



UFRJ

ALTA QUALIDADE AMBIENTAL APLICADA AO PROJETO DE RE-HABILITAÇÃO
RESIDENCIAL URBANA EM CLIMA TROPICAL ÚMIDO: A ECOHOUSE URCA

Rose Alexandra Lichtenberg

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dra. Claudia Barroso-Krause

Rio de Janeiro
Março de 2006

ALTA QUALIDADE AMBIENTAL APLICADA AO PROJETO DE RE-HABILITAÇÃO
RESIDENCIAL URBANA EM CLIMA TROPICAL ÚMIDO: A ECOHOUSE URCA

Rose Alexandra Lichtenberg

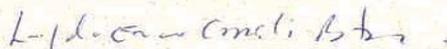
Orientador: Prof. Dra. Claudia Barroso-Krause

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Conforto Ambiental e Eficiência Energética.**

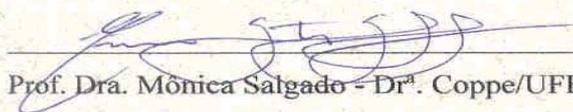
Aprovada por:



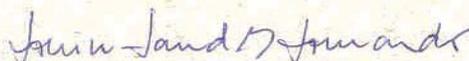
Presidente, Prof. Dra. Cláudia Barroso-Krause - Dr^a. Centre d'Energétique, École N.S.des Mines de Paris - Prof. Proarq UFRJ



Prof. Dr. Leopoldo Gonçalves Bastos - Dr. Coppe/UFRJ - Prof. Proarq UFRJ



Prof. Dra. Mônica Salgado - Dr^a. Coppe/UFRJ - Prof. Proarq UFRJ



Prof. Dra. Louise Land B. Lomardo - Dr^a. PPE/Coppe/UFRJ – Prof GEU UFF

Rio de Janeiro
Março de 2006

Lichtenberg, Rose Alexandra.

Alta Qualidade Ambiental aplicada a projeto de re-habilitação residencial urbana em clima tropical úmido: a Ecohouse Urca/ Rose Alexandra Lichtenberg. Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU/ Proarq, 2006.

xi, 258f.: il.; 31 cm.

Orientador: Cláudia Barroso-Krause

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2006.

Referências Bibliográficas:

1. Sustentabilidade. 2. Alta Qualidade Ambiental de Edificações
3. Conservação e reuso da água. I. Barroso-Krause, Cláudia. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

*Dedico este trabalho a meus pais, Irinéia e John,
que desde pequena me ensinaram a importância
da sustentabilidade ambiental.
E a meus filhos, Bernardo e Thomas, que sempre
compartilharam comigo os ideais desta pesquisa.*

AGRADECIMENTOS

Algumas pessoas, empresas e instituições foram fundamentais para a efetivação desta dissertação de mestrado. Gostaria de registrar meu agradecimento a todos que contribuíram para o êxito deste trabalho, e em especial a:

- empresas patrocinadoras de equipamentos para o projeto Ecohouse Urca: Mizumo, 3P technick e BellaCalha, Luxaflex, Brennand, Elster, Guardian, Glassec, Transen, Elgin, Philips.
- empresas que apoiaram o projeto Ecohouse Urca: Vidromatone, Texsa, Deca, Aveta, Nouveaux Marmoraria
- a arquiteta e amiga Maria Fernanda da Silveira, parceria e auxílio fundamental na elaboração e planejamento do projeto
- aos colegas Éder Martins, construtor, e Helô Alhadeff, paisagista, que tanto colaboraram na fase de obras
- A minhas tia Moema Sá Carvalho e prima Patrícia Birman, pela acolhida hospitaleira durante a fase de obras
- Ao Prof Dr Antonio Roberto Barbosa, da PUC-RJ, pelo auxílio no estudo do problema da qualidade das águas pluviais
- Ao engenheiro Miguel Fernández y Fernández pela elucidação de várias problemáticas de saneamento básico que não se encontram em livros
- Ao Laboratório de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ – Prof Dr Eduardo Pacheco Jordão e Dra Cristina Treitler – pela colaboração na execução das análises físico-químicas da água do esgoto reciclado
- Ao jornalista André Trigueiro, pelo entusiasmo e colaboração na divulgação do Projeto Ecohouse

À professora Cláudia Barroso-Krause, quero expressar meu reconhecimento pelo profundo compromisso intelectual e a confiança que sempre demonstrou pelo meu trabalho, moldando-o aos requisitos da academia.

“The future is not someplace we are going to, but one we are creating. The paths to it are not found, but made, and the activity of making them changes both the maker and the destination.”

John Schaar, Professor Emeritus of Political Philosophy at the University of California at Santa Cruz

“Sustainability is to associate progress with an improvement in human well being – with the help of technology – and NOT an improvement in technology at the expense of well being.”

Fritjof Capra, Ph.D., physicist and systems theorist, founding director of the Center for Ecoliteracy in Berkeley, California.

RESUMO

ALTA QUALIDADE AMBIENTAL APLICADA AO PROJETO DE RE-HABILITAÇÃO RESIDENCIAL URBANA EM CLIMA TROPICAL ÚMIDO: A ECOHOUSE URCA

Rose Alexandra Lichtenberg
Orientador: Prof. Dra. Claudia Barroso-Krause

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

Para fazer face aos atuais desafios globais de sustentabilidade do planeta, como mudanças climáticas, escassez de água e pobreza, é necessário e urgente incentivar projetos relacionados a estes desafios, e cuja essência esteja inserida na estratégia global, mas que possam ser implantados localmente. Pensando nisto e na contribuição que cada indivíduo pode dar a estes objetivos é que foi criado o Projeto Ecohouse, em 2002, com o intuito de avaliar a eficácia de estratégias de conforto higrotérmico, lumínico e de racionalização do uso da água aplicadas a edificações residenciais urbanas em clima quente úmido.

O projeto visou a adequação de uma residência existente com ênfase na otimização de sua demanda de energia elétrica e de água potável, bem como a correção de eventuais problemas de conforto ambiental de uma residência convencional. Seu início se deu através da reforma de uma edificação no Bairro da Urca, zona litorânea do Rio de Janeiro. O projeto Ecohouse URCA recebeu menção honrosa do Premio Procel de Conservação de Energia 2002-2003 na categoria Edificações, assim como uma Moção de Congratulações e Louvor da Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro, em 31 março de 2004.

A pesquisa procurou analisar as teorias e práticas envolvidas. Apresenta suas principais características, envolvendo o uso de técnicas diversas como o “telhado verde”, a fachada verde, beirais, esquadrias especiais, persianas internas e externas, ventilação cruzada, reuso de água da chuva e de esgoto domiciliar tratado – e propõe uma avaliação dos resultados.

Palavras-chave: sustentabilidade, conforto, reuso, eficiência energética e do uso da água, habitação

Rio de Janeiro
Março 2006

ABSTRACT

HIGH ENVIRONMENTAL QUALITY APPLIED TO URBAN RESIDENTIAL REHABILITATION PROJECT IN TROPICAL HUMID CLIMATE: ECOHOUSE URCA

Rose Alexandra Lichtenberg
Prof. Dr. Claudia Barroso-Krause, chair

Abstract of the Masters Dissertation submitted to the “Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ”, as part of the necessary requirements to obtain the title MsC in Architecture.

It is both necessary and urgent to encourage projects that have global strategic potential, so that they can be locally implemented in order to face current global sustainability challenges such as climate change, water scarcity and poverty. The Ecohouse project was created in 2002 with that in mind, together with the individual contribution each citizen can and should make to these objectives. It seeks to demonstrate the performance of thermal and lighting comfort techniques, as well as water conservation and reuse applied to urban residential homes in hot humid climates.

This dissertation focuses on sustainability issues in the urban building sector. The rehabilitation project of a conventional existing house had the goal of making it energy and water-efficient, as well as correcting its thermal comfort issues. The job started with the remodeling of a house in Urca neighborhood, on the Rio de Janeiro coast. The Ecohouse Urca project was awarded a citation at the 2002-2003 Procel Prize in Energy Conservation in the Buildings Category, as well as a Congratulations and Praise Motion from the “Assembléia Legislativa” of Rio de Janeiro, on March 31st 2004.

The research analysed the theories and practices involved. It presents its main features, involving the use of several techniques such as the green roof, the green façade, overhangs, special glazing, internal and external louvers, cross ventilation, rainwater and domestic sewer treated water reuse – and offers an evaluation of the results.

Key-words: sustainability, comfort, reuse, energy and water efficiency, residence

Rio de Janeiro
March 2006

SUMÁRIO

RESUMO.....	VII
ABSTRACT	VIII
LISTA DE TABELAS.....	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA E QUESTÃO PRINCIPAL	2
1.2 APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DOS CAPÍTULOS.....	3
2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – AGENDA 21, CAPITALISMO NATURAL	5
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AGENDA 21 LOCAL BRASILEIRA	9
2.2 CIDADES SUSTENTÁVEIS	14
2.3 OS AGENTES DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	20
2.4 AVALIAÇÃO E/ OU CERTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES.....	22
2.4.1 A Abordagem HQE (Haute Qualite Environnementale).....	27
2.4.2 APO – Avaliação Pós-Ocupação (APO)	34
3. ANÁLISE DE ALGUNS ASPECTOS DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL - EFICIENCIA ENERGÉTICA, CONFORTO HIGROTÉRMICO, VENTILAÇÃO.....	36
3.1 A ENERGIA NO MUNDO	37
3.2 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	40
3.3 OS CAMINHOS PARA A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA.....	42
3.3.1 Aquecimento solar de água.....	47
3.2 CONFORTO AMBIENTAL E ARQUITETURA SUSTENTÁVEL.....	51
3.3 CONFORTO TÉRMICO.....	53
3.3.1 Variáveis do conforto térmico	54
3.3.2 Índices de Conforto Térmico	59
3.3.3 Diagramas utilizados no estudo climático local	60

3.3.4 Variáveis arquitetônicas	62
3.3.4.1 Implantação/ Orientação/ Morfologia	65
3.3.4.2 Ventilação Natural	67
3.3.4.3 Envelope	68
3.3.4.4 Telhados Verdes	71
3.3.4.5 Janelas.....	79
4. RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DO SISTEMA DE SANEAMENTO URBANO.....	85
4.1 O DESPERDÍCIO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES	92
4.2 ESTUDO DO PERFIL DE CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA.....	94
4.3 TECNOLOGIAS ECONOMIZADORAS DE ÁGUA.....	98
4.4 REUSO DA ÁGUA.....	102
4.4.1 Coleta e Reuso da água de chuva	103
4.4.2 Qualidade da água pluvial	110
4.4.3 Dimensionamento da cisterna.....	112
4.5 O PROBLEMA DAS ENCHENTES EM ÁREAS URBANAS	112
4.6 RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DO ESGOTO	114
4.6.1 O Processo de tratamento de esgotos	119
4.6.2 Fluxo do Tratamento de Esgotos	120
4.6.3 Tecnologias de tratamento descentralizado de esgotos	122
4.6.3.1 Tratamento Condominial de Esgotos	128
4.6.3.2 Tratamento de Águas Cinzas.....	132
5. A ECOHOUSE URCA	134
5.1 AGENDA 21 LOCAL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO	134
5.1.1 Descrição da Zona Sul	135
5.2 LOCALIZAÇÃO E ENTORNO IMEDIATO – O BAIRRO DA URCA	139
5.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BAIRRO DA URCA.....	141
5.3 DESCRIÇÃO DO PROJETO ECOHOUSE URCA	143
5.4 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA E O RESULTADO DAS TECNOLOGIAS ECONOMIZADORAS NA ECOHOUSE URCA	152
5.4.1 Descritivo da Ecohouse Urca e consumo estimado dos principais pontos.....	154
5.5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA PLUVIAL.....	155

5.5.1 Dimensionamento da cisterna.....	159
5.6 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE RECICLAGEM E REUSO DO ESGOTO	165
5.7 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DA ECOHOUSE URCA.....	171
5.8 ARREFECIMENTO PASSIVO – DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS UTILIZADAS	173
5.8.1 Fachadas verdes.....	183
5.8.2 Telhados verdes	185
5.8.3 Ventilação cruzada	188
5.8.4 Beirais, persianas e esquadrias especiais.....	192
5.8.4.1. Medição da temperatura interna no peitoril vidro duplo x vidro simples	193
5.8.4.2 Medição da temperatura na superfície interna do vidro duplo x vidro simples	196
5.8.4.3 Medição da temperatura interna x temperatura externa utilizando vidro duplo.....	199
5.8.4.4 Medição das temperaturas internas com e sem persiana interna.....	202
5.8.5 Análise do Conforto Ambiental pelos Usuários.....	204
5.9. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS UTILIZADAS.....	205
5.9.1 Iluminação Natural	208
5.9.2 Aquecimento Solar de Água.....	209
5.9.3 Redução do consumo de energia elétrica e de gás.....	212
5.10 AVALIAÇÃO HQE DA ECOHOUSE URCA	215
5.10.1 Análise da implantação.....	217
5.10.2 Detalhamento de atendimento aos alvos prioritários.....	218
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	222
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	229

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Linhas estratégicas estruturadoras da Agenda 21 Brasileira, segundo as diferentes dimensões da sustentabilidade.....	12
Tabela 2: Iniciativas relacionadas ao desenvolvimento de metodologias de avaliação de edifícios	24
Tabela 3– Benefícios econômicos da implantação da visão HQE	29
Tabela 4: Os 14 alvos da abordagem AQAE (HQE).....	30
Tabela 5: Evolução da OIE no Brasil	41
Tabela 6: Medidas Prioritárias economizadoras de energia	44
Tabela 7: Resultados das ações do Procel no período de 1994/ 2003	46
Tabela 8: Inventário dos ciclos de vida dos diferentes tipos de aquecimento de água.....	48
Tabela 9: TRM e temperatura do ar para sensação térmica de 21,11°C.....	56
Tabela 10: Temperaturas máximas diárias das coberturas – Verde e Referencia – durante o período de observação de 660 dias.....	77
Tabela 11: Performance de vidros especiais Guardian.....	84
Tabela 12: Valores médios de perda diária de água em função de vazamento de torneiras	93
Tabela 13: Perda de água em função de vazamento em vasos sanitários.....	93
Tabela 14: Resultados de pesquisa de consumo de água realizada pelo IPT	98
Tabela 15:Avaliação de tecnologias de produtos - torneiras.....	100
Tabela 16: Tabela comparativa dos critérios de projeto de ETEs tradicionais e de STEDS..	131
Tabela 17 : Consumo Médio de Água por Atividade Doméstica	152
Tabela 18: Estimativa de gastos através da vazão de utilização, em litros/min.....	153
Tabela 19: Levantamento estimado de gastos/volume de água através do tempo de utilização, em litros	154
Tabela 20: Economia comparativa nos principais pontos de consumo	156
Tabela 21: Precipitações pluviométricas no bairro da Urca	160
Tabela 22: Demanda mensal média de água reciclada na Ecohouse Urca.....	160
Tabela 23: Cálculo do volume do reservatório de águas pluviais Ecohouse Urca.....	161
Tabela 24: Cálculo das precipitações mensais aplicando probabilidades confiáveis.....	162
Tabela 25: Volume do reservatório com 95% de probabilidade de ocorrência.....	163
Tabela 26: Volume do reservatório com 75% de probabilidade de ocorrência.....	163

Tabela 27: Ecohouse Urca - Consumo medido de água pluvial ano 2005	164
Tabela 28: Economia total de água na Ecohouse Urca	166
Tabela 29: Vazão do hidrômetro do ladrão da caixa de acumulação da ETE	170
Tabela 30: Exames físico químicos da água reciclada do Esgoto	170
Tabela 31: Consumo de água do sistema de irrigação Ecohouse Urca	172
Tabela 32: Estratégias Bioclimáticas - (%)	175
Tabela 33: velocidade e direção dos ventos	189
Tabela 34: Temperaturas no peitoril das janelas – vidro duplo x vidro simples	195
Tabela 35: temperatura na superfície interna do vidro simples x vidro duplo, e temp externa	198
Tabela 36: Diferença da Temperatura Externa e Interna com o uso de vidro duplo	200
Tabela 37: Diferença de temperatura ambiente com persiana e sem persiana interna	204
Tabela 38: Análise do Conforto Ambiental pelos Usuários	205
Tabela 39: Análise do ciclo de vida de lâmpada incandescente x fluorescente compacta	207
Tabela 40: Dimensionamento da área de coletores solares utilizando o software F-chart	211
Tabela 41: Consumo medido de gás da Ecohouse Urca - 2005	214
Tabela 42: Consumo medido de energia elétrica Ecohouse Urca	214
Tabela 43: Análise do atendimento aos alvos <i>AQAE</i> prioritários da Ecohouse Urca	218

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: “Triple Bottom Line” mais o elemento de Governança.....	6
Figura 2: Atividades de cada fase do processo AQAE (HQE).....	32
Figura 3: Esquema da APO	35
Figura 4: Imagem de satélite – blackout 1996.....	40
Figura 5: Berço-maca da Unidade da rede Sarah no Rio de Janeiro	52
Figura 6: Tolerância na variação de temperatura com	55
Figura 7: Mudança na sensação agradável (pleasant) de velocidade do ar com a temperatura.....	56
Figura 8: Carta Bioclimática com TRY de Curitiba.....	61
Figura 9: Gráfico ilustrativo do efeito da ilha de calor.....	63
Figura 10: Imagem de satélite da cidade de New York.....	63
Figura 11: vento urbano.....	65
Figura 12: Influencia do perfil urbano na velocidade do vento.....	68
Figura 13: Brise soleil móvel em estrutura metálica e tecido, Biblioteca Municipal de Christchurch, NZ	70
Figura 14: Brise do Instituto do Mundo Árabe, fechado e aberto	71
Figura 15: Residências típicas norueguesas. Folksmuseum, Oslo, Noruega.....	71
Figura 16: Telhado verde em residência em Griffenhagen, Alemanha.....	71
Figura 17: Telhado verde em residência em Pedra Azul, ES	72
Figura 18: Telhado verde da Prefeitura de Chicago, EUA.....	75
Figura 19: Planta baixa do telhado verde da prefeitura de Chicago (parte não ajardinada ao centro).....	75
Figura 20: telhado verde e telhado de referencia em pesquisa em Ottawa, Ca.	76
Figura 21: Ação do vidro especial no controle da insolação	80
Figura 22: Comportamento da radiação solar nos vidros	81
Figura 23: Ilustração dos principais comprimentos de onda e frequências no espectro eletromagnético	81
Figura 24: Ciclo Hidrológico.....	89
Figura 25: Uso residencial de água por atividade	96
Figura 26: Funcionamento da Bacia Sanitária de Ação Sifônica	101
Figura 27: Calha SmartFlo	104
Figura 28: Corte da calha SmartFlo	104
Figura 29: Diversor de águas pluviais	105

Figura 30: Leaf -eater	105
Figura 31: Sistema de água potável da Sustainable House, Sydney	107
Figura 32: Fluxograma básico para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial. (Fonte:ANA et al, 2005).....	109
Figura 33: Municípios com ocorrência de inundação ou enchentes em 1998 e 1999	113
Figura 34: Esgoto lançado diretamente em riacho – favela do Rio de Janeiro	115
Figura 35: Tratamento do esgoto sanitário no Brasil - 2000	117
Figura 36: Fluxograma típico de uma ETE completa.....	122
Figura 37: diagrama e fotografia do sistema Living Machines TM , instalado na fábrica de chocolates Mars	125
Figura 38: Corte transversal do tanque de tratamento de esgotos	126
Figura 39: Tampa no deck do tanque de tratamento de esgotos, por onde são adicionados os resíduos orgânicos da cozinha – não há odor!	126
Figura 40: Corte longitudinal do tanque de tratamento de esgotos	126
Figura 41: tanques de tratamento de esgoto do Centro de Reabilitação Sarah – RJ	128
Figura 42: Sala de controle do sistema de esgoto reciclado	128
Figura 43: Mapa da densidade bruta da população (fonte: IPP)	136
Figura 44: Evolução da variação relativa da população da Zona Sul.....	138
Figura 45: Fotos aéreas do bairro da Urca.....	141
Figura 46: Rua Candido Gaffré, Av São Sebastião e residências na Av São Sebastião, em dia de chuva forte	142
Figura 47: Mapa da Urca (fonte: Mapoteca IPP)	143
Figura 48: Vista da Ecohouse do alto do Morro da Urca	143
Figura 49: localização Ecohouse vista de NO	143
Figura 50: localização Ecohouse vista de N.....	143
Figura 51 : Perspectiva com corte, projeto de reforma.....	144
Figura 52: Perspectiva eletrônica lateral	144
Figura 53: Fachada NO antes da reforma.....	145
Figura 54:Fachada NO depois da reforma.....	145
Figura 55: Telhado antigo	146
Figura 56: Novas lajes verdes.....	146
Figura 57: antiga fachada da cozinha	146
Figura 58: nova fachada da lavanderia	146

Figura 59: janelas antigas em madeira	147
Figura 60: novas janelas em PVC	147
Figura 61: vista antiga da parte posterior SE do bloco da frente.....	147
Figura 62: Vista nova da parte posterior SE do bloco da frente.....	147
Figura 63: parte da fachada antiga vista de NO.....	147
Figura 64: parte da fachada nova vista de NO.....	147
Figura 65: lavanderia antiga	148
Figura 66: área livre para melhor ventilação da parte de serviço.....	148
Figura 67: vista antiga da fachada NO do bloco de trás.....	148
Figura 68: vista nova da fachada NO do bloco de trás.....	148
Figura 69: antigo pátio interno	148
Figura 70: novo pátio interno, mostrando janela da nova cozinha.....	148
Figura 71: antigo pátio interno 2	149
Figura 72: novo pátio interno 2	149
Figura 73: vista antiga da suíte master	149
Figura 74: Vista nova da suíte master	149
Figura 75: antiga sala de estar	149
Figura 76: nova suíte 2	149
Figura 77: antiga sala de estar	150
Figura 78: nova suíte 1	150
Figura 79: antigos degraus utilizados para disfarçar pedra	150
Figura 80: escada antiga realocada.....	150
Figura 81: escada no antigo lugar.....	150
Figura 82: retirada a escada em caracol ao fundo e mantido o buraco na laje para iluminação e ventilação do quarto de empregada	150
Figura 83: novo Box do chuveiro suíte 1, visto da janela para o páteo.....	151
Figura 84: novo Box do chuveiro suíte 1	151
Figura 85: tijolos maciços das paredes demolidas.....	151
Figura 86: ...utilizados para construir as novas paredes	151
Figura 87: vergalhões retirados da laje demolida.....	151
Figura 88:... utilizados para armação das sapatas dos pilares novos de ferro	151
Figura 89: madeiramento retirado do antigo telhado.....	152
Figura 90: ...utilizado para fazer mesa e bancos, pergolados e acabamento de corrimãos	152

