhidos e depositados em uma composteira, cujo produto é utilizado como adubo para a horta. A separação das águas pluviais, cinzas e negras é realizada através de tubulações diferentes, para cada caso. As águas pluviais são recolhidas nas coberturas, para aproveitamento posterior na horta e jardins. Os efluentes líquidos provenientes dos sanitários, pias e cozinha (águas cinzas e negras) são conduzidos a um leito de evapotranspiração, onde recebem tratamentos biológicos, para depois serem incorporados ao solo ou conduzidos a uma lagoa de estabilização. Esses processos representam um ciclo fechado (Figura 27), onde os resíduos são reincorporados na terra, para serem, posteriormente, novamente convertidos em alimentos.

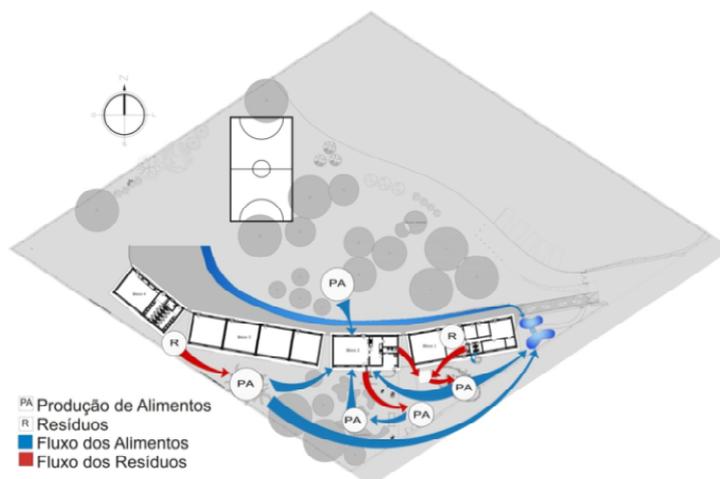


Figura 27. Ciclo fechado de trocas orgânicas (adaptado de ZANIN et al., 2006)

É importante ressaltar esses aspectos, tendo em vista que a Escola Frei Pacífico foi concebida para ser uma escola sustentável. Conforme Legan (2004), os espaços da escola ao ar livre devem ser desenhados e mantidos utilizando práticas ecológicas adequadas, refletidas em todos os aspectos do projeto, desde a forma com que o alimento é plantado, colhido e preparado, até a reciclagem dos resíduos, de volta para a terra. Da mesma forma, Fedrizzi e Flach (2009) defendem a criação dos espaços ao ar livre, considerando as condições usualmente precárias das escolas públicas, como é o caso da Frei Pacífico, onde foram utilizados princípios de sustentabilidade no desenvolvimento do projeto do pátio escolar. Isto pode ser evidenciado no ensino do plantio de frutas e legumes nas áreas da escola, com a finalidade de prover alimento aos estudantes, assim como no playground, que foi projetado e construído com materiais locais naturais.

5.1.1.1 Materiais e Técnicas Construtivas da Edificação

Os materiais e técnicas construtivas que foram utilizados para a construção da escola Frei Pacífico são descritas a seguir, a partir do levantamento dos documentos de projeto entregues à Secretaria Municipal de Educação (SME), da Prefeitura de Viamão.

As paredes das edificações (Figura 28) foram executadas com pedra granítica, blocos cerâmicos estruturais e composições mistas (pedra granítica e bloco cerâmico), sendo que todas são portantes. A pedra granítica foi utilizada procurando um maior isolamento térmico, devido à grande inércia térmica da pedra, além de possibilitar o aproveitamento de um material identificado como produzido na região.

As paredes externas com orientação leste e oeste foram executadas com pedra granítica, de forma irregular, à vista, com variação dimensional, porém garantindo uma espessura mínima de 30 cm. As paredes externas com orientação norte e sul foram executadas com a mesma pedra granítica até uma altura média de 90 cm, onde recebe um peitoril de pedra basáltica, que se estende ao longo de toda a parede. A partir do peitoril, as paredes norte e sul foram executadas com blocos cerâmicos estruturais, com espessura de 21 cm, revestidas com

argamassa e pintura acrílica à base de água. As paredes internas das edificações que dividem as salas foram executadas com blocos cerâmicos estruturais, com espessura mínima de 16 cm, revestidas com argamassa e pintura acrílica PVA, ou revestidas com azulejos cerâmicos, no caso dos banheiros e áreas de serviço.



Figura 28. Foto das paredes externas e internas na construção da escola Frei Pacífico.

Na cobertura dos blocos voltada para o sul (Figura 29), o telhado tem uma inclinação de 30% e foi executado com telhas do tipo portuguesa, apoiadas sobre uma estrutura de madeira *Eucalyptus saligna*, nas secções principais e de madeira de cedrinho, nas secções secundárias. Na subcobertura, no espaço intermédio entre as telhas e o forro, foram colocadas chapas de *off-set* reciclado¹⁹, com a face brilhante para baixo, com o objetivo de aumentar a sua resistência térmica e reduzir a transferência de calor entre o telhado e os ambientes internos. Nas laterais livres da cobertura foram colocados espelhos de “madeira ecológica”²⁰.



Figura 29. Foto do lado sul da edificação, escola Frei Pacífico.

¹⁹ Chapa de off-set reciclado refere-se a uma chapa de alumínio reciclada, usada em processos de impressão offset e, normalmente, comercializada como “sucata” pela indústria gráfica.

²⁰ *Madeira Ecológica* é um termo comercial para um composto fabricado a partir da reciclagem de resíduos plásticos industriais, utilizado como se fosse madeira.

A cobertura da circulação externa, que une os quatro blocos, é uma cobertura verde (Figura 30 e Figura 31), também denominada “telhado vivo”, voltada para o norte, com uma inclinação de 5%. Essa cobertura tem como funções principais a de proteger as janelas das salas voltadas para o norte, de ganhos de calor excessivos no verão, bem como abrandar as temperaturas altas, nas áreas de circulação, mediante o isolamento térmico, em adição ao sombreamento proporcionado pela a camada vegetal. A estrutura da cobertura consiste de vigas duplas de madeira *Eucalyptus saligna*²¹, de secção variável, apoiadas sobre pilares de madeira roliça, de *Eucalyptus citriodora*²², de diâmetro variável entre 25 e 30 cm, fundidas no concreto das vigas estruturais da edificação. Sobre as vigas estão apoiados caibros, que sustentam um assoalho de “madeira ecológica”, que dá suporte à camada de terra com cobertura vegetal. O substrato e a cobertura vegetal são contidos, na lateral inferior da cobertura, por um espelho de “madeira ecológica”, em toda sua extensão. Para a impermeabilização do telhado vivo, foi utilizada uma geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), instalada sobre o assoalho, junto com os drenos e gárgulas que compõem o sistema de recolhimento de água da chuva. O substrato da cobertura vegetal previsto no projeto tem 12 cm de espessura, constituída por composto orgânico. Sobre o substrato, a espécie vegetal prevista foi a de *Sedum*, na proporção de 15 mudas por metro quadrado, considerando que, conforme Minke (2004), essa espécie prende facilmente e pode suportar períodos de seca.



Figura 30. Lado norte da edificação, cobertura verde externa e janelas superiores das salas de aula. Escola Frei Pacífico.

Adicionalmente, a cobertura verde possui uma calha de borda furada e uma pérgola, ao longo de toda sua extensão, e umas aberturas zenitais, na sua parte mais larga (na frente do bloco 4). A calha de borda furada recolhe as contribuições de água das gárgulas e as distribui, uniformemente, em toda a borda, para, posteriormente, ser escoada pelos furos e recolhida por uma calha aberta de pedra, para o recolhimento pluvial no nível do solo. A pérgola foi construída com o prolongamento da estrutura da cobertura, como peças de “madeira ecológica”, parafusadas às vigas. Por último, a cobertura vegetal conta com 4 aberturas zenitais na sua

²¹ A madeira da espécie *Eucalyptus Saligna* é uma das comumente utilizadas para diversos fins no Brasil, entre eles a construção civil (IPEF, 2011; ESALQ, 2011).

²² A madeira da espécie *Eucalyptus Citriodora* é uma das comumente utilizadas para diversos fins no Brasil, entre eles a construção civil (IPEF, 2011; ESALQ, 2011).

parte mais larga, sendo que 3 das aberturas tem um diâmetro de 1,2 m e são cobertas por uma proteção de policarbonato transparente, que permitem a iluminação natural da circulação externa, e uma outra abertura de 3m, sem cobertura, localizada sobre as floreiras no piso.



Figura 31. Foto da cobertura e circulação externa da edificação. Escola Frei Pacífico.

A calha aberta de recolhimento pluvial, no nível do solo, percorre todo o perímetro da cobertura verde, captando a água da chuva que escoar da mesma, e termina em uma caixa, que coleta todo o volume e o conduz subterraneamente até a lagoa de estabilização, próxima ao acesso aos prédios. Foi executada em leito de concreto magro, com pedras de seixo rolado incrustadas na superfície, com um caimento dado pela profundidade da calha, em direção à lagoa.

As portas e janelas instaladas na edificação são de madeira de reflorestamento, tratadas com preservativo não tóxico. As portas externas são maciças, de eucalipto *saligna*, enquanto as portas internas são semi ocas, de uma folha, em madeira *pinus*. As esquadrias instaladas na edificação são de ferro, com marco de eucalipto *saligna*, tipo basculante. As alturas das mesmas mudam, dependendo do uso de cada sala; porém, a maioria das esquadrias na fachada sul dos blocos foram executadas com altura de peitoril de 95 cm. Na fachada norte, todas as salas contam com dois grupos de esquadrias, o primeiro grupo com altura de peitoril de 155 cm (salas de aula) ou 95 cm (outras salas), e o segundo grupo com altura de peitoril de 375 cm. A posição escolhida para as esquadrias possibilita a ventilação cruzada (Figura 32a), complementada pela ajuda do efeito chaminé, propiciado pelas janelas elevadas, permitindo a saída do ar quente, em dias de verão, para fora das salas. As esquadrias superiores, além de permitir o efeito chaminé, contribuem significativamente para a iluminação natural, com a ajuda de prateleiras de luz, instaladas na mesma altura dos peitoris das janelas elevadas. As prateleiras de luz (pintadas de branco) proporcionam uma maior eficiência lumínica no interior das salas, evitando o ofuscamento pela incidência de luz direta nos alunos, ou em suas classes, e refletindo a luz difusa para o interior da sala (Figura 32b).

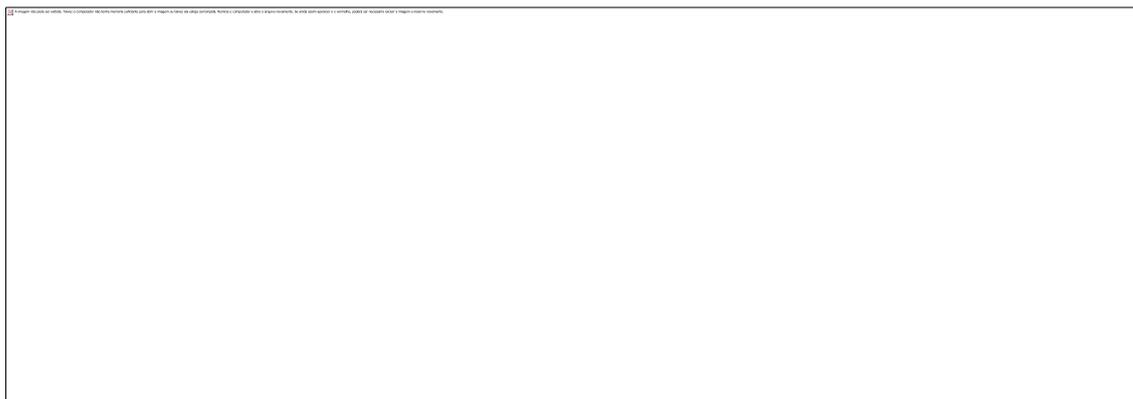


Figura 32. a) Corte transversal de sala de aula padrão com esquema de ventilação, b) Corte de sala de aula padrão com esquema de iluminação natural (adaptados de Gemeli, 2009)

As pavimentações na escola procuraram o mínimo impacto no local. As áreas externas à edificação não foram pavimentadas, sendo que, no lado norte do terreno, há uma grande quantidade de árvores de grande porte, que delimitam o espaço de recreação, voltado para a edificação. No espaço de recreação, foi replantado o gramado original, depois de concluída a obra, embora ainda existam várias zonas sem grama. Na edificação, o piso da circulação externa foi executado com pedra de basalto e granito, nivelada e alisada, enquanto que os pisos internos foram executados com placas cerâmicas antiderrapantes.

O tratamento de efluentes na escola foi executado mediante um sistema modular com separação das águas. Esse sistema trata e reutiliza as águas residuais, separando-as conforme as suas origens: claras, cinzas e negras. As águas claras provenientes da chuva são coletadas e reutilizadas diretamente no telhado verde, conforme descrito anteriormente. No caso da cobertura de telhas cerâmicas, as águas claras são captadas por uma calha executada em chapa galvanizada, que as conduz por tubos de queda, até caixas de areia, que facilitam a infiltração da água no solo. No bloco 1, diferentemente dos outros blocos, a água é conduzida a um reservatório pluvial, através da calha de captação no telhado, para posteriormente ser utilizada na horta e jardins.

As águas cinzas, provenientes dos lavatórios, pia de cozinha, máquina de lavar roupa e tanque, e as águas negras, provenientes das descargas hídricas dos vasos sanitários, são conduzidas a dois reatores anaeróbios. Um reator recebe as águas dos banheiros do bloco 4, enquanto o outro recebe as águas dos banheiros unitários nos blocos 1 e 2, da cozinha e da área de lavar no bloco 2. Cada reator possui duas câmaras para o tratamento das águas cinzas e negras, em separado, e uma caixa misturadora que ajuda a equilibrar o pH resultante de cada processo. Isto permite que o tratamento seja mais eficiente, uma vez que é específico para a descontaminação de cada grupo das águas e os equipamentos são de menor porte, portanto mais econômicos (ERCOLE, 2003). De cada reator, o resultante é conduzido para os leitos de evapotranspiração e infiltração (LETI), respectivamente, construídos, basicamente, com tijolos furados assentados no terreno, cobertos por uma

camada de terra e plantas. Nos LETI, as águas promovem uma irrigação permanente do solo e fornecem nutrientes essenciais para as plantas (Nitrogênio e Fósforo, principalmente). Os excessos de água não utilizados pelas plantas, que devem equivaler a um nível terciário de tratamento convencional de esgotos (ERCOLE, 2003), são conduzidos a uma lagoa de estabilização, escavada junto ao bloco 1, no ponto mais baixo do terreno. Essa lagoa também recebe a canalização da calha de pedra aberta, com a água proveniente da cobertura verde.

5.1.1.2 Processo de Desenvolvimento da Escola Frei Pacífico

O projeto da escola Frei Pacífico foi elaborado diferentemente dos padrões convencionais de desenvolvimento de escolas municipais. A metodologia padrão, adotada pela prefeitura de Viamão para o desenvolvimento das escolas municipais, consiste em utilizar uma edificação modelo, que pode ser adaptada ao número de estudantes e ao local no qual vai ser construída, simplificando, assim, o desenvolvimento de cada empreendimento. Pode-se dizer que essa metodologia é restritiva, em termos de sustentabilidade, pelo fato de desconsiderar as características específicas de cada local onde são construídas as escolas, e, por conseguinte, desconsiderar as condições climáticas, a origem dos materiais necessários à construção e a integração com a comunidade, entre outros.

A proximidade da área de implantação da escola com uma área de preservação ambiental sugeriu a possibilidade de desenvolver um projeto diferenciado. O envolvimento da comunidade escolar, através de um projeto participativo, foi propiciado com o fim de atender às demandas específicas dos usuários, alunos e professores, assim como para satisfazer os requisitos do cliente, a Prefeitura de Viamão. Documentos da equipe de projeto e relatórios da Secretaria Municipal de Educação (SME), da Prefeitura de Viamão, revelam a realização de encontros com a comunidade escolar (pais, alunos, professores e funcionários), para conhecer as expectativas deles a respeito da nova escola, assim como para apresentar os princípios de sustentabilidade orientadores do projeto (ZANIN *et al*, 2006).

No segundo semestre de 2003 foi realizada a primeira reunião entre os representantes da SME da Prefeitura de Viamão e a comunidade escolar. Nessa reunião foram recolhidas as primeiras demandas da comunidade para a construção da nova escola, entre elas: a) a elaboração de uma horta, b) a construção de uma quadra de esportes, c) a criação de uma praça, bancos e mesas, para o convívio das crianças, d) a construção de um local para guardar os instrumentos da banda musical e e) a construção de um cercamento, para maior segurança da escola.

A partir dessa primeira reunião com a comunidade, os representantes da Prefeitura de Viamão contataram o Grupo de Pesquisas em Edificações Sustentáveis do NORIE. A intenção desse contato foi a de receber sugestões para a elaboração de um projeto de escola fundamental diferenciada, por tratar-se de uma escola nas proximidades do Parque Estadual de Itapuã. Nesse momento, o grupo do NORIE mostrou-se interessado na elaboração de um anteprojeto para a escola, o que foi aceito, posteriormente, por parte da prefeitura de Viamão.

Para a elaboração do anteprojeto, a SME da Prefeitura de Viamão confeccionou o programa de necessidades (Figura 33), que se mostra a seguir:

N	Ambiente	N	Ambiente
4	salas de aula	1	Cozinha
4	ampliação + salas	1	Refeitório
1	sala de alfabetização	1	Laboratório de Ciências
1	Biblioteca	1	Laboratório de Informática
1	Secretaria	1	Laboratório de Aprendizagem e sala da Banda
1	Sala dos professores	1	Depósito dos Instrumentos da banda
1	Direção	1	Pátio Coberto
1	SOE	1	Quadra esportiva
1	SOP	1	Cisterna
1	WC professores	1	Horta
1	WC funcionários	1	Área de brinquedos
1	WC alunos	1	Parquinho

Figura 33. Programa de necessidades da escola Frei Pacífico

Sobre o programa de necessidades, o grupo de NORIE elucidou as diretrizes que orientariam a elaboração do projeto. Conforme NORIE (2004) e Isoldi et al. (2006), as diretrizes adotadas são as listadas a seguir:

- a. Arquitetura bioclimática, procurando a adequação ao local e o máximo aproveitamento dos recursos disponíveis;
- b. Educação ambiental, enfatizando a relação do ser humano com a natureza, de forma sustentável;
- c. Respeito à cultura indígena da região, valorizando o forte componente histórico da região, na implantação e uso de materiais;
- d. Satisfação integral dos sentidos humanos, mediante a integração da natureza as vivências diárias dos usuários (audição, paladar, tato, olfato e visão);
- e. Integração do espaço interno com o externo, para o desenvolvimento de diversas atividades em consonância;
- f. Ludicidade, para estimular a criatividade e a aprendizagem dos alunos, a partir de espaços lúdicos;
- g. Flexibilidade, procurando a possibilidade de utilizar todos os espaços de diversas formas;
- h. Evitar a interferência de ruídos, através do agrupamento de funções similares;
- i. Integração com a comunidade, possibilitando o uso dos espaços da escola pela comunidade.

Em seguida, o anteprojeto (Figura 34) foi lançado pelo grupo do NORIE e, mais tarde, entregue para a SME da Prefeitura de Viamão, no final de 2003. O anteprojeto foi estudado pela SME e, finalizando o primeiro semestre de 2004, foi aprovada a elaboração do projeto executivo, junto com a coordenação do mesmo pela equipe do NORIE. Para isso, foi constituída uma nova equipe de projeto, diferente ao grupo que inicialmente desenvolveu o anteprojeto.

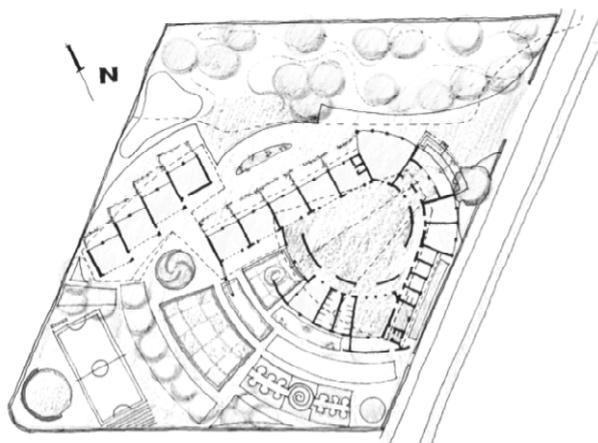


Figura 34. Implantação proposta no anteprojeto inicial da escola Frei Pacífico (NORIE, 2004).

A elaboração do projeto executivo começou em Junho de 2004, com um prazo total de 5 meses. Nos primeiros 3 meses, a nova equipe de projeto trabalhou no anteprojeto aprovado inicialmente (Figura 34); porém, no final desse período, a equipe concluiu que a implantação proposta não conduziria a um correto funcionamento bioclimático da edificação. Em virtude disso, a nova equipe de projeto desenvolveu, nos dois meses restantes, um novo projeto (Figura 35), sobre o mesmo programa de necessidades e as mesmas diretrizes estabelecidas pela equipe anterior, mas com uma implantação diferente.

Embora o novo projeto tenha sido elaborado a partir das mesmas diretrizes, a implantação e as soluções técnicas mostraram-se mais favoráveis para o funcionamento da escola. Nesse processo foram desenvolvidos estudos de insolação das salas, mediante análises de carta solar, assim como foram contemplados os ventos predominantes do local, buscando solucionar a ventilação cruzada e o efeito chaminé nas salas. Ambas as análises foram pensadas procurando garantir o conforto térmico para os futuros usuários.



Figura 35. Implantação proposta no projeto final da escola Frei Pacífico (NORIE, 2007).

Finalizado em setembro de 2004, o projeto executivo foi entregue para a SME da Prefeitura de Viamão. Nesse ínterim, a Prefeitura de Viamão teve uma mudança de administração, implicando em uma mudança de postura frente ao projeto. O orçamento foi reduzido e, como consequência, o empreendimento foi dividido em duas etapas, conforme foi descrito no item anterior, além de ser excluído o projeto paisagístico, quadra de esportes e playground. Embora o funcionamento da edificação resultasse modificado por causa dessa alteração, o projeto não recebeu muitas modificações, para não alongar mais esse processo. Os documentos pertinentes a esta etapa compreendem principalmente todos os desenhos técnicos e o memorial descritivo do projeto executivo, aprovados pela SME da prefeitura de Viamão e recebidos pela empresa construtora Y.

Logo depois, o projeto executivo modificado foi entregue à Prefeitura de Viamão, que começou o processo licitatório para a construção da escola, depois de um período de aprovação. O processo licitatório foi concluído em fevereiro de 2006, com a adjudicação do contrato à empresa construtora Y, que começaria as obras um mês depois.

A etapa de construção começou em março de 2006 e terminou em novembro de 2007. Nessa etapa participaram, principalmente, o construtor (empresa Y) e a Prefeitura de Viamão, quem supervisionava periodicamente a obra, através de uma equipe de engenheiros do Departamento de Projetos da SME. A participação da equipe de projeto do NORIE foi limitada, por não ter sido contratada para acompanhar a execução da obra, embora visitas periódicas tenham sido realizadas por seus componentes, por solicitação da Prefeitura de Viamão.

O processo de execução das obras foi caracterizado por várias dificuldades, relacionadas à interação entre a etapa de projeto e a etapa de construção. Dentro dos documentos levantados, diversas comunicações formais entre o construtor, a equipe de projeto e a SME revelam trocas de informação referindo as dificuldades enfrentadas. Essas dificuldades são enumeradas a seguir:

- a. Falta de itens no orçamento: Foram evidenciadas reclamações do construtor à SME e à equipe de projeto, relativos à ausência ou à falta de especificação de itens no orçamento. Entre esses itens, encontram-se a rede interna de esgoto, a calha aberta de recolhimento pluvial de pedras de seixo rolado, a chapa de off-set reciclado e a imunização não tóxica de madeira.
- b. Difícil obtenção de materiais não considerados em edificações convencionais, estranhos ou novos para o construtor: O construtor teve dificuldade para conseguir materiais, como as chapas de off-set reciclado e os diferentes tipos de madeira.
- c. Incompatibilidade entre os materiais locais, a facilidade de consecução na região e a viabilidade econômica para o construtor: Vários materiais, que foram incluídos no projeto por serem da região (visando os princípios de sustentabilidade), seriam mais fáceis de obter, representando também uma opção econômica mais favorável para o construtor, se adquiridos fora da região. Entre esses materiais encontram-se a pedra granítica, os blocos cerâmicos estruturais e as telhas cerâmicas, tipo portuguesa.

- d. Insuficiência no detalhamento técnico de componentes inovadores incluídos no projeto: Foram evidenciadas várias comunicações do construtor para a equipe de projeto, relativas à falta de detalhamento necessário de vários componentes, sendo que esses componentes apresentavam, tanto características, como formas de execução inovadoras para o construtor. Entre os componentes relacionados, estão as prateleiras de luz, as janelas superiores, o tratamento (imunização) não tóxico da madeira e a execução dos pilares em eucalipto, a madeira ecológica, o sistema de tratamento das águas cinzas e negras (reatores anaeróbios e leitos de evapotranspiração e infiltração) e a execução da cobertura verde.
- e. Substituição de materiais na execução do projeto: Foi percebido que foram substituídos materiais de vários componentes da edificação, em alguns casos devido a dificuldades apontadas anteriormente, como p.ex. as chapas de off-set reciclado. No entanto, também foi percebido que alguns componentes foram executados com materiais de baixa qualidade, ou em desacordo com as especificações detalhadas no projeto, entre eles: a estrutura de madeira e a impermeabilização da cobertura verde; a impermeabilização da lagoa de estabilização (sistema de tratamento) e as esquadrias das janelas.
- f. Falta de execução de componentes da edificação: A partir das visitas no local, foi percebido que não foram executados componentes da edificação, entre eles o sistema de escoamento da cobertura verde (calha de borda e tubos de queda).

As dificuldades mencionadas ocasionaram problemas construtivos e funcionais na edificação, alguns deles percebidos pela SME ainda antes da finalização da obra, outros percebidos ao longo da etapa de uso. Os problemas percebidos antes de finalizar a etapa de construção estão relacionados com a cobertura verde, que apresentou deformação na estrutura de madeira, infiltração e imperfeições na execução da camada vegetal, além da não instalação dos comandos de operação das janelas superiores.

Quanto à deformação da estrutura de madeira, foi evidenciado pela equipe de engenheiros da SME e pela equipe de projeto, ter sido causada pela a execução da cobertura sem os contraventamentos especificados no projeto, e a pela montagem das vigas (*Eucalyptus Saligna*) e dos pilares (*Eucalyptus Citriodora*) com peças ainda verdes, sem o tempo de secagem necessário e com uma umidade acima dos 80%. Em decorrência dos problemas verificados, as vigas foram reforçadas com perfis metálicos e os pilares apresentando deformação foram trocados por peças novas, assim como também receberam um reforço, com uma argola metálica na sua base (Figura 36).

Quanto ao problema de infiltração de água e de execução da camada vegetal, foi evidenciado, pela SME, a ausência de grama em dezenas de pontos, deixando exposto o manto impermeabilizante e que também apresentava ruptura, provocando, em decorrência, as infiltrações. Adicionalmente, foi percebido, pela equipe de projeto, que o assoalho e a pérgola havia sido executado com madeira de *Eucalyptus Saligna*, e não com madeira ecológica, segundo o especificado no memorial descritivo do projeto.



Figura 36. Reforço metálico na estrutura da cobertura verde, Escola Frei Pacífico

Finalmente, a obra foi entregue em Novembro de 2007, em solenidade contando com a participação da comunidade, buscando manifestar os princípios sobre os quais havia sido embasado o projeto da edificação, buscando ilustrar aos futuros usuários as tecnologias construtivas utilizadas e o funcionamento delas. A partir dessa data, em 2008, começou a etapa de uso/operação da edificação, com o início das aulas.

5.1.2 Estado Atual da Edificação da Escola Frei Pacífico

A escola Frei Pacífico entrou em uso no início do período letivo de 2008, oferecendo cursos para turmas únicas de ensino fundamental, com uma média de 20 alunos por turma, compreendendo crianças e adolescentes. Para isto, vem sendo utilizadas as 5 salas de aula, de forma alternada entre o período da manhã e da tarde.

Portanto, a escola tem como usuários diretos os alunos, professores e pessoal administrativo da escola, que desempenham funções típicas de uma edificação escolar. Adicionalmente, a escola interage com a comunidade da região, através de oficinas de educação ambiental, podendo ser considerada como usuária indireta.

A edificação serve adequadamente à sua finalidade, exceto pelos vários problemas relacionados com os princípios de sustentabilidade, pretendidos na etapa de projeto. Pesquisas anteriores realizaram vários estudos associados ao funcionamento da edificação. Gemeli (2009) abordou as questões de conforto ambiental, apontando que:

- a. Conforto térmico: Os dados técnicos apontaram que a edificação se encontra fora das condições de conforto térmico (temperaturas entre 18°C e 29°C) em 48% do tempo no inverno, e em 14% do tempo no verão. A percepção dos usuários, no inverno, foi identificada como ruim (frio) e no verão foi considerada boa (fresco). A edificação apresentou, pois, resultados satisfatórios no período de verão, enquanto que no inverno foi evidenciado que é menos efetiva, mesmo implementando as estratégias de arquitetura passiva em seu projeto. A ventilação foi considerada eficiente.

- b. Conforto visual: Os dados técnicos e a percepção dos usuários apontaram que a iluminação natural nas salas é considerada satisfatória (associada a um nível de iluminação superior a 300 lux), evidenciando que as estratégias de projeto utilizadas (prateleiras de luz, grandes esquadrias na fachada sul) atenderam ao desempenho esperado.
- c. Conforto acústico: Embora tratado de forma simplificada por Gemeli (2009), os resultados de pressão sonora não foram elevados. Inclusive, em função de sua localização, em ambiente com poucas interferências sonoras externas, no projeto não foi considerada qualquer estratégia específica que buscasse um melhor desempenho acústico da edificação.

Por outro lado, a partir da coleta de dados realizada nesta pesquisa, foi possível perceber vários problemas apresentados pela edificação, alguns deles relacionados às dificuldades percebidas na etapa de construção e mencionados anteriormente. Esses problemas são apontados a seguir:

- a. A sala E, destinada ao laboratório de informática, apresenta desconforto térmico por calor, ao longo do ano. Isto é devido à impossibilidade abrir as janelas, em função da instalação de grades, para garantir a segurança dos equipamentos. Para solucionar esse problema, a escola decidiu, excepcionalmente, instalar um equipamento de ar condicionado na mesma.
- b. A edificação recebe ventos fortes, provenientes do sul, ocasionando eventuais desprendimentos de telhas na cobertura voltada para o sul.
- c. O pátio da escola, área descoberta, entre as salas de aula, onde se encontra o playground²³, e a quadra de esportes, alaga cada vez que chove com intensidade, impedindo sua utilização.
- d. A cobertura verde apresenta infiltração na circulação externa em frente do bloco 4. Este problema foi evidenciado e tratado antes de ser entregue a obra, porém persiste, atualmente, na última seção da cobertura (Figura 37). Falhas na iluminação dessa área externa são decorrentes desse problema.
- e. A área externa coberta, em frente do bloco 4, também é sujeita a alagamentos por causa de chuvas concomitantes com ventos provenientes do sul, que ingressam através do vão existente entre o bloco 3 e 4. Isto impede a entrada no banheiro feminino nessas ocasiões.
- f. Várias peças de madeira pertencentes à cobertura verde tiveram que ser trocadas, apesar de já terem sido trocadas, anteriormente, na etapa de construção.
- g. O acesso às janelas superiores, para limpeza, é difícil devido à sua localização, e a existência das prateleiras de luz, que por sua vez, acumulam poeira, diminuindo assim sua capacidade refletiva.
- h. O reuso dos efluentes líquidos (águas cinzas e negras), depois de serem tratados, não tem sido possível ao longo da etapa de uso. Isso é percebido na lagoa de estabilização, junto ao bloco 1 (Figura 38), a qual não recebe quantidade suficiente de águas. Percebe-se que a lagoa de estabilização não conta com qualquer impermeabilização e sua superfície está parcialmente coberta por grama, assim como também encontram-se resíduos (lixo plástico) no seu interior. Os LETI encontram-se secos e não

²³ O playground foi construído conforme o projeto, porém após ser entregue a obra, no começo do 2009.

apresentam cheiro algum; visualmente, é uma estrutura que se apresenta em boas condições, embora seja já difícil identificar o seu perímetro.



Figura 37. Infiltração na cobertura verde, área externa, em frente ao bloco 4



Figura 38. Estado atual da lagoa de estabilização.

Dessa forma, é possível observar que a edificação da escola Frei Pacífico apresenta problemas que, embora não impeçam o seu funcionamento, afetam o conforto de seus usuários e o desempenho ambiental esperado, através das tecnologias construtivas implementadas.

5.2 CASO 2 – INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (IFRS), CAMPUS DE FELIZ

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Núcleo Avançado de Feliz, é um centro de educação profissional direcionado ao desenvolvimento sustentável da região do Vale do Rio Caí, localizado na cidade de Feliz (Figura 39), ao norte de Porto Alegre. Este centro, anteriormente denominado

como Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET), faz parte agora da rede de Institutos Educacionais do Governo Federal, oferecendo o Curso Superior de Tecnologia em Processos Gerenciais, o Curso Técnico em Informática integrado ao ensino médio, o Curso Técnico em Meio Ambiente e o Curso Técnico em Administração, ambos subsequentes ao ensino médio.



Figura 39. Localização do IFRS – Campus de Feliz (fonte: IFRS, 2011)

O município de Feliz está localizado na região do Vale do Rio Caí, na encosta inferior do Nordeste, do Estado do Rio Grande do Sul. O Vale do Caí é uma região composta por 19 municípios, ocupando uma área de 1.854 km² e possuindo uma população estimada em 169.580 habitantes, com cerca de 75% vivendo em áreas urbanas (AMVARC, 2011; FEE, 2011). Da mesma forma, o município integra o Conselho de Desenvolvimento do Vale do Caí (CODEVARC), o qual tem como objetivo a formulação e execução de estratégias regionais, consolidando-as em planos estratégicos de desenvolvimento regional (AMVARC, 2011).

No âmbito do desenvolvimento regional no Vale do Caí e considerando a necessidade de suprir mão de obra qualificada para a região, em Junho de 2002 foi constituída a Fundação de Educação Profissional do Vale do Rio Caí (FEPVARC), uma entidade civil sem fins lucrativos, composta por diversas empresas, associações e instituições educativas pertencentes à região do Vale do Rio Caí.

Em virtude dessa necessidade, a FEPVARC prospectou as áreas técnicas de interesse local, que apontaram Biotecnologia, Agroindústria, Cerâmica Vermelha e Tecnologia da Informação. Assim, também, a FEPVARC estabeleceu as diretrizes institucionais do centro educativo da seguinte forma:

- a. Orientar as ações da instituição para o desenvolvimento sustentável da região, focada na preservação e conscientização ambiental;
- b. Integrar e associar à instituição os produtores da região;
- c. Preservar as tradições culturais da região; e
- d. Pautar todas as atividades focadas no espírito ético e moral.

A partir da compatibilidade entre essas diretrizes e os princípios da sustentabilidade, o IFRS de Feliz foi concebido através de uma edificação com menor impacto ambiental, que contribuisse social e economicamente com a região da Vale do Caí, considerando os aspectos culturais e políticos, desde a concepção do projeto. Foi enfatizada a importância da educação ambiental, partindo da própria edificação, atentando para a utilização racional dos recursos disponíveis na região, a utilização de materiais produzidos localmente, a preservação das espécies vegetais existentes, a redução no consumo de água e energia e a diminuição da geração de resíduos para o meio ambiente.

5.2.1 Caracterização do IFRS, Campus de Feliz

O IFRS de Feliz está localizado no limite da malha urbana do município de Feliz, –na região sudeste da cidade, em um terreno doado pela Prefeitura Municipal de Feliz à FEPVARC, com 62.000 m² de área, com 75 m de largura e 825 m de comprimento, com uma topografia relativamente plana e próximo ao Rio Caí.

A implantação da edificação foi orientada, com base na direção longitudinal do terreno (leste-oeste), respeitando à vegetação de grande porte presente no terreno e à orientação solar. Neste caso foi possível conciliar a configuração desejada do prédio com a forma do terreno e a orientação solar, de maneira que a edificação foi projetada com o telhado principal voltado para o sul, com o objetivo de restringir os ganhos excessivos de calor e aumentar a iluminação natural nos ambientes internos.

O empreendimento do IFRS de Feliz foi projetado e planejado para ser construído em duas etapas, sendo que até o momento só foi executada a primeira. A edificação existente (Figura 40 e Figura 41) tem 1.436 m² de área construída, abarcando os blocos C, D e E, destinados a salas de aula, laboratórios, salas administrativas, conjuntos de banheiros, entre outros, e uma guarita de acesso e subestação, na entrada do terreno. A segunda etapa, sem previsão de implantação ainda, até a metade de 2011, incorporará os blocos A e B com mais salas de aula e laboratórios, e um Núcleo Central, que deve abrigar um auditório e uma biblioteca, assim como uma praça cívica, junto ao futuro acesso principal (Figura 41).



Figura 40. Foto do IFRS Campus de Feliz. Foto tomada em Julho de 2010

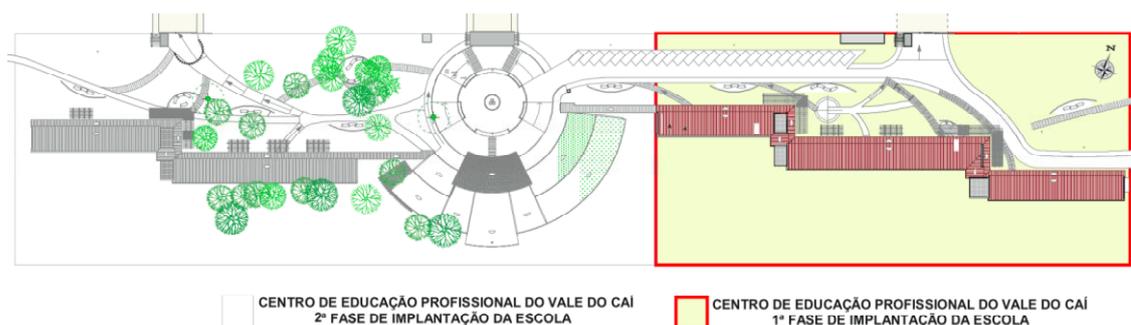


Figura 41. Implantação das duas etapas do IFRS Campus de Feliz

Os três blocos estão conectados por uma circulação externa na fachada norte da edificação, por meio da qual é possível acessar todas as salas. O bloco C agrupa uma sala dedicada à biblioteca (projetada para ser construída, futuramente, no Núcleo Central), salas dedicadas às atividades administrativas e de coordenação, sala de professores e o banheiro masculino. O bloco D contém três salas de aula, o laboratório de materiais cerâmicos, o laboratório de ensaios cerâmicos e o banheiro feminino. O bloco E, por último, reúne o laboratório de microbiologia, a cozinha experimental e a unidade de ensino e produção, além das respectivas zonas de serviço.

O projeto contemplou diversas estratégias bioclimáticas visando melhorar o conforto ambiental dos usuários e diminuir a carga energética da edificação. Para melhorar o conforto térmico, foram utilizadas estratégias, como a elevação da edificação do nível do solo, permitindo a ventilação inferior e o isolamento da laje, a ventilação cruzada e convectiva nas salas, o isolamento térmico nos fechamentos exteriores e na cobertura. Quanto ao conforto lumínico, foram consideradas estratégias que permitissem aumentar a utilização da luz natural nos ambientes internos, através de janelas superiores e prateleiras de luz. Por outro lado, foi também considerada a reutilização das águas pluviais nos banheiros, mediante o recolhimento na cobertura sul, que se estende ao longo da edificação, cobrindo todas as salas. A cobertura norte, de menor largura e que cobre toda circulação externa, permite o escoamento da água da chuva, que cai em uma calha, aberta no nível do solo.

Para reduzir o impacto da edificação no seu uso, foram implementadas estratégias para o tratamento dos efluentes líquidos, provenientes dos banheiros, cozinhas e laboratórios. Os efluentes são conduzidos a um leito de evapotranspiração, onde é feito um tratamento biológico, para depois serem incorporados de volta ao solo.

Várias outras estratégias foram contempladas no projeto, porém não implementadas na primeira fase. No núcleo central foi projetado o emprego de uma cobertura verde. Para os resíduos sólidos, foi incorporada, no projeto, uma estação de seleção e reciclagem dos materiais a serem utilizados nos cursos educativos, como o de cerâmica vermelha. Além disso, na primeira fase não foi executado o projeto paisagístico, que contemplava diversos espaços de convívio, distribuídos em um percurso para pedestres, no sentido longitudinal do terreno, chegando até a beira do Rio Caí. Também não foi implementada a proposta de paisagismo produtivo, composto

por uma horta, várias espirais de ervas e temperos, e um sistema de compostagem, para o aproveitamento dos resíduos orgânicos do curso de Agroindústria, que por sua vez serviriam como adubo para ser utilizado no paisagismo produtivo. A implementação desses componentes representaria o estabelecimento de um ciclo fechado, que se buscava no projeto, pois os resíduos orgânicos que viessem a ser produzidos na edificação seriam incorporados de volta na terra, para serem posteriormente convertidos em alimentos.

Dessa forma, é importante ressaltar que o IFRS de Feliz foi concebido como um centro educativo com diretrizes de sustentabilidade, que procura suprir a falta de mão de obra qualificada na região, oferecendo cursos profissionalizantes relacionados com as atividades características no Vale do Caí. Para isso, a edificação exemplifica a relação harmoniosa com o entorno (natural e cultural), através da utilização de várias estratégias e tecnologias da construção sustentável, que buscam, também, reduzir o impacto ambiental das atividades diárias do centro educativo e incentivar a comunidade a também perseguir um desenvolvimento sustentável nas esferas social e econômica.

5.2.1.1 Materiais e Técnicas Construtivas da Edificação

A caracterização das técnicas construtivas e materiais utilizados no projeto e na construção do IFRS de Feliz é feita a seguir, com base nos documentos de projeto analisados e nas visitas realizadas ao local.

A edificação foi projetada com sua base afastada do nível do solo, buscando aumentar a eficiência térmica, isolar a laje do solo e permitir a ventilação inferior. Para isso, foi utilizada uma fundação composta por um conjunto de micro-estacas e vigas de baldrame, em concreto armado convencional, sobre as quais foram dispostas lajes de concreto pré-moldadas. Por causa da elevação da edificação, foram criadas rampas de madeira para o acesso à edificação, localizadas de forma equidistante, em cada bloco.

As paredes externas são todas portantes, de tijolos maciços (Figura 42), duplas, com camada de ar interna, para o aumento da eficiência térmica das salas, com a face externa sempre aparente. As paredes internas são divisórias e não portantes, executadas com tijolos maciços, revestidos com argamassa e pintura de tinta PVA. No caso dos laboratórios, o revestimento interno foi executado com placas cerâmicas. O tijolo maciço foi utilizado para as alvenarias em função de ser um material produzido na região.

As portas e janelas instaladas na edificação são de madeira de reflorestamento de *Eucalyptus saligna*, com acabamento de verniz ecológico. As portas externas e internas são semi-ocais, de dimensão variável. As janelas principais (salas e laboratórios) são basculantes, variando de tamanho e altura, com mecanismos de abertura e fechamento metálicos. Na fachada sul, todas as janelas foram executadas com altura do peitoril de 80 cm, variando a dimensão delas, segundo a quantidade de módulos vitreos, entre seis e oito. Na fachada norte, por outro lado, todas as salas e laboratórios têm dois grupos de janelas. O primeiro grupo tem altura de peitoril de 80 cm e varia as dimensões segundo a quantidade de módulos vitreos (da mesma forma que a fachada sul). O segundo grupo tem altura de peitoril de 346 cm (janelas superiores), todas da mesma dimensão, mas variando o

número delas entre cada sala. As janelas inferiores, de ambas as fachadas, foram projetadas para receber, futuramente, um segundo vidro externo (vidro duplo).



Figura 42. Execução das paredes externas e internas em execução

A implantação das janelas superiores possibilita melhorar o conforto térmico nas salas e laboratórios, já que possibilita somar à ventilação cruzada a convectiva, permitindo a saída do ar quente (Figura 43). Além disso, contribuem para a iluminação natural, com a ajuda de prateleiras de luz, instaladas à mesma altura do peitoril. As prateleiras de luz proporcionam maior conforto lumínico nas salas, evitando o ofuscamento da luz resultante do ingresso de radiação solar direta, ao mesmo tempo que reflete-a em direção ao teto, projetando-a mais para o centro da sala.

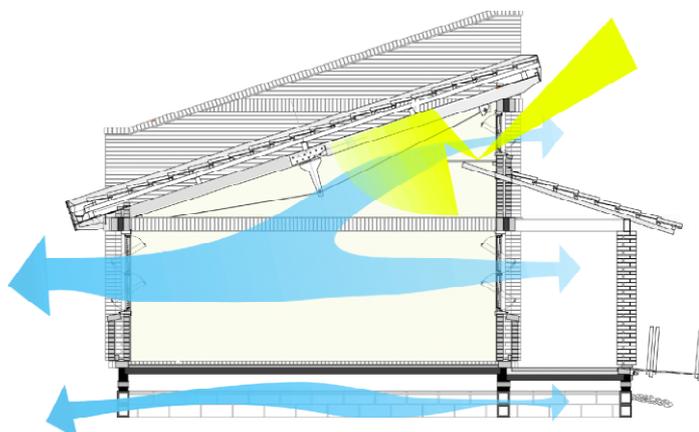


Figura 43. Corte transversal das salas: esquema de ventilação cruzada e iluminação natural

As coberturas dos blocos consistem de um telhado de duas águas desencontradas, uma de menor tamanho, voltada para o norte, cobrindo a circulação externa, e outra de maior tamanho, voltada para o sul, que cobre as salas e laboratórios, permitindo, assim, a ventilação cruzada e convectiva (efeito chaminé). Ambas as águas têm uma inclinação de 30% e foram executadas com telha romana, sem adição de chumbo no esmalte. A estrutura da cobertura norte (Figura 44) consiste de ripas, caibros e uma viga longitudinal, ambos de *Eucalyptus saligna*,

sem forro, sustentados por pilares de seção quadrada, em tijolos maciços, com miolo de concreto. O recolhimento da água da chuva, na cobertura norte, se faz diretamente no nível do solo, em uma calha aberta, de concreto, com seixos rolados, que conduz a água, por caimento natural, até os locais destinados para a horta e as espirais de ervas (projeto paisagístico), não executados na primeira fase.

A cobertura sul têm uma estrutura mais complexa, pois procura diminuir a transferência de calor entre o ambiente externo e os ambientes internos. No espaço intermediário entre as ripas (de eucalipto *saligna*), que sustentam as telhas e os caibros (de eucalipto *grandis*), foram colocadas chapas de *off-set* reciclado, que desempenham o papel de barreira à radiação térmica. Os caibros estão sustentados por terças (de eucalipto *saligna*), que prendem o forro interno das salas, composto por placas de madeira mineralizada. Por fim, uma viga de madeira (eucalipto *grandis*), com seção dupla, composta por duas metades unidas por um conector metálico e tensionada por um cabo de aço, sustenta toda a estrutura do telhado (Figura 44). Adicionalmente, foram projetadas duas aberturas (inferior e superior) manuais, nos extremos do telhado, que permitem a circulação de ar existente no interior da cobertura no verão (abertas) ou conservam o ar quente no inverno (fechadas).

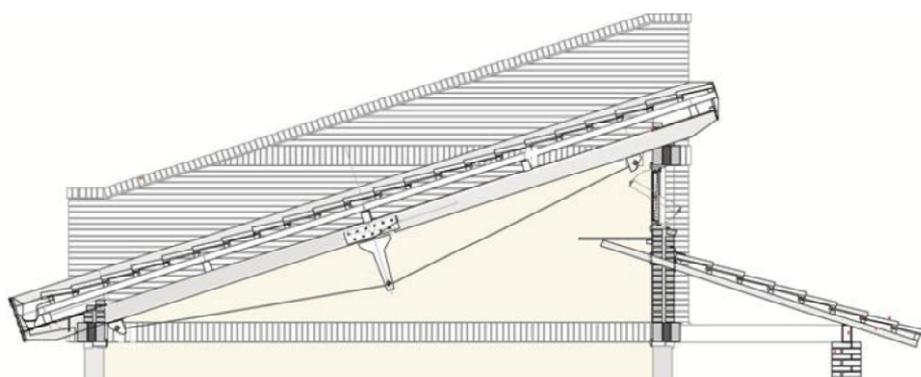


Figura 44. Corte transversal do telhado sul e norte, IFRS Campus de Feliz.

A cobertura sul, por outra parte, permite o recolhimento da água da chuva, mediante uma calha de aço galvanizado na borda inferior. O volume de água é distribuído por tubos de queda, cada um deles conectado a uma caixa de areia, que serve de filtro simples. Posteriormente, através de uma rede de esgoto pluvial subterrânea, a água é conduzida a uma cisterna subterrânea, localizada atrás do bloco D. Para o aproveitamento constante da água da chuva, uma série de bombas enviam o volume captado aos reservatórios localizados sobre os banheiros dos blocos C e E.

Os pisos, pavimentações e calçadas externas procuraram minimizar o impacto no local. Nos ambientes internos, salas de aula, administrativas e laboratórios, foi utilizado piso de placas cerâmicas. Na circulação externa geral coberta, dos blocos C, D e E, o piso foi executado com tijolos maciços, dispostos em “espinha de peixe”. As pavimentações e as calçadas externas foram executadas com pedra basalto nos caminhos, para demarcar os

caminhos e evitar a degradação da camada vegetal existente. O estacionamento foi coberto apenas com brita, para evitar a impermeabilização e a degradação do solo.

O tratamento de efluentes provenientes da edificação foi contemplado como um sistema que retorna os resíduos, em forma de nutrientes, ao solo. As águas cinzas e negras, provenientes dos sanitários, lavatórios, pias de limpeza e laboratório de cerâmicas são conduzidas a uma fossa séptica primária e a um filtro anaeróbico. As águas cinzas provenientes da cozinha experimental, laboratório de microbiologia e unidade de produção são conduzidas a outra fossa séptica primária. O efluente de cada fossa séptica é conduzido para uma vala longitudinal de evapotranspiração, que efetua uma irrigação permanente ao solo e contribui com nutrientes essenciais para as plantas.

5.2.1.2 Processo de desenvolvimento do IFRS Campus de Feliz

O processo de desenvolvimento do IFRS de Feliz foi coordenado, em sua totalidade, pela FEPVARC, desde sua fundação, em Maio de 2002, até a entrega de obra, em dezembro de 2007. A concepção do centro educativo surgiu a partir do levantamento de necessidades e cursos técnicos a serem oferecidos pelo centro educativo, que, naquela época, recebeu o nome de Escola Técnica do Município de Feliz. Assim, foi elaborado um projeto conceitual com as seguintes características: edificação para 2.000 estudantes, aulas distribuídas em três horários (manhã, tarde e noite), área total prevista de 3.670 m², terreno de 62.000 m², aproveitamento da topografia do terreno, preservação das árvores nativas de maior porte.

O projeto conceitual foi encaminhado ao Programa de Expansão da Educação Profissional (PROEP), em Brasília, no ano 2002. No entanto, em novembro do mesmo ano, seria recomendado, desde Brasília, a reformulação do projeto, devido a ausência de materiais sustentáveis no empreendimento com foco na sustentabilidade. Para isso foi recomendado a procura de apoio na UFRGS/NORIE.

Os pesquisadores do NORIE estudaram o projeto existente, analisando a possibilidade de modificar ele, porém foi exposto à FEPVARC que não seria possível transformar o projeto existente em um projeto sustentável, através de “pinceladas” ou aspectos “cosméticos” de sustentabilidade sobre um projeto já pronto. Dessa forma, foi proposto desenvolver um novo projeto, que considerasse os princípios da construção sustentável, desde a sua concepção. Com esse fim, no começo do ano 2003 foi criada a equipe de projeto, conformada por três profissionais voluntários do NORIE, um deles que também coordenava o projeto, e uma arquiteta da cidade de Feliz. Sendo assim, foram realizadas, no total, quatorze reuniões, desde janeiro, até julho de 2003, nas quais participava a equipe de projeto e o cliente (FEPVARC), com participações ocasionais de intervenientes e especialistas externos. Nas duas primeiras reuniões foram elucidadas as diretrizes de projeto, com a participação da equipe de projeto e o cliente, resultando em:

- a. Máxima eficiência no uso de recursos existentes;
- b. Funções múltiplas para cada elemento introduzido;

- c. Considerar a natureza como um modelo;
- d. Interação com os educadores ambientais, desde o planejamento do projeto;
- e. Abertura de espaços da escola, como auditórios, áreas de visita, trilhas e outros para a comunidade local; e
- f. Respeito à cultura e características sociais locais.

A partir dessas diretrizes, foi definida uma série de critérios específicos de sustentabilidade (Figura 45) a serem incorporadas no projeto, como se mostra a seguir:

MATERIAIS	ALIMENTAÇÃO
Locais	Utilização de habilidades locais para o cultivo de plantas e o manejo de animais
Culturalmente aceitos	Produção local
Não tóxicos	Paisagismo produtivo
Reciclados ou potencialmente recicláveis ou reutilizáveis	Diversidade de culturas
Pegada ecológica pequena	Identificação das necessidades da comunidade, hábitos alimentares e desequilíbrios nutricionais
Apropriados para auto-construção	Incentivo à produção orgânica de alimentos na região
Duráveis	Produção orgânica de alimentos na escola
PROJETO DA ESCOLA	LOCALIZAÇÃO
Flexibilidade	Adaptado à geomorfologia
Conforto. Soluções energeticamente eficientes para os meses quentes, tomando importante a inclusão da ventilação cruzada e controle da radiação solar (principalmente com uso de árvores caducifólias), uso da luz natural, controle de ruído, etc.	Uso e preservação de espécies nativas
Acessibilidade universal, para pessoas portadoras de deficiência	Ajuste das edificações ao clima
Respeito às características arquitetônicas regionais	Projeto orgânico
Usufruto de áreas externas e internas, incluindo espaços próximos às edificações, onde, eventualmente, poderia ocorrer extensão das aulas e oficinas práticas para as áreas externas	Adequado equilíbrio entre espaços privados, para os estudantes, e espaços abertos para a comunidade
ENERGIA	ÁGUA
Uso eficiente	Uso racional
Uso de fontes sustentáveis	Manejo otimizado dentro do sistema
Adequação de fontes às necessidades (por exemplo, geração de biogás e produção de biomassa para cozinhar e, ocasionalmente, para o aquecimento; radiação solar para o aquecimento de água; energia eólica para o bombeamento de água)	Compatibilização, tanto quanto possível, com sistemas de coleta local
Compensar as fontes não renováveis por produção interna	Reuso
RESÍDUOS	QUESTÕES SOCIAIS E ECONÓMICAS
Redução do consumo de produtos que contribuam para a geração de resíduos	Geração de renda, a partir da reciclagem de resíduos sólidos
Uso de resíduos sólidos orgânicos	Provisionamento de espaços múltiplos para a interação social
Reciclagem de resíduos orgânicos	Aumento do poder da comunidade nos processos de tomada de decisão
Reuso de águas cinzas	Educação comunitária
Tratamento biológico das águas residuais	

Figura 45. Critérios específicos de sustentabilidade para o IFRS Campus de Feliz, adaptado de Sattler, (2003).

A partir das diretrizes e os critérios específicos de projeto, foram realizadas duas reuniões, onde foram apresentadas as propostas de projeto e, portanto, escolhido o que seria o projeto final. Depois disso, a equipe de projeto desenvolveu o projeto arquitetônico e o projeto executivo, realizando, nesse ínterim, dez reuniões com a participação do cliente e alguns especialistas externos, convidados pelo cliente.

Ao final de 2003 houve uma mudança na administração federal do Ministério de Educação (MEC), implicando na redução do recurso financeiro destinado à construção do centro educativo. Como consequência, no início de 2004, a FEPVARC decidiu dividir a construção do IFRS de Feliz em duas fases, priorizando, na primeira fase, atender os cursos de maior relevância. Junto com a equipe de projeto foi definida a construção dos blocos C, D e E, na primeira fase, correspondente a um terço do projeto executivo total, e, assim enviado para o MEC, em agosto de 2004.

Posteriormente, ao final de 2005, foi aberto o processo licitatório para a construção dos blocos C, D e E, concluindo ele em maio de 2006, com adjudicação do contrato de obra a uma empresa construtora da região.

A etapa de construção começou ao final de maio de 2006 e terminou em dezembro de 2007. Participaram diretamente o construtor (Empresa X1) e a FEPVARC, quem fiscalizava a obra, com o apoio de um supervisor designado pelo MEC. A participação da equipe de projeto foi limitada, já que não foi contratada para acompanhar a execução da obra, embora foram realizadas algumas visitas periódicas, acompanhando a FEPVARC.

Essa etapa se caracterizou, principalmente, por problemas com o construtor (Empresa X1), em função de falhas na execução das obras e atrasos no cronograma. Esses inconvenientes o induziram (Empresa X1) a abandonar a obra um ano depois de ter começado, em maio de 2007, sem responder pelas atividades não concluídas. Isso levou a uma interrupção de três meses na execução das obras, até ser contratado um novo construtor (Empresa X2), em setembro de 2007, que concluiu as obras em dezembro de 2007.

Quanto aos inconvenientes com o primeiro construtor (Empresa X1), relatórios técnicos de fiscalização evidenciam as falhas na execução das obras, relacionadas, principalmente, com os seguintes aspectos:

- a. Utilização de materiais fora das especificações de projeto ou de baixa qualidade: Foi percebido o emprego de madeira (eucalipto) verde, com alto teor de umidade, ocasionando deformações nas vigas de sustentação da cobertura sul e rachaduras nas vigas da cobertura norte. De forma similar, foram constatados problemas na execução do piso da circulação externa, onde foram utilizados os mesmos tijolos das paredes, sem o acabamento necessário, desconsiderando as especificações de projeto e causando um desgaste mais rápido. Além disso, foi percebida a instalação de chapas de offset reciclado de menor tamanho e a falta de vedação em todas as esquadrias da edificação.

- b. Falta de execução de componentes da edificação: Foi observada a falta de instalação das prateleiras de luz, em todas as salas, assim como a execução incompleta do forro de madeira no beiral do telhado sul, inclusive das aberturas que permitiriam a ventilação da cobertura.
- c. Falta de itens no orçamento: Foi percebido que vários componentes da edificação não foram especificados no orçamento. Os mais relevantes foram as rampas de acesso em madeira, as manoplas para abertura e fechamento das janelas superiores e a alvenaria, para o fechamento da base dos blocos.

As falhas mencionadas ocasionaram problemas construtivos, que foram percebidos depois de o primeiro construtor (Empresa X1) ter abandonado a obra, mas que depois foram corrigidos pelo segundo construtor (Empresa X2). No entanto, algumas dessas falhas resultaram em problemas, que seriam evidenciados na etapa de uso, comprometendo a funcionalidade da edificação e, portanto, afetando as atividades do centro educativo. Esses problemas são descritos no item seguinte (estado atual da edificação).

Logo depois de finalizar a etapa de construção e ter sido entregue a edificação, a Escola Técnica do Município de Feliz foi incorporada à rede federal de centros tecnológicos, sob a coordenação do Centro Federal de Educação Tecnológica de Bento Gonçalves (CEFET-BG). Dessa forma, no dia 30 de maio de 2008, foi inaugurada a edificação, começando, portanto, a etapa de uso/operação. Posteriormente, como já foi mencionado, o centro educativo mudaria de nome para Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Núcleo Avançado de Feliz.

5.2.2 Estado Atual da Edificação do IFRS, Campus de Feliz

A edificação do IFRS de Feliz teve iniciada a sua etapa de uso a partir de maio de 2008, quando foi inaugurada, mas só começou a sediar as atividades de ensino no começo do 2011, devido a falhas na edificação, que impediram o recebimento do habite-se²⁴ por parte da Prefeitura Municipal de Feliz, e que portanto inabilitaram seu funcionamento como centro educativo.

Nesse período, as atividades administrativas foram realizadas na edificação, enquanto as atividades de ensino foram oferecidas em outro prédio, localizado no centro da cidade. No entanto, os cursos de Cerâmica e Agroindústria não foram oferecidos, pelo fato de necessitarem dos laboratórios.

O estado da edificação, descrito a seguir, baseia-se, principalmente, nos levantamentos de dados que ocorreram no início e no final desta pesquisa, os primeiros realizados em fevereiro de 2010 e os segundos, em fevereiro de 2011. Nos levantamentos de dados, no período inicial, foram identificadas as falhas existentes na edificação, decorrentes das falhas identificadas na etapa de construção e que impediram o correto funcionamento do centro educativo, assim como afetaram o desempenho ambiental esperado no projeto. Nos levantamentos de dados

²⁴ O habite-se é o ato administrativo que autoriza a utilização de uma edificação, comprovando que foi construído seguindo as normas locais vigentes. O documento é comumente emitido pela prefeitura da cidade onde o imóvel se encontra localizado.

finalis foi caracterizado o estado da edificação depois de serem realizadas reformas em toda ela, permitindo, como já foi mencionado, o funcionamento integral da instituição.

Quanto ao estado da edificação antes das reformas (fevereiro de 2010), são apontados a seguir os aspectos mais relevantes:

- a. A falha mais importante e causa principal da objeção ao habite-se foi a notória deformação das vigas de sustentação em madeira da cobertura sul, relacionado à utilização de peças que não estavam totalmente secas. Embora o telhado não corresse o risco de queda, o departamento técnico de engenharia da Prefeitura Municipal de Feliz considerou que era possível o desprendimento do cabo de aço, que tensionava a viga, representando um grande risco para os usuários. A solução temporária para esse problema foi o escoramento das vigas com varas de eucalipto (Figura 46).