Figura 91: Tubo de PVC colocado sobre o ralo abacaxi	156
Figura 92: Tubo PVC cheio de argila expandida: visita ao ralo abacaxi	156
Figura 93: Filtro 3P em corte.....	157
Figura 94: freio d'água, mangueira com bóia e sifão-ladrão.....	157
Figura 95: cisterna de águas pluviais de 4m ³ , com o filtro 3P.....	157
Figura 96: hidrômetro na tubulação de recalque de água pluvial.....	157
Figura 97: Coloração marrom escuro da água de chuva	158
Figura 98: Filtro auxiliar instalado na entrada da caixa d'água reciclada	158
Figura 99: coloração da água na cisterna 24hs após adição do sulfato de alumínio	158
Figura 100: coloração da água 40hs após adição do sulfato de alumínio com a cisterna cheia (ocorrência de chuva neste período).....	158
Figura 101: material floculado	158
Figura 102: coloração da água de chuva nos pontos de consumo após tratamento com sulfato de alumínio	158
Figura 103: Fluxograma de águas pluviais da Ecohouse Urca.....	159
Figura 104: Sistema Family MF1600.....	167
Figura 105: Sistema Family Ecohouse Urca	167
Figura 106: Fluxograma do funcionamento do sistema de coleta e reciclagem do Esgoto....	168
Figura 107: Sistemas separados de água da Ecohouse Urca	169
Figura 108: Setorização do sistema de irrigação Ecohouse Urca, em planta baixa	172
Figura 109- Diagrama de Givoni para a cidade do Rio de Janeiro.....	174
Figura 110: Rosa dos Ventos elaborada com dados da estação climática da Praça XV, situada a 31 m de altura.	176
Figura 111: Mapa da Urca com indicação da Ecohouse e os ventos predominantes.	176
Figura 112: Temperaturas na cidade do Rio de Janeiro (1961-1990).....	177
Figura 113: Temperaturas máximas e mínimas entre 1931 e 1990.....	177
Figura 114: Precipitação pluviométrica (1961-1990).....	178
Figura 115: Fachada Frontal - NO.....	179
Figura 116: Fachada NO exposta ao sol 18 Fev – 13:43hs	179
Figura 117: Aberturas da fachada NO protegidas da insolação direta pelos beirais em 18 Fev – 12:43hs	179
Figura 118: Janelas fachada NO 18Fev 12:46hs	180
Figura 119: Janelas fachada NO 18Fev 13:51hs	180

Figura 120: Janela fachada NO, escritório, com proteção solar externa em tecido Soltis 86. 18Fev 14:54hs, já totalmente exposta à radiação solar direta e ao ofuscamento resultante	180
Figura 121: Janela lateral da cozinha - SO	181
Figura 122: Janela lateral da cozinha fachada SO, protegida pelo bloco da sala de estar 2... 181	181
Figura 123: Janela fachada fundos estar 2 e complemento superior da parede em tijolos de vidro.....	181
Figura 124: Janelas laterais sala estar 2 - SO	182
Figura 125: janelas laterais protegidas por árvore da residência vizinha.....	182
Figura 126: Fachada da cozinha - SE.....	182
Figura 127: Fachada SE da cozinha	182
Figura 128: detalhe esquemático da fachada verde	183
Figura 129: Fotografia lateral da fachada verde NO na altura da janela da sala de estar 2... 183	183
Figura 130: trepadeira subindo pela fachada frontal	184
Figura 131: detalhe da trepadeira subindo pela fachada frontal.....	184
Figura 132: detalhe esquemático da especificação da impermeabilização das lajes verdes .. 185	185
Figura 133: Teste de estanqueidade da laje verde do bloco da frente	186
Figura 134: fotografias das lajes verdes da Ecohouse Urca	188
Figura 135: biruta indicando a direção do vento NE (pela manhã) – posição 1.....	189
Figura 136: termo anemômetro digital indicando a velocidade do vento	189
Figura 137: biruta indicando a direção do vento S (à tarde), na posição 2	189
Figura 138: planta baixa indicando os pontos de medição dos ventos contidos na tabela acima	190
Figura 139: Lay-out interno do 2º pav. antes da reforma.....	190
Figura 140: Lay-out interno do 2º pav. após a reforma.....	191
Figura 141: ambiente interno da sala de jantar e estar 2, com as janelas laterais ao fundo (face SO), e os ventiladores de teto.	191
Figura 142: localização dos dataloggers Elpro.....	193
Figura 143: Datalogger HOBO pendurado no beiral, medindo temp externa ao vidro duplo 196	196
Figura 144: Datalogger HOBO #4 com sensor fixado à superfície interna do vidro simples 196	196
Figura 145: Datalogger HOBO #5 pendurado do lado externo, e sensor fixado à superfície interna do vidro duplo	196
Figura 146: Diagrama solar fachada NO.....	197

Figura 147: datalogger HOBO n.05 no lado externo	199
Figura 148: datalogger HOBO n.05 no lado externo, sombreado pela planta.....	199
Figura 149: datalogger HOBO n.04 no lado interno	199
Figura 150: datalogger HOBO n.04 no lado interno, sobre a mesa de trabalho.....	199
Figura 151: dataloggers Hobo medindo temp interna apoiados sobre cadeiras	202
Figura 152: datalogger Hobo#4, medindo temp interna perto do vidro sem persiana, protegido da insolação direta	202
Figura 153: Datalogger Hobo #5, medindo temp. ao lado vidro com persiana, e temp externa	202
Figura 154: sensor externo de temperatura, ligado ao datalogger Hobo #5	202
Figura 155: Metade da esquadria protegida por persiana interna, com sensor externo pendurado no beiral do lado de fora	203
Figura 156: coletor solar fotovoltaico c/ bateria p alimentar spots com Leds.....	207
Figura 157: spot para jardim com três Leds	207
Figura 158: janelas da fachada SE ajudam na iluminação	209
Figura 159: Sistema #1 de aquecimento solar	210
Figura 160: sistema #2 de aquecimento solar.....	210
Figura 161: Esquema do sistema de aquecimento solar de água por termosifão, sistema fechado	212
Figura 162: Acesso/ trânsito/ mobilidade no bairro da Urca.....	217

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Investimentos e economias gerados pela abordagem HQE (em bilhões de francos por ano) Fonte: Arene, 2001	28
Gráfico 2: Oportunidades de intervenção nas fases de programação e projeto.....	36
Gráfico 3: Consumo mundial de energia em 2001, por fontes.....	38
Gráfico 4: Composição setorial do consumo de eletricidade em 2004	41
Gráfico 5: Consumo de energia elétrica no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água analisados	49
Gráfico 6: Vazão de runoff em área livre x área construída.....	73
Gráfico 7: Runoff acumulado	74
Gráfico 8: Runoff x Capacidade de retenção de água em diferentes profundidades de solo ...	74
Gráfico 9: Fluxo de calor médio diário através de telhados – Verde e de Referencia.	76
Gráfico 10: Chuva e Runoff medidos na edificação em Ottawa (Abril 2002- Setembro 2002)	77
Gráfico 11: Flutuações máximas de temperatura em telhado convencional e em telhado verde	78
Gráfico 12: Distribuição Mundial de Água	86
Gráfico 13: Distribuição dos Recursos Hídricos, da Superfície e da população – em % do total do Brasil.....	86
Gráfico 14: Retiradas e consumo por tipo de uso no Brasil (Fonte: ANA).....	87
Gráfico 15: Demandas de Recursos Hídricos por região e uso final	87
Gráfico 16: Diferença de temperatura no ambiente interno – vidro simples x vidro duplo ...	194
Gráfico 17: temperaturas nas superfícies internas do vidro duplo x vidro simples.....	197
Gráfico 18: Efeito do vidro duplo na temperatura interna do escritório	201
Gráfico 19: temperaturas interna com e sem persiana, e temp externa	203

1. INTRODUÇÃO

“Existe um consenso de que a URGENCIA é um fato, e de que a urgência e o movimento criados na RIO-92 esmoreceram. Aonde e como estão sendo criadas propostas e ações para reverter isto?” Jonathan Lash – Presidente, World Resources Institute, Congresso Sustentável 2005, Rio de Janeiro.

Três anos após a Conferência de Joahannesburgo, treze anos decorridos desde a Rio-92, trinta e três anos desde a Conferência de Estocolmo sobre o Ambiente Humano, o despertar da comunidade internacional para os riscos do desenvolvimento não sustentável está lento e atrasado. Muitas pessoas, especialmente nos países em desenvolvimento, ainda não tem acesso a recursos, tecnologias limpas, educação. Ao mesmo tempo, o nível de consumo de recursos destas mesmas pessoas e os meios de produção se mantêm insustentáveis. Para superar os desafios globais como mudanças climáticas, escassez de água e pobreza, é necessário promover projetos de importância estratégica global e dar suporte a eles, para que sejam implementados localmente. Exemplos de boas práticas precisam ser continuamente repassados para audiências maiores.

Fica claro que os problemas atuais do desenvolvimento, e necessariamente do ambiente, são muitos deles também globais:

- Os progressos econômicos e sociais notáveis associados à globalização foram conseguidos em parte do mundo, e nomeadamente na Ásia, e coexistem com situações de pobreza e de exclusão social, sobretudo em partes da Ásia, América Latina e África;
- Um acelerado processo de urbanização se realiza em paralelo com a crescente ameaça das alterações climáticas, escassez de água doce e de adequado saneamento ambiental, com as inerentes conseqüências na saúde e na segurança alimentar; perda de biodiversidade generalizada, desmatamento acentuado, intensificação dos processos de desertificação e erosão dos solos aráveis; crescente poluição e degradação dos mares e oceanos, e destruição dos seus recursos; aumento das situações de risco, acidentes e

catástrofes naturais, presença crescente de substâncias perigosas no ambiente e dificuldade em controlar as fontes de poluição e ausência de padrões de produção e consumos sustentáveis.

Há em todo o documento da Agenda 21¹ uma crítica ao atual modelo de desenvolvimento econômico, considerado injusto socialmente e perdulário do ponto de vista ambiental. Em contraponto a este modelo injusto e predador, é proposta a alternativa da nova sociedade, justa e ecologicamente responsável, produtora e produto do desenvolvimento sustentável. A via política para a mudança é a democracia participativa com foco na ação local e na gestão compartilhada de recursos. Em termos das iniciativas, porém, a Agenda não deixa dúvida: os governos têm a prerrogativa e a responsabilidade de deslanchar e de facilitar processos de implementação da Agenda 21 em todas as escalas. Talvez seja essa uma das principais razões para que após a etapa de planejamento, esteja sendo tão difícil passar à fase de implementação de ações, acarretando esta urgência demonstrada pelos números apresentados no Congresso Sustentável 2005, realizado no Rio de Janeiro.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA E QUESTÃO PRINCIPAL

Dentro deste contexto, este trabalho propõe pesquisar a hipótese de descentralização de oferta de serviços e infra-estrutura para residência unifamiliar, estudando as relações da arquitetura com seu entorno sob a ótica do desenvolvimento sustentável introduzida pela Agenda 21, reduzindo as escalas a nível local: transporte, geração de energia, saneamento. Tem como principal objetivo avaliar a eficácia de estratégias sustentáveis de conforto higrotérmico, lumínico, de racionalização do uso da água e saneamento descentralizado aplicadas em edificação residencial – dentro dos parâmetros de desenvolvimento urbano sustentável.

A questão principal se concentra em como proporcionar aos usuários de edificações residenciais em clima quente úmido as melhores condições de conforto, minimizando o gasto

¹ Agenda 21 é o documento elaborado em consenso entre governos e instituições da sociedade civil de 179 países e aprovado em 1992, durante a ECO-92 – ele traduz em propostas de ações o conceito de desenvolvimento sustentável

de energia e de água potável, assim como o impacto sobre o meio ambiente natural local e global. Em relação ao projeto de edificações em si, é essencial a utilização da visão sistêmica. Ela consolida as várias disciplinas envolvidas no projeto e revisa as recomendações como um todo. Reconhece que as recomendações de cada área têm um impacto em outros aspectos do projeto da edificação. Este enfoque permite que haja otimização tanto do desempenho da edificação quanto de seu custo.

A tentativa é de procurar minimizar as condições locais de degradação ambiental a partir do esforço individual – agir localmente – colocando em prática alguns dos conceitos levantados na Agenda 21 sobre Sustentabilidade das Cidades.

1.2 APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DOS CAPÍTULOS

Uma abordagem sobre a Agenda 21 Global e Agenda 21 Brasileira é feita no capítulo 2, para apresentar o contexto dos principais pontos abordados e a urgência da mudança de paradigmas. É feita também uma apresentação dos principais sistemas de avaliação ambiental de edificações existentes atualmente no mundo, com um enfoque específico na abordagem francesa HQE.

No terceiro capítulo, é feita uma revisão bibliográfica dos aspectos mais relevantes da arquitetura sustentável e seus principais elementos balizadores – eficiência energética, conforto higrotérmico, lumínico, e as variáveis arquitetônicas de impacto.

A relação da sustentabilidade, o uso racional da água e o saneamento urbano são discutidos no capítulo quatro nos seus aspectos relativos à habitação urbana.

O quinto capítulo descreve a filosofia envolvida no Projeto Ecohouse, transformando-o em um suporte de várias técnicas do conceito de habitação sustentável. Descreve os aspectos da Agenda 21 Local para o Rio de Janeiro e a Zona Sul. Apresenta os principais aspectos bioclimáticos e de sustentabilidade da avaliação ambiental da Ecohouse Urca, com a descrição dos sistemas utilizados referentes ao conforto higrotermico e luminico, eficiência energética, racionalização do uso da água e do esgoto, incluindo todas as referencias à situação anterior à reforma. São apresentadas neste capítulo as medições

referentes a:

- temperatura e umidade relativa em diversas situações distintas;
- nível de iluminação levando-se em conta o uso de algumas técnicas, e o conseqüente trade-off quanto ao conforto térmico;
- eficiência energética alcançada;
- racionalização atingida no uso da água.

A metodologia e a descrição dos equipamentos utilizados nas medições estão descritos no Anexo V.

2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – AGENDA 21, CAPITALISMO

NATURAL

Com a obra “O Nosso Futuro Comum” (BRUNDTLAND, 1987), de 1987, também conhecido por “Relatório Brundtland”, devido ao nome da sua autora Gro Harlem Brundtland, ex - Primeira Ministra da Noruega e Ex- Diretora -Geral da Organização Mundial de Saúde, é que começam a despontar com evidência os conceitos de Desenvolvimento Sustentável. Sua origem, porém, está na Conferência de Estocolmo sobre o Ambiente Humano, realizada em 1972 sob o lema “Na Terra nada nos pertence. Pedimos emprestado aos nossos filhos”.

O “Relatório Brundtland”, elaborado sob a égide das Nações Unidas na Comissão Mundial para o Ambiente e o Desenvolvimento se baseou em três princípios fundamentais:

1. Solidariedade inter - geracional;
2. Noção de recursos naturais limitados e necessidade da sua gestão racional;
3. Respeito pela capacidade de regeneração do ambiente;

definindo Desenvolvimento Sustentável como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”.

O Desenvolvimento Sustentável foi colocado em definitivo na agenda política mundial pela Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento (CNUAD), realizada no Rio de Janeiro em 1992, também conhecida como RIO 92 ou ECO 92, onde foi reafirmado o conceito lançado pelo Relatório Brundtland.

A implementação do Desenvolvimento Sustentável se baseava inicialmente em duas dimensões fundamentais: o desenvolvimento econômico e a proteção do ambiente. Após a Conferência Social de Copenhague, realizada em 1995, foi integrada a vertente social como terceiro pilar.

Atualmente deve-se acrescentar ainda a vertente institucional, relativa às formas de governança das instituições e dos sistemas legislativos (flexibilidade, transparência e

democracia) – nos seus diversos níveis – e para o quadro da participação dos grupos de interesses (sindicatos e associações empresariais) e da sociedade civil (organizações não governamentais, ONGs), considerados como parceiros essenciais na promoção do Desenvolvimento Sustentável.

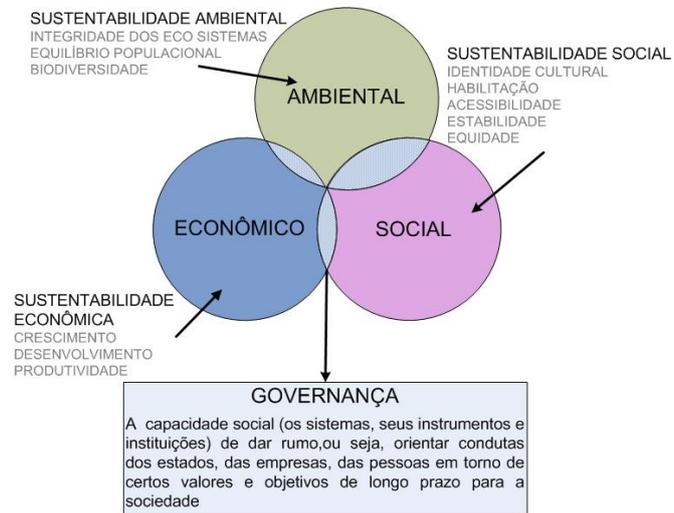


Figura 1: "Triple Bottom Line" mais o elemento de Governança

A ECO 92, em 1992 no Rio de Janeiro, produziu dois importantes documentos:

- A Declaração do Rio sobre o Ambiente e Desenvolvimento;
- Uma Agenda para o Século XXI, conhecida por Agenda 21, a qual no seu artigo 28º, reconhece o especial protagonismo dos governos e autoridades locais na concretização do Desenvolvimento Sustentável e propõe a preparação e implementação das Agendas 21 Local pelas cidades e municípios, como instrumento operacional, fortemente participativo, refletindo o conceito e os princípios da sustentabilidade e da Agenda 21 a nível local.

É sublinhada a importância da sociedade civil no processo da Agenda 21 Local. Isto implica em uma significativa participação dos cidadãos e suas organizações na sua definição e implementação, envolvendo fortes investimentos em educação e sensibilização ambiental e o estabelecimento de parcerias operativas entre os diversos agentes, que possam resultar numa política global e integrada para a sustentabilidade.

É então que surge a frase "Agir localmente, pensando globalmente", que resume de forma muito eficaz a interligação, cada vez mais nítida, entre os problemas e as ações à escala local e global, quando se trata de Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

É extremamente importante destacar como a revolução industrial fez com que a produtividade per-capita aumentasse tremendamente, em uma época em que a baixa produtividade era um fator limitador na exploração de um mundo natural de recursos aparentemente infinitos. Atualmente enfrentamos um tipo diferente de ESCASSEZ: abundância de pessoas com máquinas ultra-eficientes, porém com capital natural em declínio.

A tese do Capitalismo Natural, de LOVINS, A. (1999), diz respeito aos recursos naturais da Terra e aos sistemas ecológicos que fornecem serviços vitais de suporte à vida, à sociedade e a todas as coisas vivas. Estes serviços são de um imenso valor econômico; alguns são literalmente impagáveis, uma vez que não têm nenhum substituto conhecido. Apesar disto práticas negociais atuais não contabilizam os valores destes ativos – que só aumentam com sua escassez. Como resultado disto, o capital natural está sendo degradado e liquidado pelo uso esbanjador e perdulário de recursos como energia, materiais, água, fibras e o próprio solo. A próxima revolução industrial, como as anteriores, será uma resposta aos novos padrões de escassez e, ainda segundo LOVINS (1999), envolverá quatro mudanças principais na maneira de se fazer negócios -- incluindo aí o planejamento urbano das cidades -- que se reforçam mutuamente:

- *aumento radical da produtividade dos recursos naturais*: através de mudanças fundamentais em produção e tecnologia, empresas visionárias estão desenvolvendo maneiras de fazer os recursos naturais - energia, minerais, água, florestas – renderem cinco, dez, até 100 vezes mais do que o fazem atualmente. A economia resultante em custos operacionais, investimento de capital, e tempo, pode ajudar os capitalistas naturais a implementarem os outros três princípios;
- *mudança para modelos de produção e materiais inspirados na natureza (biomimetismo)*: o capitalismo natural procura não apenas reduzir o desperdício, mas eliminá-lo completamente. Em sistemas de produção de ciclo fechado, modelados na natureza, todo e qualquer produto é ou inócuaamente retornado ao ecossistema como um nutriente, como adubo, ou torna-se um input para outro processo de fabricação. Processos industriais que emulam a química benéfica da natureza reduzem a dependência de inputs não-renováveis possibilitando uma produção extremamente mais eficiente.
- *mudança para um modelo de negócios de fluxo contínuo*: tanto o biomimetismo como a alta produtividade dos recursos são recompensados pelo terceiro elemento do

capitalismo natural - a mudança do modelo de negócios, da venda de mercadorias ao leasing de um fluxo contínuo de serviços que vão ao encontro das necessidades dos clientes. Por exemplo, vender iluminação ao invés de vender lâmpadas; a Schindler faz o leasing de serviços de transporte vertical, em vez de vender elevadores; a Carrier está começando a fazer leasing de serviços relacionados ao conforto, em vez de vender aparelhos de ar condicionado. Essa mudança alinha os interesses de produtores e consumidores, premiando a todos pelo fato de estarem fazendo mais e melhor, com custo menor e com maior produtividade de recursos. Combinando os três primeiros princípios do capitalismo natural, a Interface faz o leasing de serviços de cobertura de pisos, em lugar de vender carpetes. A empresa substitui somente um quinto do revestimento de determinado ambiente de cada vez. Com isso, mantém a forração com permanente aparência de nova. Além do mais, a Interface lançou um produto que permite revestir pisos com baixo impacto ambiental e menores custos de produção. O resultado é que a Interface conseguiu, com esse modelo de serviço e com a eliminação do desperdício, dobrar a receita em quatro anos. Também quase dobrou o número de empregados e triplicou o lucro operacional;

- *reinvestimento no capital natural*: o quarto passo é que os capitalistas prudentes deverão reinvestir os lucros na restauração, na manutenção e na expansão do capital natural. O objetivo é incrementar a produção de recursos biológicos e serviços de ecossistemas. Esse é o ponto mais fácil de seguir, porque a Natureza se encarrega da produção. Tudo o que temos de fazer é sair do caminho e deixar que a vida floresça. Essa também é uma poderosa estratégia de negócios.