Figura 46. Escoramento temporário do telhado sul

- b. Foi percebido, em várias salas de aula, a infiltração de água pelo telhado (sul), possivelmente decorrente da deformação da viga de sustentação (Figura 47). De forma similar, o banheiro masculino (bloco C) sofre de infiltração através da laje de cobertura, onde se encontram os reservatórios de água potável e pluvial, cujo revestimento interno é em forro de madeira e o externo é em piso de placas cerâmicas, com impermeabilização asfáltica. Neste caso, a infiltração é tal que criava uma poça de água de aproximadamente 3 cm, impossibilitando a utilização dos sanitários (Figura 48).



Figura 47. Infiltração no telhado das salas



Figura 48. Infiltração no telhado do banheiro masculino

- c. Foi percebida a falta de vedação das esquadrias e a ausência das manoplas para abertura e fechamento das janelas superiores, impedindo seu funcionamento. Esses dois problemas foram apontados nos relatórios de fiscalização na etapa de construção, porém não foram solucionados (Figura 49). Entretanto, só nesta etapa foi percebida a desconsideração de proteções contra mosquitos, que deveria existir nas janelas, principalmente para a época de verão, quando devem ser abertas para permitir a ventilação necessária (Figura 49).



Figura 49. Janelas inferiores e superiores, na fachada norte, em uma das salas

- d. Adicionalmente, foi percebido um problema de altura, em todos os pontos de acesso à edificação, sendo que têm 1,70m entre a superfície das rampas de acesso e a viga de suporte das pérgolas (Figura 50).



Figura 50. Ponto de acesso, pérgola - rampa

Posteriormente, em fevereiro de 2011, foi possível evidenciar a necessidade de execução das reformas, que buscaram melhorar a condição da edificação, para assim conseguir o habite-se. As obras realizadas consistiram, fundamentalmente, na solução dos problemas no telhado sul e no banheiro masculino, porém não seguiram o projeto original da edificação.

A estrutura do telhado sul foi desmontada, para ser substituída por uma nova, sem reutilização das peças anteriores. As vigas de eucalipto, com seção dupla (Figura 51), foram substituídas por vigas de madeira maciça (Figura 58), provenientes do estado de Rondônia, no norte do Brasil (neste caso não foi possível levantar dados

específicos relacionados ao tipo da madeira e a certificação de origem). As chapas de off-set reciclado foram substituídas por uma manta aluminizada (Figura 52).



Figura 51. Vigas de eucalipto, depois de serem desmontadas



Figura 52. Novas vigas de madeira maciça

No caso do banheiro masculino, a laje de cobertura existente foi reforçada com perfis metálicos e foi impermeabilizada de novo. Isto também foi realizado, preventivamente, no banheiro feminino. Os outros problemas, percebidos nas janelas e nas pérgolas, não foram solucionados.

Dessa maneira, foi possível caracterizar a etapa de uso e manutenção do IFRS de Feliz, apontando as falhas na edificação e as soluções adotadas. No entanto, a edificação ainda apresenta problemas que não foram solucionados, pois não eram relevantes à obtenção do habite-se, mas que, sim, afetam o desempenho ambiental esperado.

5.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS DA ETAPA A

Este capítulo caracterizou os casos analisados nesta pesquisa, através da apresentação das tecnologias construtivas utilizadas nas edificações, no seu processo de desenvolvimento e seu estado atual.

Na escola Frei Pacífico e no IFRS de Feliz foi descrito o processo de desenvolvimento, desde a concepção do empreendimento, até o estado em que se encontram atualmente as edificações. Foi detalhada a etapa de projeto, onde foram inseridas as estratégias mais sustentáveis, assim como os aspectos mais relevantes na etapa de construção. A partir desse detalhamento, foram apontados, especificamente, os problemas atuais nas edificações, decorrentes do próprio uso e manutenção, assim como das dificuldades percebidas na execução das obras ou, mesmo, na etapa de projeto.

Nesse sentido, o capítulo seguinte aborda o processo de desenvolvimento dos casos, através da análise e a avaliação dos objetivos de sustentabilidade que fundamentaram a escolha das estratégias de projeto.

6. RESULTADOS DA ETAPA B

O presente capítulo apresenta os resultados da etapa B, referentes à avaliação dos objetivos de sustentabilidade, dos estudos de caso analisados nesta pesquisa.

6.1 ESCOLA MUNICIPAL FREI PACÍFICO

O primeiro caso, a Escola Municipal Frei Pacífico, conforme foi mostrado no capítulo anterior, considera os princípios de sustentabilidade através da própria edificação. De forma similar ao proposto por Yuba (2005), entre outros (ver item 2.1.1), foi percebido que os princípios incorporados na Frei Pacífico foram considerados na etapa de projeto, contemplando, a partir desta, as outras etapas do ciclo de vida da edificação, desde a exploração dos recursos naturais, até a etapa de uso/operação, conforme é apresentado na Figura 53. A etapa de desconstrução, contudo, não foi evidenciada nos documentos analisados. Esses princípios, embora nem todos tenham sido explicitados na concepção do empreendimento, ou mesmo na etapa de projeto, foram implicitamente considerados nas diretrizes de projeto, enfatizando, especialmente, a educação ambiental.

	Processo de exploração dos recursos naturais	Processo de fabricação de materiais de construção	Processo de projeto
A	Reduzir o esgotamento dos recursos minerais. Reduzir a devastação das florestas nativas.	Considerar o ciclo de vida como base para o desenvolvimento dos produtos. Reduzir a quantidade de material e energia incorporada nos produtos.	Abordar o projeto de forma integrada, considerando, o ciclo de vida. Desenvolver consciência ambiental e capacitação para as questões ambientais.
S		Dar preferência para materiais e técnicas de alta demanda de mão-de-obra.	Incorporar, no processo de projeto, os impactos sociais. Inovar os materiais de construção e métodos para dar melhores condições de habitação.
E	Incentivar o uso eficiente dos recursos naturais para assegurar a viabilidade econômica.	Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.	Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.
C	Respeitar os valores estéticos de um lugar.		Valorizar e aumentar a vida útil de materiais e tecnologias de construções tradicionais nativas, ao invés de substituí-los por técnicas importadas.
	Processo de construção		Uso / manutenção
A	Minimizar os danos ambientais causados pelos seus processos de produção. Reduzir o uso de recursos.		Encarar as questões ambientais como um aspecto do conforto e, como um fator que afeta beneficemente a produtividade do uso dos espaços. Desenvolver procedimentos próprios, no uso da edificação, para serem ambientalmente corretos.
S			Gerenciar a saúde do ambiente interno.
E	Apoiar a economia da região. Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.		

Figura 53. Conjunto de princípios contemplados na Frei Pacífico, a partir de Yuba (2005)

No entanto, foi evidenciado que o desenvolvimento conceitual do projeto não foi abordado de forma metódica (ver item 3.1.2). Quer dizer que o projeto da Escola Frei Pacífico não seguiu um método de projeto definido, que buscasse traduzir objetivos de sustentabilidade, em estratégias e tecnologias construtivas. Esse processo consistiu essencialmente, na escolha de soluções técnicas, comuns nas edificações sustentáveis, que poderiam ser adaptadas ao contexto da Frei Pacífico.

Nesse contexto, foram analisados os documentos de projeto, com o objetivo de entender a evolução das diretrizes de projeto nas soluções técnicas adotadas. Foi observado que as diretrizes elucidadas pela equipe de projeto serviram para guiar a escolha dos critérios de projeto. Porém, não existiu uma conexão direta entre as diretrizes e os critérios, resultando em uma ampla variedade de critérios sem alguma hierarquia definida. Dessa forma, a partir de todos os critérios de sustentabilidade adotados no projeto, buscou-se identificar os objetivos de sustentabilidade por trás desse processo, assim como as estratégias associadas à escolha das soluções técnicas adotadas. A partir dessa identificação, foi proposta uma estruturação gráfica de todos esses critérios de sustentabilidade da Escola Frei Pacífico (ver item 6.1.1), focalizando as análises, principalmente, nos objetivos.

6.1.1 Objetivos de Sustentabilidade

Da mesma forma que proposto por Ward *et al* (1991) e Cross (2000), neste trabalho foi considerado o atendimento dos objetivos como um indicador de sucesso do empreendimento. A partir dessa premissa, foram levantados os objetivos de sustentabilidade da Escola Frei Pacífico, com o intuito de investigar e avaliar o atendimento dos mesmos, ao longo do processo de projeto.

Os objetivos de sustentabilidade na Escola Frei Pacífico foram identificados a partir de documentos publicados, anteriormente, pelo grupo de pesquisa do NORIE (NORIE, 2004; ISOLDI *et al*, 2006; ZANIN *et al*, 2006; GEMELI, 2009); documentos de projeto e comunicações entre a equipe de projeto e o cliente. Nesses documentos encontrou-se uma ampla descrição de critérios de projeto (entenda-se critérios de projeto ao conjunto de princípios, diretrizes, objetivos, estratégias e soluções técnicas), porém sem uma diferenciação de categoria entre eles.

Diante dessa situação, foi realizada uma análise retrospectiva do processo de projeto, a partir da qual foi proposta uma estruturação gráfica desses critérios, procurando organizar eles hierarquicamente, segundo sua categoria. A partir da estruturação gráfica, são explicados os objetivos do empreendimento, de forma detalhada, no item a seguir.

6.1.1.1 Estruturação Gráfica dos Objetivos de Sustentabilidade

Em concordância com Cross (2000), a estruturação gráfica é uma atividade que permite identificar a evolução dos objetivos de projeto, as interdependências e as relações entre eles, oferecendo aos envolvidos uma maior

visibilidade do processo de projeto. Isto, conforme Ward *et al* (1991), só é possível mediante o desdobramento dos objetivos em atividades e componentes.

Com tal finalidade, a estruturação gráfica proposta para este trabalho foi fundamentada na estrutura conceitual proposta por Kamara *et al* (2000), descrita no item 3.1.2.1. Essa estrutura foi adaptada para o contexto de projeto, de forma a apresentar as relações hierárquicas (interdependências) entre a meta do empreendimento, os objetivos gerais e específicos, as estratégias e as soluções técnicas adotadas. No entanto, a estruturação gráfica apresentada neste trabalho engloba apenas os critérios de sustentabilidade incorporados ao projeto, como um todo (ambiental, social e econômico).

A partir da definição dos objetivos, estratégias e soluções técnicas de projeto, a estrutura permite visualizar, verticalmente, os dois seguintes casos: a) do topo à base da estrutura é possível analisar e identificar a coerência na evolução dos critérios de projeto; b) da base ao topo é possível identificar como as soluções técnicas afetam, direta ou indiretamente, o atendimento dos objetivos (interdependências). Por outro lado, horizontalmente é possível identificar as relações entre os diversos objetivos ou entre as diversas estratégias, assinalando, assim, possíveis conflitos /ou dependências entre eles (ver item 6.1.2). Assim, examinando vertical e horizontalmente a estrutura, é possível analisar a interação sistêmica entre objetivos, quer dizer, de que forma as falhas nas soluções técnicas (problemas no estado atual da edificação, ver item 5.1.3) e as relações entre objetivos, impedem o atendimento final dos objetivos, como é explicado no item 6.1.3.

Como resultado, nesta pesquisa foi elaborada a Figura 54, que ilustra a possível estruturação gráfica dos critérios de sustentabilidade considerados na Escola Frei Pacífico.

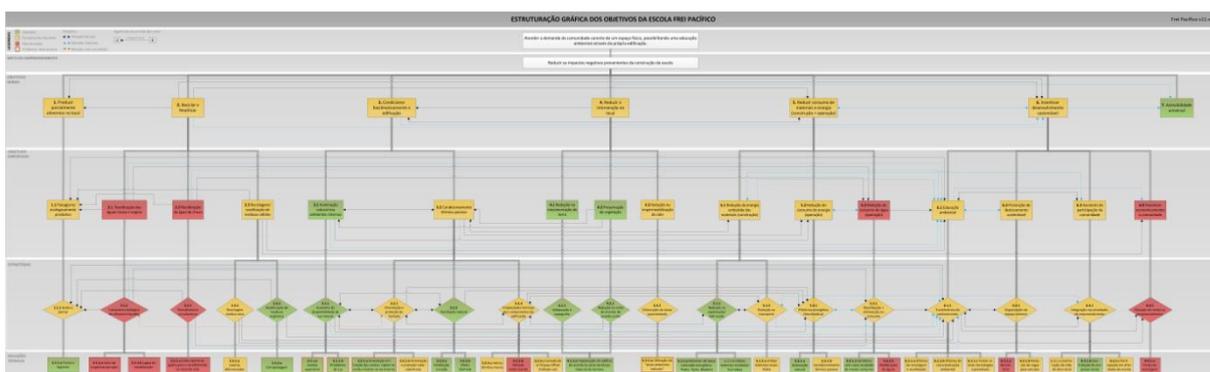


Figura 54. Estruturação gráfica dos objetivos de sustentabilidade da escola Frei Pacífico (Vide figura completa Apêndice C).

Como pode ser visto na estruturação gráfica, os objetivos do empreendimento foram categorizados em gerais e específicos, e identificados por números, que correspondem ao critério predecessor e ao nível hierárquico. Para um melhor entendimento, são apresentados, na Figura 55, os objetivos, estratégias e soluções técnicas identificadas.

OBJETIVOS GERAIS		OBJETIVOS ESPECÍFICOS		ESTRATÉGIAS		SOLUÇÕES TÉCNICAS			
1	Produzir parcialmente alimentos no local	1.1	Paisagismo ecologicamente produtivo	1.1.1	Horta e pomar	1.1.1.a	Produção de frutas e legumes		
2	Reciclar e reutilizar	2.1	Reutilização das águas cinzas e negras	2.1.1	Tratamento biológico de efluentes	2.1.1.a	Leito de evapotranspiração		
		2.2	Reutilização da água da chuva	2.2.1	Recolhimento na cobertura	2.2.1.a	Lagoa de estabilização		
		2.3	Reciclagem / reutilização de resíduos sólidos	2.3.1	Reciclagem de resíduos secos	2.3.1.a	Lixeiras diferenciadas		
				2.3.2	Reutilização de resíduos orgânicos	2.3.2.a	Compostagem		
3	Condicionar bioclimaticamente a edificação	3.1	Iluminação natural nos ambientes internos	3.1.1	Aumento da disponibilidade de luz natural	3.1.1.a	Janelas superiores		
						3.1.1.b	Prateleiras de luz		
		3.2	Condicionamento térmico passivo	3.2.1	Orientação e proteção de fachada	3.2.1.a	Orientação em função dos ventos: captar no verão e fechar-se no inverno	3.2.1.b	Orientação e proteção solar: coberturas
						3.2.2.a		Ventilação cruzada	
				3.2.2	Ventilação natural	3.2.2.b	Efeito chaminé		
						3.2.3	Propriedades térmicas dos componentes da edificação	3.2.3.a	Inércia térmica das paredes
				3.2.3.b	Telhado verde (norte)				
				3.2.3.c	Camadas de ar com, Chapas Offset (Telhado sul)				
		4	Reduzir a intervenção no local	4.1	Redução na movimentação de terra	4.1.1	Adequação à topografia	4.1.1.a	Implantação do edifício de acordo com as características naturais do terreno
				4.2	Preservação da vegetação	4.2.1	Redução no corte de árvores de grande porte		
4.3	Redução na impermeabilização do solo			4.3.1	Diminuição de áreas pavimentadas	4.3.1.a	Utilização de "pisos exteriores naturais"		
5	Reduzir consumo de materiais e energia (construção + operação)	5.1	Redução da energia embutida nos materiais (construção)	5.1.1	Redução na exploração/fabricação	5.1.1.a	Materiais de baixo conteúdo energético: Pedras, Tijolos, Madeira		
						5.1.1.b		Utilizar materiais reciclados: Eco-tábua	
		5.2	Redução do consumo de energia (operação)	5.2.1	Eficiência energética (bioclimática)	5.2.1.a	Iluminação natural		
						5.2.1.b		Condicionamento térmico passivo	
		5.3	Redução no consumo de água (operação)	5.3.1	Reutilização + diminuição do consumo	5.3.1.a	Sanitários com caixa acoplada, de menor consumo		
						5.3.1.b		Reutilização de águas	
6	Incentivar o desenvolvimento sustentável	6.1	Educação ambiental (eco-alfabetização)	6.1.1	Transferência do conhecimento	6.1.1.a	Oficinas de reciclagem e reutilização		
						6.1.1.b		Oficinas de conscientização ambiental	
						6.1.1.c		Tomar visíveis tecnologias sustentáveis	
		6.2	Promoção do deslocamento sustentável	6.2.1	Organização do espaço exterior	6.2.1.a	Bicicletário		
						6.2.1.b		Redução de vagas para veículos	
		6.3	Aumento da participação da comunidade	6.3.1	Integração nas atividades do empreendimento	6.3.1.a	Contratação de mão de obra local		
						6.3.1.b		Contratação de empresas locais	
						6.3.1.c		Participação em atividades da escola	
6.4	Favorecer economicamente a comunidade	6.4.1	Geração de renda no empreendimento	6.4.1.a	Ponto de reciclagem				
7	Acessibilidade universal								

Figura 55. Objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias de sustentabilidade na Escola Frei Pacífico.

6.1.2 Relações Existentes entre Objetivos de Sustentabilidade

Em concordância com Ward *et al* (1991), o conhecimento das relações entre os objetivos de um empreendimento é fundamental para se avaliar a realização dos mesmos, sendo que é importante saber de que forma o atendimento a um objetivo afeta o atendimento a outro, favorável (relação positiva) ou desfavoravelmente (relação negativa). A partir dessa premissa, foram identificadas as relações entre os critérios de sustentabilidade da Escola Frei Pacifico, focando nas relações entre os objetivos gerais, os objetivos específicos e as estratégias de projeto.

A identificação das relações baseou-se revisão de literatura e foi realizada a partir de uma matriz (Figura 56) que reúne as três categorias, considerando que podem existir relações entre critérios da mesma categoria (mesmo nível de abstração), mas não entre categorias diferentes. Dessa forma, resultaram três tipos de relação:

- d. Relações diretas, definidas assim por existir uma dependência explícita entre os critérios, que pode ser evidenciada, tanto nos documentos de projeto, como na edificação em si. Por exemplo, a relação entre os objetivos específicos 3.1. “Iluminação natural nos ambientes internos” e 3.2. “Condicionamento térmico passivo”.
- e. Relações indiretas, definidas assim pela existência de uma relação não-implícita entre critérios, seja no projeto ou na edificação, mas que, conceitualmente, existe. Por exemplo, a relação entre os objetivos específicos 5.2. “Redução do consumo de energia (na operação)” e 6.1. “Educação ambiental”.
- f. Relações mal concebidas, definidas assim como sendo o resultado de relações que não deveriam existir, mas cuja conexão representa um problema associado aos critérios relacionados, evidenciados no estado atual da edificação. Por exemplo, a relação mal concebida entre as estratégias 2.1.1. “Tratamento biológico de efluentes líquidos” e 3.2.1. “Orientação e proteção de fachada”.

Como resultado, a Figura 56 ilustra a matriz diferenciando os três tipos de relação. Nessa matriz, além de identificar as relações pontuais entre os diversos critérios, foi possível reconhecer as situações mais relevantes de: a) relações entre critérios na mesma família²⁵ de um objetivo, e b) relações entre critérios de objetivos diferentes. A identificação de relações entre objetivos é importante, já que, desta forma, é possível visualizar na matriz a influência dos objetivos, uns sobre os outros, mostrando, assim, como o atendimento a um objetivo afeta o atendimento a outro.

Quanto às relações mais relevantes, observou-se que: as famílias dos objetivos n° 3 “Condicionar bioclimaticamente a edificação”, n°5 “Reduzir consumo de materiais e energia (construção + operação)” e n°6 “Incentivar o desenvolvimento sustentável” possuem uma relação relevante entre seus critérios (objetivos específicos e estratégias), pois todos apresentaram relações entre eles. Por outra parte, observou-se que existe uma forte relação entre os objetivos n° 1 “Produzir parcialmente alimentos no local” e n° 2 “Reciclar e reutilizar”,

²⁵ Chame-se família aos critérios que se desdobram, a partir de um mesmo objetivo.

pois os objetivos específicos e estratégias que os compõem mostraram relações diretas entre si. Também foi observado que o objetivo nº 6 “Incentivar o desenvolvimento sustentável” apresenta uma relação forte com todos os outros objetivos (exceto o objetivo 7), ainda que a maioria de relações entre o objetivo nº 6 e os outros objetivos sejam indiretas.

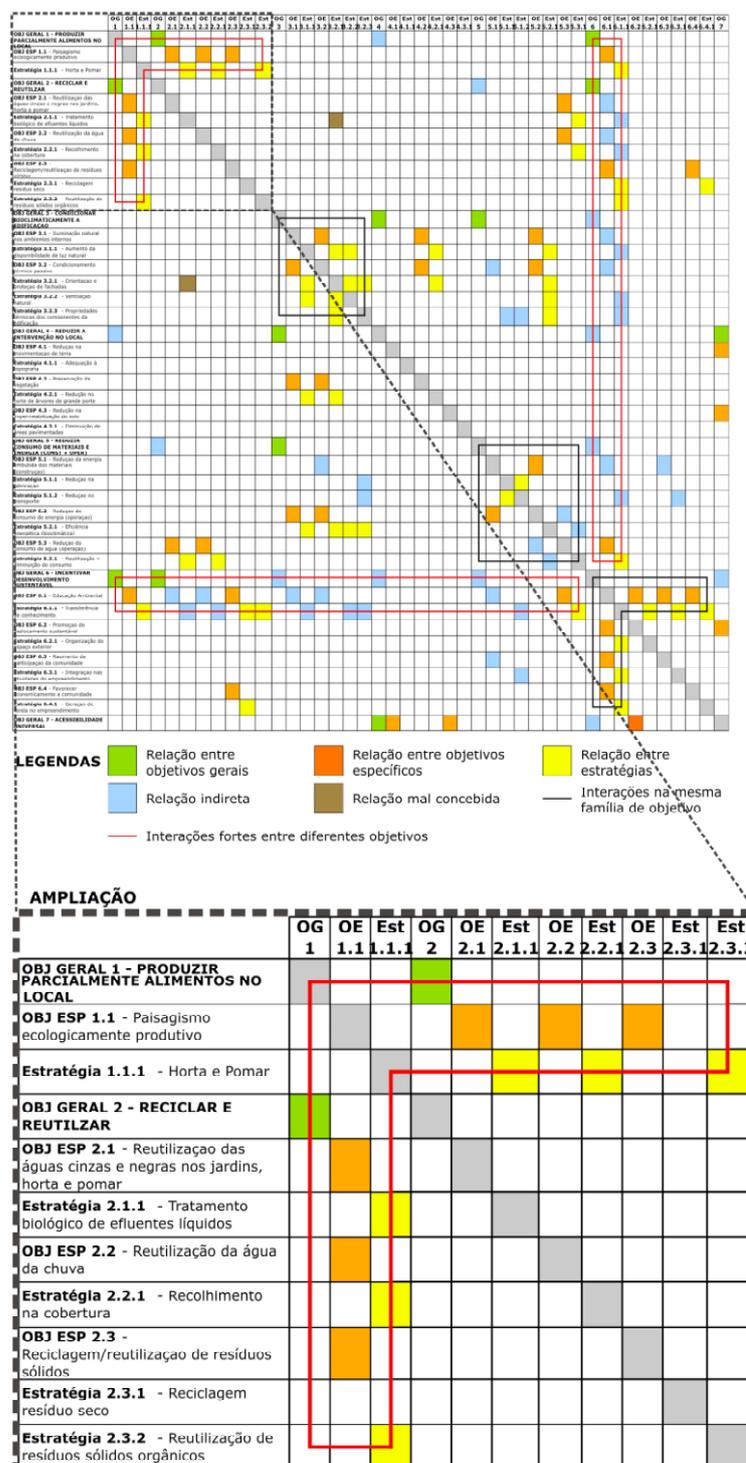


Figura 56. Matriz de relações entre objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias da Escola Frei Pacifico (Vide figura completa Apêndice D)

Por outro lado, as relações identificadas na matriz foram representadas na estruturação gráfica dos objetivos (Figura 54). Nessa instância, foi considerado que cada relação entre critérios possui um sentido de dependência, indicando, assim, que o objetivo A depende do B e não ao contrário; exceto para aqueles onde existe uma dependência recíproca, quer dizer, em ambos os sentidos.

Os resultados das análises, realizados a partir das relações identificadas, são apresentados no item seguinte, pois eles estão relacionados à avaliação do atendimento dos objetivos.

6.1.3 Avaliação do Atendimento aos Objetivos de Sustentabilidade

A avaliação de empreendimentos é uma atividade que pode conduzir a melhores definições nas soluções de projeto, e, portanto, a melhores resultados (BONATTO, 2010). Nesse sentido, a avaliação do atendimento aos objetivos de sustentabilidade, nos dois estudos de caso abordados nesta pesquisa, tem como finalidade a retroalimentação do processo de desenvolvimento desse tipo de empreendimentos, visando melhorar a qualidade final de edificações sustentáveis.

A avaliação da Escola Frei Pacífico baseou-se, fundamentalmente, no levantamento do estado atual dos componentes da edificação e na identificação dos objetivos de sustentabilidade. A partir da caracterização do empreendimento foi possível chegar ao estado atual da edificação (ver item 5.1.3) e à identificação dos objetivos, representados na estruturação gráfica.

A avaliação foi realizada de forma qualitativa, a partir das perspectivas do autor, da diretora da escola e de especialistas externos, que validaram o diagnóstico de problemas específicos (ver item 4.4). Em outras palavras, foi avaliado se os componentes de cada solução técnica desempenham, ou não, sua função. A partir disto, foi determinado se as soluções técnicas contribuem, ou não, para o atendimento da respectiva estratégia de projeto, do objetivo específico e do objetivo geral (interdependência). Em segunda instância, como já foi mencionado no item anterior, foi contemplada a influência de outros objetivos através da identificação de relações. A metodologia de avaliação foi descrita de forma detalhada no item 4.4.3 “avaliação”.

Nesta avaliação foi considerado que requisitos primários, como estruturais, geotécnicos, entre outros, são implícitos aos objetivos do projeto. Dessa forma, esse tipo de requisitos não foram explicitados na estruturação gráfica, sendo avaliados de forma conjunta aos objetivos de sustentabilidade.

Os resultados da avaliação foram classificados e representados na estruturação gráfica (Figura 54), da seguinte forma:

- a. Os critérios atendidos: são aqueles que desempenham a sua função satisfatoriamente, representados em azul;

- b. Os critérios parcialmente atendidos: são aqueles que desempenham sua função, mas apresentam problemas, representados em verde;
- c. Os critérios não atendidos: são aqueles que não desempenham sua função, representados em vermelho.

Adicionalmente, foram identificadas algumas soluções técnicas, com problemas associados a questões externas, que não impedem a sua funcionalidade, mas afetam a operação (uso) geral da edificação. Esses casos foram identificados com um contorno amarelo

6.1.3.1 Resultados da avaliação

Os resultados podem ser visualizados facilmente através da estruturação gráfica no Apêndice C. A Figura 55, de forma similar, apresenta a classificação hierárquica dos objetivos avaliados.

Fase 1 - Objetivos atendidos

Para o atendimento do objetivo geral nº1 “**produzir parcialmente alimentos no local**” é necessário atender ao objetivo específico de “paisagismo ecologicamente produtivo”, através da estratégia “horta e pomar”. Na Frei Pacífico, são utilizadas, atualmente, frutas e legumes plantados na horta, para complementar a dieta diária dos alunos. Dessa forma, nesta fase da avaliação, foi determinado que o Objetivo nº1 foi atendido.

O objetivo nº7 “**acessibilidade universal**” foi identificado a partir dos documentos de projeto como um objetivo sem desdobramento. Em virtude disso, sua avaliação baseou-se apenas no atendimento dele. Nas fontes de evidência não foram encontrados problemas relacionados com este objetivo; portanto, foi determinado que foi atendido.

Fase 1 - Objetivos parcialmente atendidos

Com relação ao objetivo geral nº. 2 “**reciclar e reutilizar**”, foi observado que nenhum dos objetivos específicos que desdobram dele foram atendidos, havendo apenas um que foi parcialmente atendido. Em primeiro lugar, o objetivo específico “reutilização das águas cinzas e negras” não foi atendido, visto que as soluções técnicas para o “tratamento biológico de efluentes líquidos” não estão funcionando atualmente.

Nas visitas à escola, foi percebido que a reutilização dos efluentes líquidos está sendo realizada, porém isto não é percebido pelos usuários. A partir da validação com o especialista externo, foi observado que as possíveis causas do problema com o tratamento biológico de efluentes líquidos são: a) o volume recebido pelos “leitos de evapotranspiração – LETI” (solução técnica 2.1.1.a) é baixo, razão pela qual todo ele permeia diretamente no solo, sem alcançar a lagoa de estabilização (solução técnica 2.1.1.b); b) deve existir alguma fuga antes de os efluentes alcançarem os LETI, seja no reator ou na tubulação ou nas caixas de passagem, fazendo com que os efluentes sejam lançados diretamente no solo, sem passar pelo tratamento completo; ou c) a ausência da

impermeabilização no fundo da lagoa de estabilização impede a presença de água resultante do tratamento nos LETI, assim como das águas resultantes do recolhimento da água da chuva, impossibilitando a sua percepção pelos usuários.

Em segundo lugar, o objetivo específico “reutilização da água da chuva” também não foi atendido, pois a estratégia escolhida para esse fim, “recolhimento na cobertura”, não está funcionando. Isto foi percebido na solução técnica 2.2.1.a “calha aberta de pedra para o recolhimento no nível do solo”, já que ela não está conduzindo água para a lagoa de estabilização, como foi projetado. A partir da validação com o especialista externo, foram identificadas as possíveis causas: a) perdas ao longo da calha, devido à falta de impermeabilização adequada ou por perdas externas (queda fora da calha); ou b) baixo volume de água resultante do telhado verde, pois grande parte dela é absorvida pela camada vegetal (isto é agravado pelos problemas de infiltração no telhado verde).

Em terceiro lugar, o último objetivo específico, desdobrado do objetivo geral nº 2, a “reciclagem/reutilização de resíduos sólidos”, foi apenas parcialmente atendido. A estratégia 2.3.1 “reciclagem de resíduo seco” foi atendida parcialmente, visto que, embora as lixeiras diferenciadas sejam usadas corretamente na escola, a reciclagem não tem sido possível, pois ainda não foi implementado um posto de reciclagem, que permita a coleta em uma escala maior. Em contraste, a estratégia 2.3.2 “reutilização de resíduos orgânicos” foi atendida através da compostagem, utilizando o produto como adubo na horta.

Com relação ao objetivo geral nº 3 “**condicionar bioclimaticamente a edificação**”, foi observado que ele é parcialmente atendido, já que só o objetivo específico 3.1 “iluminação natural nos ambientes internos” foi atendido. Para chegar nesse resultado, foram tomados como referência os resultados da pesquisa de Gemeli (2009), que indica que o “aumento da luz natural” foi satisfatório, através das soluções técnicas “janelas superiores” e “prateleiras de luz”, dispostas na fachada norte.

Por outro lado, o objetivo específico 3.2 “condicionamento térmico passivo” foi parcialmente atendido. Em primeiro lugar, a estratégia 3.2.1 “orientação e proteção de fachada” foi parcialmente atendida, pois a solução “orientação em função dos ventos” mostrou-se atendida, mas a solução de “orientação e proteção solar através das coberturas” foi só parcialmente atendida. Gemeli (2009) observou que a resposta da edificação ante as baixas temperaturas (inverno), não é efetiva através das solução técnica, que visa, principalmente, não permitir a entrada de radiação solar nos ambientes internos.

Em segundo lugar, a estratégia 3.2.2 “ventilação natural” foi atendida mediante a “ventilação cruzada” e o “efeito chaminé”. As duas soluções técnicas foram consideradas eficientes e necessárias, principalmente pela constatação da alta umidade no local (GEMELI, 2009). A terceira e última estratégia do objetivo específico 3.2, “propriedades térmicas dos componentes da edificação”, foi parcialmente atendido. As soluções “inércia térmica das paredes” e “camada de ar com chapas de off-set, no telhado sul” não se mostraram eficientes no inverno

(GEMELI, 2009); portanto, foram avaliadas como parcialmente atendidas. A outra solução, o “telhado verde”, não tem nenhuma influência no desempenho térmico, pois está localizado protegendo a circulação exterior e não as salas. Portanto, foi avaliado como não atendido.

Quanto ao objetivo geral n° 4 “**reduzir a intervenção no local**”, foi percebido que foi parcialmente atendido. Os objetivos específicos 4.1 “redução na movimentação de terra” e 4.2 “preservação da vegetação”, foram atendidos através das estratégias 4.1.1 “adequação à topografia” e 4.2.1 “redução no corte de árvores de grande porte”, respectivamente. As duas estratégias, que utilizaram a mesma solução técnica “implantação do edifício de acordo com as características naturais do terreno”, foram consideradas atendidas, por ter sido protegida a mata nativa de eucaliptos, localizada no lado norte do terreno.

Por outro lado, o terceiro objetivo específico 4.3 “redução na impermeabilização do solo” foi parcialmente atendido, tendo em vista que a estratégia de “diminuição de áreas pavimentadas”, mediante a “utilização de pisos exteriores naturais” não foi eficiente. Foi evidenciado que, embora a área descoberta em frente às salas não tenha sido pavimentada, ela alaga cada vez que chove com intensidade, impedindo a utilização do pátio da escola, onde se encontram o playground e a quadra de esportes. A partir da validação, foi indicado que a possível causa para esta ocorrência é a falta de tratamento no declive do pátio, que ajudaria escoar as águas, somado à ausência de uma vala de infiltração, no sentido longitudinal do lado norte do terreno.

A respeito do objetivo geral n° 5 “**reduzir consumo de materiais e energia, na construção e operação**”, este foi avaliado como parcialmente atendido. A maioria dos critérios foram parcialmente atendidos, começando pelo primeiro objetivo específico “redução da energia embutida dos materiais (aplicável à etapa de construção)”. A estratégia 5.1.1 “redução da energia na exploração/fabricação dos materiais” foi atendida, visto que os principais materiais que compõem a edificação contêm um conteúdo energético baixo (pedra, tijolo, madeira), assim como também foram utilizados materiais reciclados, como a eco-tabua e as chapas de off-set. Porém, a estratégia 5.1.2 “redução no transporte” foi só parcialmente atendida, pois não é possível comprovar a procedência dos materiais mais representativos em termos de volume, utilizados na execução da obra.

O segundo objetivo específico, “redução do consumo de energia na operação da edificação”, foi avaliado parcialmente atendido, considerando que a estratégia de “eficiência energética através da arquitetura bioclimática” não é satisfatória na sala E. Foi evidenciado que essa sala, destinada para o laboratório de informática, apresenta desconforto térmico por calor, ao longo do ano, pois não foi considerada a necessidade de grades que impeçam a abertura das janelas, colocadas para garantir a segurança dos equipamentos. Dessa forma, a solução de “condicionamento térmico passivo” não é eficiente, acarretando na utilização de condicionamento mecânico da sala (ar condicionado). No entanto, a solução de iluminação natural atende à função de reduzir a carga energética das lâmpadas.

Por outro lado, o terceiro objetivo específico 5.3 “redução do consumo de água na operação da edificação” também foi parcialmente atendido, visto que a diminuição no consumo tem sido possível mediante a instalação de “sanitários com caixa acoplada de menor consumo”, mas a “reutilização de águas” não está sendo realizada, em função dos problemas mencionados na análise do objetivo nº2.

Finalmente, o objetivo nº6 “**incentivar o desenvolvimento sustentável**” é também apenas parcialmente atendido. O primeiro objetivo específico, “educação ambiental”, é parcialmente atendido devido em função de as soluções escolhidas para a “transferência do conhecimento” não foram todas implementadas até a data desta pesquisa. As “oficinas de reciclagem e reutilização” não são realizadas, devido à ausência do ponto de reciclagem concebido para tal. Apenas são realizadas pequenas oficinas didáticas com os alunos, para a “reutilização dos resíduos orgânicos” (estratégia 2.3.2). As “oficinas de conscientização ambiental” também não foram implementadas até esta data. De forma similar, a solução “tornar visíveis as tecnologias sustentáveis”, que envolve todos os outros objetivos, é só parcialmente atendida, como já foi explicado.

O segundo objetivo específico 6.2 “promoção de deslocamento sustentável”, também é apenas parcialmente atendido, por meio da estratégia “organização do espaço exterior”, pois a solução “bicicletário” não foi executado até esta data, e a solução “redução de vagas para veículos” é pouco relevante, pois só poucos professores possuem veículo. Quanto ao terceiro objetivo específico 6.3 “aumento da participação da comunidade”, observou-se que a estratégia “integração nas atividades do empreendimento” foi parcialmente atendida. A solução “contratação de empresas locais” foi atendida, pois a construtora é de Porto Alegre. No entanto, as soluções “contratação de mão de obra local” e “participação em atividades da escola” foram apenas parcialmente atendidas, pois a comunidade não foi envolvida na execução do empreendimento, e as atividades na escola, que poderiam atrair à comunidade, como a banda musical ou as oficinas de reciclagem (solução 6.1.1.a), não foram realizadas até a data do levantamento de dados.

Por outro lado, o quarto objetivo específico 6.4 “favorecer economicamente a comunidade” não é atendido, tendo em vista que a estratégia “geração de renda no empreendimento” não é alcançada a partir do “ponto de reciclagem”. Foi evidenciado que a escola obteve um ponto de coleta de material para reciclagem, por parte da prefeitura, porém até a data de coleta dos dados, este não tinha sido implementado.

Fase 1 - Objetivos não atendidos

Nesta fase não foram identificados objetivos gerais não atendidos.

Fase 2 - Objetivos atendidos

Na fase 2, a partir dos resultados da Fase 1, foram realizadas as análises correspondentes à influência das relações diretas, no atendimento dos objetivos.

Com relação ao objetivo n°7 “**acessibilidade universal**”, atendido na primeira fase de avaliação, foi percebido que a única relação direta com o objetivo específico n°4.1 “Redução na movimentação de terra”, não afetou o resultado anterior, pois este último também foi atendido. Dessa forma, foi determinado que o objetivo n°7 foi atendido. A exceção dos outros objetivos, nas análises do objetivo geral n°7, foram consideradas as relações com objetivos específicos (outra categoria), pois não foi evidenciado qualquer desdobramento .

Fase 2 - Objetivos parcialmente atendidos

O objetivo geral n°1 “**produzir parcialmente alimentos no local**” depende, principalmente, da reutilização das águas (objetivos específicos 2.1 e 2.2) e dos resíduos orgânicos (objetivo específico 2.3), aproveitados para a irrigação do paisagismo produtivo e para melhorar as condições físicas do solo, respectivamente. Por outro lado, nas análises da Fase 1, foi percebido que os objetivos específicos 2.1 e 2.2 não foram atendidos, e o 2.3 foi atendido apenas parcialmente. Como resultado, foi considerado que o objetivo específico 1.1 “paisagismo ecologicamente produtivo” e o objetivo n°1 foram atendidos parcialmente.

Quanto ao objetivo geral n°2 “**reciclar e reutilizar**”, foi percebido que os objetivos específicos que desdobram dele não dependem de qualquer outro objetivo, implicando, portanto, no mesmo resultado da Fase 1, sendo considerado como parcialmente atendido.

Com relação ao objetivo n°3 “**condicionar bioclimaticamente a edificação**”, foram avaliadas as relações dos objetivos específicos 3.1 e 3.2 da seguinte forma: a “iluminação natural nos ambientes internos” apresenta interdependência com o “condicionamento térmico passivo”, pois as estratégias de projeto e as soluções técnicas de cada objetivo afetam um ao outro, por exemplo as “janelas superiores” ou mesmo a área de janelas. Por outro lado, os dois objetivos específicos dependem do objetivo específico 4.2 “preservação da vegetação”, por causa da influência do sombreamento das árvores no desempenho térmico e lumínico. Além disso, o “condicionamento térmico passivo” apresenta relação com o objetivo específico 5.1 “redução da energia embutida dos materiais (construção)”, tendo em vista que a escolha dos materiais depende, tanto das propriedades térmicas, como de seu conteúdo energético. Como resultado, considerando que o atendimento dos objetivos 3.1 e 3.2 foi considerado na própria avaliação do objetivo geral, o 4.2 foi atendido e o 5.1 foi considerado parcialmente atendido, concluiu-se que o objetivo n°3 foi parcialmente atendido.

Quanto ao objetivo n°4 “**reduzir a intervenção no local**”, de forma similar ao objetivo n°2, foi percebido que ele não depende de outros objetivos, resultando no seu atendimento parcial, conforme a Fase 1 de avaliação.

Com relação ao objetivo n°5 “**reduzir o consumo de materiais e energia nas etapas de construção e operação**”, foi percebido que apresenta relações com os objetivos n°2, n°3 e n°6, da seguinte forma: em primeiro lugar, o objetivo específico 5.1 “redução da energia embutida dos materiais, na etapa de construção” possui relação direta com o objetivo específico 3.2 “condicionamento térmico passivo”. Assim como foi

mencionado na análise do objetivo No. 3, os dois objetivos específicos foram parcialmente atendidos, portanto não se vê afetada a avaliação anterior.

Em segundo lugar, o objetivo específico 5.2 “redução do consumo de energia, na etapa de operação” depende diretamente dos objetivos específicos 3.1 “iluminação natural” e 3.2 “condicionamento térmico passivo”, como pode ser observado no próprio desdobramento do objetivo 5.2. Visto que o objetivo 3.1 foi atendido, mas o 3.2 foi parcialmente atendido, concluiu-se que o resultado foi de estar parcialmente atendido, tal como no resultado apontado na Fase 1.

Em terceiro e último lugar, o objetivo específico 5.3 “redução do consumo de água, na etapa de operação” depende diretamente da reutilização das águas pluviais, cinzas e negras (objetivos específicos 2.1 e 2.2), cujos resultados foram não atendidos na avaliação da Fase 1. Por consequência, foi determinado que o objetivo de reduzir o consumo de água, na etapa de operação da edificação, não foi atendido. Contudo, o resultado do objetivo geral nº5 (parcialmente atendido) não é modificado, já que os outros objetivos específicos (5.1 e 5.2) foram atendidos parcialmente.

Finalmente, foi percebido que o objetivo geral nº6 **“incentivar o desenvolvimento sustentável”** é o que apresenta o maior número de dependências, encontradas, principalmente, no referente ao objetivo específico 6.1 “educação ambiental”. A educação ambiental é um dos princípios da escola Frei Pacífico, como instituição educativa, que decidiu levar a cabo essa tarefa, através da transferência do conhecimento, utilizando a própria edificação para tal fim. Portanto, foi considerado que as estratégias incorporadas no projeto e visíveis aos usuários (alunos, professores, comunidade) estão relacionadas, indireta ou diretamente, com esse objetivo específico. No caso das relações indiretas, foram consideradas assim por serem estratégias que são visíveis aos usuários, mas não são facilmente entendidas por eles; por exemplo, a ventilação natural. No caso das relações diretas, são aquelas que afetam as atividades que contam com a participação dos usuários, compreendidas pelos objetivos específicos 1.1 “paisagismo ecologicamente produtivo”, 2.3 “reciclagem ou reutilização dos resíduos sólidos”, 5.3 “redução no consumo de água”, 6.2 “promoção do deslocamento sustentável” e o próprio 6.3 “aumento da participação da comunidade”. Na análise destas relações, foi percebido que todos esses objetivos específicos foram parcialmente atendidos, resultando, portanto, como na Fase 1, parcialmente atendidos.

Em segundo e terceiro lugar estão os objetivos específicos 6.2 “promoção do deslocamento sustentável” e 6.3 “aumento da participação da comunidade”, que apresentam apenas relação direta com a educação ambiental. Ambos foram avaliados como parcialmente atendidos, visto que o objetivo 6.1 também foi parcialmente atendido.

Por último, foi percebido que o objetivo específico 6.4 “favorecer economicamente a comunidade” apresenta dependência direta com a “reciclagem ou reutilização dos resíduos sólidos” (objetivo específico 2.3) e com a

educação ambiental, ambos parcialmente atendidos, No entanto, foi evidenciado que não foi atendido, já que até a data desta pesquisa não havia sido implementado o ponto de reciclagem.

Fase 2 - Objetivos não atendidos

Os resultados finais da segunda fase de avaliação mostraram que os objetivos gerais da Escola Frei Pacifico foram, na sua maioria, parcialmente atendidos. Nenhum deles foi classificado como não atendido.

6.1.3.2 Soluções técnicas com problemas associados

Como foi mencionado anteriormente, foram identificados problemas associados às soluções técnicas, provenientes de questões externas, que não impedem o atendimento dos objetivos, mas afetam a operação da edificação.

Um dos problemas identificados é a dificuldade de limpeza das janelas superiores e das prateleiras de luz (soluções 3.1.1.a e 3.1.1.b), basicamente pela localização das mesmas. A diretora da escola mencionou, em várias ocasiões, a inconformidade com esse sistema, indicando que o pessoal da limpeza não consegue limpar adequadamente as janelas por causa da prateleira, que por sua vez acaba acumulando poeira. Visto que estas soluções técnicas atendem à sua função (GEMELI, 2009), foi identificado este problema como estando associado à manutenção da edificação.

Outro problema identificado é o da entrada de água da chuva pelo vão existente entre os blocos 3 e 4, alagando a área coberta, em frente ao banheiro feminino. Visto que a orientação dos blocos, em função dos ventos (solução 3.2.1.a), foi atendida, mas não foram consideradas as situações de chuva e ventos fortes, que poderiam alagar a área coberta, este problema foi considerado como estando associado ao projeto.

Além disso, outro problema associado à orientação e proteção de fachada (estratégia 3.2.1) foi evidenciado. Neste caso, percebeu-se que no projeto foi gerada uma relação que não deveria existir (mal concebida), com o tratamento biológico de efluentes (estratégia 2.1.1). A diretora da escola registrou problemas de mau odor, proveniente do sistema de tratamento de esgoto (leitões de evapotranspiração ou reator), que é direcionado para o interior das salas, pelos ventos que vêm do sul.

Quanto à utilização dos pisos exteriores naturais, foi identificado o problema de alagamento da área externa em frente à edificação, relacionado com o escoamento de água pluvial proveniente de áreas contíguas. Este problema, associado à ausência da vala de infiltração no perímetro do terreno, foi considerado como questão externa, pois a diminuição de áreas pavimentadas foi atendida (aumentando assim a infiltração de água no solo), porém sem o tratamento completo necessário.

Por fim, o problema na cobertura externa (telhado verde) é destacável, pois é o maior problema que a escola tem atualmente. Está associado ao comportamento estrutural das peças de madeira, considerado como um

requisito essencial que impossibilita o atendimento futuro dos objetivos específicos, afetando indiretamente outros objetivos relacionados. A causa mais provável é a utilização de madeira verde, considerando isto como um problema associado ao suprimento de materias (execução). Nessa instância, as soluções técnicas que consideraram o telhado verde, no que se refere à reutilização da água da chuva e ao conforto térmico, foram avaliadas como não atendidas.

6.1.3.3 Análise geral dos resultados

Os resultados da avaliação dos objetivos de sustentabilidade, referentes ao atendimento deles, ao longo do processo de desenvolvimento da Escola Frei Pacífico, são mostrados de forma integrada na estruturação gráfica proposta (Figura 54).

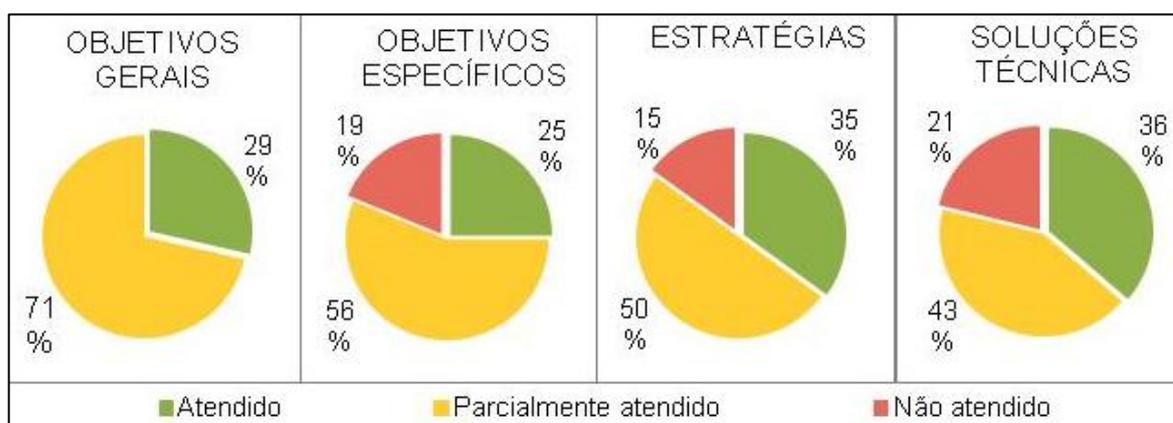


Figura 57. Resultados da Fase 1 da avaliação na Escola Frei Pacífico.

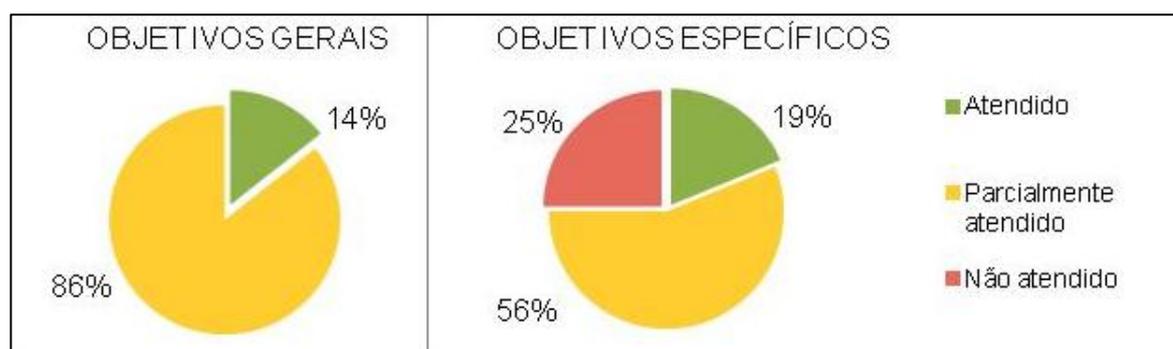


Figura 58. Resultados da Fase 2 da avaliação na Escola Frei Pacífico.

Os resultados encontrados, nas duas fases de avaliação, mostraram que os objetivos de sustentabilidade propostos não foram atendidos na sua totalidade. A contabilização de critérios (objetivos gerais, específicos, estratégias e soluções técnicas) apresentou uma percentagem baixa de atendimento. Na primeira fase de avaliação (Figura 57), foi encontrado que apenas 29% dos objetivos gerais e 25% dos objetivos específicos foram atendidos. Na segunda fase de avaliação (Figura 58), a percentagem de atendimento foi de 14%, para os

objetivos gerais, e de 19%, para os objetivos específicos. Comparando os resultados entre a primeira e a segunda fase de avaliação, a diminuição na percentagem de atendimento torna evidente a influência existente entre os objetivos, e, portanto, deixa clara a importância na identificação das relações entre eles.

A identificação das relações, e ainda mais a identificação do sentido das relações, ajudou a observar quais sejam os objetivos mais ou menos vulneráveis. Isto pode ser observado a partir das relações identificadas na matriz de relações (ver item 6.1.2) e na mesma estruturação gráfica. No caso dos menos “vulneráveis”, foram identificados os objetivos nº2 “Reciclar e reutilizar” e nº4 “Reduzir a intervenção no local”, que apresentaram menos dependência de outros objetivos, resultando em nenhuma variação entre a Fase 1 e a Fase 2 de avaliação.

No entanto, desses objetivos dependem diretamente outros objetivos. Este é o caso do objetivo nº1 “Produzir parcialmente alimentos no local”, que depende diretamente do objetivo nº 2, e cujo atendimento resultou afetado pelo não atendimento dos objetivos específicos relacionados à reutilização das águas.

Por outra parte, existem relações diretas e indiretas, em ambos sentidos, entre objetivos. É destacável o caso dos objetivos nº 3 “condicionar bioclimaticamente a edificação” e nº 5 “reduzir consumo de materiais e energia”, que estão relacionados através de aspectos dos quais dependem ambos os objetivos, como a escolha de materiais e as estratégias bioclimáticas. Estes tipos de relações resultam em processos iterativos na etapa de projeto da edificação, porém, na Fase 2 da avaliação, foi realizado apenas um ciclo de análise.

Por fim, foram identificados objetivos que dependem da maioria dos outros objetivos, como o caso do objetivo nº6 “Incentivar o desenvolvimento sustentável”. Neste caso, considerando que a Escola procura promover os princípios de sustentabilidade através da edificação, foi observado que todos os objetivos afetam, direta ou indiretamente, o atendimento deste, especificamente. Ainda mais, especialmente no caso do objetivo nº6, foi observado que o atendimento corresponde às atividades desenvolvidas na mesma operação da escola, dirigidas fundamentalmente ao plano pedagógico.

6.2 IFRS CAMPUS DE FELIZ

A avaliação dos objetivos do segundo caso, o IFRS de Feliz, foi bastante semelhante ao primeiro caso. Os resultados das análises estão fundamentados no mesmo processo de análise descrito, de forma detalhada, no primeiro caso (ver item 6.1). Portanto, a identificação dos critérios de sustentabilidade e suas interdependências e relações, a estruturação gráfica e a avaliação do atendimento dos objetivos, seguiram o mesmo processo delineado no primeiro estudo de caso.

O IFRS de Feliz considerou princípios de sustentabilidade associados à própria edificação, de forma similar ao estudo de caso 1, com a diferença de que o IFRS incorporou alguns deles dentro do programa pedagógico da instituição (conteúdo de sustentabilidade nos cursos).

Os princípios de sustentabilidade foram concebidos na etapa de projeto, considerando as etapas do ciclo de vida da edificação, exceto a etapa de desconstrução. Tomando como referência Yuba (2005), entre outros (ver item 2.1.1), na Figura 59 são apresentados aqueles princípios que foram levantados a partir dos documentos de projeto, alguns deles encontrados de forma explícita, outros implícitos nas diretrizes de projeto.

	Processo de exploração dos recursos naturais	Processo de fabricação de materiais de construção	Processo de projeto
A	Reduzir o esgotamento dos recursos minerais. Reduzir a destruição de florestas nativas.	Considerar o ciclo de vida como base para o desenvolvimento dos produtos. Reduzir a quantidade de material e energia incorporada nos produtos. Informar aos usuários.	Abordar o projeto de forma integrada, considerando, desde a fase de exploração dos recursos, até a operação. Desenvolver consciência ambiental e capacitação para as questões ambientais.
S		Dar preferência para materiais e técnicas de alta demanda de mão-de-obra.	Incorporar, no processo de projeto, os impactos sociais. Inovar os materiais de construção e métodos, para dar melhores condições de habitabilidade.
E	Incentivar o uso eficiente e otimizado dos recursos naturais, para assegurar a viabilidade econômica, sem esquecer os impactos ambientais e sociais.	Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.	Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.
C	Respeitar os valores estéticos do lugar.		Valorizar e aumentar a vida útil de materiais e tecnologias de construções tradicionais nativas. Equilibrar a utilização de tecnologias nativas, utilizadas em autoconstruções, e a produção de pré-fabricados.
	Processo de construção		Uso / manutenção
A	Minimizar os danos ambientais causados pelos seus processos de produção. Reduzir o uso de recursos.		Encarar as questões ambientais como um aspecto do conforto, que afetam benéficamente a produtividade no uso dos espaços. Desenvolver procedimentos próprios no uso da edificação para serem ambientalmente corretos. Manter a qualidade do ambiente construído.
S	Criar empregos.		Gerenciar a saúde do ambiente interno.
E	Apoiar a economia da região. Encorajar e apoiar a implementação de práticas mais sustentáveis.		
P	Constituir parcerias e cooperação, para o desenvolvimento e implementação de ações para construção sustentável (educacionalmente, no caso específico).		Capacitar-se para a sustentabilidade. Incluir a sustentabilidade nas práticas.
C			Tomar a sustentabilidade a base das decisões.

Figura 59. Conjunto de princípios contemplados no IFRS, a partir de Yuba (2005)

Esses princípios foram utilizados para conduzir o desenvolvimento conceitual do projeto, por meio das diretrizes. No entanto, foi observado que esse desenvolvimento não foi abordado de forma metódica (ver item 3.1.2). A concepção do projeto do IFRS não foi realizada seguindo um método de projeto definido, que buscasse definir e/ou explicitar os objetivos de sustentabilidade e como eles deveriam ser alcançados. Esse processo consistiu,

basicamente, na escolha de soluções técnicas, implementadas em edificações sustentáveis, que poderiam ser adaptadas ao contexto do IFRS (de forma similar ao primeiro caso).

Em virtude desse contexto, e de forma similar ao caso No. 1 (Escola Frei Pacífico), buscou-se entender como ocorreu a evolução das diretrizes de projeto, nas soluções técnicas que foram implementadas. Para esse fim, foram levantados todos os critérios de sustentabilidade incorporados no projeto do IFRS, e, a partir disso, foram identificados os objetivos, as estratégias e as soluções técnicas. Com isso, foi proposta uma estruturação gráfica de todos esses critérios (ver item 6.2.1), focando as análises, especialmente, nos objetivos.

6.2.1 Objetivos de Sustentabilidade

Os objetivos de sustentabilidade do IFRS foram identificados a partir dos documentos de projeto, em publicações anteriores (SATTLER, 2003) e em relatórios da FEPVARC. Nesses documentos foram encontrados diversos critérios de projeto (princípios, diretrizes, objetivos, estratégias e soluções técnicas), com diferentes níveis de detalhamento, mas sem distinção alguma. Diante dessa situação, realizou-se uma análise retrospectiva do processo do projeto, que permitiu elaborar a estruturação gráfica dos critérios, procurando organizar eles hierarquicamente, em várias categorias. Com ajuda da estruturação gráfica, foi possível detalhar o desdobramento dos objetivos, no item a seguir.

6.2.1.1 Estruturação Gráfica dos Objetivos de Sustentabilidade

A estruturação gráfica do IFRS foi realizada da mesma forma que o primeiro caso (ver item 6.1.1.1), envolvendo apenas os critérios de sustentabilidade (ambiental, social e econômico) incorporados ao longo do ciclo de vida do projeto. Como resultado, a Figura 60 mostra a possível estruturação gráfica dos critérios de sustentabilidade, considerados no IFRS.

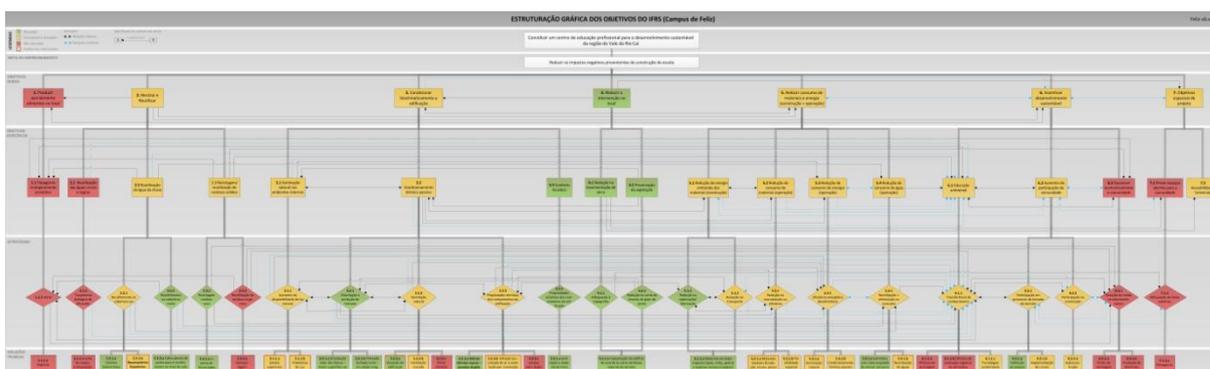


Figura 60. Estruturação gráfica dos objetivos de sustentabilidade, no IFRS de Feliz (Vide figura completa no Apêndice E).

Os objetivos do empreendimento foram categorizados em gerais e específicos, e identificados por números, que correspondem ao critério predecessor e ao nível hierárquico. Para um melhor entendimento, são apresentados, na Figura 61 os objetivos, estratégias e soluções técnicas identificadas.