Espera-se que mais e mais empresas pautem em sistemas naturais os processos de produção e de suprimento. Conforme aumentem os reinvestimentos em capital natural, poucas indústrias se arriscarão a sofrer com a principal restrição que os negócios poderão sentir no século XXI: a natureza começar a falhar na entrega de serviços de ecossistema, e ainda mais grave, a destruição em massa causada por desastres naturais como os ocorridos no ano de 2005, como a onda de furacões que atingiu a área do Caribe e costa Sul dos Estados Unidos, e a seca prolongada na região Norte do Brasil.

A ausência de políticas públicas para enfrentar os crescentes problemas de infraestrutura leva seus responsáveis locais a adotarem soluções urgentes, mas de alcance menor,

paliativas e provisórias, freqüentemente mediante obras que só aceleram, pela precariedade, a decadência da cidade. O aporte de capital emergencial necessário para socorrer a população após estes desastres deve começar a ser investido em planejamento e implementação das ações descritas na Agenda 21, pois os efeitos da destruição da natureza são sentidos a *longo prazo e são irreversíveis*.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E AGENDA 21 LOCAL BRASILEIRA

Na prática, o maior desafio da Agenda 21 brasileira é internalizar, nas políticas públicas do país e em suas prioridades regionais e locais, os valores e princípios do desenvolvimento sustentável, como meta a ser atingida no mais breve tempo possível. Para tanto, é necessário um compromisso coletivo, envolvendo os mais diferentes atores, inclusive os meios de comunicação, para a produção de grandes impactos que contagiem a todos. A chave de seu sucesso depende da capacidade coletiva de mobilizar, integrar e dar prioridade a algumas ações seletivas de caráter estratégico, que concentrem esforços e desencadeiem grandes mudanças.

Criada por decreto, no âmbito da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais da Presidência da República em 26 de fevereiro de 1997, a CPDS - Comissão de Política de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Brasileira - tem por finalidade propor políticas e estratégias de desenvolvimento sustentável e coordenar a elaboração e implementação da Agenda 21 Brasileira.

Em 03 de fevereiro de 2004, o presidente Luíz Inácio Lula da Silva assinou decreto ampliando a CPDS, de 10 para 34 membros, dando-lhe maior representatividade e capacidade de coordenação do processo da Agenda 21 e procurando envolver o conjunto do governo federal nesse processo.

A Agenda 21 Brasileira é composta até o presente momento de dois documentos distintos:

- Agenda 21 Brasileira – Ações Prioritárias (MMA, 2004), que estabelece os caminhos preferenciais da construção da sustentabilidade brasileira,
- Agenda 21 Brasileira - Resultado da Consulta Nacional. (MMA, 2004)

No primeiro, a Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional - CPDS – enumera os desafios emergenciais a serem enfrentados pela sociedade brasileira rumo a um novo desenvolvimento. Estão organizados em 21 ações prioritárias, como: a economia da poupança na sociedade do conhecimento, a inclusão social por uma sociedade solidária, a estratégia para a sustentabilidade urbana e rural, os recursos naturais estratégicos - água, biodiversidade e florestas, e a governança e ética para a promoção da sustentabilidade.

O documento Agenda 21 Brasileira – Resultado da Consulta Nacional, elaborado também pela CPDS é resultado das discussões realizadas em todo o território nacional sobre a construção da Agenda 21 Brasileira. Para a consulta nacional foi desencadeado um amplo debate em torno da construção da Agenda 21. A representatividade e o compromisso social dos participantes resultaram em propostas que visam mudanças em todos os níveis: das questões das minorias, da pobreza e da exclusão, até as necessárias adequações tecnológicas nos diversos setores da economia e o melhor aproveitamento da vocação ambiental de cada bioma.

Com o processo de consulta nacional, compreendendo as fases da consulta temática, em 1999, da consulta aos estados da federação, ocorrida em 2000, e dos encontros regionais realizados em 2001, foram relacionados, nominalmente, seis mil atores sociais representantes de diferentes instituições. Como cada reunião foi precedida de encontros de sensibilização, principalmente na fase estadual, quando os parceiros regionais, num período de quatro meses para cada estado, realizaram reuniões pelo interior, estima-se que 40 mil pessoas, nesses quatro anos, foram envolvidas no processo.

A metodologia de trabalho aprovada pela CPDS selecionou as áreas temáticas e determinou a forma de consulta e construção do documento Agenda 21 Brasileira. A escolha dos temas centrais foi feita de forma a compreender a complexidade do país e suas regiões dentro do conceito da sustentabilidade ampliada. São eles: *gestão dos recursos naturais, agricultura sustentável, cidades sustentáveis, infra-estrutura e integração regional, redução das desigualdades sociais e ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável*. As áreas temáticas tiveram como princípio para sua definição não só a análise das potencialidades, como é o caso da gestão dos recursos naturais, grande diferencial do Brasil no panorama

internacional, mas, também, fragilidades reconhecidas historicamente no processo de desenvolvimento, ou seja, as desigualdades sociais.

A análise dos seis documentos de subsídios revela uma paridade estrutural em suas formas. Todos, em maior ou menor grau, são propositivos e consideram relevante (de forma mais ou menos explícita) o princípio da subsidiariedade, ou seja, descentralizar, desconcentrar, operar em parcerias, desonerar o poder público de funções produtivas, sempre que esteja assegurada a capacidade reguladora do Estado. Ainda assim, o papel do Estado como ente maior na promoção do desenvolvimento sustentável é uma evidência incontestável em todo o processo.

Sobre lacunas verificadas nos seis documentos, cabe assinalar que as referências a temas que repercutem nos debates internacionais são ínfimas. É o caso das mudanças climáticas, da nova geopolítica resultante da ordem internacional globalizada e unipolar. Outros pontos igualmente relevantes, como a competitividade da economia brasileira no cenário internacional ou o papel que se espera do país na economia mundial, foram relegados a um plano indireto.

Para a definição de uma metodologia que pudesse dar nova formatação às proposições apresentadas após os encontros regionais em 2001, sob estrutura de um quadro, analisou-se a literatura acerca da elaboração de agendas, tendo como marco referencial o documento da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento - a Agenda 21 e os documentos para a elaboração da agenda nacional. Essa análise constatou que as contribuições apresentadas, em sua essência, podem ser alinhavadas em cinco dimensões da sustentabilidade - a geoambiental, a social, a econômica, a político-institucional e a da informação e do conhecimento. A tabela abaixo apresenta em forma de matriz-síntese, o conjunto de linhas estratégicas identificadas para cada dimensão da agenda.

Uma constatação marcante foi a preponderância de propostas centradas na dimensão político- institucional, especialmente na ênfase de se delegar iniciativas às instituições públicas - como foi o caso do tema cidades sustentáveis. Se por um lado essa tendência reflete o desejo de mudança na ação estatal, por outro, credita a responsabilidade de execução e implementação da Agenda prioritariamente ao poder público.

A Agenda 21 passou de ação a programa no Plano Plurianual de Governo, PPA 2004-2007, uma vez que seu escopo envolve problemas estruturais amplos, que demandam maior consenso, e soluções integradas, de médio e longo prazos, e só poderão ser tratadas a partir de responsabilidades efetivas e compartilhadas entre governo e sociedade. O Programa Agenda 21 no PPA 2004-2007 está estruturado em três ações: implementar a Agenda 21 Brasileira, promover a elaboração e implementação de Agendas 21 Locais e formação continuada em Agenda 21.

Tabela 1: Linhas estratégicas estruturadoras da Agenda 21 Brasileira, segundo as diferentes dimensões da sustentabilidade

Fonte: resultado da consulta nacional AG21

DIMENSÕES	LINHAS ESTRATÉGICAS				
GEOAMBIENTAL	1. Uso sustentável, conservação e proteção dos recursos naturais	2. Ordenamento territorial.	3. Manejo adequado dos resíduos, efluentes, das substâncias tóxicas e radioativas.	4. Manejo sustentável da biotecnologia.	
SOCIAL	5. Medidas de redução das desigualdades e de combate à pobreza.	6. Proteção e promoção das condições de saúde humana e seguridade social.	7. Promoção da educação e cultura, para a sustentabilidade.	8. Proteção e promoção dos grupos estratégicos da sociedade.	
ECONÔMICA	9. Transformação produtiva e mudança dos padrões de consumo.	10. Inserção econômica competitiva.	11. Geração de emprego e renda reforma agrária e urbana.	12. Dinâmica demográfica e sustentabilidade.	
POLÍTICO/ INSTITUCIONAL	13. Integração entre desenvolvimento e meio ambiente na tomada de decisões.	14. Descentralização para o desenvolvimento sustentável.	15. Democratização das decisões e fortalecimento do papel dos parceiros do desenvolvimento sustentável.	16. Cooperação, coordenação e fortalecimento da ação institucional.	17. Instrumentos de regulação.
DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO	18. Desenvolvimento tecnológico e cooperação, difusão e transferência de tecnologia	19. Geração, absorção, adaptação e inovação do conhecimento.	20. Informação para a tomada de decisão.	21. Promoção da capacitação e conscientização para a sustentabilidade.	

As políticas de desenvolvimento sustentável nem sempre são jogos de soma positiva. Ao contrário, durante a consulta nacional com frequência surgiram conflitos e tensões políticas e sociais, contrapondo os objetivos restritos do crescimento econômico às exigências mais amplas da sustentabilidade. Nesses casos, para que o processo de implementação se viabilize em torno das estratégias e ações propostas, torna-se necessário que haja maior nitidez nas negociações de médio e longo prazo, para aliviar as pressões de curto prazo onde predomine o cálculo econômico imediato. É o princípio da progressividade atuando em favor do desenvolvimento sustentável.

Experiências históricas de exploração predatória dos diferentes biomas ilustram os desafios da sustentabilidade, dentro do atual padrão de acumulação e de crescimento econômico do país. Da mesma forma, o processo produtivo, gerador de impactos negativos, é o mesmo que produz os benefícios do crescimento do emprego, da renda e da arrecadação tributária, trazendo à tona os inúmeros conflitos de interesses entre diferentes atores sociais, e entre instituições públicas e organizações privadas – dentro da visão do modelo de negócios predominante atualmente (ver pág 7 – modelo de negócios de fluxo contínuo).

A ausência de negociação no processo de planejamento leva os conflitos entre objetivos a soluções casuísticas, que refletem, em última instância, a pressão de grupos de interesse. Historicamente, as políticas, programas e projetos de desenvolvimento socioambiental têm demonstrado menor poder de barganha.

Para que as propostas estratégicas da Agenda 21 Brasileira possam ser executadas com maior eficácia e velocidade será indispensável que:

- o nível de consciência ambiental e de educação para a sustentabilidade avance;
- o conjunto do empresariado se posicione de forma proativa quanto às suas responsabilidades sociais e ambientais;
- a sociedade seja mais participativa e que tome maior número de iniciativas próprias em favor da sustentabilidade;
- a estrutura do sistema político nacional apresente maior grau de abertura para as políticas de redução das desigualdades e de eliminação da pobreza absoluta;

- o sistema de planejamento governamental disponha de recursos humanos qualificados, com capacidade gerencial, distribuídos de modo adequado nas diversas instituições públicas responsáveis;
- as fontes possíveis de recursos financeiros sejam identificadas em favor de programas inovadores estruturantes e de alta visibilidade.

Ao contrário do que ocorreu no passado, quando o termo desenvolvimento praticamente se confundia com o crescimento econômico, hoje a mesma palavra designa um conjunto de variáveis, novas e interdependentes, que transcendem a economia em seu sentido estrito. As dimensões social, ambiental, político-institucional, científico-tecnológica e cultural impregnam o paradigma de tal sorte que fica difícil até mesmo distingui-las ou precisar entre elas a mais relevante. Esse é o sentido mais profundo da dimensão holística no novo paradigma de desenvolvimento sustentável.

2.2 CIDADES SUSTENTÁVEIS

Esse tema incorpora os principais objetivos da Agenda 21 Global e da Agenda Habitat², particularmente os que se referem à promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos.

A problemática social e a problemática ambiental urbana são indissociáveis. A sustentabilidade das cidades tem que ser situada na conjuntura e dentro das opções de desenvolvimento nacional. A sua viabilidade depende da capacidade das estratégias de promoção da sustentabilidade integrarem os planos, projetos e ações governamentais de desenvolvimento urbano, entendendo que as políticas federais têm um papel indutor fundamental na promoção do desenvolvimento sustentável como um todo.

A chamada sustentabilidade das cidades depende do cumprimento de uma agenda específica - a chamada Agenda Marrom. A Agenda Marrom preocupa-se, sobretudo, com a melhoria da qualidade sanitário-ambiental das populações urbanas. No Brasil, essa pauta tem

² Agenda Habitat: os compromissos internacionais assumidos pelos países participantes durante a Segunda Conferência das Nações Unidas para os Assentamentos Humanos - Habitat II, realizada na cidade de Istambul, Turquia, em 1996.

especial significado e o principal indicador de progresso que podemos utilizar será a universalização dos serviços de saneamento ambiental nas cidades brasileiras.

O objetivo maior da Agenda 21 Local é servir de subsídio à elaboração e implementação de políticas públicas, orientadas para o desenvolvimento sustentável. Os processos em andamento mostram que a Agenda 21, além de ser um instrumento de promoção do desenvolvimento sustentável, é também um poderoso instrumento de gestão democrática das cidades e validação social das propostas do Estatuto da Cidade (regulamentação dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal) e seus Planos Diretores (os pressupostos atuais de "reconstruir" as cidades com estratégias ecológicas e visão do entorno, tem sido colocada tanto pelos ambientalistas -- com as idéias de capacidade de suporte, pegada ecológica, equilíbrio energético, conforto ambiental, entre outras -- quanto pelos urbanistas, que entre as conferências Habitat I e II mudaram seu enfoque sobre as cidades e sua contribuição para o fortalecimento das organizações sociais).

No setor da construção civil, as interpretações da Agenda 21 mais relevantes são:

- a Agenda Habitat II, assinada na Conferência das Nações Unidas realizada em Istambul, em 1996;
- a CIB³ Agenda 21 on Sustainable Construction (de 1999), que contempla, entre outros, medidas para redução de impactos através de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciados ao longo do tempo;
- a CIB/UNEP Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries (de 2002).

Segundo a Agenda 21 Brasileira, a principal tarefa que se coloca aos gestores do território e especificamente do espaço urbano, é a de reorganizar o sistema de gestão, horizontalizando as instâncias de decisão. Resumidamente sugere-se, entre outras coisas, o incentivo ao surgimento e reforço de cidades médias, ou de assentamentos menores devidamente articulados em rede no contexto da dinâmica funcional de pólos maiores, representados pela grande cidade. A preferência a projetos integrados, de menor custo e

³ CIB: "Conseil International du Bâtiment" – atual International Council for Research and Innovation in Building and Construction

impacto sócio ambiental. A dimensão ambiental deve ser incorporada às políticas setoriais urbanas (habitação, abastecimento, saneamento, ordenação do espaço urbano, entre outras), utilizando critérios e indicadores sócio ambientais de melhoria da qualidade de vida, necessariamente atrelados a processos de validação social local.

Pesquisa realizada pelo Ministério do Meio Ambiente, em 1999, revelou que número expressivo de comunidades e governos locais desconhecia os compromissos assumidos pelo Brasil nos fóruns internacionais pertinentes à implementação do desenvolvimento sustentável no país. A falta de informações sobre conceitos básicos e metodologias de planejamento para esse tipo de desenvolvimento aparecia, de modo evidente, como forte obstáculo à preparação das Agendas 21 Locais. Esse resultado motivou o MMA a elaborar a primeira edição do Construindo a Agenda 21 Local (MMA, 1999).

A primeira questão a responder é o que se quer sustentar, manter, fazer durar. É a cidade em que temos vivido? Uma cidade onde os recursos naturais são cada vez mais dizimados e onde a exclusão social e sua face mais gritante, a violência urbana, são crescentes? Não sendo esta a cidade que se quer sustentável, há que se qualificar a sustentabilidade de que se fala. Enquanto o discurso hegemônico apresenta a questão ambiental e a sustentabilidade como um consenso, um interesse comum a todos, cabe aqui apontar o viés ideológico presente nesta concepção. A rigor, o acesso aos recursos naturais, assim como os impactos gerados por sua destruição, não são homogeneamente distribuídos entre os diversos grupos da sociedade, sendo mais uma face a refletir a desigualdade social e a desigualdade de poder que os diversos grupos detêm.

O documento “Cidades Sustentáveis – Subsídio à Elaboração da Agenda 21 Brasileira” (LIMA BEZERRA, M.C. e FERNANDEZ, M., 2000), indica quatro estratégias de sustentabilidade urbana identificadas como prioritárias para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras:

- Aperfeiçoar a regulamentação do uso e da ocupação do solo urbano e promover o ordenamento do território, contribuindo para a melhoria das condições de vida da população, considerando a promoção da equidade, a eficiência e a qualidade ambiental;

- Promover o desenvolvimento institucional e o fortalecimento da capacidade de planejamento e de gestão democrática da cidade, incorporando no processo a dimensão ambiental urbana e assegurando a efetiva participação da sociedade;
- Promover mudanças nos padrões de produção e de consumo da cidade, reduzindo custos e desperdícios e fomentando o desenvolvimento de tecnologias urbanas sustentáveis;
- Desenvolver e estimular a aplicação de instrumentos econômicos no gerenciamento dos recursos naturais, visando à sustentabilidade urbana.

Dentro do contexto de cidades sustentáveis, apenas uma transformação radical nos padrões de consumo e nos processos de produção poderá produzir os efeitos necessários. Na União Européia, o setor da construção civil responde por 11% do PIB, no Brasil esta parcela está acima de 14% (LAMBERTS e WESTPHAL, 2000) do PIB. Assim como o impacto econômico, o impacto ambiental deste setor é muito expressivo: os números variam de país a país, mas em linhas gerais, a indústria da construção civil e seus produtos consomem aproximadamente 40% da energia e dos recursos naturais, e geram 40% dos resíduos produzidos por todo o conjunto de atividades humanas. Cerca de 6% do CO₂ gerado no Brasil é oriundo da descarbonatação do calcário durante a produção do cimento (JOHN, V.M.; ZORDAN, S.E., 2000). A operação de edifícios consome cerca de 18% do consumo total de energia do Brasil (cerca de 50% da energia elétrica) e esta participação está crescendo (LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F, 2000).

Assim, este setor é também um importante gerador de poluição, e fica patente que não há desenvolvimento sustentável sem construção sustentável. Consequentemente, qualquer sociedade que procure atingir um desenvolvimento mais sustentável precisa necessariamente passar pelo estabelecimento de políticas ambientais específicas para a construção civil.

Em 1999, o CIB publicou pioneiramente a Agenda 21 on Sustainable Construction, recentemente traduzida para o português pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP. Este relatório detalha os conceitos, aspectos e desafios apresentados pelo chamado desenvolvimento sustentável para a construção civil. O papel da construção sustentável foi precisamente posicionado e, neste panorama, foram apontados alguns desafios para a indústria da construção. No entanto, a maior parte das contribuições

para esta publicação veio de países desenvolvidos de forma que muitos dos aspectos, desafios e soluções delineados eram próprios apenas para países desenvolvidos. De certa forma, a visão do primeiro mundo domina a discussão de desenvolvimento sustentável a nível internacional.

No entanto, as peculiaridades ambientais, econômicas e sócio-culturais dos países em desenvolvimento delineiam uma outra abordagem para implementação de estratégias de desenvolvimento e, conseqüentemente, de construção sustentável, hipótese defendida por JOHN et al (2001). Assim, em 2002 foi publicada a Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries (Ag21 PD), como contribuição à UNCED de Johannesburg (Rio +10).

O ponto-chave que diferencia a abordagem da Ag21 PD em relação à primeira Agenda 21 do CIB é a ênfase na necessidade de integração da agenda verde e da agenda marrom nos países em desenvolvimento, apontada anteriormente na Agenda 21, na Agenda Habitat II e numa série de outros trabalhos.

A agenda verde concentra-se no problema de equilibrar o consumo possível aos recursos disponíveis. Procura reduzir o impacto ambiental da produção do ambiente construído, consumo e geração de resíduos, com ênfase na proteção e bem-estar de ecossistemas e reservas de recursos naturais que proporcionam condições de vida às gerações futuras, nas escalas local, regional e global, e num horizonte de tempo de longo prazo. Já a agenda marrom enfoca os problemas de pobreza, subdesenvolvimento e riscos à saúde, derivados de poluição do ar e da água, do acúmulo local de resíduos, de condições sanitárias deficientes, de superpopulação, e de provisão deficiente de água e serviços urbanos, com ênfase nos aspectos de saúde e bem-estar humano, em escala local e num horizonte de tempo imediato (MCGRANAHAN, G.; SATTERTHWAITTE, D., 2000).