OBJETIVOS GERAIS		OBJETIVOS ESPECÍFICOS		ESTRATÉGIAS		SOLUÇÕES TÉCNICAS	
1	Produzir parcialmente alimentos no local	1.1	Paisagismo ecologicamente produtivo	1.1.1	Horta	1.1.1.a	Produção de vegetais
2	Reciclar e reutilizar	2.1	Reutilização das águas cinzas e negras	2.1.1	Tratamento biológico de efluentes	2.1.1.a	Leito de evapotranspiração
		2.2	Reutilização da água da chuva	2.2.1	Recolhimento, na cobertura sul	2.2.1.a	Cisterna Subterrânea
				2.2.2	Recolhimento, na cobertura norte	2.2.2.a	Calha aberta, de pedra, para o recolhimento ao nível do solo
		2.3	Reciclagem / reutilização de resíduos sólidos	2.3.1	Reciclagem de resíduos secos	2.3.1.a	Lixeiras diferenciadas
				2.3.2	Reutilização de resíduos orgânicos	2.3.2.a	Compostagem
3	Condicionar bioclimaticamente a edificação	3.1	Iluminação natural nos ambientes internos	3.1.1	Aumento da disponibilidade de luz natural	3.1.1.a	Janelas superiores
		3.2	Condicionamento térmico passivo			3.2.1	Orientação e proteção de fachada
				3.2.1.b	Proteção fachada norte - circulação longitudinal.		
				3.2.2	Ventilação natural	3.2.2.a	Elevação da edificação
						3.2.2.b	Ventilação cruzada
				3.2.3	Propriedades térmicas dos componentes da edificação	3.2.2.c	Efeito chaminé
						3.2.3.a	Inércia térmica das paredes - paredes duplas
		3.2.3.b	Telhado sul - camada de ar e ventilação por convecção				
		3.2.3.c	Janelas de vidro duplo				
		3.3	Conforto Acústico	3.3.1	Propriedades acústicas dos componentes da edificação	3.3.1.a	Inclinação e material do forro
4	Reduzir a intervenção no local	4.1	Redução na movimentação de terra	4.1.1	Adequação à topografia	4.1.1.a	Implantação do edifício de acordo com as características naturais do terreno
		4.2	Preservação da vegetação	4.2.1	Redução no corte de árvores de grande porte		
5	Reduzir consumo de materiais e energia (construção + operação)	5.1	Redução da energia embutida nos materiais (construção)	5.1.1	Redução na exploração/fabricação	5.1.1.a	Materiais de baixo impacto (tijolo, telha cerâmica, pedra) e espécies nativas (madeira)
				5.1.2	Redução no transporte		
		5.2	Redução no consumo de materiais (operação)	5.2.1	Redução na manutenção ou reformas	5.2.1.a	Materiais duráveis (fundação, muros, pisos)
		5.2.1.b	Flexibilidade espacial				
		5.3	Redução do consumo de energia (operação)	5.3.1	Eficiência energética (bioclimática)	5.3.1.a	Iluminação natural
5.3.1.b	Condicionamento térmico passivo						
5.4	Redução no consumo de água (operação)	5.4.1	Reutilização + diminuição do consumo	5.4.1.a	Sanitários com caixa acoplada de menor consumo		
				5.4.1.b	Reutilização de águas		
6	Incentivar o desenvolvimento sustentável	6.1	Educação ambiental	6.1.1	Transferência do conhecimento	6.1.1.a	Oficinas de reciclagem
						6.1.1.b	Oficinas de produção orgânica de alimentos
						6.1.1.c	Tecnologias sustentáveis
		6.2	Aumento da participação da comunidade	6.2.1	Participação em processos de tomada de decisão	6.2.1.a	Definição do projeto
						6.2.1.b	Implementação de cursos
		6.2.2	Participação na construção	6.2.2.a	Autoconstrução	6.2.2.a	Autoconstrução
6.2.2.a	Autoconstrução						
6.3	Favorecer economicamente a comunidade	6.3.1	Geração de renda no empreendimento	6.3.1.a	Ponto de reciclagem		
				6.3.1.b	Produção de alimentos		
7	Objetivos espaciais de projeto	7.1	Prever espaços abertos para a comunidade	7.1.1	Adequação de áreas externas	7.1.1.a	Paisagismo
		7.2	Acessibilidade universal				

Figura 61. Objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias de sustentabilidade, no IFRS de Feliz

6.2.2 Relações Existentes entre Objetivos de Sustentabilidade

A identificação das relações entre os objetivos de sustentabilidade do IFRS fundamenta-se na revisão de literatura (ver item 2.1.3), focando as relações entre os objetivos gerais, os objetivos específicos e as estratégias de projeto. As relações foram representadas na Figura 62, considerando que existem entre os critérios da mesma categoria, mas não entre categorias. Dessa maneira, resultaram dois tipos de relação:

- Relações diretas, indicando uma dependência explícita entre os critérios, que pode ser evidenciada tanto nos documentos de projeto como na edificação em si. Por exemplo, a relação entre os objetivos específicos 2.2 “Reutilização da água da chuva” e 5.4 “Redução no consumo de água na etapa de operação”.
- Relações indiretas, indicando uma dependência que não é explícita entre critérios, seja no projeto ou na edificação, mas que conceitualmente sim existe. Por exemplo, a relação entre os objetivos específicos 3.2. “Condicionamento térmico passivo” e 6.1. “Educação ambiental”.

Como resultado, a Figura 62 ilustra a matriz diferenciando os dois tipos de relação. Nessa matriz, além das relações pontuais entre os critérios, foram identificadas as relações mais relevantes entre: a) critérios da mesma família de um objetivo, e b) critérios de objetivos (famílias) diferentes. Essa identificação ajudou a perceber as influências mais representativas, mostrando graficamente qual objetivo pode afetar o atendimento de outro.

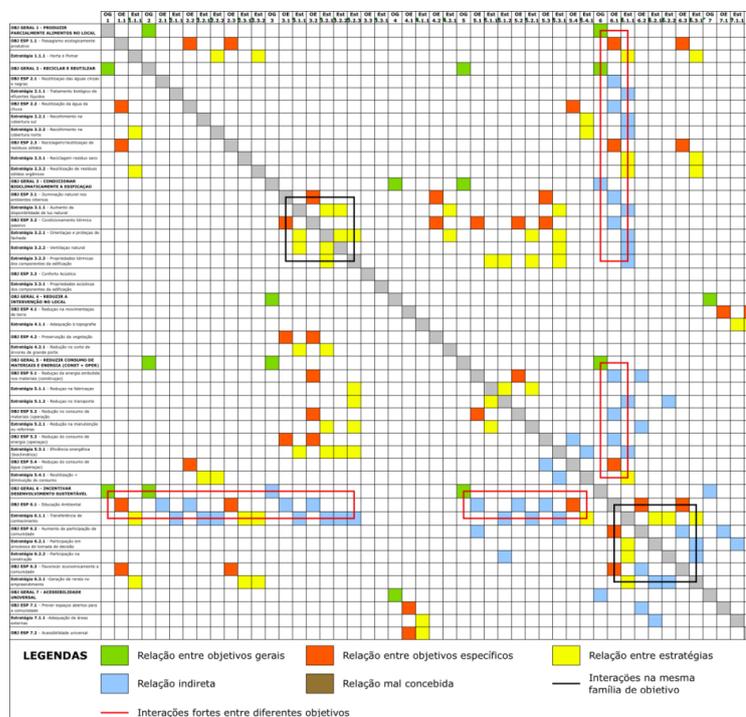


Figura 62. Matriz de relações entre objetivos gerais, objetivos específicos e estratégias, na IFRS de Feliz (Vide figura completa Apêndice F).

Os objetivos nº3 “condicionar bioclimaticamente a edificação” e nº 6 “Incentivar o desenvolvimento sustentável”, mostraram uma relação forte entre seus próprios critérios, pois todos os objetivos específicos e estratégias estão relacionados entre si. Por outro lado, foi percebida a forte relação do objetivo nº6 com a maioria dos outros, amplamente caracterizado por relações indiretas.

As relações também foram representadas na estruturação gráfica (Figura 60), indicando o sentido da dependência de cada relação. A avaliação do atendimento dos objetivos de sustentabilidade contemplou a análise das relações, portanto são apresentadas junto com os resultados da avaliação (ver item 6.2.3.1).

6.2.3 Avaliação do Atendimento dos Objetivos de Sustentabilidade

A avaliação dos objetivos de sustentabilidade do IFRS foi realizada de forma qualitativa, a partir da perspectiva do autor, do diretor da escola e de especialistas externos, que validaram análises específicas. Neste caso, também foi realizada uma validação com a equipe de projeto.

As análises consistiram em determinar se as soluções técnicas desempenham, ou não, a função específica, contribuindo para o atendimento das respectivas estratégias de projeto, objetivos específicos e objetivos gerais. Também foi considerada a influência de outros critérios (mediante as relações) que afetam o atendimento. Neste caso foram seguidos os mesmos parâmetros de avaliação do caso anterior, nas duas fases. Da mesma forma que no caso 1, a avaliação considerou que os requisitos de outro tipo, como os estruturais, por exemplo, são essenciais e devem ser atendidos de forma implícita e conjunta com os objetivos de sustentabilidade.

A representação dos resultados, na estruturação gráfica, seguiu o mesmo padrão: critérios atendidos, em azul; critérios parcialmente atendidos, em verde; critérios não atendidos, em vermelho. Também foram identificados os problemas associados às soluções técnicas, com o contorno amarelo.

6.2.3.1 Resultados da avaliação

A representação dos resultados da avaliação dos objetivos do IFRS podem ser visualizados no Apêndice C. A Figura 61 também apresenta a classificação hierárquica dos objetivos avaliados.

Fase 1 - Objetivos atendidos

O objetivo nº 4 “**reduzir a intervenção no local**” foi o único objetivo atendido na primeira fase da avaliação. Foi observado que os objetivos específicos “redução na movimentação de terra” e “preservação da vegetação” foram atendidos, em comum, pela solução técnica “implantação do edifício de acordo com as características naturais do terreno”, visto que o projeto previu que a edificação deveria ser construída se adequando à topografia e respeitando a vegetação de grande porte.

Fase 1 - Objetivos parcialmente atendidos

O objetivo geral nº “**reciclar e reutilizar**” foi parcialmente atendido, já que dois objetivos específicos foram parcialmente atendidos e um não foi atendido. Em primeiro lugar, o objetivo específico 2.1 “reutilização das águas cinzas e negras” não foi atendido, visto que a solução do “leito de evapotranspiração” para o “tratamento biológico de efluentes” não foi executada, em função dos problemas ocorridos no processo de desenvolvimento (ver item 5.2.2).

Em segundo lugar, o objetivo específico “reutilização da água da chuva” foi parcialmente atendido, pois a estratégia de “recolhimento na cobertura sul” tem falhas na solução técnica 2.2.1.b “reservatórios superiores”. Conforme a caracterização e o estado atual da edificação (ver item 5.2), o banheiro, onde estão localizados os reservatórios superiores para a água da chuva, apresenta problemas de impermeabilização na laje de cobertura. Esse problema, aparentemente externo (problema associado) ao sistema, impossibilita a utilização dos banheiros, onde deveria ser reutilizada a água recolhida. Por outro lado, a outra estratégia de “recolhimento na cobertura norte” foi atendida, mediante a “calha aberta de pedra”.

Em terceiro lugar, o último objetivo específico 2.3 “Reciclagem/reutilização de resíduos sólidos” foi também parcialmente atendido. A estratégia 2.3.1 “reciclagem do resíduo seco” é parcialmente atendida com a utilização das “lixeiros diferenciadas”, devido à falta do ponto de reciclagem. Porém, a estratégia 2.3.2 “reutilização dos resíduos orgânicos” não foi atendida, visto que a solução de “compostagem” não tem sido realizada. O IFRS ainda não implementou todos os cursos; portanto, não há a quantidade requerida de usuários para produzir um volume justificável de resíduos, para que seja realizada a compostagem. Isto é acentuado pela ausência do curso de agroindústria, que produziria uma quantidade considerável de resíduo orgânico, e também pela ausência da horta (estratégia 1.1.1), onde seria utilizado o produto da compostagem.

Com relação ao objetivo geral nº3 “**condicionar bioclimaticamente a edificação**”, foi observado que ele é parcialmente atendido, pois nem todos os objetivos específicos decorrentes dele foram atendidos. Tomando como referência as respostas do diretor da escola e pelas pesquisas realizadas no NORIE, foi observado que o objetivo específico 3.1 “Iluminação natural nos ambientes internos” foi atendido apenas parcialmente. O estudo realizado pelo NORIE (2010) identificou que as soluções técnicas para o “aumento da disponibilidade de luz natural” no interior das salas, não atendem às recomendações da norma NBR 5413 (ABNT, 1992), durante o turno da manhã.

Quanto ao objetivo específico 3.2 “condicionamento térmico passivo”, foi percebido que as estratégias 3.2.2 “ventilação natural” e 3.2.3 “propriedades térmicas dos componentes da edificação” foram apenas parcialmente atendidas. No caso das soluções de ventilação natural, apenas a solução técnica “elevação da edificação” foi considerada como atendida. A solução “ventilação cruzada” foi apenas parcialmente atendida, em função do problema associado à ausência de proteções contra insetos nas janelas, impossibilitando aos usuários a sua

abertura no verão. A solução “efeito chaminé” não foi atendida, pela falta dos mecanismos de abrir/fechar as janelas superiores (problema associado).

No caso da estratégia 3.2.3, apenas a solução de “inércia térmica das paredes” foi atendida, já que foram executadas paredes duplas. A solução de “camada de ar e ventilação por convecção no telhado sul” foi apenas parcialmente atendida, tendo em vista que essa estrutura não foi mantida igual, depois das reformas da edificação (ver item 5.2.3). A solução de “janelas de vidro duplo” não foi atendida, já que as janelas não foram executadas com dupla camada, nem foram vedadas adequadamente. No entanto, a estratégia 3.2.1 “orientação e proteção de fachada” foi atendida, tendo considerado a orientação solar adequada (sul), e a proteção das fachadas norte, mediante a circulação longitudinal externa.

O objetivo específico 3.3 “conforto acústico” foi considerado como atendido. Ainda que não existam estudos específicos, foi evidenciado pelo diretor da Escola a sua satisfação quanto a este aspecto.

O objetivo geral nº5 “**reduzir o consumo de materiais e energia nas etapa de construção e operação**” foi avaliado como parcialmente atendido. O objetivo específico 5.1 “redução da energia embutida nos materiais (construção)” foi apenas parcialmente atendido, já que foram utilizados materiais com baixo conteúdo energético (tijolo, telha cerâmica, pedra, madeira), mas não foi possível comprovar a sua procedência (redução no transporte). Ademais, foi evidenciado que as vigas de madeira, utilizadas na reforma do telhado sul, eram provenientes do estado de Rondônia.

Ao respeito do objetivo específico 5.2 “redução no consumo de materiais (operação)”, foi percebido que a estratégia de reduzir, na manutenção ou reforma, por meio da utilização de “materiais duráveis”, foi apenas parcialmente atendida, fundamentalmente pelo problema com a estrutura de madeira, no telhado sul. Ainda, a flexibilidade espacial também foi apenas parcialmente atendida, pois só foi evidenciada em algumas salas.

Os objetivos específicos 5.3 “redução no consumo de energia (operação)” e 5.4 “redução no consumo de água (operação)” também foram apenas parcialmente atendidos. No primeiro, a eficiência energética, através da iluminação natural e do condicionamento térmico passivo, foi parcialmente atendida, como visto anteriormente. No segundo, a diminuição no consumo foi atendida através dos sanitários com caixa acoplada, mas a reutilização foi apenas parcialmente atendida, em função do problema de impermeabilização ocorrido no banheiro.

Com relação ao objetivo geral nº6 “**incentivar o desenvolvimento sustentável**”, foi observado que ele é parcialmente atendido. Em primeiro lugar, o objetivo específico 6.1 “educação ambiental” é parcialmente atendido, de forma mínima e somente pelo atendimento parcial das tecnologias sustentáveis. As outras duas soluções técnicas “oficinas de reciclagem” e “oficinas de produção orgânica de alimentos” não são atendidas,

visto que não foram até agora realizadas em função do funcionamento parcial do IFRS (até a data em que foi realizado o levantamento de dados).

Em segundo lugar, o objetivo específico 6.2 “aumento da participação da comunidade” foi também apenas parcialmente atendido. Apenas a solução “participação na definição do projeto” foi atendida, visto que foram realizadas diversas reuniões nas etapas de projeto. A participação na “implementação de cursos” e a “autoconstrução” foram atendidas parcialmente. Em terceiro lugar, o objetivo específico 6.3 “favorecer economicamente a comunidade” não foi atendido, já que as soluções “ponto de reciclagem” e “produção de alimentos” para “geração de renda no empreendimento”, ainda não foram implementadas.

Por último, o objetivo geral nº 7 “**objetivos espaciais de projeto**” foi também apenas parcialmente atendido. A acessibilidade universal foi parcialmente atendida, por causa do problema associado de altura insuficiente para as pérgolas, nos pontos de acesso com rampa. O objetivo específico “prever espaços abertos para a comunidade” não foi atendido, pois não foi identificada a adequação de áreas externas para tal fim.

Fase 1 - Objetivos não atendidos

O objetivo nº 1 “**produzir alimentos parcialmente no local**” não foi atendido. Na concepção do projeto foi contemplado o “paisagismo ecologicamente produtivo”, mediante a construção de uma horta para plantar de vegetais. No entanto, isto ainda não foi executado.

Fase 2 - Objetivos atendidos

Na Fase 2 de avaliação foram analisadas as interdependências diretas que afetam o atendimento dos objetivos.

O único objetivo atendido na primeira fase de avaliação foi o nº 4 “**Reduzir a intervenção no local**”. Os objetivos específicos e estratégias decorrentes deste objetivo geral, não apresentaram dependências diretas de outros critérios. Portanto, o resultado foi o mesmo: atendido.

Fase 2 - Objetivos parcialmente atendidos

Com relação ao objetivo geral nº 2 “**reciclar e reutilizar**”, foi percebido que os objetivos específicos, que decorrem dele não dependem de algum outro objetivo, implicando, portanto, no mesmo resultado da Fase 1, parcialmente atendido.

Quanto ao objetivo geral nº 3 “**condicionar bioclimaticamente a edificação**”, foram avaliadas as relações dos objetivos específicos da seguinte forma: o objetivo específico 3.1 “iluminação natural nos ambientes internos” apresenta relação com o objetivo específico 3.2 “condicionamento térmico passivo”, visto que as estratégias para o “aumento da disponibilidade de luz natural”, “ventilação natural” e “propriedades térmicas dos componentes da

edificação” compartilham componentes em comum da edificação, para atender às soluções técnicas, como, por exemplo, as janelas superiores.

Além disso, ambos os objetivos específicos apresentam dependência direta do objetivo específico 4.2 “preservação da vegetação”, devido à influência do sombreamento das árvores sobre a edificação. Por outro lado, o objetivo específico 3.2 apresenta relação com o objetivo específico 5.1 “redução da energia embutida dos materiais (construção)”, pois a escolha dos materiais depende, tanto das propriedades térmicas, como de sua energia embutida. Como resultado, considerando que o atendimento dos objetivos específicos 3.1 e 3.2 foram parcialmente atendidos e contemplados, na própria avaliação do objetivo geral, o 4.2 foi atendido e o 5.1 foi parcialmente atendido, conclui-se que o objetivo No. 3 foi apenas parcialmente atendido. O objetivo específico 3.3 “conforto acústico” não apresenta interdependências diretas.

O objetivo n° 5 “**reduzir o consumo de materiais e energia nas etapas de construção e operação**” apresenta relações com os objetivos n° 2, n° 3 e n° 6. Em primeiro lugar, o objetivo específico 5.1 “redução da energia embutida dos materiais, na etapa de construção” tem relação direta com os objetivos 5.2 “redução no consumo de materiais na etapa de operação” e 6.2 “aumento da participação da comunidade”. A relação foi determinada pela escolha dos materiais, que se estende até a etapa de operação (durabilidade) e que deveria contemplar a participação da comunidade, por meio da autoconstrução. Estas relações não afetaram o resultado da Fase 1, pois todos eles foram parcialmente atendidos.

Em segundo lugar, o objetivo específico 5.2 apresenta dependência do 3.2, pois o condicionamento térmico passivo aponta os materiais a serem utilizados, para que seja garantido, em toda a etapa de operação. Considerando que ambos foram apenas parcialmente atendidos, o resultado não foi afetado. Em terceiro lugar, o objetivo específico 5.3 “redução do consumo de energia, na etapa de operação” depende diretamente dos objetivos específicos 3.1 “iluminação natural” e 3.2 “condicionamento térmico passivo”, como pode ser observado no próprio desdobramento do objetivo específico 5.3. Visto que ambos foram apenas parcialmente atendidos, o resultado é equivalente ao da Fase 1.

Em quarto lugar e por último, o objetivo específico 5.4 “redução do consumo de água, na etapa de operação” depende diretamente da reutilização das águas pluviais (objetivo específico 2.2), cujo resultado foi parcialmente atendido; portanto, não afeta o resultado anterior do 5.4. Por fim, o resultado do objetivo geral n° 5 (parcialmente atendido) não foi modificado, pois todas as relações dos objetivos específicos não afetaram os resultados da Fase 1.

Quanto ao objetivo geral n° 6 “**incentivar o desenvolvimento sustentável**”, foi percebido que este é o que apresenta o maior número de dependências, que são encontradas, principalmente, no objetivo específico 6.1 “educação ambiental”. A principal razão disto é a própria concepção do IFRS, enquanto instituição que procura alcançar esse objetivo com a transferência do conhecimento por meio da própria edificação. Assim, a maioria

dos critérios de sustentabilidade incorporados à edificação são ferramentas de educação ambiental, portanto estão relacionados. No entanto, nem todas as relações são diretas; algumas delas são indiretas. As relações diretas são aquelas que afetam as atividades em que os usuários participam, e as indiretas são aquelas visíveis aos usuários, mas não tão permanente e claramente manifestas, como, por exemplo, a ventilação natural.

Dessa forma, o objetivo específico 6.1 apresenta dependência direta dos objetivos específicos 2.3 “reciclagem/reutilização de resíduos sólidos” e 5.4 “redução do consumo de água, na etapa de operação” (ambos parcialmente atendidos); e relação direta com os objetivos 6.2 “aumento da participação da comunidade” (parcialmente atendido), 1.1 “paisagismo ecologicamente produtivo” e 6.3 “favorecer economicamente a comunidade” (não atendidos). Na análise destas relações, foi identificado o mesmo resultado da primeira fase, qual seja, parcialmente atendido.

Por outro lado, o objetivo específico 6.2 “aumento da participação da comunidade”, apresenta só relação direta com a educação ambiental, ambos parcialmente atendidos. O objetivo específico 6.3 “favorecer economicamente à comunidade” depende diretamente do “paisagismo ecologicamente produtivo”, que não foi atendido; e da “reciclagem/reutilização de resíduos sólidos”, parcialmente atendida. Ademais, apresenta relação direta com a educação ambiental, parcialmente atendida. Dessa maneira, mantém-se a mesma avaliação da primeira fase, qual seja, não atendido.

Por fim, na avaliação do objetivo geral nº 7 “**objetivos espaciais de projeto**”, os dois objetivos específicos apresentaram dependência direta do objetivo específico 4.1 “redução na movimentação de terra”, que foi atendido. No entanto, na avaliação da Fase 1, foi determinado que o 7.1 “prever espaços abertos para a comunidade” não foi atendido e o 7.2 “acessibilidade universal” foi parcialmente atendido. Logo, o resultado foi parcialmente atendido.

Fase 2 - Objetivos não atendidos

O objetivo geral nº 1 “**produzir parcialmente alimentos no local**” depende diretamente da reutilização das águas pluviais e dos resíduos orgânicos (objetivos específicos 2.2 e 2.3), que seriam aproveitados para a irrigação do paisagismo produtivo e para melhorar as condições físicas do solo, respectivamente. Isso, complementado pela relação com a educação ambiental. No entanto, este objetivo não foi, até o momento, implementado, conservando, assim, o resultado da primeira fase, não atendido.

6.2.3.2 Soluções técnicas com problemas associados a questões externas

No IFRS de Feliz foram identificados problemas associados às soluções técnicas, mas a diferença, em relação à Escola Frei Pacífico, neste estudo de caso, no tocante ao fato de que alguns deles afetaram o atendimento dos objetivos.

Um dos problemas identificados é a falta de impermeabilização da laje de cobertura de um dos banheiros, causando infiltração para os próprios banheiros, até o ponto de impossibilitar a utilização deles. Esse problema, aparentemente de pouca significância e alheio ao atendimento dos objetivos de sustentabilidade, afetou o objetivo específico de reutilização da água da chuva, pois é nos sanitários que deveria ser reutilizada essa água. Como os sanitários não são utilizados, a água da chuva não é reutilizada.

Por outro lado, foram identificados dois problemas relacionados entre si. O primeiro é a falta dos mecanismos de abertura/fechamento das janelas superiores, que têm como função propiciar o “efeito chaminé”. O segundo, a falta de proteções contra mosquitos (tela mosquiteira) nas janelas principais, que impossibilita a abertura das mesmas na época de verão. Ambos problemas estão associados a etapa de projeto, visto que tanto os mecanismos como as proteções não foram encontradas nos documentos. Este problemas afetam o atendimento do objetivo específico de condicionamento térmico passivo, pois dificultam a ventilação cruzada e a convectiva (efeito chaminé), contribuintes para uma ventilação natural eficiente.

O principal problema ocorrido na edificação (ver item 5.2.3), relacionado à deformação da estrutura de madeira do telhado sul, acabou afetando a vários objetivos de sustentabilidade. Em primeiro lugar, o objetivo de redução no consumo de materiais na etapa de operação (manutenção ou reformas) foi diretamente afetado, pois a edificação apresentou o problema desde a sua inauguração. Além disso, as vigas de madeira com problemas foram trocadas por vigas de madeira provenientes de Rondônia. Esse fato comprometeu o atendimento do objetivo específico de redução da energia embutida nos materiais; fundamentalmente, a redução no transporte (neste caso não foi possível levantar dados específicos, relacionados ao tipo da madeira e da existência de certificação de origem). Inclusive, não foi considerada a reutilização das peças anteriores. Ainda mais, as chapas de off-set reciclado, previstas para aumentar o isolamento térmico da cobertura, foram substituídas por uma manta aluminizada, mais cara e de eficiência funcional questionável, afetando o objetivo de conforto térmico passivo.

Por outro lado, foram identificados dois problemas associados, que não afetam diretamente o atendimento de objetivos. O primeiro é a dificuldade de limpeza das janelas superiores e prateleiras de luz, basicamente pela localização das mesmas. Esta é uma questão associada à manutenção da edificação, na etapa de uso/operação (mesmo problema do primeiro caso). Em segundo lugar, foi evidenciada a ocorrência de larvas de mosquitos abaixo da edificação, resultante da elevação da mesma. Esse é um problema que não afeta o condicionamento térmico da edificação, mas que pode comprometer o bom funcionamento do instituto (saúde dos usuários).

6.2.3.3 Análise geral dos resultados

Os resultados da avaliação dos objetivos de sustentabilidade do IFRS de Feliz são mostrados de forma integrada na estruturação gráfica proposta (Figura 60).

Os resultados encontrados nas duas fases de avaliação mostraram que os objetivos de sustentabilidade apresentaram uma percentagem baixa de atendimento. Na primeira fase de avaliação (Figura 63), foi encontrado que apenas 14% dos objetivos gerais e 17% dos objetivos específicos foram atendidos. Na segunda fase de avaliação, os resultados foram os mesmos (Figura 64). A diferença entre as duas fases de avaliação foi nula, fundamentalmente devido à baixa percentagem de atendimento na Fase 1, correspondente a um objetivo sem relações (n° 4 - reduzir a intervenção no local).

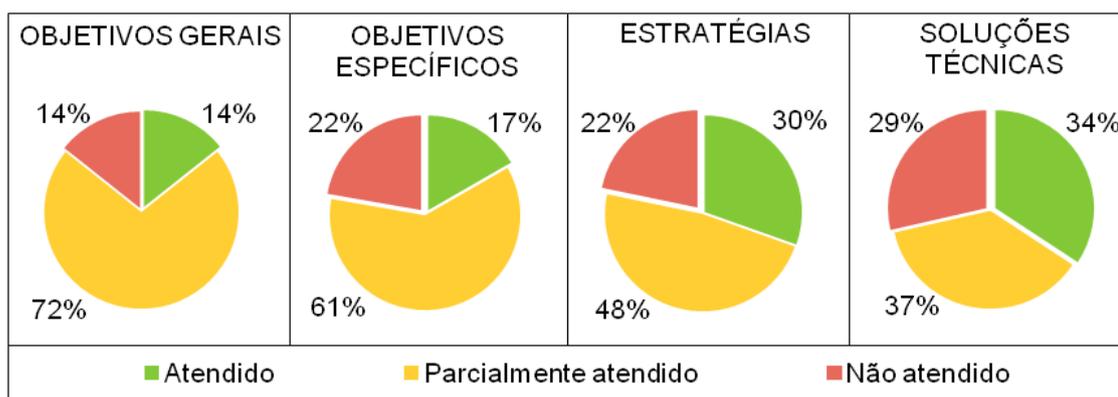


Figura 63. Resultados da Fase 1 da avaliação dos objetivos de sustentabilidade, no IFRS de Feliz.

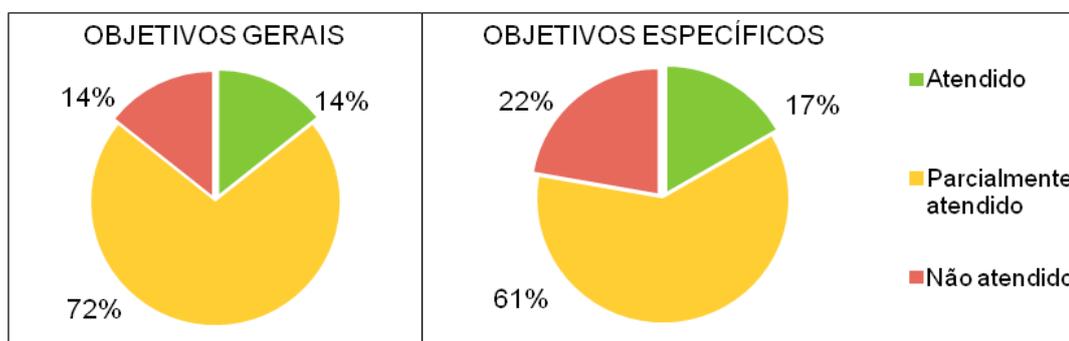


Figura 64. Resultados da Fase 2 da avaliação dos objetivos de sustentabilidade, no IFRS de Feliz.

A influência das relações no atendimento dos objetivos do IFRS de Feliz, não foi tão evidente como no caso anterior (Escola Frei Pacífico), onde a percentagem de objetivos atendidos diminuiu depois da segunda fase de avaliação. Isto foi devido à falta de implementação ou execução dos próprios objetivos. Ainda assim, a influência existe, e pode-se tornar mais evidente ao longo do tempo, conforme o desempenho dos objetivos que estão associados à operação/uso da edificação.

Contudo, foi possível identificar os objetivos menos “vulneráveis”, de forma similar à escola Frei Pacífico. Os objetivos n° 2 “Reciclar e reutilizar” e n° 4 “Reduzir a intervenção no local” foram os que apresentaram menos dependência de outros objetivos. Porém, esses objetivos sustentam outros, como o objetivo n° 1 “Produzir

parcialmente alimentos no local”, que não foi implementado ainda. Este último é um dos objetivos que só será plenamente atendido, quando for atendido o objetivo n°. 2.

Por outro lado, foi reiterada a relação entre o objetivo de “condicionar bioclimaticamente a edificação” e “reduzir o consumo de materiais e energia”, através das estratégias e soluções técnicas relacionadas à escolha de materiais e a eficiência energética. Ainda mais, encontrou-se que o objetivo de “incentivar o desenvolvimento sustentável” está no topo da pirâmide, pois depende do atendimento de todos os outros objetivos, para ser alcançado plenamente.