Para abranger a ampla diversidade dos países em desenvolvimento, a Ag21 PD resultou inevitavelmente genérica. Dentro do grupo de países em desenvolvimento, o caso do Brasil é peculiar: devido a uma das maiores desigualdades de distribuição de renda em todo o

mundo, em que os 20% mais ricos recebem 30 vezes mais que os 20% mais pobres⁴, tem-se Áfricas e Europas convivendo lado a lado em um só país. Neste sentido, nem a abordagem dada na Agenda do CIB de 1999, nem a da Ag 21 CIB/UNEP, é totalmente aderente à realidade brasileira. Mas estas duas agendas são documentos de referência e protocolos valiosos para a ligação entre as agendas globais e a agenda setorial, que devem ser analisados juntamente com percepções nacionais específicas.

ANDRADE (2005), em sua dissertação de mestrado, verificou que o confronto entre as agendas verde e marrom já não acontece nos países desenvolvidos, devido, principalmente, aos momentos diferenciados em seus processos de industrialização, uma vez que suas cidades trataram seus problemas urbanos locais com intensas práticas e teorias urbanísticas ao longo do século XX, ainda que desenvolvidos com base em um modelo poluidor no âmbito global. Por meio de avaliações de impactos, como o da pegada ecológica, foi constatado que a forma como vêm sendo desenvolvidas as aglomerações urbanas acarretará na instabilidade do planeta. Portanto, tais países estão preocupados em resolver os impactos causados ao meio ambiente na escala global no viés da Agenda Verde - uma vez que devastaram suas florestas - como a preservação de florestas e biodiversidade, além de tentar evitar as mudanças climáticas.

Diferentemente, nos países em desenvolvimento que estão vivendo seu processo de industrialização e urbanização acelerada, as cidades necessitam ponderar seus problemas ambientais urbanos locais no âmbito da Agenda Marrom: poluição do ar, da água e do solo, coleta e reciclagem do lixo e ordenamento territorial.

ANDRADE (2005) defende a idéia de que os princípios de sustentabilidade ambiental - proteção ecológica (biodiversidade), adensamento urbano, revitalização urbana, implantação de centros de bairro e desenvolvimento da economia local, implementação de transporte sustentável e moradias economicamente viáveis, comunidades com sentido de vizinhança, tratamento de esgoto alternativo, drenagem natural, gestão integrada da água, energias alternativas e finalmente as políticas baseadas nos 3R's (reduzir, reusar e reciclar) –

⁴ Dados do World Bank, disponíveis em <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/0,,contentMDK:20523710~hlpk:1365919~menuPK:64133159~pagePK:64133150~piPK:64133175~theSitePK:239419,00.html>

se aplicam no ambiente urbano, como um todo, independente da escala. As estratégias elaboradas por Andrade, descritas em sua dissertação de mestrado, remetem às ações propostas no resultado da consulta nacional da Agenda 21 Brasileira.

2.3 OS AGENTES DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A adoção de práticas mais sustentáveis ao longo do ciclo de vida de edifícios é, antes de tudo, uma questão de cultura e educação dos agentes envolvidos, incluindo usuários finais, para que a consideração da sustentabilidade - e de seus benefícios – torne-se um dos objetivos do empreendimento. Os clientes controlam a localização do empreendimento e o que será construído. Clientes e empreendedores sensibilizados por preocupações ambientais são a peça mais importante em termos de direcionamento físico do desenvolvimento e alteração urbana, e de conservação de biodiversidade e ecologia local; e podem ser uma influência positiva na proteção, mitigação e melhoria de biodiversidade em sítios com algum valor ecológico. Mais ainda: clientes e empreendedores criam a demanda e definem as características dos novos empreendimentos, o desempenho esperado e quanto estão dispostos a investir neles. As maiores barreiras para se fazer mais pela sustentabilidade dos edifícios são provavelmente de ordem comercial: se o cliente não incluir sustentabilidade como prioridade, as possibilidades de ação pró-ativa de projetistas e construtores quanto a sustentabilidade tornam-se limitadas e pouco prováveis. As margens de lucro são limitadas na construção civil, e existe um receio generalizado do mercado de envolver-se em ações que possam reduzi-las ainda mais.

Estimativas sobre a quantidade de tempo que as pessoas gastam dentro do ambiente “construído” (incluindo veículos, ou seja, o transporte), varia entre 80% a 90% do total. Além das questões de uso de recursos e poluição que envolvem o setor da construção civil, o fato de assegurar que o ambiente construído seja saudável e agradável para seus ocupantes está começando a ser percebido como uma questão crucial de produtividade.

Se os padrões atuais não mudarem, a expansão do ambiente construído irá destruir ou perturbar habitats naturais e a vida selvagem em mais de 70% da superfície terrestre do planeta até 2032, impulsionados principalmente pelo aumento da população, atividade econômica e urbanização (UNEP/ Earthscan, 2002).

A demanda por abrigo em países menos desenvolvidos é tão premente que só pode ser alcançada por “habitações informais” – ou favelas – construídas pelos próprios usuários, quase sempre ilegais e sem a infra estrutura básica. A cidade do Rio de Janeiro ganhou 119 favelas entre 1991 e 2000, um crescimento de 30,2% (IBGE, 2002).

Comparado a outros produtos industriais, edificações e infra-estrutura são um caso incomum porque eles apresentam longa durabilidade. Estruturas sendo construídas hoje em países em desenvolvimento terão uma vida útil média de 80 anos. Em muitos países encontramos edifícios, pontes e outras estruturas que têm centenas de anos. Isto significa que, por exemplo, o projeto de um edifício de escritórios ou um viaduto terá uma repercussão de longo prazo tanto no desempenho desta edificação quanto nos impactos ambientais causados por ela. Portanto, para se conseguir um balanço positivo quanto a estes aspectos – edificações de alto desempenho e baixo impacto ambiental – é vital que os princípios da sustentabilidade sejam incorporados nos primeiros estágios de qualquer projeto.

Os projetistas influenciam a sustentabilidade do empreendimento ao tomar decisões quanto à forma e a implantação do edifício, influenciando o grau em que o sítio original será afetado ou que novos habitats possam ser criados. As decisões arquitetônicas têm ainda grande impacto econômico e social, pela qualidade dos espaços criados e seu efeito na saúde, conforto, satisfação e produtividade dos usuários. Os projetistas brasileiros ainda não estão atentos aos aspectos ambientais da construção, ou às possibilidades de prover boa qualidade do ambiente interno com baixo emprego de capital natural e financeiro. Como os clientes, os projetistas tendem a pensar e atuar com base em empreendimentos individuais, isto é: em um determinado projeto, em que aspectos ambientais se mostrem importantes, eles tentam considerá-los adequadamente, desde que não haja implicações comerciais onerosas nem objeções do cliente.

Os construtores são os agentes mais visíveis no processo e, conseqüentemente, aqueles normalmente culpados por prejuízo ou destruição ambiental. Na realidade, porém, salvo se forem também os empreendedores, os construtores cumprem obrigações contratuais definidas previamente por clientes e projetistas. Assim, quando o contrato de construção é feito, já é normalmente tarde demais para se fazer alterações significativas do processo que possam torná-lo mais sustentável. Por outro lado, como os construtores efetivamente

constroem o projeto, eles têm (diferentemente dos processos de planejamento, projeto e gestão da operação do edifício) o poder de influenciar a maneira como o processo de construção afeta não só o sitio original, mas a comunidade local, em termos ambientais, econômicos e sociais. Adicionalmente, a etapa de construção encerra parte considerável do impacto social e econômico de todo o ciclo do empreendimento. A implementação de políticas para sustentabilidade e de instrumentos de informação tem, portanto, no grupo de construtores um dos maiores potenciais de benefício dentre os agentes envolvidos em todo o ciclo, que provavelmente só encontra paralelo entre os projetistas.

Finalmente, o desempenho do edifício em uso resulta da combinação do desempenho potencial, esperado a partir das decisões de projeto e construção tomadas por todos os atores envolvidos, em conjunto, no início do projeto, e de padrões de comportamento dos usuários, que podem diferir – positiva ou negativamente – das expectativas assumidas nos defaults de projeto. O longo período de uso potencializa a interferência dos usuários e gestores do edifício, mas em um momento em que há pouco o que se fazer para obter melhoria significativa; na verdade, normalmente espera-se mais que o usuário e o planejamento da gestão contribuam para a manutenção do desempenho esperado em projeto do que possam realmente vir a melhorá-lo.

2.4 AVALIAÇÃO E/ OU CERTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Uma edificação sustentável incorpora técnicas de projeto e de construção que reduzam ou eliminem o impacto negativo da edificação no meio ambiente e em seus ocupantes. Como saber se este objetivo foi alcançado, e em que medida?

Para tanto foram criados sistemas de avaliação do desempenho de edificações e sistemas de certificação de edificações. Os sistemas de certificação de edificações possibilitam que além de facilitar a medição dos resultados positivos ou negativos para o meio ambiente, saúde dos ocupantes e cálculo do retorno financeiro (o que fazem os sistemas de avaliação de edificações), os projetos certificados possam ser utilizados como “benchmark” da indústria, sejam reconhecidos como líderes, estimulem o crescimento deste mercado, consigam estabelecer um valor de mercado com um *selo nacional reconhecido* (como os selos do Procel e do Inmetro para produtos), e divulguem as melhores práticas.

A certificação de edificações distingue projetos que demonstram um comprometimento com a sustentabilidade através da adoção de altos padrões de desempenho. Em países europeus e na América do Norte, já se faz uso de certificação (etiquetagem) das edificações, possibilitando aos usuários optarem por:

- edificações energeticamente eficientes (mais econômicas), que portanto contribuem para a conservação de energia e conseqüentemente para com o meio ambiente.
- uso de estratégias sustentáveis para o desenvolvimento do uso do solo;
- racionalização do uso da água;
- uso dos 3 Rs para a seleção de materiais: redução, reuso e reciclagem – nesta ordem;
- melhoria do conforto ambiental interno

Por meio de um mecanismo simples e de fácil interpretação (a etiqueta), a população passa a interagir com o tema, na medida em que pode facilmente optar por edificações de maior rendimento e naturalmente vai pondo à margem do mercado as empresas que não se adequarem à nova realidade, esse mesmo mecanismo permite às empresas demonstrarem seu diferencial umas frente às outras, o que passa a ser aproveitado como oportunidade de marketing.

O impacto ambiental da construção civil ocorre em toda a cadeia produtiva, desde a concepção dos edifícios até a sua demolição (conceito berço ao túmulo ou “cradle-to-grave”). O projeto (concepção) da edificação permite planejar não apenas a forma final do produto edifício, definindo uma série de aspectos da edificação que influenciam na qualidade e produtividade do processo construtivo. É a partir de definições como formas geométricas da edificação, a sua localização no terreno, as soluções estruturais, a especificação dos materiais, componentes e tecnologias e o padrão de acabamento e detalhamento que são estabelecidas a otimização ou não da execução e o efeito no seu entorno. Segundo ANDI e MINATO (2003), embora a etapa de projeto seja responsável por menos de 1% do custo do ciclo de vida de um empreendimento (ou menos de 10% dos custos de construção), o projeto é a etapa que exerce maior influência nesses custos. Além disso, a possibilidade de intervenção nas fases de estudo de viabilidade e de projeto é muito maior que nas outras etapas do empreendimento. Desta maneira, avalia-se que o investimento em projeto é essencial na medida em que as características de execução, uso, operação e manutenção são totalmente condicionadas pela qualidade do projeto e podem representar ganhos significativos de rentabilidade.

Atualmente existem diversas metodologias para avaliação de edifícios. Aqui apresentamos apresenta algumas, de destaque no cenário mundial.

Tabela 2: Iniciativas relacionadas ao desenvolvimento de metodologias de avaliação de edifícios

Fonte: Silva (2003)

País/região	Instituição	Iniciativa
Austrália	<i>Sustainable Technology / BHP (Steel) Research</i>	LISA (LCA in Sustainable Architecture), software LCA
	<i>Department of Public Works and Services, da cidade de Sidney</i>	LCAid , software de auxílio a projetistas
	<i>Environment Australia (Department of the Environment and Heritage)</i>	NABERS (National Australian Building Environment Rating Scheme)
Estados Unidos	<i>US Green Building Council (USGBC)</i>	LEED™ (Leadership in Energy and Environmental Design)
	Administrações municipais e estaduais	Greenbuilder (Austin, Texas) High Performance Building Guidelines (New York City, New York) Minnesota Sustainable Design Guide - MSDG (Estado de Minnesota)
Europa	<i>Building Research Establishment (BRE), no Reino Unido</i>	BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
	<i>Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) e Universidade de Savoy, na França</i>	ESCALE
	<i>Centre for Building Environment (CBE) do Royal Institute of Technology (KTH²¹), na Suécia</i>	Environmental Status of Buildings e Eco-effect
	<i>Danish Building and Urban Research (BYogBIG²²), na Dinamarca</i>	BEAT 2002
	<i>Finnish Association of Building Owners and Construction Clients (RAKLI), na Finlândia</i>	PromisE
	<i>Building Research Institute (NBI²³), na Noruega</i>	Eco-Profile
	<i>W/E consultants e Municipalidade de Rotterdam, Holanda</i>	Rotterdams Puntensysteem
Canadá	<i>Environmental Research Group, da British Columbia University</i>	BEPAC (Building Environmental Performance Assessment Criteria)
	<i>National Resources Canada – NRCan</i>	CBIP, C-2000 e início do processo Green Building Challenge (GBC)
Japão	<i>Japan Sustainability Building Consortium (JSBC)</i>	CASBEE
	<i>Building Research Institute</i>	BEAT (Building Environmental Assessment Tool)
Hong Kong, China	<i>Centre of Environmental Technology, Ltd</i>	HK-BEAM

Segundo SILVA (2003), não é possível copiar, traduzir ou simplesmente aplicar um método estrangeiro no contexto brasileiro ou de qualquer outro país, por maior que tenha sido o sucesso obtido em seu país de origem porque:

- *o que estes métodos avaliam é insuficiente: todos eles detêm-se na avaliação ambiental, e os itens ambientais avaliados não necessariamente refletem a agenda*

brasileira. O Brasil exibe um conjunto de graves problemas sociais, traduzidos por indicadores alarmantes de desigualdade e de pobreza (IBGE, 2002; Instituto ETHOS, 2002). O setor de construção brasileiro emprega milhões de trabalhadores. Este uso intensivo de mão-de-obra e a participação significativa no PIB posicionam o setor como um motor potencial na criação e distribuição de valor, com repercussão direta no alívio de pobreza, desenvolvimento humano e inclusão social; provisão de condições dignas e seguras de trabalho e de capacitação e treinamento técnico-ambiental continuado e formal; e prosperidade e fortalecimento de comunidades localmente. Para ser aderente a esta condição de país em desenvolvimento, os objetivos ambientais, sociais e econômicos da construção sustentável devem ser integrados na composição das avaliações de edifícios.

- a forma *como estes métodos avaliam* é inapropriada para o Brasil, porque:
 - para prover resultados aderentes ao contexto de avaliação é necessário definir localmente um critério de ponderação; e
 - não há dados nacionais de LCA⁵, e é inconsistente avaliar impactos de materiais brasileiros com base em dados estrangeiros.
- *o quanto deve ser atingido* em cada método é definido pela sinergia de fatores como tecnologias e produtos disponíveis em cada mercado, práticas construtivas, normas vigentes, que, juntos, delineiam níveis de referência e metas que mudam de um contexto a outro.

SILVA (2003) defende a idéia de que a qualidade de um método de avaliação de edifícios é determinada por quatro princípios essenciais:

- Para ser tecnicamente consistente, um método de avaliação deve ser adaptado a dados nacionais relevantes;
- Para ser viável praticamente, um método de avaliação deve ser adaptado ao mercado, práticas de construção e tradições locais;

⁵ Life-Cycle Analysis (Análise do Ciclo de Vida): processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacto ambiental desses usos de energia e matéria e das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais. A avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reuso, manutenção; reciclagem e disposição final (definição elaborada pela SETAC - Society for Environmental Toxicology and Chemistry - em 1991)

- Para ser absorvido e difundir-se rapidamente, um método de avaliação deve ser desenvolvido em parceria com as principais partes interessadas: investidores, empreendedores/ construtores, projetistas;
- Para ser apropriado ao contexto nacional, os itens avaliados no método devem ser ponderados para refletir prioridades e interesses nacionais.

Apesar de as LCAs energéticas terem possibilitado uma visão mais abrangente da performance desde os anos 70, elas não conseguiram ser inseridas no discurso ambiental corrente à época. Pesquisas efetuadas por KOHLER (1987) e outros europeus no final dos anos 80 anunciaram o começo de um entendimento muito mais rigoroso e abrangente dos impactos do ciclo-de-vida nas edificações.

A noção da LCA está atualmente aceita entre a comunidade de pesquisa ambiental como a única base legítima sobre a qual se podem comparar materiais, componentes, elementos, serviços e edifícios inteiros – diversos entre si. Várias ferramentas de análise como o EcoQUantum (Holanda), EcoEffect (Suécia), ENVEST (UK) e a ATHENA (Canadá) aderem aos rigores da LCA.

Métodos de análise significativos que usam LCA⁶ lidam em geral com muitos dados e podem envolver enormes despesas para coletar os dados e mantê-los atualizados, principalmente em uma época de mudanças consideráveis nos processos de fabricação de materiais. Algumas destas ferramentas tentam simplificar isto para uso prático dentro do processo de projeto, mas isto pode fazer com que estas ferramentas se tornem muito inflexíveis para incluir elementos novos de design.

SILVA et al (2003) argumentam que os sistemas de avaliação existentes contemplam apenas os impactos ambientais dos edifícios. A questão central em países em desenvolvimento é saltar da avaliação ambiental para a avaliação da sustentabilidade dos edifícios e contemplar também os aspectos sociais e econômicos relacionados à produção, operação e modificação do ambiente construído.

⁶ Existe uma iniciativa do Governo Federal no sentido de divulgar e estimular a metodologia de LCA (ou ACV – Análise do Ciclo de Vida), dentro do Ministério da Ciência e Tecnologia, através da criação de uma comunidade ACV na Internet, que pode ser consultada no endereço: <http://acv.ibict.br/>

Tomando a definição de HOLMBERG et al (1991), indicadores de sustentabilidade (ambiental) são medidas que relacionam a distância entre o *estado atual* (do ambiente) e o seu *estado sustentável*. Para se falar em indicadores de sustentabilidade, este patamar sustentável deve, portanto, ser conhecido ou razoavelmente estimado. Relacionar medidas de desempenho de edifícios a indicadores mais amplos de progresso em direção à sustentabilidade permanece como um dos principais desafios a serem enfrentados, mas seguramente mais simples do que definir precisamente o estado sustentável, é obter dados para gerar indicadores de desempenho em relação a metas de sustentabilidade, ainda que persistam as dificuldades de acesso a dados acurados e contínuos, necessários à formulação e manutenção dos indicadores.

2.4.1 A Abordagem HQE (Haute Qualite Environnementale)

A alta qualidade ambiental das edificações é um conceito que apareceu no começo dos anos 90 na França e que mais tarde desenvolveu-se muito. Em 1997 foi criada a Associação HQE destinada a promover o gerenciamento da qualidade ambiental das edificações. O seu trabalho resulta no que atualmente conhecemos como Abordagem HQE, que engloba um grande número de preocupações ambientais sobre a forma de 14 alvos, ficando a cargo do gestor da obra/ empreendedor a decisão de quais devem ser priorizados, conforme o projeto em questão.

Não se trata de uma regulamentação nem de um certificado, mas de uma abordagem voluntária de gerenciamento da qualidade ambiental das operações de construção ou de reforma de edificações. Em 2002, com a finalidade de garantir a qualidade dos inúmeros empreendimentos ditos HQE, surgiu o projeto de certificação. A primeira versão experimental foi publicada em dezembro de 2002, sendo trabalhada entre 2003 e 2004. A versão definitiva da “Demarche HQE” (abordagem HQE) foi publicada em fevereiro de 2005, ocorrendo a primeira certificação em março de 2005. Até o momento, novembro de 2005, doze empreendimentos já foram certificados, sendo 5 já entregues.

Esta abordagem foca em critérios para a redução do consumo de recursos naturais e da emissão de poluição, e também na melhoria das condições de conforto ambiental e da saúde das edificações. Endereça especialmente as fases de projeto e construção, tanto de edifícios novos quanto de reformas de edifícios antigos (ADEME, 2004).

Segundo a ARENE⁷, estão plotados no gráfico abaixo os investimentos e ganhos com a adoção da abordagem HQE para a região de Paris em um cenário que se estende até 2018.

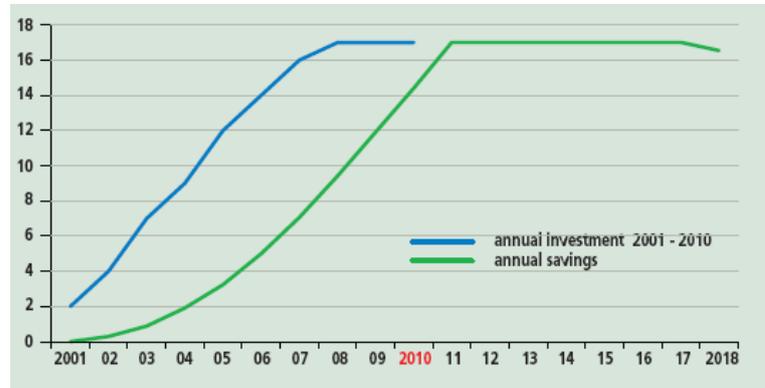


Gráfico 1: Investimentos e economias gerados pela abordagem HQE (em bilhões de francos por ano)
Fonte: Arene, 2001

Estão relacionadas na tabela 3 abaixo alguns dos benefícios econômicos da adoção da abordagem HQE. Os benefícios econômicos associados com a construção sustentável não são vantajosos apenas para os proprietários das edificações e seus ocupantes. Outros parceiros nos processos de construção e gerenciamento do edifício também ganham, principalmente arquitetos, engenheiros, empreiteiros, bancos e seguradoras.

De acordo com a filosofia HQE Addenda, em uma tradução livre da Prof Dra Claudia Barroso-Krause, “A Alta Qualidade Ambiental não pode ser proposta como um simples acréscimo de restrições, o que se configuraria como uma abordagem reducionista, possibilitando o risco do Processo construtivo apenas justapor sistemas e dispositivos a um resultado arquitetônico. O objetivo deve ser oposto, ou seja, ajudar o Processo construtivo a integrar um novo “valor ambiental” no processo global de Concepção, sem que se perca a qualidade arquitetônica do projeto. Trata-se portanto de relacionar os critérios ambientais com os parâmetros de concepção sensíveis a estes critérios, ajustando-os em cada projeto.”

⁷ ARENE: “Agencia Regional para o Meio-Ambiente e Novas Energias” da região de Paris, foi criada em 1994. Sua missão é melhorar a qualidade de vida dos habitantes da região de Paris (população de 12 milhões de habitantes), fazendo com que se torne mais fácil para os atores relevantes da área econômica, social e cultural, a incorporação de tópicos ambientais, de energias renováveis e de eficiência energética nos programas regionais de desenvolvimento sustentável que eles estão desenvolvendo no momento.

Tabela 3– Benefícios econômicos da implantação da visão HQE

Fonte: ARENE, 2004

QUALIDADE DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVIES (famílias HQE)	BENEFÍCIOS ECONOMICOS	
	Benefícios Diretos	Para o bem público
Eco-construção (escolha de produtos e materiais, canteiro de obras gerando menos problemas)	<ul style="list-style-type: none"> • Menor risco de defeitos ocultos • Menos perdas no canteiro e menos tempo parado • Custos reduzidos de desconstrução 	<ul style="list-style-type: none"> • Menos impacto dos canteiros de obras (resíduos, barulho, runoff) • Uso otimizado de recursos
Eco-gerenciamento (energia, água, resíduos da operação do edifício, trabalho de manutenção e consertos, etc)	<ul style="list-style-type: none"> • Custos mais baixos (manutenção, energia, água, etc), a economia pode ser dividida entre o proprietário e o locatário. • Menor necessidade de reformas graças à manutenção constante. • Melhoria na taxa de ocupação do prédio, maior facilidade em alugar os espaços. • Possibilidade de negociação de certificados de CO2. • Risco reduzido de perdas físicas (incêndios, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuição menor p o efeito estufa (queda nas emissões de CO2) • Redução no consumo de recursos naturais (água, energia, etc) • Redução das descargas no meio-ambiente (em termos de águas servidas, resíduos, etc).
Conforto e Saúde (acústica, térmica, condições de saneamento, qualidade do ar interno)	<ul style="list-style-type: none"> • Melhoria na produtividade dos funcionários, menos faltas (para instalações comerciais e industriais). • Menos despesas relacionadas á saúde. • Menor probabilidade de processos legais (evitando a “síndrome do edifício doente) 	<ul style="list-style-type: none"> • Menores valores gastos com saúde (tanto publica quanto privada), reduzindo o risco saúde.
Considerações gerais	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento no valor do imóvel e nos preços de revenda • Melhor imagem, marketing / estímulo promocional. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de novas atividades econômicas e criação de empregos.

A AQAE se estrutura em 14 alvos (conjuntos de preocupações), que se agrupam em 4 famílias, como exposto na tabela abaixo.

Tabela 4: Os 14 alvos da abordagem AQAE (HQE)
 Fonte: CSTB, 2005

ALVOS DA ABORDAGEM HQE	
AMBIENTE EXTERNO	
ECO-CONSTRUÇÃO	ALVO 1 RELAÇÃO HARMONIOSA DA EDIFICAÇÃO COM O ENTORNO IMEDIATO
	<ul style="list-style-type: none"> - este alvo se refere às vantagens e desvantagens das características do local e do projeto dentro da organização arquitetônica e funcional do projeto; - utilização das oportunidades oferecidas pela vizinhança e pelo local; - gestão das vantagens e desvantagens do terreno para criar uma qualidade de vida agradável; - redução dos riscos de incômodos entre a construção, sua vizinhança e o local.
	ALVO 2 ESCOLHA INTEGRADA DOS PROCESSOS CONSTRUTIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> - adaptabilidade e durabilidade da construção - escolha dos métodos construtivos - escolha dos materiais de construção - adaptabilidade e durabilidade da construção
	ALVO3 CANTEIRO DE OBRAS COM POUCOS INCOMODOS
	<ul style="list-style-type: none"> - gestão diferenciada do entulho da obra - redução da geração de entulho - redução de incômodos e da poluição - controle de gastos de água e energia
ECO-GESTÃO	ALVO4 GESTÃO DE ENERGIA
	<ul style="list-style-type: none"> - ênfase na redução da demanda das necessidades - redução dos impactos associados ao uso da energia - ênfase na eficácia dos equipamentos de energia utilizados - utilização de geração própria em detrimento da geração a combustão
	ALVO 5 GESTÃO DE ÁGUA
	<ul style="list-style-type: none"> - gestão da água potável - utilização de água não potável - saneamento das águas usadas - gestão das águas pluviais
	ALVO 6 GESTÃO DOS DEJETOS DAS ATIVIDADES
	<ul style="list-style-type: none"> - projetar depósitos de dejetos adaptados aos modos de coleta atuais e prováveis no futuro - gestão diferenciada dos dejetos das atividades (adaptado ao modo de coleta)
	ALVO 7 MANUTENÇÃO
	<ul style="list-style-type: none"> - otimização das necessidades de manutenção - colocar em prática métodos eficazes de gestão técnica - garantir a perenidade das performances ambientais e sanitárias de uma operação - fazer uma ligação entre os conceituadores e os usuários a fim de tornar as respectivas tarefas mais coerentes

AMBIENTE INTERNO	
CONFORTO	ALVO 8 CONFORTO HIGROTÉRMICO - manutenção das condições de conforto higró-térmico - homogeneidade das ambiências hidro-termicas - zoneamento
	ALVO 9 CONFORTO ACÚSTICO - correção acústica - redução dos impactos dos equipamentos - adoção de dispositivos arquitetônicos e espaciais que favoreçam um bom conforto acustico
	ALVO 10 CONFORTO VISUAL - relações visuais satisfatórias com o exterior - otimização da iluminação natural - iluminação artificial complementar à iluminação natural
	ALVO 11 CONFORTO OLFATIVO - redução das fontes de odores desagradáveis - ventilação permanente e eficiente para evacuação destes odores
SAÚDE	ALVO 12 CONDIÇÕES SANITÁRIAS - criação de condições de higiene - facilitação da limpeza e evacuação dos dejetos - facilitação dos cuidados com a saúde - criação de conveniências para pessoas deficientes
	ALVO 13 QUALIDADE DO AR - redução dos riscos de poluição pelos materiais de construção, os equipamentos - gestão dos riscos de ar novo poluído - ventilação para a qualidade do ar
	ALVO 14 QUALIDADE DA ÁGUA - proteção da rede de distribuição coletiva de água potável - manutenção da qualidade da água potável dentro da edificação - melhoria eventual da qualidade da água potável - gestão de riscos ligados à rede de água não potável

O fluxograma da figura abaixo mostra como proceder desde a fase de planejamento até a fase de realização, com a inter-relação das diversas atividades relacionadas ao empreendimento.

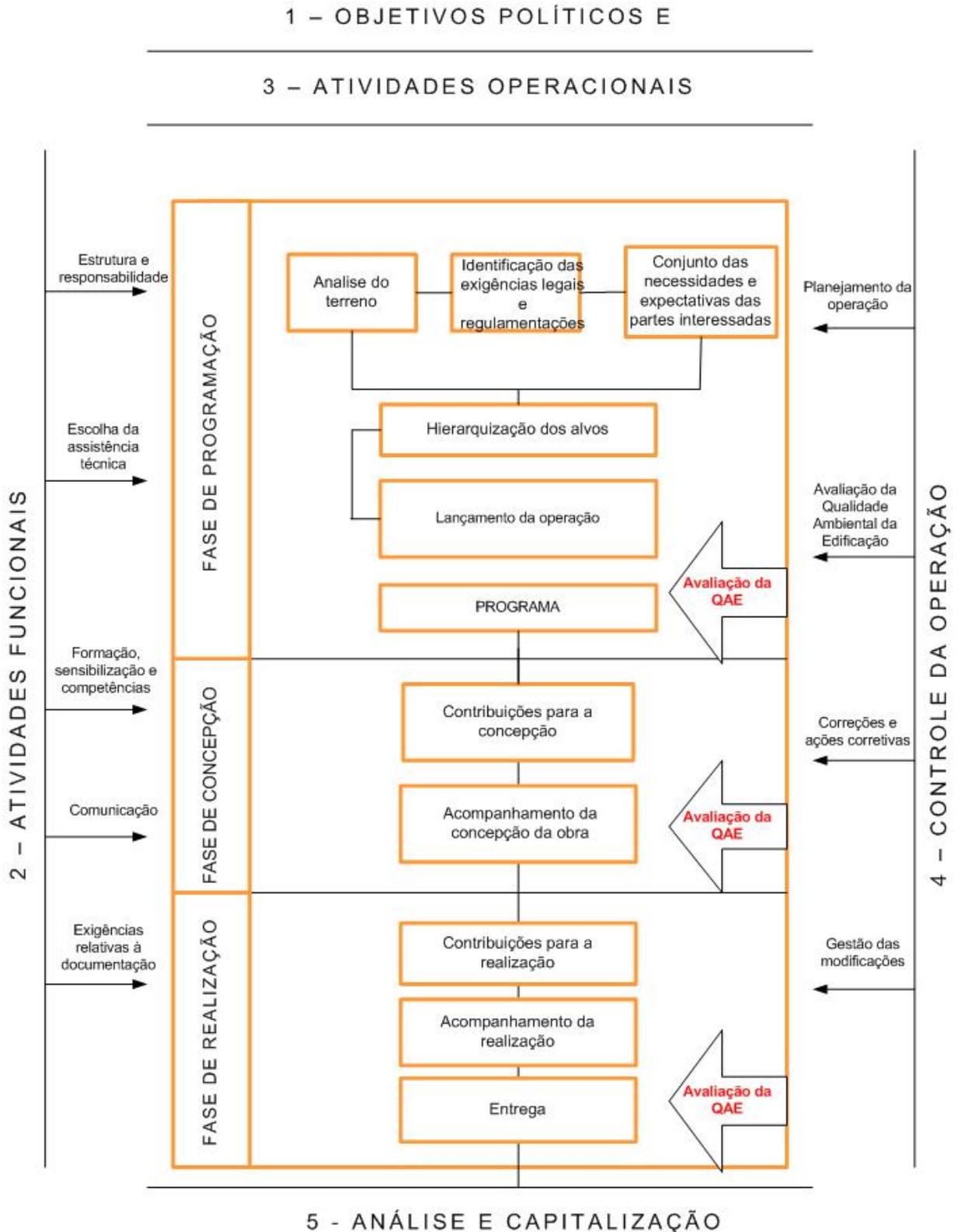


Figura 2: Atividades de cada fase do processo AQAe (HQE)
 Fonte: HQE Addenda

É importante notar que qualquer avaliação ambiental de edificações não substitue as exigências das normas legais locais em vigor, as quais os atores envolvidos devem conhecer,

inclusive por serem os elementos que caracterizam o quadro base de muitas das exigências destes programas.

A hierarquização dos requisitos ambientais – os 14 alvos - no processo do projeto precisa contemplar as expectativas justificadas do conjunto de atores afetados pela obra em questão: os representantes dos cidadãos interessados, o programa (através de seus requisitos técnico-funcionais), o meio ambiente.

O desempenho final é medido de acordo com o número de alvos atingidos:

ALTA	Mínimo de 3 alvos	Mínimo de 4 alvos	Os outros alvos, são 7 alvos no máximo
MÉDIA			
BASE			

Assim, avaliar o desempenho de um produto implica definir qualitativa e/ou quantitativamente quais as condições que devem ser satisfeitas por ele quando submetido às condições normais de uso e quais os métodos para avaliar se as condições estabelecidas foram atendidas.

A necessidade de se desenvolver uma normalização sobre desempenho térmico e energético de edificações que seja adequada à realidade brasileira começou a ser discutida em 1990. Em 1991 realizou-se o I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Racional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações, Florianópolis, com o intuito de se definirem diretrizes básicas para o desenvolvimento da normalização brasileira e sua compatibilização com as normas argentinas e uruguaias. Apenas em janeiro de 1997, foi firmado um convenio com a FINEP⁸, para o desenvolvimento do Projeto Normalização em Conforto Ambiental, sob coordenação geral de Roberto Lamberts, da UFSC (BONIN, 2003).

Na ABNT, o trabalho foi desenvolvido com o apoio do Comitê Brasileiro de Construção Civil (COBRACON) (CB-02) através do Subcomitê (SC-35) Conforto e Energia em Edificações. No CB-02 foram criadas três Comissões de Estudo (CE), a saber: desempenho acústico de edificações, iluminação natural nas edificações e desempenho

⁸ FINEP: Financiadora de Estudos e Projetos

térmico de edificações. Em 1998, a apreciação dos textos foi feita pelos associados da ABNT, os quais foram votados e aprovados.

No caso do desempenho térmico de edificações, estas normas contém métodos de cálculo dos fenômenos físicos de transferência de calor. É necessário que seja disponibilizado ao arquiteto/engenheiro as propriedades relativas a cada material de construção, para que seja feita uma avaliação do mesmo. E também devem ser criadas as normas especificando o desempenho mínimo para cada condição de uso. A partir daí poderemos aplicar metodologias de avaliação ambiental de edificações bem mais precisas.

É portanto urgente a elaboração de uma estrutura de normas brasileiras para avaliação do desempenho ambiental de edifícios (incluindo os 4 vetores do desenvolvimento sustentável), abrangendo não somente edificações habitacionais, mas também outras classes de edifícios, como as escolares, industriais, comerciais, etc.

2.4.2 APO – Avaliação Pós-Ocupação (APO)

Uma APO diz respeito a uma série de métodos e técnicas que diagnosticam fatores positivos e negativos do ambiente construído no decorrer do uso, a partir da análise de fatores socioeconômicos, de infra-estrutura e superestrutura urbanas dos sistemas construtivos, conforto ambiental, conservação de energia, fatores estéticos, funcionais e comportamentais, levando em consideração o ponto de vista dos próprios avaliadores, projetistas e clientes, e também dos usuários. Mais do que isso, a APO se distingue das avaliações de desempenho “clássicas” formuladas nos laboratórios dos institutos de pesquisa, pois considera fundamental também aferir o atendimento das necessidades ou o nível de satisfação dos usuários, sem minimizar a importância da avaliação de desempenho físico ou “clássica”, conforme configurado na fig abaixo.

Nesse sentido, a APO tem grande validade “ecológica”, pois faz análises, diagnósticos e recomendações a partir dos objetos de uso, in loco, na escala e tempo reais.

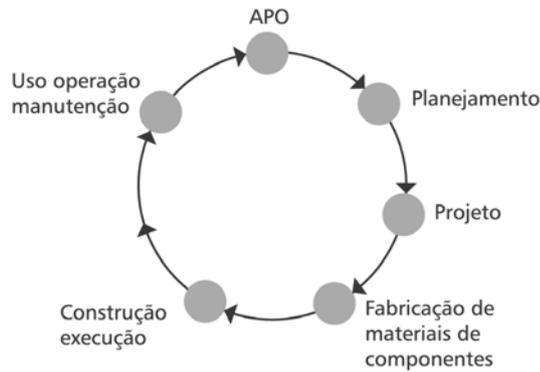


Figura 3: Esquema da APO

No caso dos fatores positivos, estes devem ser cadastrados e recomendados para futuros projetos semelhantes; no caso dos fatores negativos encontrados, são definidas recomendações que: - minimizem ou até mesmo possibilitem a correção dos problemas detectados no próprio ambiente construído submetido à avaliação, por meio do estabelecimento de programas de manutenção física e da conscientização dos usuários/moradores da necessidade de alterações comportamentais, tendo em vista a conservação do patrimônio público (praças, escolas, etc.), semipúblico (áreas condominiais) ou privado (a própria unidade habitacional); e - utilizem os resultados dessas avaliações sistemáticas e interdisciplinares, embasadas em pesquisas aplicadas a estudos de caso, para realimentar o ciclo do processo de produção e uso de ambientes de futuros projetos com a formulação de diretrizes, contribuições para normas existentes e outros.

3. ANÁLISE DE ALGUNS ASPECTOS DA ARQUITETURA SUSTENTÁVEL - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, CONFORTO HIGROTÉRMICO, VENTILAÇÃO

De acordo com GELLER et al.(1997), os edifícios comerciais e residenciais ainda são responsáveis por grande parte do consumo de energia em nosso país, e mais especificamente a energia elétrica, que é a mais utilizada pelo setor residencial, objeto de estudo deste trabalho, com cerca de 22% do consumo total do Brasil (ver gráfico 4). O setor residencial apresenta um peso significativo no consumo nacional e com potencial de ter maior ou menor eficiência energética e conforto, desde que seja pensado de forma adequada a partir do início da fase do projeto arquitetônico. Por tudo isso, o projeto arquitetônico representa um componente importantíssimo quanto às alternativas passivas e/ou ativas de intervenção, visando eficiência e conforto, principalmente dentro da perspectiva de que as mais significativas interferências são aquelas oriundas da fase inicial do projeto: ante-projeto, com 40-50% de potencial de economia e de baixo custo inicial, como mostrado em US-DOE (2002).

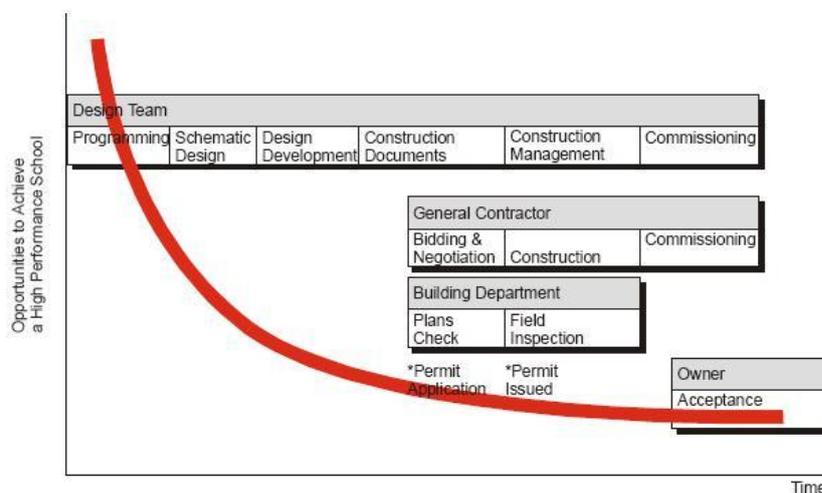


Gráfico 2: Oportunidades de intervenção nas fases de programação e projeto
Fonte: US-DOE, 2002

Além disso, a cultura do habitat está intimamente associada ao contexto econômico e cultural, contexto esse que ainda se encontra, segundo MASCARÓ (1991a), calcado na segurança de que os recursos materiais e tecnológicos à disposição do homem são inesgotáveis ou ilimitados. Da concepção à construção desse habitat encontram-se vícios, alimentados por essa aparente abundância, resultando em desperdício e mau uso das fontes

energéticas, de água e dos outros recursos naturais, com responsabilidades mutuamente divididas pelo contratante e pelo profissional de projeto arquitetônico. Além, é claro, da enorme quantidade de resíduos gerados sem necessidade.

Reitera-se a importância da Bioclimatologia aplicada à Arquitetura como interação geradora de edificações mais eficientes e confortáveis, nas quais, segundo PIETROBON (1999), as hipóteses de projeto para atingirem objetivos visando a apropriação ao clima, devem ser operacionalizados de tal forma que possam ser qualificados, ainda na fase de projeto, de forma efetiva, através da racionalidade do consumo energético, com a obtenção de conforto térmico para os usuários da edificação.

3.1 A ENERGIA NO MUNDO

Os combustíveis fósseis – petróleo, carvão mineral e gás natural - mesmo não sendo fontes renováveis, são responsáveis por quase 85% de toda energia consumida no planeta (gráfico abaixo). No entanto, dois fatores contribuíram para que as buscas por fontes alternativas de energia fossem reintensificadas. Segundo TUNDISI (1991), primeiro, e principalmente, as duas crises sucessivas do petróleo, em 1973 e 1978, e segundo, a agressão ao meio ambiente causada por vazamentos de oleodutos e explorações que exigem construções de grande porte e, conseqüentemente, interferem com os ecossistemas nos locais de implantação e prospecção. Entre as fontes alternativas aos combustíveis fósseis para gerar eletricidade estão a energia nuclear, a energia gerada por hidroelétricas, a energia solar, eólica, biomassa, etc. A energia gerada por hidroelétricas é, ainda segundo TUNDISI (1991), apenas a quinta em ordem de importância no contexto mundial. Apesar da sua geração não apresentar resíduos ou poluição significativos, a construção de novas usinas tem sido combatida por ambientalistas por causarem graves impactos no meio ambiente, terem um alto custo de implantação. As demais fontes alternativas também apresentam problemas, segundo SCARLATO e PONTIN (1998), como: acidentes em usinas nucleares e difícil destinação aos resíduos radioativos; pouca eficiência e alto custo de equipamentos de captação de energia solar para geração de eletricidade, além de requerer imensas áreas; deficiências tecnológicas e inconstância dos ventos, como ocorre na energia eólica. As demais, como da biomassa, ainda são incipientes. O gráfico abaixo apresenta o consumo mundial de energia em 2001, por fontes. Há muito espaço ainda para o crescimento da utilização de energias renováveis, mas

os governos precisam entender a urgência de investimentos e pesquisas continuadas nesta área.