6.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS DA ETAPA B

Os resultados desta etapa possibilitam traçar algumas considerações. Em uma primeira instância, foi realizada a identificação dos objetivos de sustentabilidade, que permitiu observar a considerável semelhança entre os dois casos. A Escola Frei Pacífico e o IFRS de Feliz buscaram contemplar os mesmos objetivos, e buscaram atendê-los mediante estratégias e soluções técnicas similares. Isto se deve, fundamentalmente, ao fato de serem dois empreendimentos que têm como princípio a educação ambiental e o desenvolvimento sustentável, através da própria edificação. Ainda mais, foram concebidos pelo mesmo grupo de pesquisa (NORIE).

Entretanto, a avaliação do atendimento dos objetivos, mostrou que em ambos os empreendimentos os objetivos foram atendidos apenas parcialmente (Figura 58 e Figura 64). Objetivos como “Reciclar e reutilizar”, “Condicionar bioclimaticamente a edificação”, “Reduzir consumo de materiais e energia (construção + operação)” e “Incentivar o desenvolvimento sustentável” não foram alcançados em nenhum dos casos. Esse resultado reforça a semelhança entre os dois empreendimentos, desta vez mostrando o não atendimento dos objetivos de sustentabilidade.

A partir dos resultados e das semelhanças entre os casos, foram analisadas as causas que levaram ao não atendimento dos objetivos propostos. As prováveis causas são apresentadas no capítulo seguinte.

Por outro lado, devem ser considerados os aspectos que possibilitaram realizar a avaliação. Em primeiro lugar, a identificação dos objetivos, a partir das evidências de projeto, mostrou a carência de uma metodologia de trabalho na equipe de projeto, com critérios organizados de sustentabilidade. Ainda que a equipe de projeto definiu uma série de diretrizes, elas não foram concebidas para guiar o projeto de forma estruturada, resultando na ausência de uma definição clara dos objetivos de projeto. Este é um requisito fundamental para garantir a comunicação interdisciplinar na equipe de projeto (KAMARA *et al*, 2000). Para isso, conforme os mesmos autores é necessário definir, de forma precisa, os objetivos e remover qualquer ambiguidade.

Diante dessa situação, foi necessário unificar os termos encontrados baseando-se na revisão bibliográfica, o que propiciou a elaboração de uma estrutura para a elucidação dos objetivos: objetivos (gerais e específicos),

estratégias e soluções. Nesse sentido, Ward *et al.* (1991) complementa a importância na explicitação dos objetivos, afirmando que a partir da sua definição, é possível a escolha das ações pertinentes para seu próprio atendimento. Dentre as ações, os mesmos autores citam a escolha do tipo de contratação, da comunicação requerida entre os envolvidos e dos encaminhamentos na execução da obra.

Em segundo lugar, foi percebida a importância da consideração das relações entre os objetivos, através da Fase 2 da avaliação. Confirmou-se a influência das relações no atendimento dos objetivos, apontada por Ward *et al.* (1991). Foram identificadas as relações diretas e indiretas, sendo a mais relevante “Incentivar o desenvolvimento sustentável” com todos os objetivos, devido ao princípio educacional norteador das edificações.

Ademais, embora não tenha sido avaliado nesta pesquisa, foi percebida a necessidade de considerar os requisitos de outras classes, no atendimento dos objetivos de sustentabilidade. De forma geral, corroborando o que foi constatado por Pegoraro (2010), foi observado que as soluções técnicas de sustentabilidade geram requisitos de outras naturezas, os quais devem ser atendidos ou a solução não funcionará. Por exemplo, uma vez que foi decidido que a estratégia para a reutilização da água da chuva é o recolhimento na cobertura verde, e a solução é captá-la em uma calha aberta no nível do solo, devem ser considerados os requisitos aí implicados (tipo de impermeabilização na cobertura e na calha; reforço da estrutura, devido ao peso da camada vegetal somado ao de água; tipo de vegetação utilizada, etc).

Para a realização dos aspectos acima expostos, foi proposta a estruturação gráfica de ambos os casos (Apêndices C e E), representando o desdobramento dos objetivos, as relações entre eles e o resultado das avaliações. A representação não foi baseada nas características físicas dos componentes, mas sim nas funções, atributos, operação e influência nos outros critérios, nas pessoas ou no ambiente natural.

Ainda, em concordância com Kamara *et al.* (2000), a estruturação gráfica é uma ferramenta de apoio que torna transparente as decisões de projeto, através do desdobramento dos objetivos e da explicitação de sua interação sistêmica. É uma aproximação que esclarece o problema de projeto, através de um método diferente ao do desenho (esboços, plantas), facilitando a comunicação e o entendimento dos objetivos da sustentabilidade entre a equipe de projeto, e que permite aos projetistas entender e agir sobre as decisões.

Por último, foi possível observar que a avaliação de objetivos está sujeita ao momento no qual ela é realizada. Foi percebido que os casos estudados ainda não implementaram algumas das estratégias propostas, próprias da etapa de operação, razão pela qual foram considerados como não ou parcialmente atendidos. Ainda mais, os empreendimentos podem melhorar o atendimento aos objetivos, mediante reformas ou implementação de melhoras, assim como também podem piorar sua situação.

7. RESULTADOS DA ETAPA C

Os resultados da Etapa C, última da pesquisa, são referentes à análise das possíveis causas do não atendimento dos objetivos de sustentabilidade, e às recomendações para futuros empreendimentos com foco semelhante.

7.1 CAUSAS DO NÃO ATENDIMENTO DOS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE

Conforme apresentado nos resultados da Etapa B, os objetivos de sustentabilidade, almejados por ambos casos, foram avaliados, na sua maioria, como parcialmente atendidos. A partir desse resultado, foram analisadas as possíveis causas que levaram ao não atendimento dos objetivos. As causas, descritas neste item, remetem, fundamentalmente, aos capítulos anteriores (ver itens 5 e 6).

As análises consistiram na utilização do Método dos Cinco Porquês, através do qual se tentou descobrir a possível causa mais importante, para cada problema. Conforme Kume (1993), um problema é o resultado indesejável de um trabalho ou processo. Portanto, neste contexto considerou-se que o problema é o não atendimento do objetivo.

Para realizar as análises, foi elaborada a Figura 65, onde está registrado o desdobramento dos objetivos, até as soluções técnicas, e, em seguida, os 5 Porquês da falha da solução técnica, que levou ao não atendimento do objetivo. Isto para cada caso. A seleção dos 5 Porquês baseou-se nas evidências de projeto, na consulta a especialistas externos, em pesquisas anteriores (ver itens 6.1.3 e 6.2.3) e em referências bibliográficas específicas para cada solução técnica (Figura 65).

A partir da identificação das possíveis causas, foram elaborados os gráficos da Figura 66, identificando as etapas do processo de projeto em que ocorreram as causas. As etapas foram definidas conforme a revisão bibliográfica (Ver item 3.2.1), distinguindo: a) Concepção do empreendimento; b) Planejamento e projeto; c) Execução das obras; e d) Operação. Nestas etapas, conforme Glasser (1990), os problemas foram considerados como controláveis, já que os envolvidos têm influência, possuem responsabilidade e autoridade. Entretanto, também foi percebido que algumas dessas causas também estão relacionadas a questões externas, como, por

exemplo, o sistema de contratação por meio de licitações públicas. Neste caso, segundo o mesmo autor, o problema pertence a outro processo, no qual os envolvidos não têm qualquer influência, não possuem responsabilidade nem autoridade, e, normalmente, são afetados pelos seus efeitos. Dessa forma, também foram distinguidas as Questões externas.

5.2.1.b	Condicionamento térmico passivo * (Pesquisa anterior, Evidência de projeto)	Desconforto térmico por calor na sala E	1	Necessidade de utilização de sistemas artificiais de condicionamento térmico	Condicionamento térmico passivo	5.3.1.b
		Impossibilidade de abertura das janelas	2	Falta de atendimento aos níveis ideais de conforto térmico passivo		
		Instalação de grades internas	3	Soluções de condicionamento térmico passivo mal projetados ou mal executados		
		Segurança dos equipamentos de informática	4	Erro de projeto e execução	* (Pesquisa anterior, Evidência de projeto)	
		Uso não condizente com projeto	5			
5.3.1.a	Sanitários com caixa acoplada de menor consumo	OK		OK	Sanitários com caixa acoplada de menor consumo	5.4.1.a
5.3.1.b	Reutilização de águas * (Evidência de projeto, Consulta com especialista)	Mal funcionamento do sistema de recolhimento e tratamento águas	1	Impossibilidade de utilização das águas armazenadas	Reutilização de águas	5.4.1.b
		Leito superdimensionado e com possível fugas no reator, calha sem declive e lagoa e calha não impermeabilizadas	2	Impossibilidade de utilização banheiro		
		Problemas de projeto e execução	3	Infiltração		
			4	Impermeabilização mal executada		
			5	Falta treinamento mão de obra		
6.1.1.a	Oficinas de reciclagem e reutilização * (Evidência de projeto)	Oficinas não implementadas	1	Oficinas não implementadas	Oficinas de reciclagem	6.1.1.a
		Falta de infraestrutura	2	Falta de infraestrutura		
		Corte no orçamento	3	Edificação sem Habite-se		
		Mudança de administração pública	4	Problema estrutura telhado sul		
			5	Má execução		

Figura 65. Fragmento da tabela de análise com os 5 porquês, com identificação das etapas em que ocorreram as possíveis causas, Escola Frei Pacífico e IFRS Campus de Feliz (Vide figura completa Apêndice G).

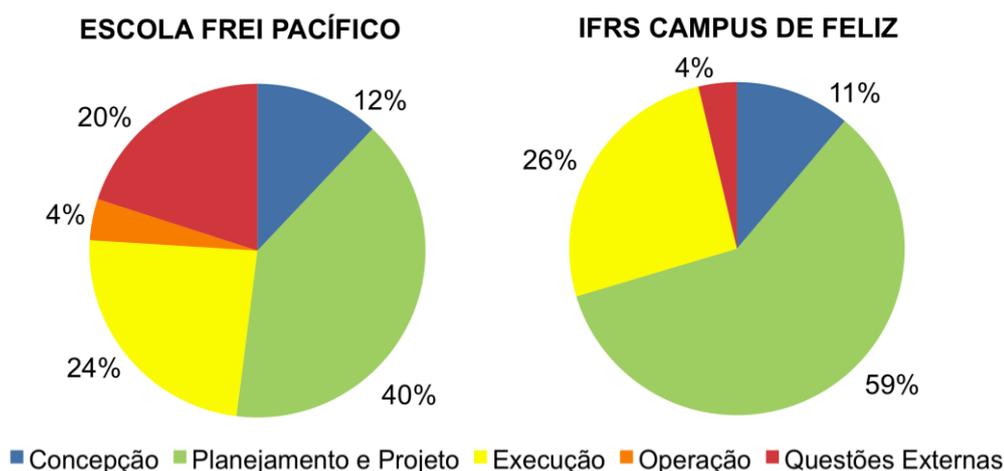


Figura 66. Percentagem de ocorrência para as diferentes causas para o não atendimento dos objetivos, de acordo com as etapas em que ocorreram na Escola Frei Pacífico e no IFRS Campus de Feliz.

Os resultados da análise das causas mostraram as percentagens de ocorrência das mesmas nas etapas do processo de projeto, em ambos os casos. Na Escola Frei Pacífico foi observado que os problemas para o não

atendimento dos objetivos se localizaram, principalmente, na etapa de planejamento e projeto e na etapa de execução das obras. No IFRS Campus de Feliz os resultados foram similares, porém a etapa de planejamento e projeto teve uma ocorrência de causas ainda mais alta.

Ainda, foi observado que a parcela de ocorrência na etapa de execução de obras foi bastante similar para ambos os empreendimentos. Considerando isso, e a semelhança nos resultados da Etapa B, na Figura 67 são apresentadas as percentagens de ocorrência das causas, para os dois estudos de caso. A partir destes resultados, são apresentadas as análises pertinentes a cada etapa do processo de projeto, de ambos casos.

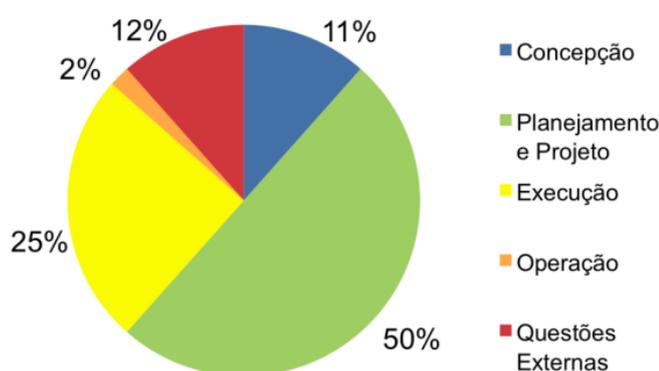


Figura 67. Percentagem de ocorrência das causas para o não atendimento dos objetivos, de acordo com as etapas em que ocorreram nos dois estudos de caso

7.1.1 Etapa de Concepção do Empreendimento

A etapa de concepção do empreendimento consistiu na definição dos princípios e dos objetivos de sustentabilidade do empreendimento. Nesta etapa são determinadas as necessidades requeridas para o desenvolvimento do projeto, considerando o empreendedor, a equipe de projeto, o construtor e os usuários, entre outros. A concepção do projeto deve ser holística, considerando todas as etapas posteriores e identificando todas as barreiras que devem ser transpostas para atender esses objetivos (RESENDE e CARDOSO, 2005).

Os casos analisados não são uma exceção. A etapa de concepção da Escola Frei Pacífico e do IFRS Campus de Feliz consistiu no levantamento do programa de necessidades e na definição dos princípios de sustentabilidade do empreendimento. Porém, os resultados desta etapa mostraram que 11% das causas para o não atendimento dos objetivos, ocorreram nesta etapa.

Entre as causas, podem ser apontadas: **a) falha no programa de necessidades; b) falha na definição de objetivos, frente a barreiras administrativas e financeiras; e c) falha na priorização de objetivos, frente ao contexto do empreendimento.** Essas causas estão caracterizadas por um aspecto em comum: falta de conhecimento do empreendedor, quanto à construção sustentável, mostrado na Figura 13 (página 64).

No início da etapa de concepção, os empreendedores identificaram as necessidades para o desenvolvimento de instituições de ensino, e apontaram as preocupações com impacto ambiental e o desenvolvimento sustentável. Tudo isto, com o auxílio de consultores externos e no âmbito da contratação pública. A partir dessas premissas, cada empreendedor definiu uma série de princípios e critérios de sustentabilidade (ver item 5 e 6) que deveriam ser atendidos nas etapas posteriores.

Entretanto, a definição desses critérios carecia de objetivos explícitos de sustentabilidade, relacionados ao contexto de cada empreendimento e ao sistema de contratação, para as etapas posteriores. Em concordância com Ward (1991), a explicitação dos objetivos e sua interação sistêmica é indispensável para as etapas posteriores, visto que só desta forma é possível priorizar seu atendimento, assim como definir a forma como serão atendidos. Moreira e Kowaltowski (2009) complementam isto, afirmando que o programa arquitetônico gerado nesta etapa deve ser entendido como parte do processo de construção do edifício, pois dessa forma é possível transformar as informações sobre a futura edificação em exigências claras, que o projeto deverá cumprir.

7.1.2 Etapa de Planejamento e Projeto

Na etapa de planejamento e projeto são determinadas as maneiras como serão atendidos os objetivos e transpostas as barreiras identificadas na etapa de concepção. Esta é a etapa mais importante no ciclo de vida da edificação (CIB, 1999; CIB, UNEP-IETC, 2002; ORR, 2002; YUBA, 2005; KIBERT, 2008), pois nela é determinado o plano de ação de sustentabilidade para todas as etapas posteriores, incluindo aspectos ligados à execução da obra, operação e desconstrução (RESENDE e CARDOSO, 2005).

Com relação aos casos, foi observado que 50% das causas do não atendimento dos objetivos de sustentabilidade, ocorreram nesta etapa. As causas consistiram em: **a) erro técnico de projeto; b) ausência de componentes; c) erro na escolha de materiais; d) mau planejamento das mudanças por causas externas; e e) inexistência de um manual de uso e operação da edificação.**

Os erros técnicos de projeto consistiram, fundamentalmente, no mau dimensionamento dos sistemas ou componentes das edificações, ou na falta de detalhamento dos mesmos. A ausência dos componentes, na maioria dos casos, esteve vinculada aos sistemas inovadores para o conforto térmico e lumínico. Os erros na escolha dos materiais estão associados à falta de conhecimento sobre a oferta local (considerando que esse era um dos objetivos), acarretando em mudanças na execução da obra. Ainda, foi evidenciada a incompatibilidade entre os materiais escolhidos, a facilidade de obtenção na região e a viabilidade econômica para o construtor. “A análise de custo x benefício é algo que deve ser considerado” (RESENDE e CARDOSO, 2005).

Quanto ao mau planejamento frente a mudanças, foi percebido que, em ambos casos, o prazo curto e a diminuição no orçamento para a construção das edificações levou ao não atendimento de vários objetivos.

Nessa instância, ante esses dois fatores, foi evidenciado que o projeto arquitetônico não foi repensado, o que resultou em um corte “físico” da edificação. Neste contexto, Whelton e Ballard (2002) afirmam que é necessária uma definição efetiva do projeto, que possibilite a mudança dos objetivos e a forma como eles serão atendidos, ao longo do processo.

Por outro lado, a inexistência de um manual de uso e operação da edificação acarretou na falta de conhecimento do usuário sobre como efetuar a manutenção do prédio, e como realizar reformas ajustadas ao projeto original.

7.1.3 Etapa de Execução das Obras

A etapa de execução das obras consiste na materialização do projeto arquitetônico e do plano de ação, desenvolvidos na etapa de planejamento e projeto. Segundo Resende e Cardoso (2005), nesta etapa os agentes devem ter como maior objetivo a manutenção e o controle do planejado.

Nesse contexto, a execução das obras deve garantir o sucesso dos objetivos de sustentabilidade. Ainda mais, devem ser definidos objetivos específicos para esta etapa, como a gestão de resíduos da construção, controle da erosão e sedimentação do solo, contratação de mão de obra local e formal, treinamento extensivo da mão de obra e redução da pegada ecológica das operações desta etapa (KIBERT, 2008). No entanto, todos esses critérios devem ser incorporados na etapa de planejamento.

Nos casos, o percentual de causas para o não atendimento do projeto que ocorreu nesta etapa alcançaram a 25%, incluindo entre elas: **a) má execução de componentes (mão-de-obra não qualificada); b) componentes não executados; e c) utilização de materiais de baixa qualidade.** Contudo, as causas estão relacionadas, principalmente, com as tecnologias construtivas inovadoras, como o telhado verde, os telhados com isolamento térmico, os sistemas de reutilização de águas pluviais e de tratamento biológico de efluentes líquidos.

Apesar do elevado percentual de causas encontradas durante a etapa de execução das obras, estas também podem ser explicadas pela falta acompanhamento, por parte dos projetistas, consultores, pesquisadores, etc. De acordo com Resende e Cardoso (2005), a integração dos agentes, em todas as etapas, deve ser uma premissa na construção sustentável.

7.1.4 Etapa de Operação

As etapas de operação e desconstrução são as últimas do processo de projeto. Porém, nos casos analisados não foi contemplada a etapa de desconstrução.

A etapa de operação é caracterizada por envolver agentes diferentes daqueles que atuaram até então no processo. Esta etapa é a mais longa de todo o ciclo de vida das edificações, em que todos os resultados dos processos anteriores são testados, em termos de consumo e habitabilidade. No contexto dos casos, pode-se

dizer que enquanto a etapa de projeto é a mais importante, em termos de processo, a etapa de operação é a mais importante, em termos de produto.

Conseqüentemente, observa-se que só 2% das causas ocorreram nesta etapa. Foi evidenciada só uma causa para o não atendimento dos objetivos, relacionada com a inadequação do projeto no tocante a conforto térmico, no interior de uma sala. No entanto, a inexistência de um manual de uso e operação da edificação talvez possa explicar isto. Conforme Resende e Cardoso (2005), através deste manual é que são transmitidas todas as informações sobre as estratégias do projeto e o funcionamento da edificação. Além disso, e como referido anteriormente, a participação dos usuários finais nas etapas iniciais de uso, pode facilitar ainda mais o atendimento dos objetivos propostos.

7.1.5 Questões Externas

As questões externas, consideradas nesta etapa, estão relacionadas àqueles aspectos nos quais os envolvidos no processo de projeto não tinham influência ou responsabilidade. Os resultados mostraram que 12% das causas são deste tipo, apontadas como: **a) falta de organização da administração pública (prefeitura); b) mudanças na administração pública; e c) legislação.**

A primeira causa refere-se, fundamentalmente, àqueles objetivos que dependem de serviços públicos, especificamente, do serviço de coleta e reciclagem de resíduos sólidos. A segunda causa considera a diminuição do orçamento, devido à mudança da administração pública, no caso da Escola Frei Pacifico. Os objetivos afetados por esta causa estão relacionados ao conteúdo pedagógico da escola. Por último, a terceira causa refere-se às dificuldades associadas às contratações por licitação pública, frente a objetivos de sustentabilidade, no que concerne à contratação de mão de obra local e à autoconstrução.

Nesse contexto, Rwelamila *et al* (2000) afirmam que o processo de contratação tradicional, proporciona um sistema de planejamento impróprio para tratar os critérios de sustentabilidade. Horman *et al* (2005) afirmam que as estratégias de contratação tradicional promovem o isolamento e a sequencialidade das etapas do processo de projeto, minimizando a integração e a iteração de soluções de projeto, que poderiam melhorar o desempenho da edificação. Ainda mais, de acordo com Ospina *et al* (2009), o processo de contratação por licitação pública está baseado apenas no custo inicial e favorece só o desempenho individual dos envolvidos. Além disso, segundo os mesmos autores, mediante esse sistema, cada parte interessada se envolve no empreendimento só quando a maior parte das decisões já foram tomadas, causando a perda do conhecimento agregado no empreendimento.

No entanto, pode-se discutir que esta última causa externa é do conhecimento prévio do empreendedor; portanto, deveria ser identificada na etapa de concepção, como uma barreira para o atendimento de certos

objetivos de sustentabilidade. Isto também inclui a seleção do construtor e a escolha de materiais, mencionados anteriormente.

7.1.6 Considerações

A primeira consideração faz referência à identificação das etapas em que ocorreram as causas. Foi observado que várias causas estão relacionadas a mais de uma etapa, localizando-se na fronteira entre duas etapas, ou envolvendo várias, ao longo do ciclo de vida da edificação. O exemplo mais visível refere-se ao objetivo de educação ambiental, que depende das tecnologias construtivas para a transferência do conhecimento. Foi percebido que tornar visíveis as tecnologias transcende todas as etapas, desde a definição delas (na concepção), até a forma como elas são geridas, na operação. Essa consideração mostra, por sua vez, a importância da integração no processo de projeto, e a necessidade de envolver a todos os profissionais, tais como autoridades, empreendedor, projetistas, construtor, agentes de manutenção, fornecedores de materiais, de equipamentos e de mão de obra, consultores diversos, pesquisadores, usuários, entre outros.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA ALCANÇAR OS OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE PRETENDIDOS

A identificação das causas que levaram à impossibilidade de atendimento dos objetivos de sustentabilidade nos casos estudados, e das etapas em que ocorreram, permite a discussão de recomendações para o desenvolvimento de empreendimentos com foco similar.

Foi observado que a maioria das causas ocorreu nas etapas de concepção, planejamento e projeto, quando são definidos os objetivos e ocorre a implantação das estratégias de sustentabilidade. Ainda mais, foi percebido que as causas identificadas têm um aspecto em comum: o desconhecimento dos objetivos de sustentabilidade e sua interação sistêmica, ao longo do processo de projeto, até mesmo na etapa de concepção. Isto, segundo Whelton e Ballard (2002), aponta para a um problema (projeto) cuja estrutura carece de definição em vários aspectos. Nessa instância, quando o projeto carece de objetivos definidos, as estratégias e as soluções (meios para alcançar os objetivos) também serão mal definidas, decorrendo em problemas que serão percebidos nas etapas posteriores.

Os problemas que aparecem nestas duas etapas, se não solucionados nessa instância, dificilmente poderão ser solucionados posteriormente, na execução da obra ou, mesmo, na operação. É nesta etapa de operação, a mais longa de todo o ciclo de vida da edificação, que o impacto das estratégias é percebido, e, portanto, são evidenciadas as consequências dos problemas das etapas anteriores.

Em virtude do anteriormente exposto, fica evidenciada a existência de uma lacuna na definição dos objetivos de sustentabilidade, e na inserção deles em todas as etapas do processo de projeto. Conforme a revisão de literatura, foram observadas algumas recomendações, com ênfase em:

- A explicitação dos objetivos do empreendimento, das formas como eles serão atendidos (estratégias, soluções técnicas) e sua interação sistêmica (relações e interdependências), são atividades que possibilitam a comunicação entre os envolvidos, e permite o controle ao longo do desenvolvimento do empreendimento. Um exemplo é a estruturação gráfica, proposta nesta pesquisa. No entanto, este tipo de modelagem é apenas uma representação gráfica, que auxilia na definição dos objetivos, nas primeiras etapas do processo de projeto, quando as decisões são mais estratégicas, mas que não permite, nem a priorização, nem o detalhamento das escolhas.
- Aspectos indispensáveis como: a) avaliação e adoção antecipada dos critérios de sustentabilidade; b) definição dos objetivos de sustentabilidade, desde o começo, que permitam o alinhamento do projeto com o orçamento; c) seleção antecipada da equipe de projeto (quando possível, dependendo do sistema de contratação); e d) alinhamento da equipe e projeto com os objetivos de sustentabilidade.

Quanto à equipe de projeto, Silva e Pardini (2010) afirmam que os consultores especializados assumem um papel fundamental, visto que são hoje os profissionais especificamente dedicados a buscar soluções, orientar e controlar os processos. Kibert (2008) complementa que esse consultor deve assumir o papel de coordenador de projeto e acompanhar a execução das obras e o começo da etapa de operação (uso/manutenção), garantindo a transferência das informações para todos os envolvidos, incluindo o construtor (empreiteiros e subempreiteiros) e os usuários finais (Figura 68).



Figura 68. Etapas do processo de projeto, incluindo o acompanhamento por um coordenador de projeto, nas etapas de execução e operação

Nesse sentido, o Processo de Projeto Integrado (PPI) (ver item 3.2.4) reúne vários aspectos mencionados anteriormente, visto que encoraja a integração de todos os envolvidos no empreendimento e promove a colaboração entre os especialistas. Na literatura foram encontradas três vantagens do PPI: a) seu propósito principal informa à equipe de projeto acerca de todos os requisitos/objetivos da sustentabilidade; b) familiariza à equipe de projeto com as prioridades do cliente; e c) possibilita a realização do processo de projeto, através de exercícios de grupo, que por sua vez familiariza os envolvidos com todas as questões de sustentabilidade.

Por outro lado, Bonatto (2010) aponta a importância da avaliação pós-ocupação (APO), como uma fonte de retroalimentação para o processo de projeto, visto que a partir dessa prática, podem ser verificadas as consequências do mesmo. Porém, a mesma autora cita que a APO é, muitas vezes, ausente na prática. Nessa instância, Horman et al (2005) afirmam que o sistema de contratação Projeta-Constroi-Opera-Mantém (tradução do autor de *Design-Build-Operate-Maintain* - DBOM) pode ajudar nesse propósito, pois reúne toda a responsabilidade numa equipe só, facilitando a transferência do conhecimento da etapa de operação para as outras etapas.

Por último, outro dos procedimentos para melhorar a definição e atendimento dos objetivos de sustentabilidade, ao longo do processo de projeto, é a utilização de sistemas de avaliação de sustentabilidade. Entretanto, voltando à importância da estruturação gráfica, a aplicação dos métodos anteriormente descritos depende de uma modelagem prévia, que permita analisar e estruturar os parâmetros e critérios envolvidos nas decisões, e auxilie na identificação dos diversos elementos e suas inter-relações.

8. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente capítulo apresenta uma síntese das conclusões obtidas no desenvolvimento desta pesquisa, através das quais é possível verificar de que maneira foram respondidos os objetivos propostos na mesma. Ainda, de forma a contribuir para um maior aprofundamento, sobre a avaliação de empreendimentos sustentáveis e o processo de projeto de edificações desse tipo, são apresentadas algumas recomendações para futuros trabalhos.

8.1 CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como escopo a avaliação de empreendimentos com foco na sustentabilidade, tendo como objeto de estudo duas instituições educacionais, concebidas como escolas mais sustentáveis e localizadas no Rio Grande do Sul. O processo de pesquisa foi orientado pelo objetivo principal, de **avaliar como a interação sistêmica afeta o atendimento aos objetivos de empreendimentos com foco na sustentabilidade**.

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em três etapas. A Etapa A consistiu na compreensão do contexto dos casos estudados, diante da necessidade de definir o problema de pesquisa. Como resultado desta etapa, foram caracterizados os empreendimentos, apresentando as técnicas construtivas e materiais utilizados nas edificações, o processo de desenvolvimento e o estado atual das mesmas. A partir desta caracterização, foi possível constatar diversos problemas nas edificações, relacionados ao processo de projeto das mesmas e que afetam os critérios de sustentabilidade concebidos para seu funcionamento. Nesta etapa, foi percebido que o processo de projeto das edificações estudadas não foi estruturado de forma a permitir o atendimento dos objetivos propostos. Com base nisto, foi definida a questão principal da pesquisa: **Como a interação sistêmica influencia o atendimento aos objetivos de empreendimentos mais sustentáveis?**

Os resultados da Etapa A conduziram à etapa seguinte, onde se procurou responder à primeira questão secundária: quais as interações mais importantes para o atendimento aos objetivos de sustentabilidade. Com esse propósito, na Etapa B, cuja finalidade foi a avaliação do atendimento dos objetivos nos dois casos, foi desenvolvida uma ferramenta gráfica, que permitiu a estruturação dos critérios de sustentabilidade (Apêndices C e E), mostrando o desdobramento dos objetivos e suas interdependências, atendendo, assim, ao primeiro

objetivo específico, de **propor uma forma de explicitar os objetivos de sustentabilidade**. O benefício potencial da ferramenta gráfica proposta, consiste em facilitar a comunicação dos objetivos e o entendimento comum entre os intervenientes, visando o atendimento dos mesmos ao longo do processo.

A avaliação dos objetivos de sustentabilidade, em ambos empreendimentos, foi realizada em duas fases: a primeira consistiu na análise do atendimento dos critérios, que desdobram de cada objetivo; a segunda consistiu em validar o resultado da primeira fase, a partir das interdependências diretas entre os objetivos. Os resultados da avaliação auxiliaram o atendimento do segundo objetivo específico, de **identificar as interações mais importantes no atendimento aos objetivos de sustentabilidade**, e mostraram uma forte semelhança entre ambos casos, expondo o baixo atendimento dos objetivos de sustentabilidade.