Neste início de 2006 está sendo anunciada, com grande alarde, a auto-suficiência brasileira na produção de Petróleo, cuja contribuição na OIE⁹ é de 39,1% (ver tabela 6). Tanto os Estados Unidos, com a reserva de petróleo do Alaska, quanto o Brasil, com a reserva da Amazônia-Uruçu, ameaçam destruir reservas naturais e de bio diversidade importantes a nível global no desespero por prospectar mais e garantir o suprimento de petróleo e de gás natural, que devem ser transportados para os consumidores através de redes gigantescas (que além de caríssimas na sua construção e manutenção, são também vulneráveis a todo tipo de falhas, sabotagens e ataques terroristas) de distribuição. Há que se questionar o modelo centralizado de geração de energia assim como a concentração de utilização das fontes não-renováveis.

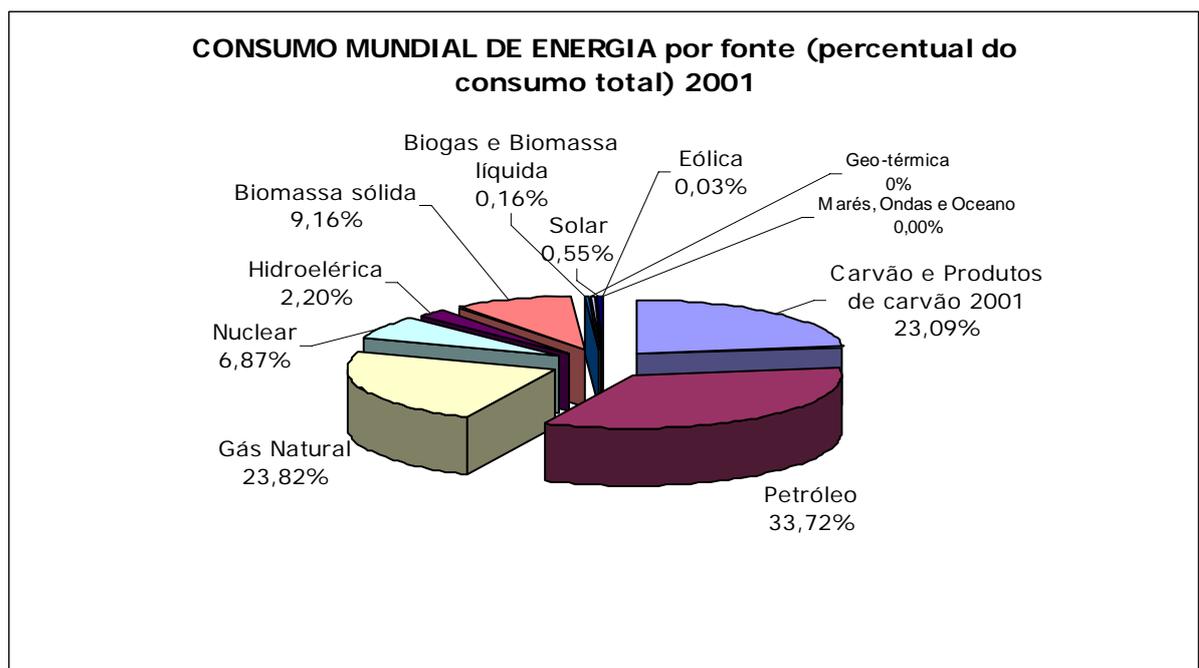


Gráfico 3: Consumo mundial de energia em 2001, por fontes

Fonte: IEA (International Energy Association)

As atuais preocupações sobre a segurança energética não são sobre falta de energia, mas sim sobre uma infra-estrutura de fornecimento altamente centralizada e vulnerável com preços voláteis e imprevisíveis. Na indústria de energia elétrica, uma solução para esta vulnerabilidade é a geração distribuída (GD). Ao mesmo tempo, o mercado financeiro está

⁹ OIE: Oferta Interna de Energia

sendo atraído por várias tecnologias de energia como promissoras oportunidades de investimento. Estas tecnologias incluem tanto opções de GD como células de combustível, micro-turbinas e pequenas estações hidroelétricas (PCH¹⁰) quanto opções de armazenamento e backup elétrico como estocagem inercial (baterias mecânicas ou “flywheels”), ultracapacitores e supercondutores. A clara necessidade por fontes de energia mais limpas e mais confiáveis está criando um interesse crescente no mercado de GD.

A figura 4 mostra uma imagem de satélite, em 10 de agosto de 1996,....mostrando as luzes acesas na América do Norte. Mas como entre 98% e 99% das faltas de luz nos Estados Unidos são causadas pela rede.....35 segundos mais tarde, depois de uma linha de transmissão no Oregon ter enganchado no galho de uma árvore, trapalhadas operacionais e má comunicação deixam 4 milhões de pessoas em nove Estados do Oeste e parte do Canadá no escuro. (o fornecimento local evita isto – e até 95+% dos problemas na rede estão no sistema de distribuição¹¹).

No Brasil, em 2001, houve o problema da falta de energia (o chamado “apagão”), por conta de que mais de 90% da energia produzida era de origem hidrelétrica, que depende de água em níveis adequados em seus reservatórios para gerar energia. A ausência de chuvas, das maiores das últimas décadas, prejudicou a oferta de energia. Foi imposta a toda a população uma redução de consumo da ordem de 20%, e freada qualquer iniciativa de expansão da economia.

¹⁰ PCH: Pequenas centrais hidroelétricas - este sistema é o mesmo utilizado nas grandes hidroelétricas, a diferença é que são sistemas pequenos, de baixa potência, de 5 a 100KW, e que podem ser instalados em locais próximos a regiões ribeirinhas, aproveitando o fluxo natural de um rio ou riacho, sem acometer um grave desequilíbrio para a fauna e flora do lugar.

¹¹ Em agosto de 2003 todo o sudeste do Canadá e o meio-oeste e nordeste dos Estados Unidos ficaram sem eletricidade por 4 a 7 dias (dependendo da localidade), aonde aproximadamente 50 milhões de pessoas ficaram sem luz, em pleno verão. Estima-se que o total das perdas financeiras nos Estados Unidos tenha sido entre US\$ 4 bilhões e US\$10 bilhões. No Canadá, o PIB caiu 0,7% em agosto, houve uma perda de 18,9 milhões de horas de trabalho. As causas apontadas: “o problema foi iniciado no estado de Ohio, devido a deficiências específicas em práticas, equipamentos e decisões humanas por parte de várias organizações. Deficiências em políticas corporativas, falta de aderência a regras do setor, e gerenciamento inadequado de força reativa e voltagem causaram o blackout”. O relatório final sobre este blackout, apontando as causas e recomendações, somente foi liberado em abril de 2004 – 8 meses após o incidente, tamanha a dificuldade, complexidade e gigantismo desta rede.



Figura 4: Imagem de satélite – blackout 1996
 Fonte : EPRI_(Electric Power Research Institute)

Em pesquisas que já vem desenvolvendo desde o início dos anos 80, LOVINS, A.(2003) aponta que o futuro da energia está em:

- Uso final super-eficiente: de modo que grandes economias custem menos que pouca ou nenhuma economia;
- Fontes de energia renováveis cada vez mais diversificadas, dispersas e que custam menos, e façam com que defeitos de larga escala sejam impossíveis de ocorrer por design;
- Uma mudança do principal condutor de energia de eletricidade para hidrogênio – limpo, armazenável, eficiente, e a chave para se livrar da dependência do petróleo;
- Estruturas de políticas e processos de mercado que achem e integrem a mistura mais barata de todas as opções, estimulem inovação e cresçam no consenso.

3.2 ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Segundo o MME no BEN 2005, entre 1970 e 1990 a economia brasileira cresceu a uma taxa anual média de 4,12%, atingindo 8,6% nos anos setenta, período que corresponde ao chamado “milagre econômico”; 8,6% nos anos oitenta e 2,4% nos anos noventa. Nesse período, o crescimento da oferta interna de energia manteve-se no mesmo patamar, 4,3%. A participação de energias não-renováveis cresceu 14,5% enquanto que a de energias renováveis diminuiu 14,5% no período de 1979 a 2004, como pode ser verificado na tabela abaixo. O gás

natural é a fonte de energia que vem tendo significativo desenvolvimento nos últimos anos. A descoberta de novas reservas nacionais, elevando o seu volume para 498 bilhões de m³ em 2004 e a perspectiva de importação de gás natural da Bolívia e do Peru permitem ampliar ainda mais sua utilização, o que vai representar melhorias em termos de eficiência energética e de qualidade do meio ambiente, uma vez que o gás natural é o mais limpo dos combustíveis fósseis.

Tabela 5: Evolução da OIE no Brasil

EVOLUÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ENERGIA								UNIDADE: %
IDENTIFICAÇÃO	1970	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004
ENERGIA NÃO RENOVÁVEL	41,6	54,4	50,9	59,0	60,7	58,8	56,3	56,1
PETRÓLEO E DERIVADOS	37,7	48,3	40,7	45,5	45,4	43,0	40,1	39,1
GÁS NATURAL	0,3	1,0	3,1	5,4	6,5	7,4	7,7	8,9
CARVÃO MINERAL E DERIVADOS	3,6	5,1	6,8	7,1	6,9	6,5	6,7	6,7
URÂNIO (U3O8) E DERIVADOS	0,0	0,0	0,4	0,9	2,0	1,9	1,8	1,5
ENERGIA RENOVÁVEL	58,4	45,6	49,1	41,0	39,3	41,2	43,7	43,9
HIDRÁULICA E ELETRICIDADE (*)	5,1	9,6	14,1	15,7	13,6	14,0	14,6	14,4
LENHA E CARVÃO VEGETAL	47,6	27,1	20,1	12,1	11,6	11,9	12,9	13,2
DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	5,4	8,0	13,4	10,9	11,8	12,8	13,4	13,5
OUTRAS RENOVÁVEIS	0,3	0,9	1,5	2,3	2,4	2,5	2,8	2,7
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: MME, BEN2005

No Balanço Energético Nacional, a menos de eventuais ajustes estatísticos, a soma do consumo final de energia, das perdas na distribuição e armazenagem e das perdas nos processos de transformação, recebe a denominação de Oferta Interna de Energia – OIE, também, costumeiramente denominada de matriz energética ou de demanda total de energia. A tabela acima apresenta a evolução destas duas variáveis, no período 1970 a 2004, consideradas as mais representativas de um balanço energético.

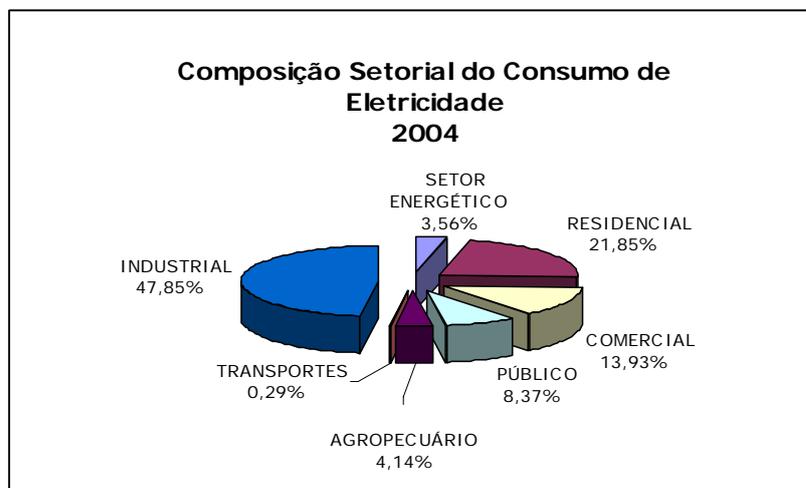


Gráfico 4: Composição setorial do consumo de eletricidade em 2004

Fonte: MME, BEN2005

A partir dos anos 80 novas alternativas energéticas foram sendo tentadas, como álcool, gás natural, termo-eletricidade e também a importação de energia, concomitantemente com a intenção de aumentar a eficiência dos equipamentos no uso da eletricidade, pois economizar e racionalizar o uso da energia custa muito menos que fornecê-la (GELLER, H., 1991)

A tabela acima mostra que o setor residencial consome 22% do total da eletricidade do país, ou seja, cerca de um quarto do consumo total de eletricidade do país. Os grandes consumidores individuais desse setor são o aquecimento de água, a refrigeração e a iluminação.

3.3 OS CAMINHOS PARA A CONSERVAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

A conservação da energia elétrica leva à exploração racional dos recursos naturais. Isso significa que, conservar energia elétrica ou combater seu desperdício é a fonte de produção mais barata e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Desta forma, a energia conservada, por exemplo, na iluminação eficiente ou no motor bem dimensionado, pode ser utilizada para iluminar uma escola ou atender um hospital, sem ser jogada fora. É importante compreender o conceito de conservação de energia elétrica. Conservar energia elétrica quer dizer melhorar a maneira de utilizar a energia, sem abrir mão do conforto e das vantagens que ela proporciona. Significa diminuir o consumo, reduzindo custos, e aumentando a eficiência e a qualidade dos serviços.

A adoção de novas tecnologias e práticas conservadoras de energia é primordial para a redução do consumo de energia e para a manutenção do crescimento econômico. Assim que tecnologias e práticas eficientes aumentam sua participação de mercado e tornam-se convencionais, novas tecnologias precisam ser encontradas. Felizmente, as inovações surgem mais rapidamente do que o mercado consegue assimilá-las. Estudo realizado pelo ACEEE¹² (SACHS, H., 2004) nos Estados Unidos, mostra que a comparação entre estas descobertas, com o tempo, oferece o discernimento necessário para manter a saúde da indústria da eficiência. Os objetivos principais do estudo são: identificar novos projetos de pesquisas que possam impulsionar tecnologias emergentes prioritárias; identificar potenciais tecnologias e

¹² ACEEE: American Council for an Energy-Efficient Economy

práticas para atividades que modifiquem mercados; e adquirir novos “insights” no processo de desenvolvimento e comercialização das tecnologias comparando as expectativas de 1998 com as realidades de 2004.

Algumas das medidas que resultam em maior economia também requerem as maiores mudanças na maneira atual de operação. Calor e energia combinados nas escalas comercial e residencial, utilizando tecnologias emergentes como células de combustível e motores Stirling, poderiam economizar bem mais do que o 1% projetado para energia de edifícios em 2020, mas iriam requerer mudanças substanciais na maneira como a maioria das empresas fornecedoras de energia fazem negócios e mesmo se auto-definem, assim como reduções de custo substanciais. Medidas para garantir a integridade dos dutos são outro exemplo da necessidade da mudança do modelo de negócios. Atingir resultados reais requer que a indústria e os consumidores reconheçam a importância da distribuição de energia dentro da edificação (para conforto e qualidade do ar). E finalmente, retrocomissionamento¹³ e práticas de projeto avançadas tem grande importância e potencial, assim como treinamento, incentivos e outros serviços de recursos humanos.

Este estudo do ACEEE cobriu as áreas comercial e residencial, incluindo tanto as tecnologias economizadoras de energia (como um novo ar-condicionado) quanto as práticas (como procedimentos aperfeiçoados para instalação de ar-condicionado). E apresentou uma nova tendência. Enquanto o primeiro estudo deste tipo realizado em 1993 apresentava uma quantidade relativamente pequena de tecnologias, mas que prometiam enormes potências de economia, o estudo atual encontrou economias mais largamente distribuídas mas que são, na média, menores. Outra agradável surpresa do estudo foi que algumas tecnologias que ainda não estavam disponíveis no mercado em 1998, como as lâmpadas Super T-8 e o controle de ventilação por nível de CO₂, neste estudo já haviam prosperado e não mais se qualificam como tecnologias emergentes. A tabela abaixo sumariza as medidas prioritárias identificadas neste relatório, e os próximos passos recomendados.

A realização de estudos deste tipo é vital para a melhora continua da eficiência

¹³ retrocomissionamento, ou comissionamento de edifícios existentes, é um processo sistemático aplicado a estas edificações a fim de identificar e implementar melhorias operacionais e de manutenção e para garantir a sua performance continuada ao longo do tempo.

energética do setor da construção civil.

Tabela 6: Medidas Prioritárias economizadoras de energia

Fonte: SACHS, H., 2004

MEDIDA	NOME	PRÓXIMOS PASSOS
PR3	Construção comercial Certificação LEED ¹⁴ 30%>	<ul style="list-style-type: none"> • Disseminação dos estudos de caso de sucesso • Estrutura de pagamento revisada para eng mecânicos • Educação de clientes • Melhor software
A1	Energia de standby de 1 W	<ul style="list-style-type: none"> • Programa ENERGY STAR p fontes de energia • Possível incentivo p fabricantes p utilizarem melhores fontes de energia • Padrão mandatório para fontes de energia
PR1	Diagnóstico automatizado de edificações	<ul style="list-style-type: none"> • Pesquisa adicional • Trabalho nos protocolos padrão para alarme e transmissão de id • Estudos de caso baseados em valor agregado em demonstrações reais
PR4	Retrocomissionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Definir melhor as abordagens e quais as aplicações adequadas para as diferentes abordagens • Benchmarking • Marketing com promoções, treinamento e incentivos
H12	Vedação de dutos com base em aerosol	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a percepção dos consumidores sobre os problemas e a economia • Instaladores de AC tendo serviços com valor agregado • Treinamento e certificação • Testes de campo em locais com porões e pequenos espaços
H11	Montagem de dutos à prova de vazamento	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a percepção dos consumidores para os problemas e as economias • Incentivos das fornecedoras de energia • Códigos e padrões baseados em performance • Certificação da integridade do sistema de dutos Testes de campo em locais com porões e espaços reduzidos

¹⁴ LEED: Leadership in Energy and Environmental Design, iniciativa do US Green Building Council para certificação ambiental de edificações nos Estados Unidos.

O Condè Nast Building, por exemplo, no Times Square, em Manhattan, está equipado desde 2000 com duas células de combustível (energizadas por gás natural e portanto produzem um mínimo de emissões) que fornecem 400 KW de energia, para suplementar o fornecimento básico da rede. Durante uma falta de energia, o sistema pode operar independente da rede pública, para garantir o funcionamento dos componentes mecânicos básicos. Outra grande preocupação da era digital é manter certos equipamentos energizados 100% do tempo para garantir integridade de dados. Além da eletricidade, as células de combustível geram energia térmica à taxa de quase 1 milhão de Btus por hora, o que alimenta o aquecimento periférico do edifício (SWISHER, J, 2005)

Segundo o PROCEL ¹⁵, as edificações são responsáveis por cerca de 48% do consumo de energia elétrica no Brasil, considerando-se os setores residencial e comercial. Grande parte dessa energia é consumida na geração do conforto ambiental aos usuários. As estatísticas mostram que o potencial de conservação em prédios já construídos pode ser de até 30%, chegando a 50% em prédios novos (disponível em http://www.eletrobras.gov.br/procel/site/areadeatuacao/residencias_apresentacao.asp).

A maioria das edificações desperdiça relevantes oportunidades de poupar energia e custos, por não considerar, desde o projeto arquitetônico, passando pela construção, até à utilização final, os importantes avanços ocorridos nas áreas de arquitetura bioclimática, materiais, equipamentos e tecnologia construtiva vinculados à eficiência energética.

As atividades previstas no Plano de Ação para do Desenvolvimento da Eficiência Energética em Edificações do PROCEL permeiam seis vertentes básicas na área de Eficiência Energética em Edificações, buscando o desenvolvimento de:

- requisitos básicos para arquitetura bioclimática;
- indicadores de eficiência energética em edificações;
- certificação de materiais e equipamentos;
- procedimentos para regulamentação/legislação;
- mecanismos para aporte de recursos financeiros e remoção de barreiras para

¹⁵ PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, criado em dezembro de 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, e gerido por uma Secretaria Executiva subordinada à Eletrobrás. Em 18 de julho de 1991, o PROCEL foi transformado em Programa de Governo, tendo suas abrangência e responsabilidade ampliadas.

implementação de projetos;

- projetos educacionais e projetos de interesse social.

O PROCEL estabelece metas de conservação de energia que são consideradas no planejamento do setor elétrico, dimensionando as necessidades de expansão da oferta de energia e de transmissão. Dentre elas, destacam-se:

- Redução nas perdas técnicas das concessionárias;
- Racionalização do uso da energia elétrica;
- Aumento da eficiência energética em aparelhos elétricos.

Se for mantida a estrutura atual de uso da energia, projeta-se uma necessidade de suprimento, em 2015, em torno de 780 TWh/ano. Diminuindo-se os desperdícios, estima-se uma redução anual de até 130TWh - produção aproximada de duas usinas de Itaipu. Uma das metas do PROCEL tem sido a redução das perdas técnicas na transmissão e distribuição das concessionárias para um valor próximo aos 10%. Os resultados das ações do Procel encontram-se na tabela abaixo:

Tabela 7: Resultados das ações do Procel no período de 1994/ 2003

Resultados	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Investimentos aprovados (R\$ milhões)*	10	16	20	41	50	40	26	30	30	29
Energia econ/ geraç adicional (GWh/ano)	344	572	1970	1758	1909	1852	2300	2500	1270	1300
Redução de demanda na ponta (MW)	70	103	293	976	532	418	640	690	309	270
Usina Equiv. (MW)	80	135	430	415	440	420	552	600	305	312
Invest evitado (R\$ milhões)	160	270	860	830	880	840	2019	2818	1486	1914

* Não incluindo os custos com pessoal da Eletrobrás/Procel e incluindo os recursos da RGR.

** Obtidas a partir da energia economizada e geração adicional, considerando um fator de capacidade típico de 56% para usinas hidrelétricas e considerando 15% de perdas médias na Transmissão e Distribuição para a parcela de conservação de energia.

Fonte: Procel (disponível em <http://www.eletrobras.gov.br/procel/site/oprograma/resultados.asp>)

Torna-se inevitável, atualmente, pensar a arquitetura de maneira diferente,

analisando boa parte das atividades humanas do ponto de vista do impacto ambiental causado e sua sustentabilidade dentro da área de projeto. Essa nova realidade exigirá dos arquitetos, engenheiros e construtores uma maior consciência quanto aos recursos globais de energia, tanto de água, materiais, uso, manutenção quanto de demolição de edificações. Em países do primeiro mundo já foram desenvolvidos manuais de orientação para arquitetos, engenheiros, construtores e fabricantes de materiais, para a escolha de soluções de baixo impacto, tanto ambiental quanto energético. O Brasil, como não seria diferente, deverá integrar-se a essa nova realidade, por conscientização ou por necessidade. É imperativo que adotemos, o quanto antes, um sistema de avaliação ambiental de edificações para que não só a eficiência energética, como também a sustentabilidade ambiental como um todo se tornem uma realidade na área da construção civil brasileira.

3.3.1 Aquecimento solar de água

Um grande agravante para o consumo de energia pelos sistemas de aquecimento de água é o uso extensivo de chuveiros elétricos no Brasil. No universo brasileiro, o chuveiro elétrico provoca um expressivo impacto econômico, pois sobrecarrega a rede de transmissão de energia elétrica nos horários de pico, isto é, entre 6 e 8 horas e 18 e 21 horas. Além disso, a vazão obtida em um aquecedor a gás ou aquecedor solar é maior e resulta em um banho mais confortável para o usuário.

Segundo Prado; Gonçalves (1998) o aquecimento de água realizado por chuveiros elétricos é responsável por aproximadamente 46,7% da demanda de energia, durante 18 e 19 horas, no Brasil.

TABORIANSKI e PRADO (2004), da USP, em trabalho avaliando o consumo de energia no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água residencial, pelo método de LCA (Life Cycle Analysis), obtiveram os resultados expostos na tabela abaixo quanto à energia elétrica no ciclo de vida de cada um dos sistemas analisados:

Tabela 8: Inventário dos ciclos de vida dos diferentes tipos de aquecimento de água

Tipo de aquecimento de água: chuveiro elétrico	
Estágio	Energia empregada (kWh)
Mineração	28
Transformação	138
Transporte	0
Uso	3.798
<i>Total</i>	<i>3.964</i>
Tipo de aquecimento de água: aquecedor a gás natural	
Estágio	Energia empregada (kWh)
Mineração	80
Transformação	244
Transporte	0
Uso	0
<i>Total</i>	<i>324</i>
Tipo de aquecimento de água: aquecedor solar	
Estágio	Energia empregada (kWh)
Mineração	274
Transformação	268
Transporte	0
Uso	874
<i>Total</i>	<i>1.416</i>

Com os resultados dessa tabela é possível verificar que, para os aquecedores a gás, o estágio que mais consumiu energia foi o processo de transformação, enquanto que para o chuveiro elétrico e aquecedor solar foi o estágio de uso. Esse fato se deve ao alto consumo de energia elétrica necessária ao funcionamento do chuveiro elétrico e da resistência (auxiliar) do reservatório de água quente do sistema solar.

Deve-se levar em consideração, também, que o sistema por aquecedor solar é um sistema de acumulação que, normalmente, requer mais energia para seu funcionamento. Por outro lado, o aquecedor a gás, não utiliza energia elétrica no estágio de uso pois no modelo utilizado neste trabalho não se considerou o uso de timers ou ignição eletrônica.

Por meio do gráfico abaixo é possível ver que o chuveiro elétrico é o sistema que gasta mais energia durante seu ciclo de vida, seguido pelo aquecedor solar e aquecedores a gás.

Consumo energético nos sistemas de aquecimento de água

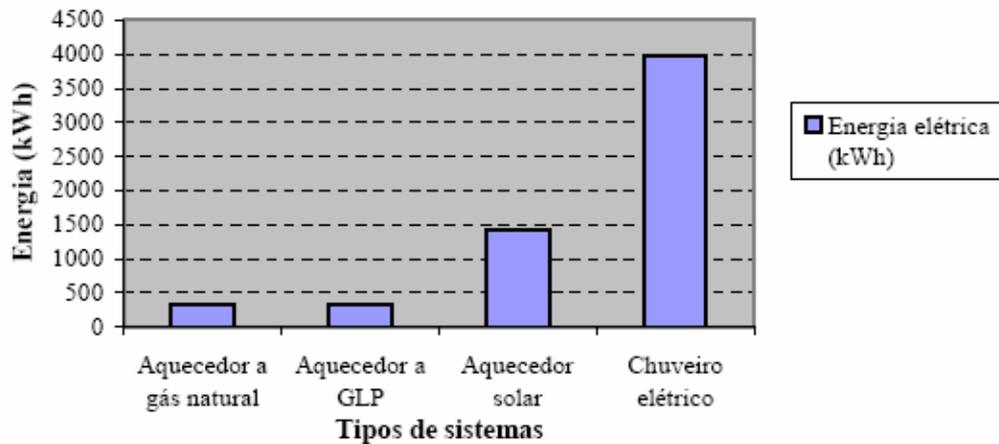


Gráfico 5: Consumo de energia elétrica no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água analisados

Fonte: TABORIANSKI e PRADO (2004)

É importante observar, porém, que o sistema de apoio ao sistema de aquecimento solar de água pode ser a gás (de passagem), reduzindo a zero o consumo de energia elétrica para funcionamento do sistema solar (para caso de sistema por termosifão).

O Sr. Omar Campos Ferreira (Assessor de Gestão em C&T. da SCT MG), em artigo publicado na revista SolBrasil (RODRIGUES, D. et al), da ABRAVA¹⁶, sugere que já que o investimento inicial na instalação solar é maior do que o correspondente em outras modalidades de aquecimento, inibindo a iniciativa do usuário em substituir o chuveiro elétrico pelo aquecimento solar, a solução aparente seria combinar-se a capacidade de investimento das empresas de eletricidade com a disposição de pagar do usuário. Propõe-se que a concessionária assuma o investimento, cobrando do usuário a amortização, a juros equivalentes aos do investimento em capacidade de geração, considerada a vida útil da instalação solar.

De acordo com a DASOL¹⁷, a geração de energia descentralizada e em pequena escala pode contribuir consideravelmente para a proteção do clima global e, ao mesmo tempo, ter um importante papel na melhoria da qualidade de vida. Neste sentido, os aquecedores solares de água (ASA) são particularmente promissores: a tecnologia é uma das mais simples

¹⁶ ABRAVA: Associação Brasileira de Ar Condicionado, Refrigeração e Ventilação

e baratas fontes de energia renovável, com uma relação custo-benefício bastante favorável para a redução de emissões de gases-estufa. Com apoio via mecanismos de comercialização de carbono, a tecnologia de ASA pode tornar-se um componente importante dos esforços de mitigação das mudanças climáticas. O aquecimento de água em geral representa uma alta porcentagem do consumo de energia, tanto nos lares quanto em vários setores do comércio e da indústria, chegando em alguns casos a 30% ou mais. Quando sistemas de ASA são aplicados na suplementação ou na substituição de aquecedores de água convencionais, evitam a queima de grande parte do combustível que seria usado nestes sistemas. Apesar da intensidade de carbono variar nos diferentes combustíveis usados para aquecimento de água, esta é de modo geral alta. Conseqüentemente, as emissões de gases estufa e outros poluentes são reduzidas pela tecnologia dos ASA, o que melhora a qualidade do ar das cidades e, até, a qualidade do ar interno às edificações. Baseado neste fato, O DASOL está desenvolvendo, em parceria com Instituto Vitae Civilis, com a ONG norte americana Green Markets International e com a fundação norte americana Blue Moon Fund um projeto de promoção de aquecedores solares no mercado brasileiro para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto.

Ainda segundo a DASOL, atualmente os sistemas de aquecimento solar no Brasil beneficiam mais de 500 mil residências, economizando energia elétrica equivalente ao consumo de uma cidade de 1,1 milhões de famílias. Estima-se que mais de dois milhões de pessoas já se beneficiam com a tecnologia do aquecedor solar, sendo aquecidos cerca de 200 milhões de litros de água para banho diariamente.

Essa tecnologia é aplicada, principalmente, em residências, hotéis, motéis, hospitais, vestiários e restaurantes industriais; sendo também cada vez mais empregada no aquecimento de piscinas. Em Belo Horizonte já são mais de 950 edificios que contam com este benefício e, em Porto Seguro 130 hotéis e pousadas. Aumenta também sua aplicação em conjuntos habitacionais e casas populares, como nos projetos Ilha do Mel, Projeto Cingapura, Projeto Sapucaias em Contagem, Conjuntos Habitacionais SIR e Maria Eugênia (COHAB) em Governador Valadares.

¹⁷ DASOL: Departamento Nacional de Aquecimento Solar da ABRAVA, disponível em: <http://www.dasolabrava.org.br/carbonosolar/index.htm>

3.2 CONFORTO AMBIENTAL E ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

O enorme desenvolvimento tecnológico de materiais e equipamentos que possibilitou aos arquitetos ficarem livres para importar modelos, formas e materiais, criar à vontade, levou a um afastamento da arquitetura vernacular e a uma deterioração do conforto ambiental das edificações, ao mesmo tempo em que fomentou o uso excessivo de todo e qualquer recurso disponível.

Segundo ROMERO et al. (2001), técnicas passivas foram sendo descartadas dos conceitos arquitetônicos, negando os bons exemplos passados. Simultaneamente, meios artificiais de controle do ambiente, as técnicas ativas, pedem por avanços e atualizações, devido às pressões de mercado e ao estigma de “Edifício Inteligente”. O “Edifício Inteligente” ou seja, o edifício que possui um Sistema Integrado de Automação Predial, veio como uma resposta à crescente sofisticação dos equipamentos de controle, climatização e iluminação artificial de grandes edificações, para otimizar sua operação e manutenção e sua eficiência energética. Mas representa apenas um paliativo para os problemas criados por este tipo de intervenção arquitetônica.

O conceito de Arquitetura Sustentável (ou “Green Building”), segundo o RMI, é o que possibilita empreendedores, arquitetos, projetistas, gerenciadores e outros profissionais envolvidos na área da construção civil a integrarem tópicos de eficiência de recursos, além de respeito ambiental e cultural aos projetos, criando edificações e comunidades que são mais lucrativas de construir (ou reformar), mais baratas para operar, mais saudáveis e confortáveis de ocupar, e mais produtivas para quem nelas trabalha. Para tanto é necessário que uma equipe multidisciplinar analise pontos como o terreno, as redondezas e a implantação, eficiência energética e de uso da água, eficiência de materiais de construção, projetos mecânicos e de iluminação.

De acordo com REED (1998), atualmente projetistas e tomadores de decisão na maior parte das vezes definem os problemas de uma maneira muito estreita, sem identificar suas causas e conexões. O pensamento sistêmico, o oposto da abordagem da des-integração, em geral apresenta soluções duradouras e bastante simples com múltiplos benefícios, o que nos habilita a transcender batalhas ideológicas e unir todos os grupos em defesa de objetivos

comuns. A compreensão da dinâmica dos sistemas é essencial para a abordagem do pensamento sistêmico – que não apenas aponta o caminho para resolver problemas específicos, mas também revela interconexões entre problemas, que frequentemente permitem que uma solução seja alavancada para criar muitas mais. O que falta é uma visão do todo, o “whole system”, o pensamento sistêmico. Naturalmente, este é um processo mais difícil no começo. Requer engenhosidade, intuição e trabalho em equipe. Tudo deve ser considerado simultaneamente, e depois desmontado para revelar interações mutuamente benéficas. Por esta razão a revisão bibliográfica deste trabalho é bastante extensa, uma vez que os elementos básicos de um projeto sistêmico – eficiência energética, racionalização do uso da água, saneamento básico, conforto ambiental, uso eficiente dos materiais – devem ser bem conhecidos para sua otimização dentro do mesmo.

Um excelente exemplo deste tipo de abordagem são os hospitais da Rede Sarah, projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, o “Lelé” (SÉRIE ARQUITETOS BRASILEIROS, 1999). Sua metodologia inicia um projeto reunindo equipe multidisciplinar, que conta com desde projetistas de elétrica e paisagistas até psicólogos especializados em hospitais. Pôde ser observado que os doentes necessitavam tomar uma certa quantidade de banho de sol todos os dias, que isto aceleraria sua recuperação. Foi então desenvolvido o primeiro desenho do projeto: a cama-maca. O resto do projeto foi todo concebido a partir deste equipamento. Tamanho de corredores, elevadores, rampas, enfermarias, etc., tudo para que o doente internado pudesse transitar pelo hospital deitado em sua cama-maca. Ver foto abaixo do berço-maca da unidade da Rede Sarah no Rio de Janeiro.



Figura 5: Berço-maca da Unidade da rede Sarah no Rio de Janeiro
Foto: Alexandra Lichtenberg

De acordo com MASCARÓ, L. (1991b), a separação contumaz entre implantação e arquitetura, recursos naturais e projetos de formação mental típica do período da energia fácil, está hoje restrita e obriga a se confrontar com as exigências dos princípios da Arquitetura Bioclimática, poupadoras de energia. Há toda uma gama de conhecimentos arrolados no tocante à utilização das variáveis climáticas no ato de projetar, visando a um maior conforto e à maior eficiência energética, inclusive normatização. Existem atualmente vários softwares desenvolvidos especialmente para simulação e análise de ambientes e edificações, do ponto de vista do conforto térmico, lumínico e acústico, vários deles desenvolvidos em universidades brasileiras. CORBELLA e YANNAS (2003) descrevem brevemente vários deles, como o Analysis, Meteonorm, Weather Tool, Ecotect, Luz do Sol, Energy-10, Adeline, Radiance, Oida, etc.

Respeitar a natureza não significa rejeitar o desenvolvimento, e sim adaptá-lo ao meio ambiente. Um projeto bem adaptado às condições locais, além de causar bem-estar às pessoas, reduz as necessidades de energia e aumenta a durabilidade da construção.

3.3 CONFORTO TÉRMICO

Várias são as formas de definir conforto térmico. A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais, com a atividade desenvolvida pelo indivíduo, pela maior ou menor importância de um ou de outro aspecto de conforto. Há condições termo-higrométricas que podem, mesmo que apenas por algum tempo, ser consideradas como de conforto em termos de sensação, e provocar distúrbios fisiológicos ao fim desse tempo. É o caso, por exemplo, de indivíduos expostos a condições de baixo teor de umidade e que, não percebendo que estão transpirando porque o suor é evaporado rapidamente, não tomam líquido em quantidade suficiente e desidratam.

Em seus estudos realizados em câmaras climatizadas na Dinamarca, FANGER (1970) define conforto térmico como sendo, "uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico". Essa tornou-se uma definição clássica desde então, estando inclusive incluída em normas e manuais de conforto térmico como a ASHRAE 55-1992 (1992). Com uma visão crítica com relação ao caráter psicológico dessa definição, "...condição da mente...", ROHLES (1980), adverte que na maioria dos estudos de conforto

térmico analisam-se conjuntamente a temperatura do corpo, "condição do corpo", e as sensações relatadas pelas pessoas, "condição da mente". Com essa advertência, o autor argumenta que os estudos convencionais não levam em conta apenas a condição da mente, mas também a condição do corpo de uma maneira bem mais acentuada.

Para o projeto de norma 02:135.07-001 Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades (ABNT, 2003a), conforto térmico é a “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. Assim considera-se que o conforto térmico somente é atingido quando a pessoa:

- Encontra-se em situação de neutralidade térmica
- Tem a temperatura de sua pele e a taxa de transpiração dentro de limites aceitáveis, função de características fisiológicas particulares e,
- Não está sujeita a nenhum tipo de desconforto térmico localizado, tais como corrente de ar indesejável, contato com pisos aquecidos ou resfriados, radiação térmica assimétrica e diferenças de temperatura do ar.

3.3.1 Variáveis do conforto térmico

Seis variáveis principais determinam a quantidade de calor ou frio que uma pessoa sente¹⁸:

1. Fatores ambientais:

- Temperatura do ar
- Velocidade do ar
- Umidade do ar
- Temperatura radiante média

2. Fatores pessoais:

- Atividade física
- Vestimenta

Outros fatores são:

- Metabolismo (biotipo:idade, peso, sexo, etc)

¹⁸ Outros fatores que influenciam o conforto térmico são: metabolismo, temperatura do ar, aclimatação na mudança de um local para outro, idade e sexo, tipo físico, condições de saúde

- Temperatura do ar: a temperatura do ar não é consequência da ação direta dos raios do sol, pois o ar é transparente a todos os comprimentos de ondas eletromagnéticas. O processo ocorre indiretamente - a radiação solar atinge o solo onde é absorvida em parte e transformada em calor. Portanto, a temperatura do solo aumenta e, por convecção, aquece o ar. A temperatura do ar será consequência, portanto, de um balanço energético onde intervém:

- ✓ A radiação solar incidente e o coeficiente de absorção da superfície receptora;
- ✓ A condutividade e a capacidade térmica do solo que determinam a transmissão de calor por condução;
- ✓ As perdas por evaporação, convecção e radiação.

Descrevendo detalhadamente os fatores principais, temos que:

- Umidade relativa do ar (UR): a umidade é caracterizada pela quantidade de vapor d'água contido no ar. Este vapor se forma pela evaporação da água, processo que supõe a mudança do estado líquido ao gasoso, sem modificação da sua temperatura.

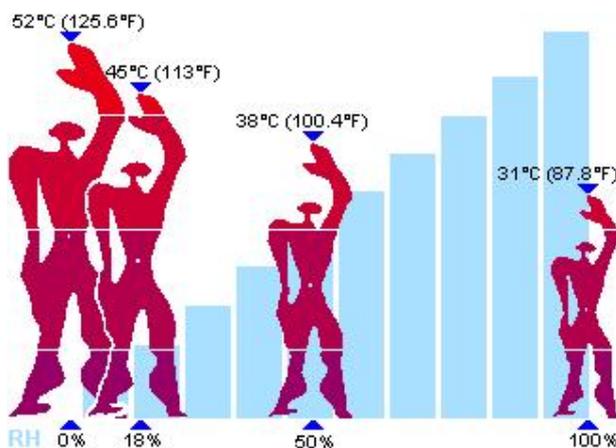


Figura 6: Tolerância na variação de temperatura com a mudança da umidade relativa

Fonte: Peyush Agarwal, Thermal Confort

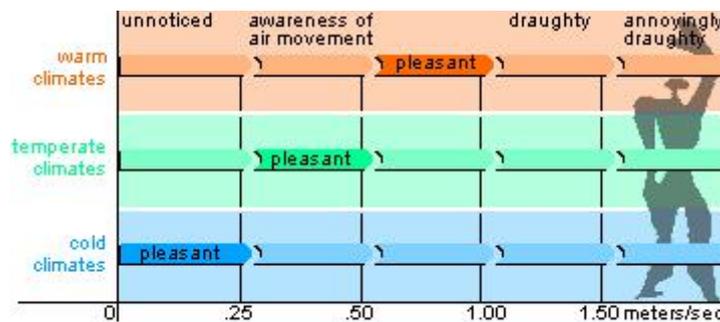
A umidade tem pouco efeito na sensação de conforto térmico na temperatura de conforto ou perto dela, a não ser que a umidade esteja muito alta ou muito baixa - pois é ela que determina a possibilidade a taxa possível de evaporação. A umidade da pele evapora muito mais rapidamente em uma atmosfera seca do que úmida. A altas temperaturas, a evaporação da pele é o canal mais importante de dissipação de calor. O ar saturado a 100% impede o resfriamento evaporativo.

- Velocidade do ar: traduz fisicamente o ar em movimento. No caso de regiões marítimas, durante o dia, o ar próximo ao solo se aquecerá, subirá e permitirá o movimento do ar fresco do mar para a terra. Durante a noite, a terra esfria mais facilmente e a água que armazenou o calor durante o dia, aquece o ar próximo

permitindo a sua subida e a substituição pelo ar fresco vindo da terra.

O movimento do ar pode produzir efeitos térmicos diferentes a diferentes temperaturas do ar, de duas maneiras:

- ✓ aumenta a perda de calor por convecção, contanto que a temperatura do ar em movimento seja menor do que a temperatura da pele. Se não existir esta condição, na realidade o ar esquentará a pele.
- ✓ acelera a evaporação, produzindo um resfriamento fisiológico. Seu efeito é insignificante em UR abaixo de 30%, quando existe uma evaporação contínua mesmo em ar parado, e em umidades acima de 85%, quando mesmo o movimento do ar não consegue ajudá-lo a adicionar vapor ao ar já saturado.



Limites de movimento do ar agradáveis causam evaporação da pele, mais significativamente em UR médias (40% - 50%)

Figura 7: Mudança na sensação agradável (pleasant) de velocidade do ar com a temperatura
 Fonte: Peyush Agarwal, Thermal Confort

- Temperatura radiante média: ao lado da temperatura do ar, a radiação é que tem o maior efeito na sensação térmica. A radiação atingindo a superfície do corpo ativa os mesmos órgãos sensoriais que o calor do ar. Atingindo uma superfície intermediária, como a vestimenta, o calor radiante é convertido em radiação eletromagnética de ondas longas causando calor sensível (movimento molecular), que é então conduzido através do material para a pele.

Tabela 9: TRM e temperatura do ar para sensação térmica de 21,11°C
 Fonte: Peyush Agarwal, Thermal Confort

Equivalent Mean Radiant and Air Temperature for feeling of 21.11°C (70°F)																
MRT °C	18.33	18.88	19.44	20	20.55	21.11	21.66	22.22	22.77	23.33	23.88	24.44	25	25.56	26.11	26.66
Air T °C	25	24.22	23.44	22.66	21.88	21.11	20.33	19.55	18.77	18	17.22	16.44	15.66	14.88	14.11	13.33

- A tabela 10 acima representa as combinações das temperaturas de bulbo seco

e radiante média que resultarão em uma sensação térmica de 21,11°C. A temperatura radiante média (TRM) é a média das leituras térmicas de radiação de todos os materiais do entorno, incluindo paredes, pisos, outros corpos humanos, etc. É o tipo de radiação que vem de uma pedra aquecida. Pode haver uma diferença entre a TRM e a temperatura do ar.