A partir disso, foi percebido que a definição clara dos objetivos do empreendimento e, por decorrência, sua interação sistêmica (interdependências e relações), é o primeiro passo e é um requisito para o atendimento dos mesmos. A grande quantidade de relações fez evidente a necessidade de integração entre as diversas disciplinas e entre as etapas do processo de projeto. Ainda, foi observado que existem relações importantes, que devem ser avaliadas, equilibradas ou priorizadas, considerando o contexto do empreendimento e o compromisso entre os intervenientes, de modo que seja possível obter o nível de desempenho que se espera.

Já, na última etapa da pesquisa, com base nos resultados obtidos nas etapas anteriores, buscou-se responder à segunda questão secundária: quais as causas principais do não atendimento aos objetivos de sustentabilidade, e atender ao terceiro objetivo específico, de **identificar as causas do não atendimento aos objetivos de sustentabilidade**. Nesta instância, Etapa C, foram discutidas as possíveis causas, referentes às etapas do processo de projeto em que ocorreram, além de causas externas. Como resultado desta etapa, foi percebido que a maior ocorrência das causas está relacionada à etapa de planejamento e projeto, considerando-se como aspecto importante, portanto, a definição efetiva do projeto, de modo que possibilite a mudança dos objetivos e a forma como eles serão atendidos, ao longo de todo o processo de projeto.

Foi observado, também, que algumas causas do não atendimento de objetivos de sustentabilidade estão relacionadas a questões externas, nas quais os intervenientes no processo não tinham controle algum. No desenvolvimento de empreendimentos sustentáveis públicos, cabe destacar a relevância do atual sistema de contratação, por licitação pública, sendo ele impróprio e muitas vezes contrário aos princípios da construção sustentável.

De posse das informações obtidas até então, no contexto dos empreendimentos estudados, foi possível observar que as edificações sustentáveis, são mais vulneráveis aos problemas comumente encontrados no processo de projeto de edificações convencionais, resultando no não atendimento de seus objetivos. Ainda mais, tratando-se de empreendimentos com metas, como a educação ambiental ou a promoção do desenvolvimento

sustentável, deve-se salientar a importância do processo para o atendimento dos objetivos, pois, desse atendimento, depende a difusão das tecnologias construtivas, e, portanto, da construção sustentável.

Salienta-se a intenção deste trabalho, qual seja, a de **contribuir para a melhoria do processo de projeto no desenvolvimento de edificações sustentáveis**, considerando que todos os intervenientes nesse processo, desde o empreendedor, até os usuários finais, precisam estar conscientes dos aspectos que envolvem a construção sustentável. Dessa forma, se faz evidente a necessidade de um marco para que isso suceda. A liderança e o papel das políticas públicas, como exemplo, são fundamentais para promover a sustentabilidade no ambiente construído. Entretanto, é importante reconhecer que são requeridas mudanças profundas nas atitudes e procedimentos entre os tomadores de decisão, investidores, profissionais e usuários.

Finalmente, com base no objetivo principal de “avaliar como a interação sistêmica afeta o atendimento aos objetivos de empreendimentos com foco na sustentabilidade”, foram identificadas as principais contribuições desta pesquisa, relacionadas aos objetivos específicos: a) **proposição de utilização de ferramenta gráfica para representar a estruturação de objetivos de sustentabilidade e sua interação sistêmica**; b) **identificação das relações entre objetivos**, uma das lacunas evidenciadas no processo de projeto de edificações sustentáveis; e c) **identificação de causas que afetam o desempenho de projetos sustentáveis**, além de recomendações para o desenvolvimento de futuros projetos.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir da realização desta pesquisa, acredita-se que as informações obtidas e geradas possam conduzir a outras pesquisas no contexto estudado. No desenvolvimento desta, foram percebidas lacunas relacionadas como o processo de projeto de empreendimentos sustentáveis, apresentadas a seguir, como recomendações para trabalhos futuros:

- a) Avaliar a ferramenta gráfica proposta, a partir de sua aplicação no processo de projeto de edificações sustentáveis. Avaliar sua aplicabilidade no contexto dos sistemas de avaliação de sustentabilidade;
- b) Analisar de que forma as soluções técnicas de sustentabilidade, geram requisitos de outra natureza;
- c) Analisar a priorização entre objetivos de sustentabilidade inseridos em sistemas de avaliação, considerando sua interação sistêmica;
- d) Desenvolver um método de priorização de objetivos de sustentabilidade, no contexto dos empreendimentos públicos brasileiros.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13531**. Elaboração de Projetos de Edificações: Atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413**. Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5670**. Seleção e contratação de serviços e obras de engenharia e arquitetura de natureza privada. Rio de Janeiro, 1977.

ASSOCIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO VALE DO RIO CAÍ (AMVARC). **Dados Indicadores de Feliz-RS**. <http://www.amvarc.com.br/>. Acesso em: 4 de Maio de 2011.

ATHENA INSTITUTE. **Athena Method and Tools**. Disponível em: www.athenasmi.org. Acesso em: 15 março 2011.

AUSTIN, S et al. Analytical design planning technique: a model of the detailed building design process. **Design studies**. Oxford, V. 20, N. 3, p. 279-296, 1999.

BAE, J; KIM, Y. **Sustainable Value on Construction Project and Application of Lean Construction Methods**. Proceedings IGLC-15, Michigan, USA, 2007.

BONATTO, F. S. **Proposta de um modelo para avaliação de empreendimentos habitacionais de interesse social a partir da percepção de usuários finais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

BORDASS, B.; LEAMAN, A. Phase 5: Occupancy – post-occupancy evaluation. In: PREISER, W. F. E.; VISCHER, J. C. (Ed.). **Assessing Building Performance**. [S.l.]: Elsevier, 2005.

BOSSINK, A. B. G. **A dutch public-private dstrategy for innovation in sustainable construction**. Research memorandum. Faculty of Economics and Business Administration, Vrije Universiteit Amsterdam, The Netherlands, 32p, 2002

BOSSINK, B.. Interdependent Sustainable Innovation Processes and Systems in Dutch Residential Building. In: **Journal of Green Building**. 3 (1), 139 – 155, 2008.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. Quadro 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.

_____. Ministério de Minas e Energia et al. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**. v.1. 2009. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>> Acesso em: 23 ago. 2009.

_____. **Brasil Profissionalizado**. Ministério de Educação. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12325&Itemid=663. Acessado em: 01 ago 2011.

BREEAM. **BREEAM**. Disponível em: www.breeam.org. Acesso em: 15 março 2011.

BRUNTLAND, G. H. (editor). **Our Common Future: The World Commission on Environment and Development**. Oxford: Oxford University Press. 398 pp. 1987.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE); CAMBRIDGE ARCHITECTURAL RESEARCH (CAR); ECLIPSE RESEARCH CONSULTANTS. **Managing Sustainable Construction – MaSC. Profiting from Sustainability**. CRC Ltd., London: 16 p, 2002.

BUSBY, PERKINS + WILL; STANTEC CONSULTING. **Roadmap for the Integrated Design Process**. Vancouver: BC Green Building Roundtable, 2007.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA). **Green Globes**. Disponível em: <http://www.greenglobes.com/about.asp>. Acessado em: 15 março 2011.

CASTELLS, E.J.F.; HEINECK, L.F.M. A aplicação dos conceitos de qualidade de projeto no processo de concepção arquitetônica – uma revisão crítica. In: **Workshop Nacional: Gestão do processo de projeto na construção de edifícios, 2001**. São Carlos. Anais... São Carlos: EESC/USP, 2001.

CASTRO-LACOUTURE, D *et al.* AEC+P+F Integration with Green Project Delivery and Lean Focus. **Journal of Green Building**, 3 (4), 154 – 169, 2008.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB). **Certification HQE**. Disponível em: <http://assohqe.org/hqe/>. Acesso em: 15 março 2011.

CHEN, Z; HENG, L; WONG, C. T. C. Environmental Planning: Analytic Network Process Model for Environmentally Conscious Construction Planning. In: **Journal of construction engineering and management ASCE**. January, 2005.

CIB. **Agenda 21 on Sustainable Construction**. Rotterdam CIB. 120p. [CIB Report Publication 237]. 1999.

CIB e UNEP-IETC. **Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries**. Pretoria, África do Sul: CS1R Building and Construction Technology. [Documento para discussão]. 2002.

COLE, R. J. Emerging trends in building environmental assessment methods. In: **Building research and information**. V. 26, N. 1, p. 3-16, 1998.

_____. Building environmental assessment methods: assessing construction practices. In: **Construction Management & Economics**. V. 18, N. 8, p.949-957, 2000.

COLE, R.; LARSSON, N. Green Building Challenge: analysis and summary of GBC – 2002 case study projects. In: **Proceedings International Conference on Sustainable Building, SB-2002**, Ecobuilt, Oslo 2002.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILT ENVIRONMENT EFFICIENCY (CASBEE). **CASBEE**. Disponível em: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/>. Acessado em: 15 março 2011.

COUNCIL FOR SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH (CSIR). **The Sustainable Building Assessment Tool (SBAT®)**. Disponível em: www.csir.co.za/Built_environment/Architectural_sciences/sbat.html. Acesso em: 15 março 2011.

CROSS, N. **Engineering Design Methods – strategies for product design**. John Wiley & Sons, 3rd. Ed., 2000.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. Environmental performance and lean construction concepts: can we talk about a 'clean construction'? In: **Proceedings IGLC-10**. Gramado, Brazil, Aug. 2002.

DING, G. K. C. Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. In: **Journal of environmental management**. V. 86, p. 451-464, 2008.

EDWARDS, S; BENNET, P. Construction products and life-cycle thinking. **Industry and environment**. V.26, N 2-3, p. 57-61. Paris, 2003.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **International Energy Outlook 2010 – Highlights**. Print version. Disponível em: <http://www.eia.gov/oiarf/ieo/highlights.html>. Acessado em: 01 ago 2011.

ERCOLE, L. **SISTEMA MODULAR DE GESTÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMICILIARES**: Uma Opção mais Sustentável para a Gestão de Resíduos Líquidos. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Brasil. 2003.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA LUIZ DE QUEIROZ (ESALQ). **Projeto Teste de Uso Múltiplo de Eucalyptus (TUME)**. Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.tume.esalq.usp.br/>. Acesso em: 4 de Maio de 2011.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S.B. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: **Workshop Nacional: gestão do processo de projeto na construção de edifícios**, 2001, São Carlos. Anais.... São Carlos: EESC/USP, 2001.

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

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP). **Construbusiness 2010** - Congresso Brasileiro da Construção (9ª Edição). Brasil 2022: Planejar, Construir, Crescer. Caderno Técnico. São Paulo: FIESP, 2010

FEDRIZZI, B; FLACH, E. **The Schoolyard as an Instrument to Improve Learning Performance – A Case Study in Brazil**. In: *School Building Design and Learning Performance - with a focus on Schools in Developing Countries*. Ed. Comportements, Lausanne, 2007.

FIGUEIREDO, F. G. **Processo de projeto integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso**. Campinas, SP: [s.n.], 2009.

FOWLER, K. M. Building and Performance Measurement Data. In: GREENBUILD CONFERENCE, 2004 Portland, Oregon. **Proceedings**. Portland, Oregon. 2004.

FULLBROOK, D. et al. **Value Case for Sustainable Building in New Zealand**. Ministry for the Environment Website, ME, (705). 2005

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI. **Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA" Escritórios e Edifícios escolares**. São Paulo, 2007.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA (FEE). **População total do RS por município e situação de domicílio, 2010**. Disponível em: <http://www.fee.tche.br>. Acesso em: 4 de Maio de 2011.

GBC BRASIL – **GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL**. Acessado em 15 agosto 2011

GEMELI, C. B. **Avaliação de conforto térmico, acústico e lumínico em edificação escolar: o caso da escola municipal de ensino fundamental Frei Pacífico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

GIBBERD, J. Integrating sustainable development into briefing and design processes of buildings in developing countries: an assessment tool. Thesis (Philosophiae Doctor in Architecture) - Department of Architecture, University of Pretoria, 2003.

GIBBERD, J. **The sustainable building assessment tool: assessing how buildings can support sustainability in developing countries**. 2004. Disponível em: <http://www.civilis.org.za/bepe/igibberd.pdf> Acessado em 15 março 2011.

GLASSER, W. **The Quality School** – managing students without coercion. New York, Perennial Library, 1990.

GLAVAN, J. R; TUCKER, R. L. Forecasting design-related problems – Case study. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, V.117, N.1, p47-65, 1991.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. **World Footprint: Do we fit on the planet?**. Disponível em: <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/>. Acesso em 15 março 2011.

GRAHAM, P. Environment Design Guide. **The Role of Building Environmental Performance Assessment in Design**. 2000.

GUMMESSON, E. **Qualitative Methods in Management Research**. 2. Ed. Sage, Thousand Oakes, Califórnia, 2000.

GUTMAN, J. A means-end chain model based on consumer categorization processes. In: **Journal of Marketing**. Spring, 46, p. 60 – 72, 1982.

HAKINNEN, T. (2001) **City related sustainability indicators: state of the art**. Finland: CRISP. Disponível em: <http://crisp.cstb.fr> Acessado em: 15 março 2011.

HILL, R.; BOWEN, P. Sustainable Construction: Principles and a Framework for Attainment. In: **Construction Management and Economics**, 15(3), p.223-239, 1997.

HORMAN, M. et al. Delivering green buildings: Process improvements for sustainable construction. In: **Journal of Green Building**, V.1, N.1, p.123-140, 2005.

HUOVILA, P. et al. **Sustainability assessment of building design, construction and use**. 2001. Disponível em: <http://www.research.scpm.salford.ac.uk/celof/>. Acessado em: 15 março 2011.

HUOVILA, P.; SAARIVUO, J. AHO, I. **The finnish environmental assessment and classification system (promise): Current state and first experiences**. In: Sustainable Building 2002 Proceedings – iiSBE. Oslo, Sept. 2002.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS (IPEF). **Indicações para escolha de espécies de Eucalyptus**, 2005. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/eucalyptus/indicacoes.asp>. Acesso em: 4 de Maio de 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: Mitigation of climate change**. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge; New York. 2007. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm. Acessado em: 01 ago 2011.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Integrated Design Process - A guideline for sustainable and solar-optimised building design**. Berlin, 2003.

_____. **Energy-Related Environmental Impact of Buildings - Annex 31**. Canada, 2004.

_____. **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>. Acessado em: 1 março 2011.

ISOLDI, R; SATTler, M. A; GUTIERREZ, E. Análise Comparativa dos Pressupostos do Projeto Sustentável: projeto da Escola Frei Pacífico, em Viamão, RS. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC-11, 2006, **Anais...** Florianópolis, 2006.

KAMARA, J. M; ANUMBA C. J; EVBUOMWAN, N. F. O. Establishing and processing client requirements – a key aspect of concurrent engineering in construction. In: **Journal of Engineering, Construction and Architectural Management**. V. 7, N. 1, p.15-28, 2000.

KATS, G. The Cost and Financial Benefits of Green Buildings: **A report to California's Sustainable Building Task Force**. Capital E, Washington, D. C. 2003. 120pp.

KERLINGER, F. **Metodologia da Pesquisa em Ciências Sociais**: Um tratamento conceitual. São Paulo, EPU; EDUSP, 1979.

KIBERT, C; CHINI, A. R.; LANGUELL, J. Implementing deconstruction in the United States. In: **Proceedings of overview of deconstruction in selected countries, CIB 2000**. Florida, 2000.

KIBERT, C. **Sustainable construction: green building design and delivery**. John Wiley & Sons, 2 Ed, Hoboken, NJ, 2008.

KLOTZ, L.; HORMAN, M.. Counterfactual Analysis of Sustainable Project Delivery Processes. In: **Journal of Construction Engineering and Management**, 1, 100, 2009.

KOHLER, N., MOFFATT, S. Life-cycle analysis of the built environment. **Industry and environment**, Paris, v.26, n. 2-3, p.17-21, abr-set, 2009.

KOWALTOWSKI, D, C. C. K. et al. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. In: **Ambiente Construído**. V. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun., Porto Alegre, 2006.

KUME, Hitoshi. **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. Editora Gente, São Paulo - SP, 4a Ed., 1993.

LAPINSKI, A. *et al.* Lean Processes for Sustainable Project Delivery. **Journal of Construction Engineering and Management**, 132(10), p. 1083-1091, 2006.

LARSSON, N. **Integrated Design Process: theory, history, demonstrations**. IISBE, IISBE presentation. Set, 2009.

_____. **IISBE - Building performance assessment, SB Method and SB Tool**. 2010. Disponível em: <http://www.iisbe.org/>. Acesso em: 24 de março de 2011.

LAUFER, A; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. In: **Construction Management and Economics**. V. 5, p.243-266, 1987.

LAWSON, B. **How designers think: the design process demystified**. Architectural Press, 4. Ed, 2005.

LEGAN, L. **A ESCOLA SUSTENTÁVEL: Eco-alfabetizando pelo ambiente**. Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado – IPEC. Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo. 2004

LEITE, F. T. **Metodologia científica: métodos e técnicas de pesquisa: monografias, dissertações, teses e livros**. Aparecida, SP. Idéias & Letras, 2008.

LENNERTZ, B; LUTZENHISER, A; FAILOR, T. An introduction to charrettes. In: **Planning Commissioners Journal**. N. 71, Summer, 2008.

LIPPIATT, B. **BEES 1.0 - Building for Environmental and Economic Sustainability** - Technical Manual and User Guide. Gaithersborough: NIST, 84 p, 1998.

LOOTS, M. J., IRURAH, D.K. Towards integration of sustainability performance assessment outcomes into design decision-making processes for buildings in southern Africa. In: **Proceedings of the 2005 World Sustainable Building Conference - SB05**. Tokyo, p. 1658 -1665, 2005.

LYLE, J. T. **Regenerative design for sustainable development**.. Ed. Wiley, New York, 338p, 1994.

MANZIONE, L. **Estudo de métodos de planejamento do processo de projeto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MALIN, N. Integrated Design. In: **Environmental Building News**. V. 13, N. 11, Nov. 2004.

MARKET TRANSFORMATION TO SUSTAINABILITY (MTS). **Whole System Integration Process (WSIP)**. Chicago: MTS Guideline Standard, WS-IDP Committee, Chair: Bill Reed, 2006. Disponível em: <<http://www.integrativedesign.net/resources>> Acesso em: 15 jul 2011.

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.

_____. **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.

MENDLER, S. **The greening curve: Lessons learned in the design of the new EPA campus in North Carolina**. U.S. Environmental Protection Agency, *EPA 220/K-02-001*, Washington, D.C. 2001.

MINKE, G. **TECHOS VERDES** – Planificación, ejecución, consejos prácticos. Ed. Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay. 2004.

MIRON, L. **Gerenciamento dos Requisitos dos Clientes de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: Proposta para o Programa Integrado Entrada da Cidade em Porto Alegre/RS**. 2008. 350 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

MOHAMED, M. M; MAGED, G. E; MOHEEB, E. I. Sustainable construction management: introduction of the operational context space (OCS). In: **Construction Management and Economics**. V. 26, N. 3, p. 261 - 275, 2008.

MOREIRA, D. C; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto em arquitetura. In: *Ambiente Construído*, V. 9, N. 2, p. 31-45, Porto Alegre, abr./jun. 2009.

MOTTA, S.; AGUILAR, M. Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos**. 4 (1), p.84-119, 2009.

MYERS, D. A review of construction companies' attitudes to sustainability. In: **Construction Management and Economics**. V. 23, Oct. 2005.

NAKAMURA, J. A respeito do meio ambiente. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, N.142, p.49-40, 2006.

NATIONAL RESOURCES CANADA – NRCAN; CANMET ENERGY TECHNOLOGY CENTRE (Ed.). *Green Building Challenge'98: an international conference on the Performance Assessment of Buildings*. **Proceedings**. NRCAN/CANMET, Vancouver, 1998.

NEEDY, K. L.; RIES, R.; GOKHAN, N. M.; BILEC, M.; RETTURA, B. Creating a framework to examine benefits of Green building construction. In: AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING MANAGEMENT CONFERENCE, 2004 Alexandria, Virginia. **Proceedings**. Virginia. p. 719-724, 2004.

NGOWI, A. B. Creating competitive advantage by using environment-friendly building process. In: **Building and Environment**, v.36, p.291-298, 2001.

NORIE. **Diretrizes para projeto de escola em Itapuã**. Relatório final da disciplina de Projetos Regenerativos. Professores orientadores: Beatriz Fedrizzi; Miguel Sattler. Alunos: Gianine, Luciano, Fernanda, Jussara, Rosilaine, Tamar. (não foi publicado). Porto Alegre, 2004.

_____. **Escola Municipal Frei Pacífico**. Apresentação da Inauguração da Escola Municipal Frei Pacífico, 2007.

_____. **Avaliação de desempenho lumínico no instituto federal de educação, ciência e tecnologia do rio grande do sul - Núcleo avançado de Feliz**. Estudo realizado por alunos na disciplina de Desempenho das Edificações. (não foi publicado) Alunos: Luciano Pires; Marcelle Engler Bridi; Marcus Fireman; Rafael Mascolo. Porto Alegre, 2010.

OBERLIN COLLEGE. Site da Oberlin College. Disponível em: <http://www.oberlin.edu/ajlc/ajlcHome.html>. Acessado em: 01 ago 2011.

ORR, D.W. **The Nature of Design: ecology, culture and human intention**. New York: Oxford University Press, 2002.

_____. **Design on the edge: The making of a high-performance building**. Cambridge: The MIT Press, 2006.

OSPINA, A. *et al.* **Relación entre Sostenibilidad y Método de Contratación de un Proyecto: Integración de Diseño, Construcción y Operación**. ELAGEC III, Bogotá, Colômbia, 2009.

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.

PEGORARO, C. **Diretrizes para a gestão de requisitos no processo de projeto de ambientes construídos: um estudo de caso com enfoque nos requisitos ambientais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

PULASKI, M. et al. Constructability Practices to Manage Sustainable Building Knowledge. **Journal of Architectural Engineering**, 12 (2), p. 83-92, 2006.

REED, W.; GORDON, E. Integrated Design and Building Process: What Research and Methodologies are Needed? **Building Research and Information**, 28(5), p. 325-337, 2000.

RESENDE, F; CARDOSO, F. F. **Identificação de aspectos relevantes para a sustentabilidade de processos construtivos**. IV Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção. Porto Alegre, Brasil, 2005.

REYNOLDS, T. J.; GUTMAN, J. Laddering theory, method, analysis, and interpretation. **Journal of Advertising Research**. v.28, fev./mar., 1988.

RIES, R.; BILEC, M. M.; GOKHAN, N. M.; NEDDY, K. L. The Economic Benefits of Green Buildings: A Comprehensive Case Study. In: **The Engineering Economist**, v.51, p.259-295, 2006.

ROBSON, C. **Real World Research: a resource for social scientists and practitioner-researchers**. 2. Ed. Malden: Blackwell, 2002.

ROCHA, C. G. **Proposição de diretrizes para ampliação do reuso de componentes de edificações**. 2008. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre, 2008.

ROMANO, F. V. Modelo de Referência para o Gerenciamento do Processo de Projeto Integrado de Edificações. In: **Gestão & Tecnologia de Projetos**. V. 1, N. 1, São Paulo, Nov. 2006.

RWELAMILA, P. D.; TALUKHABA A. A.; NGOWI, A. B. Project procurement systems in the attainment of sustainable construction. In: **Sustainable Development**. V8, p. 39–50. 2000.

SATTLER, Miguel A. Land use and sustainable buildings: design and construction in souther Brazil. In: **Industry and environment**, UNEP. Vol. 16, n. 2-3, apr-sept., 2003.

SATTLER, M. A. Edificações sustentáveis: Interface com a natureza do lugar. In: **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades: Estratégias a partir de Porto Alegre**. Org: Maneget, R.; Almeida, G. Editora da UFRGS, Porto Alegre, p. 261-288, 2004.

SATTLER, M. A. **Habitacões de baixo custo mais sustentáveis**: a Casa Alvorada e o Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis. Porto Alegre, RS. Coleção Habitar/FINEP, 2007.

SCHEIDT, F. S. S.; HIROTA, E. H. Diretrizes para inserção de requisitos de eficiência energética no processo de projeto de aeroportos. In: **Ambiente Construído**. V. 10, N. 2, p. 71-86, Porto Alegre, abr/jun 2010.

SCHILLER, S.; SILVA, V. G.; GOIJBERG, N.; TREVIÑO, C. U. Edificación Sustentable: Consideraciones para la calificación del habitat construído en el contexto regional latinoamericano. **Avances em Energias Renovables y Meido Ambiente**, V.7, N.1, p.13-18, Argentina, 2003.

SEBRAE. **Programa de Desenvolvimento de Emprego e Renda (PRODER)**. <http://www.sebrae.com.br/>. Acesso em: 5 de Abril de 2011.

Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul (SEMA). **Parque Estadual de Itapuã, 2010**. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=174> Acesso em: 24 jan. 2011.

SERRADOR, M. E. **Sustentabilidade em arquitetura: referências para projeto**. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SHAFII, F., ALI, Z.A., OTHMAN, M.Z. **Achieving sustainable construction in the developing countries of Southeast Asia**. In: 6th Asia-Pacific Engineering and Construction Conference (APSEC). Proceedings...Malaysia, 2006.

SILVA, M. L. P. **Análise de dois empreendimentos educacionais construídos segundo princípios de sustentabilidade, no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2009.

SILVA, S. R. M. e SHIMBO, I. Proposição básica para princípios de sustentabilidade. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1. Canela. **Anais...**Porto Alegre: NORIE/ANTAC, p.73-79, 2001.

SILVA, V. G. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios. In: **Revista Qualidade na Construção**. N. 25, p.14-22, agosto 2000.

_____. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. São Paulo, 2003.

SILVA, V. G. et al. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: critérios de ponderação de impactos ambientais de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3. **Anais...** São Carlos: USP/UFSCar/UNESP, 2003.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para a avaliação da sustentabilidade. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, ANTAC, v.3, n.3, jul./set. 2003.

SILVA, V. G.; PARDINI, A. F. Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação LEED no Brasil com base em dois estudos de caso. In: **Ambiente Construído**. V. 10, N. 3, p. 81-97. Porto Alegre, 2010.

SIMÕES, A.; VIEIRA, R.; DOMINGOS, T. **Aplicação de Análise Multicritério a Indicadores Agregados de Sustentabilidade**. Secção de Ambiente e energia, DEM, Instituto Superior Técnico 1. 2002. Disponível em: <http://extensity.ist.utl.pt/docs/Sim%F5es%20et%20al%20_2004_%20Indicadores%20Agregados%20_artigo_.pdf> Acessado em: 15 mar. 2006.

STUART, I; MCCUTCHEON, D; HANDFIELD, R; MCLACHLIN, R; SAMSON, D. Effective case research in operations management: a process perspective. **Journal of Operations Management**. V. 20, N. 2, p. 419 – 433, 2002.

TRUSTY, W. B. **Introducing an assessment tool classification system**. ATHENA Sustainable Materials Institute, 2000.

TRUSTY, W. B.; HORST, S. **Integrating LCA Tools in Green Building Rating Systems**. In: Best of the 2002 International Green Building Conference. Proceedings. Environmental Building News (eds.), Austin, p.53-57, Nov. 2003.

TZORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do Processo de Projeto de Edificações em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

ULRICH, K. T; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. McGraw-Hill, New York, 1995.

UNEP SBCI. **Greenhouse gas emission baselines and reduction potentials from buildings in México – a discussion document**. United Nations Environment Programme Sustainable Buildings and Climate Initiative, Paris, 2009.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication**. Buildings: Investing in energy and resource efficiency, www.unep.org/greeneconomy. 2011.

UN-HABITAT. (1996). **The Habitat Agenda**. Istanbul, Turkey.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication**. 2011.

US GREEN BUILDING COUNCIL – USGBC. **LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction**. 2009.

_____. **LEED**. Disponível em: www.usgbc.org, acessado em: 16 agosto 2010.

VENTURA, M. M. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. **Pedagogia Médica. Rev SOCERJ**. 20(5): p. 383-386, 2007.

VOSGUERITCHIAN, A. B; MELHADO, S. **Gestão de projetos de arquitetura considerando aspectos de sustentabilidade**. IV Simpósio brasileiro de gestão e economia da construção. Porto Alegre, Brasil, 2005.

VTT TECHNICAL RESEARCH CENTRE OF FINLAND. **Requirements management – EcoProP**. 2008. Disponível em: <http://cic.vtt.fi/ecoprop/Mainpage.html>. Acesso em 15 de março de 2011.

WACKERNAGEL, M. The ecological footprint of Santiago de Chile. In: **Local Environment**, V. 3, N. 1, 1998.

WACKERNAGEL, M. REES, W. **Our ecological footprint; reducing human impact on the Earth**. London: New Society Publishers, 160p, 1996.

WARD, S. C; CURTIS, B; CHAPMAN, C. B. Objectives and performance in construction projects. In: **Construction Management and Economics**. V. 9, p. 343-353, 1991.

WELLS, J. Social Aspects of sustainable construction: a ILO perspective. In: **Industry and environment**. V.26, N 2-3, p. 72-75. Paris, 2003.

WHELTON, M; BALLARD, G. **Project definition and wicked problems**. In: Proceedings IGLC-10. Gramado, Brasil. 2002.

WHITELEY, R. **A empresa totalmente voltada para o cliente**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

WILLIAMSON, T., RADFORD, A., BENNETTS, H. **Understanding Sustainable Architecture**. London, USA, Canada: Spon Press, 2003.

WOLFF, G. Beyond payback: a comparison of financial methods for investments in Green building. **Journal of Green Building**. Winter 2006.

YIN, Robert K.. **Case Study Research: Design and Methods**. 3. ed. USA: Sage Publications, 2003.

YUBA, A. N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes de madeira de plantios florestais**. 2005. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Carlos, 2005.

ZAMBRANO, L. **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, FAU, PROARQ, 2008.

ZAMBRANO, L. M. A; BASTOS, L. E. G; FERNANDEZ, P. Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura. In: **Seminário Internacional NUTAU 2008**. São Paulo, 2008.

ZANIN, N. Z. Et al. Projeto Sustentável para a Escola Municipal de Ensino Fundamental Frei Pacífico. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC-11, 2006, **Anais...** Florianópolis, 2006.

ZIMMERMAN, A. **Integrated Design Process Guide**. Canada Mortgage and Housing Corporation, 2006.

APÊNDICE A (EM ARQUIVO DIGITAL)-

PROTOCOLO DA COLETA DE DADOS

ENTREVISTAS

O protocolo da coleta dados compreende as diretrizes para a coleta e a formalização dos dados que servirão para as análises posteriores. Nesta pesquisa, o protocolo busca direcionar a coleta para obter informações claras das entrevistas e dos documentos fornecidos pelos participantes nelas. Dessa forma, o protocolo também está direcionado aos participantes das entrevistas, para eles terem o conhecimento de como serão categorizados e analisados os dados fornecidos por eles para as análises nesta pesquisa.

Coleta de dados

A coleta de dados considera todas as informações recolhidas pelo pesquisador no decorrer das entrevistas, solicitadas diretamente ou não aos participantes das entrevistas. Essas informações podem ser coletadas de forma oral (reuniões presenciais), escrita (e-mail) ou a partir dos documentos fornecidos pelos participantes das entrevistas.

Evidências: Considera-se como evidência qualquer tipo de documento existente com informação registrada em papel ou em meio digital, que esteja relacionada com o escopo desta pesquisa. Incluem-se sem limitar-se a: plantas de projeto, desenhos, cartas, e-mails, documentos de projeto.

Categorias dos Dados: Tratando-se de uma pesquisa na área da construção civil, os dados serão categorizados de acordo às etapas de desenvolvimento dos empreendimentos e os intervenientes que participaram (ou participam) nessas etapas. As categorias são as seguintes:

<u>Intervenientes</u>	<u>Etapas</u>
Empreendedor	Concepção
Autoridades	Projeto
Usuários finais	Execução
Projetista (ou equipe de projeto)	Operação e manutenção
Construtor	
Outros	

Participantes das entrevistas: Os participantes a serem entrevistados nesta pesquisa serão todos aqueles que tiveram relação alguma com o processo de desenvolvimento dos empreendimentos estudados, principalmente os intervenientes mencionados anteriormente. De forma paralela, serão consultados especialistas externos para complementar as análises.

Transcrição das entrevistas: As entrevistas serão gravadas em áudio pelo pesquisador e toda informação relevante será apontada, como o objetivo de recopilar todos os dados tratados nas entrevistas.

Confidencialidade: O nome das instituições, empresas, projetistas e demais participantes não serão publicados no trabalho, eles serão mudados por nomes genéricos (p.ex. empresa X). Da mesma forma, não serão feitos juízos de valor que possam afetar os envolvidos na pesquisa.

Análises

As análises a serem feitas nesta pesquisa buscam entender como foi o desenvolvimento dos empreendimentos estudados e avaliar se houve perda dos objetivos de sustentabilidade pretendidos inicialmente. Essas análises serão feitas a partir de todos os dados coletados, porém com a seguinte diferenciação:

- As análises de percepção dos participantes quanto ao desenvolvimento do empreendimento (p.ex. comunicação entre os intervenientes) incluem todas as informações coletadas, tanto as entrevistas como as evidências.
- As análises técnicas do empreendimento serão feitas somente a partir das evidências coletadas.

Feedback (retorno)

Esta pesquisa tem como propósito estudar o desenvolvimento de empreendimentos com foco na sustentabilidade e propor as melhorias potenciais para conseguir o pretendido inicialmente. Considerando isso, o feedback (retorno) para os participantes das entrevistas compreenderá as conclusões obtidas das análises e será apresentado no final da pesquisa.

APÊNDICE B (EM ARQUIVO DIGITAL)-

ROTEIROS ENTREVISTAS

LEVANTAMENTO DE DADOS ESCOLA MUNICIPAL FREI PACÍFICO - PESQUISA SMN

REUNIÃO PROJETISTA

Objetivo: Levantar os dados necessários para caracterizar o processo de desenvolvimento empreendimento da escola e identificar os objetivos ambientais propostos, a partir da entrevista com o projetista e da recopilação de documentos.

ROTEIRO

1. Apresentação da pesquisa:
2. Recopilação das evidencias documentais do empreendimento:
 - a. Plantas
 - b. Memorial descritivo (NORIE, 2005)
 - c. Relatórios do processo de projeto
 - d. Atas de reuniões
 - e. Outros
3. Caracterização do Projetista:
 - a. Perfil profissional
 - b. Experiências previas com foco de sustentabilidade
4. Caracterização do empreendimento – Escola Frei Pacífico
 - a. Cronologia do empreendimento:
 - Data de início e fim
 - Datas por etapa
 - Data de atuação do projetista
 - b. Identificação dos intervenientes no empreendimento (nome, função, etapa de atuação, relacionamento):
 - Etapa de concepção
 - Etapa de Projeto
 - Etapa de Execução
 - Etapa de Operação (Uso e Manutenção)
 - c. Objetivos de sustentabilidade propostos pelo empreendimento
 - Objetivos claros por parte do empreendedor? (Secretaria de educação, prefeitura de Viamão)
 - d. Objetivos de sustentabilidade incorporados no projeto
 - Quais foram alcançados?
 - Quais não foram alcançados? Por que?
 - e. Descrição da metodologia de trabalho utilizada na etapa de projeto
5. Solicitar o contato dos intervenientes no empreendimento (num. anterior)
6. Próximos passos a serem desenvolvidos na pesquisa (futuras reuniões, objetivos).

PESQUISA SANTIAGO MUÑOZ NAVARRETE
LEVANTAMENTO DE DADOS ESCOLA MUNICIPAL FREI PACÍFICO
ENTREVISTA EMPRESA CONSTRUTORA

Apresentação da pesquisa: A presente pesquisa está fundamentada na importância de considerar os objetivos de desempenho ambiental do empreendimento, ao longo de todas as etapas de desenvolvimento. O objetivo principal da pesquisa é avaliar o atendimento dos objetivos ambientais de empreendimentos com foco na sustentabilidade, com o propósito de apresentar recomendações para o desenvolvimento desse tipo de empreendimentos.

Objetivo da entrevista: Levantar os dados necessários para caracterizar a participação do construtor no processo de desenvolvimento do empreendimento da escola.

ROTEIRO

1. Caracterização da empresa construtora
 - f. Geral: Tipologias de projeto, Experiência, Perfil dos profissionais
 - g. A empresa construtora tem experiências anteriores em projetos com foco na sustentabilidade?
 - h. Nos diversos projetos, quais são as experiências da empresa construtora relacionadas à gestão ambiental?
2. Participação da empresa no processo da escola Frei Pacífico
 - a. Qual foi a Cronologia na execução da escola (licitação, início, fim, outras datas importantes)?
 - b. Quais foram os representantes da empresa construtora na execução da escola?
 - c. Como foi a interação com os outros intervenientes no desenvolvimento da escola (empreendedor, projetista, supervisor, usuários)?
 - d. Qual é a participação da empresa após entrega da edificação (reformas)?
3. Percepção do construtor quanto à execução da escola Frei Pacífico
 - a. Quais são os pontos positivos de ter construído uma escola sustentável?
 - b. Quais foram as dificuldades percebidas na execução da obra (considerar dificuldades que levaram à não executar ou sair das especificações do projeto)?
 - c. Quais foram as dificuldades na execução de itens específicos do projeto (elementos ou componentes da edificação)?
4. Percepção do construtor quanto ao projeto elaborado e entregue à Prefeitura de Viamão
 - a. Qual é a opinião da empresa construtora quanto ao projeto recebido por parte da prefeitura de Viamão (considerar aspectos como qualidade, detalhamento, orçamento, materiais, entre outros)?
5. Percepção do construtor quanto às técnicas construtivas utilizadas

Qual é a opinião da empresa construtora frente as tecnologias (ou técnicas construtivas) incorporadas no projeto? Acha que são inovadoras? Entre elas:

- a. Cobertura verde
 - b. Tratamento de esgoto
 - c. Telhado com camada de ar
 - d. Janelas superiores + prateleiras de luz
 - e. Aberturas zenitais
6. Percepção do construtor quanto aos materiais utilizados na escola?
Qual é a opinião da empresa construtora com relação aos materiais (ou técnicas construtivas) projetados? Entre os aspectos e materiais:
- a. Materiais novos
 - b. Consecução de materiais na região
 - c. Chapas de off-set reciclado
 - d. Madeiras especificadas como de reflorestamento
 - e. Madeira ecológica
 - f. Pedra
 - g. Plantas do telhado verde
7. Quais foram os problemas técnicos ou decorrentes da construção, após execução da escola? Entre eles:
- a. Infiltração na cobertura verde
 - b. Problemas estruturais da cobertura verde
 - c. Descolamento de telhas da cobertura sul
 - d. Grades internas nas janelas da sala E
8. Gestão de resíduos na obra
- a. Foi realizado algum plano de gestão para a utilização e disposição dos resíduos da obra?
9. Conhecimento dos objetivos de sustentabilidade propostos.
- a. A empresa construtora tinha o conhecimento dos objetivos de sustentabilidade propostos pelo empreendimento?
 - b. Favor mencionar qual é o entendimento dos seguintes objetivos:
 - Paisagismo ecologicamente produtivo
 - Tratamento biológico de efluentes líquidos
 - Reciclagem e reutilização
 - Condicionamento bioclimático
 - Mínima intervenção no local
 - Reduzir o consumo de materiais e energia
 - Incentivar o desenvolvimento sustentável

- c. A empresa construtora tinha o conhecimento dos objetivos de sustentabilidade propostos pela equipe de projeto?
 - d. Visando melhorar a gestão do processo de desenvolvimento do empreendimento “Escola Frei Pacífico”, qual é a opinião do construtor frente a designar um gerente/coordenador para controlar os aspectos de sustentabilidade do empreendimento? Teria maiores chances de empreendimento que alcançar os objetivos definidos?
10. Recopilação das evidências documentais do empreendimento. Se for possível, gostaria ter acesso às evidências documentais da execução do projeto, tais como (Nota: ver protocolo da coleta de dados onde se encontra o termo de confidencialidade):
- a. Memorial técnico da obra (o que foi executado)
 - b. Relatórios de obra
 - c. Troca de informações (comunicações com a prefeitura e projetistas)

11. Conclusão da entrevista.

Os dados coletados na entrevista serão utilizados para complementar as análises feitas na pesquisa, tentando entender como foi a gestão do processo de projeto da escola Frei Pacífico. Com a visão do construtor, é possível compreender quais são as dificuldades para executar esse tipo de projetos, assim como propor mecanismos para melhorar o processo de projeto, especialmente a interface projeto – execução da obra.

Será enviada uma cópia da pesquisa com os resultados obtidos.

Agradeço a ajuda com o preenchimento desta entrevista, assim como o tempo dispensado para tal fim.

VALIDAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO DO IFRS (FELIZ) COLETA DE DADOS DA EQUIPE DE PROJETO

OBJETIVO: Retomar o levantamento de dados com a equipe de projeto do Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Feliz, com o fim de validar a caracterização do empreendimento realizada anteriormente e levantar os dados necessários para a identificação dos objetivos ambientais pretendidos.

ROTEIRO

1. Apresentação da pesquisa:
2. Apresentação dos resultados prévios obtidos anteriormente referentes à caracterização do empreendimento: Objetivos (DOC PREDEFESA)
3. Validação da caracterização do IFRS
 - Identificação de erros na identificação de objetivos de sustentabilidade
 - Identificação de erros no levantamento de problemas atuais na edificação
4. Recopilação de evidências existentes da etapa de projeto
5. Recopilação das evidências que sustentam a caracterização do empreendimento
6. Identificação de objetivos não considerados na caracterização anterior
7. Recapitulação dos objetivos identificados

OBJETIVOS DE SUSTENTABILIDADE

PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO EMPREENDIMENTO

Junho 2003 – envolvimento do NORIE no empreendimento

Equipe de projeto: três profissionais voluntários do NORIE, um deles quem também coordenava o projeto, e uma arquiteta da cidade de Feliz

Reunião No. 2: definição de objetivos de sustentabilidade

2004: projeto executivo completo, ANTEPROJETO ENCAMINHADO AO MEC (

verba disponível não suficiente para construção completa AGOSTO 2004 NOVO ANTEPROJETO PRO MEC

Priorização dos espaços a serem construídos numa primeira fase. Afetou atender os objetivos de sustentabilidade definidos anteriormente?

2005: abre processo licitatório PROJ EXECUTIVO SET 2005

2006: adjudicado do contrato de obra a empresa que foi indicada pela equipe de projeto como não competente PROJETA FOI CONVIDADO

2007: Obra é abandonada por construtora, sem haver concluído

Dez 2007: Finalização da obra por outra construtora

PROBLEMAS ATUAIS NA EDIFICAÇÃO

1. Escoramento do telhado em todas as salas

1F. Mal dimensionamento das vigas de madeira que sustentam o telhado MAL EXECUÇÃO DOS COMPONENTES, MA QUALIDADE E MONTAGEM

1C. Falta de detalhes técnicos no projeto executivo entregue ao construtor. NÃO HOUE QUESTIONAMENTOS POR PARTE DO CONSTRUTOR NA ETAPA DE LICITAÇÃO. FALTA DE CONHECIMENTO TÉCNICO, ORIENTAÇÃO...

2. Infiltração de água pelo telhado nas salas de aula e num conjunto de banheiros

2F. Nas salas, provavelmente o mesmo escoramento do telhado. Nos banheiros, provavelmente impermeabilização inadequada

2C. MÁ QUALIDADE DAS MADEIRAS, MÁ FÉFalta de detalhamento técnico / Mal executado pelos construtores ??? NEGLIGENCIA DO CONSTRUTOR E DO SUPERVISOR

3a. Falta de vedação das janelas

3aF. Não foi executado pelas empresas construtoras

3aC. Falta de detalhamento técnico / Mal executado pelos construtores ??? ERRO NA CONSTRUÇÃO, ESQUADRIAS TEM PROBLEMAS DAS MANILHAS

3b. Falta de vidro duplo

3bF. Não foi executado pelas empresas construtoras

3bC. Falta de detalhamento técnico / Mal executado pelos construtores ??? QUESTAO DE PREÇO.

3c. Falta de proteção para mosquitos (meses de verão)

3cF. Não foi executado pelas empresas construtoras

3cC. Falta de consideração no projeto / Não executado pelos construtores ??? FALHA DE PROJETO, TELAS NAS JANELAS,

3d. Falta de mecanismo para abrir janelas zenitais

3dF. Não foi executado pelas empresas construtoras

3dC. Falta de consideração no projeto / Não executado pelos construtores ??? NÃO APARECE NOS DESENHOS DE PROJETO, NÃO FOI CONTEMPLADO NO PROJ EXECUTIVO

4. Pérgulas exteriores apresentam problemas de altura (baixas) nas rampas de acesso

4F. Mal dimensionamento, incompatibilidade pérgola-rampa

4C. Falta de consideração no projeto / Não executado pelos construtores ??? MAL INTERPRETADO PELO CONSTRUTOR

LEVANTAMENTO DE DADOS IFRS-FELIZ / PESQUISA SMN

REUNIÃO DIRETOR IFRS FELIZ

Objetivo da entrevista: Validar o levantamento de objetivos e estratégias do empreendimento, assim como conhecer a percepção do diretor da escola quanto a eles. Adicionalmente, percorrer o local e fazer um levantamento fotográfico para evidenciar o estado atual das reformas na edificação.

ROTEIRO

1. Entendimento dos objetivos ou estratégias pretendidas
 - i. Indicar qual o objetivo e qual a estratégia
 - j. Perguntar quanto ao conhecimento desse objetivo/estratégia
 - k. Perguntar se foi implementado ou não, se permanece ou não atualmente, porque...
 - l. Saber qual é a percepção desse objetivo/estratégia quanto a importância e funcionamento
 - m. Passar ao seguinte objetivo/estratégia
2. Estado atual da edificação
 - a. Saber qual é a situação atual da edificação, como está funcionando o instituto, se obteve o habite-se ou não, quais são os cursos que estão em funcionamento, etc...
 - b. Qual é o plano de implantação futura?
 - c. Quais são as reformas que estão sendo realizadas na edificação. Porque foram necessárias essas reformas
 - d. Existe algum plano ou manual de operação e manutenção da edificação que esteja sendo utilizado como referencia para as reformas?
 - e. Quem está realizando as reformas da edificação?
 - f. As reformas estão sendo executadas de acordo ao memorial descritivo do projeto?
 - g. Como foi realizada a contratação da empresa que projetou e/ou executa as reformas?
 - h. Recopilar as evidencias documentais do projeto e execução das reformas:
 - Comunicações
 - Projeto de reforma
 - Memorial do projeto de reforma
 - Memorial de execução das reformas
 - Relatórios de obra
3. Percorrido na edificação
 - d. Levantamento fotográfico dos objetivos/estratégias indicadas anteriormente
 - e. Levantamento fotográfico das reformas que foram ou estão sendo executadas
4. Conclusão da entrevista. Explicação de como serão utilizados os dados coletados na entrevista.

OBJETIVOS E ESTRATÉGIAS PRETENDIDAS

1. CONSTITUIR UM PAISAGISMO ECOLOGICAMENTE PRODUTIVO

- a. Utilizar habilidades locais para o cultivo e manejo de animais
 - b. Identificar hábitos alimentares e desequilíbrios nutricionais da comunidade
 - c. Incentivar a produção orgânica de alimentos na região
- 2. RECICLAR E REUTILIZAR OS RESÍDUOS**
- a. Tratar biologicamente as águas residuais
 - b. Reutilizar as águas cinzas
 - c. Reutilizar as águas pluviais
 - d. Reciclar os resíduos orgânicos
 - e. Reciclar os resíduos sólidos
- 3. CONDICIONAR BIOCLIMÁTICAMENTE A EDIFICAÇÃO**
- a. Ajustar as edificações ao clima (conforto térmico, ventilação cruzada, etc.)
 - b. Uso de luz natural
 - c. Controlar a radiação solar
 - d. Controlar o ruído
- 4. REDUZIR A INTERVENÇÃO NO LOCAL**
- a. Adaptar-se a geomorfologia
 - b. Preservar espécies nativas
- 5. REDUZIR CONSUMO DE MATERIAIS E ENERGIA**
- a. Utilizar materiais locais
 - b. Reduzir a pegada ecológica dos materiais
 - c. Utilizar materiais duráveis
 - d. Utilizar espécies nativas
 - e. Utilizar materiais não tóxicos
 - f. Usar fontes renováveis de energia
- 6. INCENTIVAR A SUSTENTABILIDADE SOCIAL E ECONÔMICA**
- a. Gerar renda a partir da reciclagem dos resíduos sólidos
 - b. Usar materiais culturalmente aceitos
 - c. Reduzir o consumo de produtos que gerem resíduos sólidos
 - d. Provisionar espaços múltiplos para a interação social
 - e. Aumentar o poder da comunidade nos processos de tomada de decisão
 - f. Realizar educação comunitária
- 7. OBJETIVOS FORMAIS E ESPACIAIS DE PROJETO**
- a. Acessibilidade Universal
 - b. Flexibilidade
 - c. Respeitar as características arquitetônicas regionais
 - d. Adequar o projeto para a autoconstrução

- e. Obter um projeto orgânico
- f. Adequar áreas externas para seu uso (aulas)
- g. Prever espaços privados para estudantes e espaços abertos para a comunidade.

LEVANTAMENTO DE DADOS IFRS-FELIZ

REUNIÃO PREFEITURA DE FELIZ

Apresentação da pesquisa:

Objetivo da entrevista: Conhecer o envolvimento da prefeitura de Feliz no desenvolvimento do empreendimento, assim como coletar a maior quantidade de evidências do processo de desenvolvimento existentes na prefeitura. Da mesma forma, levantar a percepção da prefeitura quanto ao IFRS e seus conceitos de sustentabilidade.

ROTEIRO

1. Caracterizar o envolvimento da Prefeitura de Feliz no projeto do IFRS (Nos relatórios da fundação AMVARC-FVARC se evidencia que a prefeitura se envolveu com o suporte burocrático frente ao governo federal no desenvolvimento do instituto, assim como teve participação em algumas atividades preliminares a construção)
2. Percepção do instituto pela prefeitura.
 - i. O instituto promove o desenvolvimento sustentável na região?
 - j. Quais as expectativas da prefeitura quanto ao instituto?
3. Estado atual da edificação
 - k. Saber qual é a situação atual da edificação, como está funcionando o instituto, se obteve o habite-se ou não.
 - l. Quais foram as causas para que o IFRS não obtivera o habite-se.
 - m. Recopilar as evidências documentais do projeto e execução da obra e das reformas:
 - Comunicações
 - Projeto de reforma
 - Memorial do projeto de reforma
 - Memorial de execução das reformas
 - Relatórios de obra
4. Comunicações com os órgãos superiores (PROEP-MEC)
 - f. Notas técnicas enviadas para a PROEP entre o 2006 e 2008

LEVANTAMENTO DE DADOS IFRS-FELIZ REUNIÃO FEPVARC

Apresentação da Pesquisa

1. Perguntas relacionadas à concepção do empreendimento e ao processo de projeto:
 - a) Quais eram as funções da Fundação (FEPVARC)? Por que foi criada essa fundação?
 - b) Como nasceu a idéia de criar um instituto técnico com FOCO NA SUSTENTABILIDADE? Como surgiu essa idéia?
 - c) A partir da pergunta anterior: Quais foram as diretrizes que orientavam esse empreendimento com foco na sustentabilidade?
 - d) Foram pensadas essas diretrizes de sustentabilidade? A fundação tinha claro quais eram os objetivos de sustentabilidade para o projeto?
 - e) Quem elucidou as diretrizes do empreendimento?
 - f) Após a contratação do grupo do Norie para elaborar o projeto, como foi a retroalimentação entre as idéias do grupo do Norie e a Fundação?
 - g) Os projetistas atenderam essas diretrizes?
 - h) Em que momento foi decidido cortar o empreendimento em duas etapas, para ser executada só a primeira inicialmente?
 - i) Após a decisão de cortar o empreendimento, foi realizado algum tipo de checagem para constatar se o “projeto cortado” ainda estava cumprindo as diretrizes iniciais ou não?
2. Perguntas relacionadas à execução da obra:
 - a) Foi realizada algum tipo de aproximação ao construtor para explicar a importância de seguir as indicações de sustentabilidade do projeto, visando o sucesso da obra?
 - b) Foi planejado algum tipo de acompanhamento à obra por parte dos projetistas?
 - c) Em que consistiram os problemas que teve o construtor? (as duas empresas) Quais foram os problemas?
 - d) Qual foi a causa aparente para o construtor ter esses problemas?
 - e) Como foi realizada a fiscalização da obra?
 - f) Existem relatórios dessa fiscalização? (poderia ter acesso a eles?)
 - g) O fiscal de obra tinha conhecimento dos critérios de sustentabilidade do projeto?
3. Perguntas relacionadas à etapa de uso, operação do instituto
 - a) Após a obra foi entregue, foi realizada alguma orientação aos futuros usuários, quanto às diferenças desse instituto frente a uma escola “convencional”?
 - Funcionamento diferenciado dos sistemas de iluminação, ventilação, etc.
 - Funcionamento diferenciado do sistema de tratamento de esgoto.
 - Novas tecnologias, como a coleta da água da chuva...
 - b) Entendo que o instituto foi cedido à rede federal. Isso trouxe alguma mudança quanto ao funcionamento do instituto?
 - Mudanças nos cursos.
 - Mudanças no funcionamento da edificação (normas de manutenção, por exemplo...)

APÊNDICE C (EM ARQUIVO DIGITAL)-

ESTRUTURAÇÃO GRÁFICA ESCOLA FREI PACÍFICO

LEGENDAS

- Atendido (Verde)
- Parcialmente Atendido (Amarelo)
- Não Atendido (Vermelho)
- Problemas relacionados (Laranja)

Relações:

- Relações diretas (Seta preta)
- Relações indiretas (Seta azul)
- Relações mal concebidas (Seta laranja)

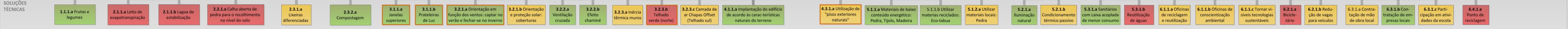
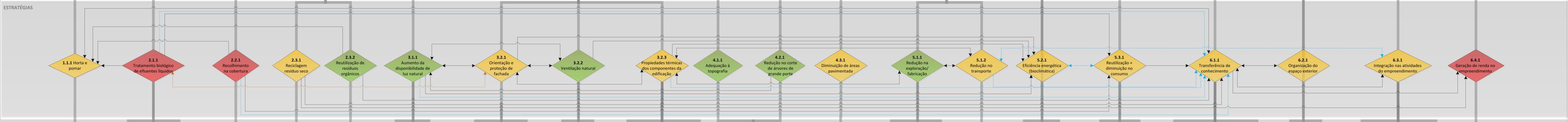
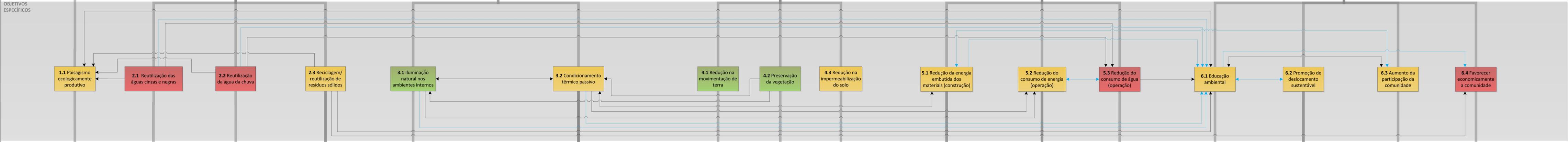
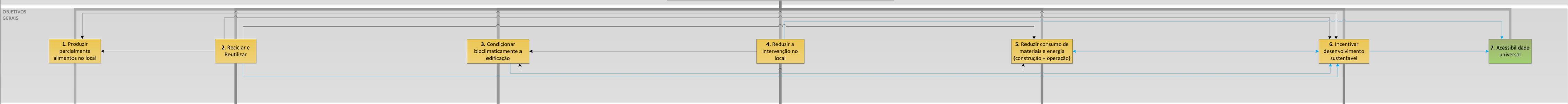
Significado do sentido das setas:

A depende de B

META DO EMPREENDIMENTO

Atender a demanda da comunidade carente de um espaço físico, possibilitando uma educação ambiental através da própria edificação.

Reduzir os impactos negativos provenientes da construção da escola



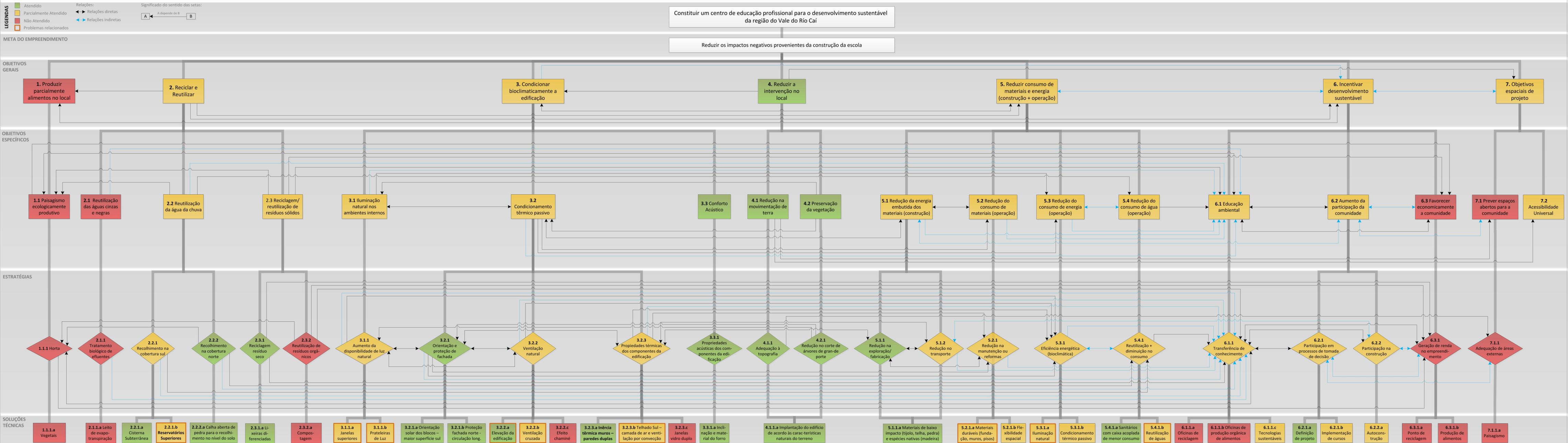
APÊNDICE D (EM ARQUIVO DIGITAL)

MATRIZ DE RELAÇÕES ENTRE CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

ESCOLA FREI PACÍFICO

APÊNDICE E (EM ARQUIVO DIGITAL)

ESTRUTURAÇÃO GRÁFICA IFRS CAMPÚS DE FELIZ



APÊNDICE F-(EM ARQUIVO DIGITAL)

MATRIZ DE RELAÇÕES ENTRE CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE

IFRS CAMPÚS DE FELIZ

APÊNDICE G-(EM ARQUIVO DIGITAL)

TABELA DE ANÁLISE - POSSÍVEIS CAUSAS DO NÃO ATENDIMENTO DE OBJETIVOS

ESCOLA FREI PACÍFICO / IFRS CAMPÚS DE FELIZ

■ Causa associada à etapa de concepção
 ■ Causa associada à etapa de operação
 ■ Causa associada à etapa de planejamento e projeto
 ■ Causa associada à etapa de execução das obras
 ■ Causa associada a questões externas
 (/) Fonte de referência

OBJETIVOS GERAIS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ESTRATÉGIAS	SOLUÇÕES TÉCNICAS	ESCALA FÍSICA	PG	IFRS Campo de Feltz	SOLUÇÕES TÉCNICAS	ESTRATÉGIAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS GERAIS
1	Produzir parâmetros ambientais no local	1.1.1	1.1.1.1	Folhas e legumes	1	Horta não executada	1.1.1.1	Horta	1.1	1
			1.1.1.2	Folhas e legumes	2	Falta de recursos	1.1.1.2	Folhas e legumes	1.1	1
2	Reciclar e reutilizar	2.1	2.1.1	Letra de especificação	1	Letra não executada	2.1.1	Letra de especificação	2.1	2
			2.1.2	Letra de especificação	2	Falta de recursos	2.1.2	Letra de especificação	2.1	2
3	Reciclagem / reutilização de resíduos sólidos	3.1	3.1.1	Falta de destinação adequada	1	Falta de destinação adequada	3.1.1	Reciclagem	3.1	3
			3.1.2	Falta de destinação adequada	2	Falta de destinação adequada	3.1.2	Reciclagem	3.1	3
4	Reduzir a intervenção no local	4.1	4.1.1	Adaptação à topografia	1	Adaptação à topografia	4.1.1	Adaptação à topografia	4.1	4
			4.1.2	Adaptação à topografia	2	Adaptação à topografia	4.1.2	Adaptação à topografia	4.1	4
5	Condição ambiental e satisfação	5.1	5.1.1	Uso de materiais locais	1	Uso de materiais locais	5.1.1	Uso de materiais locais	5.1	5
			5.1.2	Uso de materiais locais	2	Uso de materiais locais	5.1.2	Uso de materiais locais	5.1	5
6	Incentivar o desenvolvimento sustentável	6.1	6.1.1	Transferência de conhecimento	1	Transferência de conhecimento	6.1.1	Transferência de conhecimento	6.1	6
			6.1.2	Transferência de conhecimento	2	Transferência de conhecimento	6.1.2	Transferência de conhecimento	6.1	6
7	Acessibilidade universal	7.1	7.1.1	Adaptação de áreas externas	1	Adaptação de áreas externas	7.1.1	Adaptação de áreas externas	7.1	7
			7.1.2	Adaptação de áreas externas	2	Adaptação de áreas externas	7.1.2	Adaptação de áreas externas	7.1	7