- Atividade metabólica (MET¹⁹): em linhas gerais, o corpo humano gera mais calor quando em movimento do que quando em repouso. Um princípio muito importante envolvido aqui é o da taxa de metabolismo. O corpo humano produz calor constantemente, mas a uma taxa variada. O metabolismo é o termo que descreve os processos biológicos do corpo que levam à produção de calor. As tabelas contendo os valores MET para cada atividade específica podem ser encontradas em várias publicações especializadas. Porém, a utilização de valores de taxas metabólicas através destas tabelas pode levar a grandes erros de precisão, pois como as mesmas são estimadas levando-se em consideração apenas o tipo de atividade desempenhada, não consideram a pessoa que a está desempenhando, se homem ou mulher, baixa ou alta, jovem ou idosa, gorda ou magra, qual o esforço que está dispendendo para realizar a atividade, se adaptada ou não para o desempenho, qual seu condicionamento físico e metabolismo basal, quais seus hábitos de alimentação ou quais suas tensões ou nível de stress emocional. Desta forma, a utilização das tabelas torna-se um artifício bastante simplista, podendo induzir a erros na avaliação do conforto ambiental desejado. Estudo realizado por MAGALHÃESs et al (1999) analisando a taxa metabólica basal em estudantes universitárias do Rio de Janeiro, mostrou um desvio (para cima) em média de 12,5% em relação à proposta pela FAO/WHO/ONU²⁰ em 1985 – e que este desvio é notado principalmente em populações vivendo nos trópicos.

- Vestimenta (CLO²¹): o indivíduo pode exercer um controle considerável sobre

¹⁹ MET: O metabolismo, que varia de acordo com a atividade desempenhada é expresso em unidade "met". 1 met, que corresponde a 58,2 W/m²

²⁰ FAO/WHO/ONU: Food and Agriculture Organization/ World Health Organization/ Organização das Nações Unidas

²¹ CLO: unidade de medida do isolamento intrínseco da pele para a superfície externa das roupas, não incluindo a resistência fornecida pela camada de ar ao redor do corpo.

a maioria das formas de trocas de calor entre a superfície do seu corpo e o ambiente através da escolha de suas roupas. A unidade clo foi inventada para simplificar o manuseio desta cobertura de isolamento. $1\text{ clo} = 6,5 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ sobre toda a superfície do corpo. Em condições de ar parado, quando o indivíduo estiver em atividade sedentária, a variação de 1 clo seria compensada por aproximadamente 7°C de mudança de temperatura. Em condições de vento forte, ou se o indivíduo estiver trabalhando pesado, o efeito seria mais pronunciado. As tabelas contendo os valores CLO para cada tipo de vestimenta específica podem ser encontradas em várias publicações especializadas. Devido à enorme gama de tecidos existentes no mercado atualmente, a utilização das tabelas nem sempre conseguem caracterizar com precisão o que está sendo realmente utilizado pelas pessoas, levando isso a utilização de valores incorretos.

Dentro do item variáveis pessoais, XAVIER (1999) inclui o que chamou de “parâmetros subjetivos ligados ao conforto térmico”, que são os ligados ao estado psicológico das pessoas, ou sejam, as:

- Sensações térmicas (Como você está se sentindo neste momento?) e as
- Preferências térmicas (Como você gostaria de estar se sentindo agora?)

Sobre as sensações térmicas, XAVIER (1999) afirma serem obtidas de escalas sensoriais, descritivas ou de percepção, indicando basicamente o resultado da condição da mente na percepção do conforto térmico. Das preferências térmicas, resultado da condição do corpo na percepção da sensação térmica, da observação de escalas de preferências que espelham o estado fisiológico das pessoas com relação ao ambiente térmico no momento de seus relatos. Ao citar a escala sensorial existente na ISO 10551, que varia de +3, +2, +1, 0, -1, -2, -3 ou Muito Quente, Quente, Levemente Quente, Neutro, Levemente Frio, Frio e Muito Frio respectivamente, cabe-nos lembrar dos Índices PMV e PPD - “Predicted Mean Value e Percentage of Dissatisfied People “ – ou Voto Médio Estimado e Percentual de Pessoas Insatisfeitas, metodologia criada por FANGER (1970), que detalharemos a seguir.

A satisfação com o ambiente térmico é também resultado do nível de atividade física em função desta estar ligada à taxa de produção de energia do corpo humano. É portanto imprescindível prever, na fase de projeto da edificação, o nível de atividade que será

desenvolvida, visto que a mesma pode crescer em até 20 vezes, alterando completamente a sensação térmica do ambiente.

3.3.2 Índices de Conforto Térmico

Os estudos de FANGER (1970) geraram um modelo analítico para a determinação das condições de conforto térmico, conhecido como modelo do PMV/PPD mencionado acima, que leva em consideração as seis variáveis citadas no subitem anterior.

XAVIER (2000) em sua tese de doutorado questiona o modelo PMV/PPD²², porque para distintas situações geográficas de edificações e populações analisadas, tem mostrado pouca convergência entre os resultados por ele apresentados e as sensações de conforto térmico relatadas pelas pessoas. Considera que esta metodologia pode levar a predições de sensações térmicas não correspondentes à realidade, uma vez que não considera algumas características individuais das pessoas analisadas ao correlacionar os processos físicos de transferência de calor com um processo subjetivo das pessoas, que são suas sensações. As variáveis incluídas no estudo de XAVIER (2000) foram referenciadas como relativas ao estilo de vida, no que diz respeito a hábitos de atividades físicas, hábitos alimentares e nível de estresse verificado pelas pessoas, além de idade, sexo e composição corporal, considerados tão ou mais importantes do que os próprios mecanismos de troca de calor. Tal fato já foi apontado também por outros pesquisadores, como AULICIEMS (1973), HUMPHREYS e NICOL (1996), ARAÚJO (1996) e XAVIER E LAMBERTS (1999).

VERGARA, L.G. (2001) em sua dissertação de mestrado analisando as condições de conforto térmico em trabalhadores da UTI (Unidade de Tratamento Intensivo) do Hospital Universitário de Florianópolis, demonstrou que praticamente não houve correlação entre o PMV calculado e as sensações térmicas relatadas pelos trabalhadores durante as medições, ou seja, somente 3,54% das variações de sensações térmicas dos trabalhadores da UTI são explicadas pelo modelo do PMV.

²² O modelo PMV/PPD baseia-se no princípio físico do balanço térmico entre o homem e o ambiente, correlacionando as sensações térmicas das pessoas à carga térmica atuando sobre o corpo, a qual é definida como sendo a diferença entre a produção interna de calor pelo corpo, através da taxa metabólica, e os mecanismos de transferência de calor do corpo para o ambiente.

Por outro lado, a impossibilidade de se expressar a resposta humana ao ambiente térmico em função de um simples fator ambiental, e na certeza de que cada um age influenciado por diversos fatores, vários Índices Térmicos surgiram. Entre eles, GIVONI (1976) cita o E.T. – “Effective Temperature Index”, proposto pela ASHRAE; o R.T. – “Resultant Temperature”, proposto pelo francês Missenard; o P4S.R. – “Predicted Four Hours Sweat Rate”, proposto pelo Centro de Pesquisa da Marinha Real da Inglaterra durante a II Grande Guerra; o H.S.I. – “Heat Stress Index”, proposto pelos pesquisadores Belding e Hatch, da Universidade de Pittsburg; e finalmente o I.T.S. – “Index Thermal Stress”.

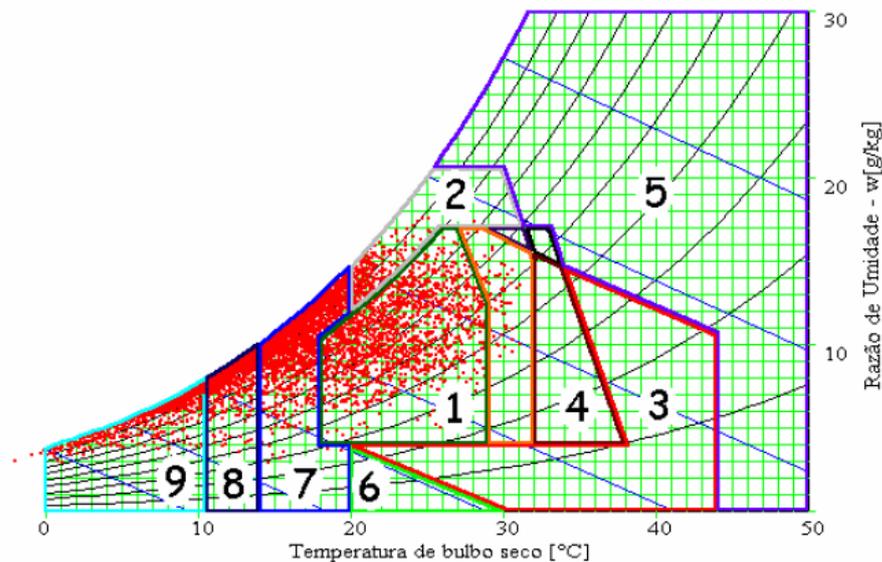
3.3.3 Diagramas utilizados no estudo climático local

Ao ser abordada a temática da zona de conforto, procura-se traçar estratégias bioclimáticas normativas através da aplicação da Bioclimatologia à Arquitetura calcadas em estudos de cartas bioclimáticas que permitam identificar, a partir de uma análise climática local, parâmetros para desenvolvimento de projetos arquitetônicos. GIVONI (1976) afirma que, além de o clima em dada região ser determinado pela variação e inter-relação de diversos elementos, os principais fatores climáticos a serem considerados para se dotar uma edificação e seus ocupantes de conforto térmico são: radiação solar, radiação de onda longa emitida da Terra para a atmosfera, temperatura do ar, velocidade do ar, umidade relativa e precipitação (chuva, neve, etc), considerando-se que a manutenção do equilíbrio térmico entre o corpo humano e seu ambiente é um dos principais requisitos para a saúde, o bem estar (produtividade) e o conforto.

Na década de 60, os irmãos Olgyay fizeram uso da Bioclimatologia na Arquitetura levando em consideração os princípios do conforto térmico humano. Givoni desenvolveu um diagrama bioclimático que propunha estratégias de adaptação da Arquitetura ao clima (LAMBERTS et al, 1997). Entre esses dois sistemas há duas diferenças básicas: a) o sistema de Olgyay é desenhado entre dois eixos, sendo o vertical das temperaturas e o horizontal das umidades relativas, enquanto que o de Givoni é traçado sobre uma carta psicométrica convencional; e b) o sistema de Givoni se baseia em temperaturas internas do edifício obtidas por projeção, enquanto que o de Olgyay só se aplica para a condições externas. Ambos os sistemas apresentam alternativas para dilatar a zona de conforto através da adoção de estratégias arquitetônicas para alterar a sensação do clima interno em estudo (BARBOSA, 1997). De acordo com GIVONI (1992) o clima interno em edifícios não condicionados reage

mais à variação do clima externo e a experiência de uso dos habitantes dos mesmos. Pessoas que moram em edifícios sem condicionamento e naturalmente ventilados aceitam usualmente uma grande variação de temperatura e velocidade do ar como situação normal. Assim Givoni concebeu uma carta bioclimática adequada para países em desenvolvimento, expandindo os limites máximos de conforto expressos em sua carta anterior. Foi adaptada uma carta bioclimática a partir da sugerida por GIVONI (1992), para a Norma Brasileira de Desempenho Térmico em Edificações, Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (RORIZ et al, 1999).

Após analisadas diversas cartas bioclimáticas por BOGO et al.(1994) e adotado-se a proposta por GIVONI (1976) para países em desenvolvimento, na seqüência, o NPC/LABEEEE/ ECV/UFSC desenvolveu um programa computacional denominado ANALYSIS BIO (UFSC, Labee), para utilização das recomendações e estratégias bioclimáticas, visando adequar a arquitetura do clima local, relacionando variáveis como a temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa e específica, entalpia, ponto de orvalho, volume específico e pressão de vapor.



1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial

Figura 8: Carta Bioclimática com TRY de Curitiba

Fonte: Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras- UFSC

3.3.4 Variáveis arquitetônicas

A evolução do desempenho dos ambientes edificados nos últimos vinte anos não acompanhou a verdadeira revolução de outras áreas da produção humana. Muitas casas, escritórios, escolas e outros prédios aonde as pessoas passam 90% de seu tempo, não tem um desempenho melhor do que aqueles construídos pela geração passada. De fato, a noção de que uma edificação deva ter um alto desempenho é nova para muitos, apesar de a maior parte do ambiente construído a nível global ter um custo real que pode ser mensurado a nível de poluição ambiental, dólares, e da qualidade de vida da população.

A indústria da construção civil produziu inovações fantásticas em certos produtos específicos, tecnologias, materiais, ferramentas de projeto e métodos construtivos. É fácil citar sistemas de aquecimento/ refrigeração super eficientes, controles de iluminação, painéis fotovoltaicos que substituem as telhas, vasos sanitários de vazão reduzida, sistemas de automação predial. Infelizmente, porém, a maior parte das edificações recentes não integra estes progressos para obter um todo que seja maior do que a soma de suas partes. As edificações deveriam ser melhores para nós, para o meio ambiente, e para a economia. E elas serão melhores – existe o conhecimento e as ferramentas para tal – se os legisladores, os programas federais, e os líderes da indústria fizerem um esforço acordado para coordenar programas e recursos na abordagem sistêmica da “Alta Qualidade Ambiental das Edificações”.

Na realidade verifica-se que o primeiro passo para atingir a alta qualidade ambiental é entender como a edificação interage com o meio ambiente ao seu redor, sobretudo no aspecto térmico.

Milhões de pessoas que habitam em regiões metropolitanas estão sujeitas ao efeito das ilhas de calor, que faz com que as temperaturas nas cidades cheguem a ser de 1° a 6° C mais quentes do que em áreas rurais vizinhas. Esta elevação de temperatura pode causar impactos nestas comunidades pelo aumento da demanda de energia de pico, custos de ar-condicionado, perda de produtividade, níveis de poluição do ar e doenças causadas pelo calor. Este fenômeno se forma à medida que as cidades substituem a cobertura natural dos terrenos por áreas pavimentadas, edifícios, e infra-estrutura (GRAY e FINSTER, 2000). Estas

modificações contribuem para a elevação da temperatura urbana de várias maneiras:

- a retirada de árvores e vegetação minimiza os efeitos de resfriamento natural que a sombra e a evaporação da água do solo e das folhas proporcionam (evapotranspiração);
- edifícios altos e ruas estreitas aquecem o ar preso entre eles e reduzem o fluxo de ar;
- calor e poluição produzidos por veículos, fabricas e ar condicionados aquecem seus arredores, aumentando o efeito da ilha de calor.

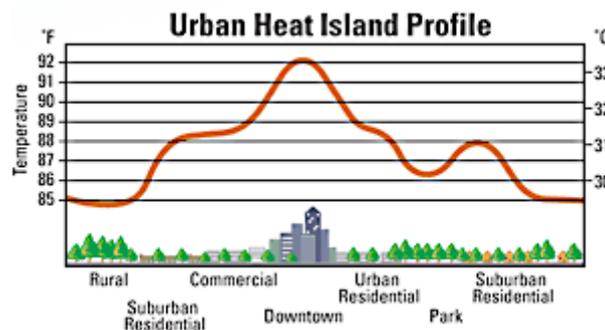


Figura 9: Gráfico ilustrativo do efeito da ilha de calor.

Fonte: <http://www.epa.gov/heatisland/about/index.html>

Além destes fatores, a intensidade da ilha de calor depende do clima e do tempo na área em estudo, inclusive da topografia e proximidade a corpos de água. A figura abaixo mostra uma imagem térmica feita pelo satélite Lansat da NASA, da cidade de Nova York, em 14 de agosto de 2002, às 10:30hs. As localidades com as maiores temperaturas são vistas em vermelho, e as em azul são as áreas com temperaturas mais amenas.

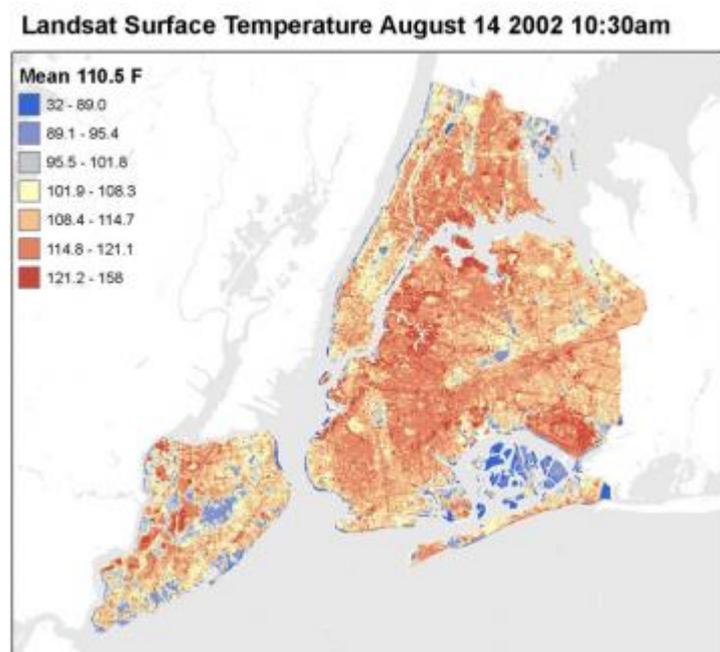


Figura 10: Imagem de satélite da cidade de New York.

Fonte: (<http://www.physorg.com/news10374.html>)

OLGYAY (1998) afirma que são muitas as características em um projeto de arquitetura que afetam a edificação, pelo que indica quatro formas de interação da construção com o seu meio ambiente:

- A efetiva exposição solar – dos elementos envidraçados ou opacos do envelope (paredes e cobertura)
- O efetivo ganho de calor solar do edifício
- A taxa de ganho ou perda condutiva e convectiva de calor para o ar ambiente, e
- O potencial para ventilação natural e resfriamento passivo do edifício.

Afirma ainda que as principais características que afetam alguma ou todas dessas interações do edifício com o meio ambiente são parte das estratégias solares passivas:

- Forma do edifício,
- Orientação e condições de sombreamento das janelas
- Orientação e cor das paredes
- Tamanho e localização das aberturas sob aspecto de ventilação
- Efeito da condição de ventilação da edificação na sua temperatura interna.
- Especificação dos materiais do envelope

Os resultados destas intervenções devem ser complementados, quando necessário, com estratégias e tecnologias ativas – equipamentos para atingir os níveis adequados de desempenho.

Como neste trabalho o foco está na arquitetura do clima tropical quente úmido, a atenção será voltada a intervenções pertinentes a este tipo de clima. No verão existem temperaturas altas aliadas a umidade relativa também muito alta. O primeiro ponto a ser dar atenção para o arrefecimento passivo é MINIMIZAR a quantidade de calor transmitido para dentro da edificação, assim como aquele que é gerado dentro dela. Após isto, caso arrefecimento adicional seja necessário, deve-se estudar que tipo e qual a eficiência de equipamento de condicionamento mecânico do ar a ser especificado.

O calor flui de espaços com temperaturas mais altas para os com temperatura mais baixa, até atingir o equilíbrio. Induzido por diferenças de temperatura, a troca de calor ocorre por condução, convecção e radiação. Condução é o movimento do calor dentro de uma

substância. Por exemplo, o metal é um excelente condutor de calor, fazendo com que elementos da edificação feitos de metal, como portas, janelas, paredes, tetos e pisos sejam áreas especialmente difíceis para controlar a transferência de calor. Convecção é a movimentação do calor através de um fluido: prismas de elevador, cavidades de paredes não-isoladas, e outros espaços verticais aonde o ar está em movimento e suscetível a transferência de calor por convecção. Radiação é a movimentação do calor através de ondas eletromagnéticas: objetos a temperaturas acima de zero absoluto irradiam calor. A única maneira de alterar o fluxo de calor radiativo é com a inserção de um objeto que desvie ou absorva o calor entre os objetos emissor e receptor.

As estratégias de projeto podem incluir vários tipos de isolamento térmico, variação de formas, cores internas e externas, resfriamento evaporativo, ventilação natural e forçada, especificação de envidraçamentos e janelas, tipos de coberturas e telhados, de fundações, tipos de portas, paisagismo interno e externo, etc. É importante ressaltar que cada tipo de clima requer estratégias diferentes e específicas.

3.3.4.1 Implantação/ Orientação/ Morfologia

No que se refere à disposição das edificações nos lotes urbanos, elas devem estar dispostas de modo a permitir que a ventilação atinja todos os edifícios e possibilite a ventilação cruzada nos seus interiores. Isto significa que o partido arquitetônico deve prever construções alongadas no sentido perpendicular ao vento dominante, conforme a figura abaixo.

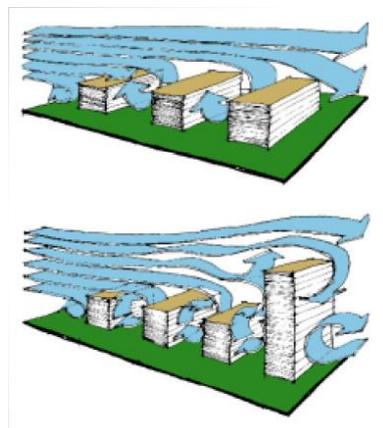


Figura 11: vento urbano

Segundo POPOV, L.A. (2002) morfologia, do ponto de vista da percepção humana e da teoria da arquitetura, pode ser descrita em termos de formato, forma, sólidos e vazios, massa e espaço, e o layout de espaço e estruturas edificadas – e como isto afeta a relação da edificação com o entorno e também as instalações mecânicas da construção.

Para Norman Foster, grande investigador da técnica associada à alta tecnologia e ao uso da computação, a forma será o resultado de diversos condicionantes bioclimáticos, buscando sempre alcançar o máximo aproveitamento da luz natural e a eficiência energética (DI TRAPPANO E BASTOS, 2005). Para Ken Yeang, seus projetos não surgem simplesmente de uma concepção solitária, mas a partir de uma total compreensão da ecologia e de sistemas sustentáveis, que são os motivos geradores de suas formas (RICHARDS, I., 2001).

Em sua dissertação de mestrado, BARROSO-KRAUSE (1989) identifica que na região estudada da Baixada da Penha, no Rio de Janeiro, apesar de contar com ventos de valores iniciais bastante altos, esta vantagem é praticamente anulada face à rugosidade de um entorno extremamente mal elaborado. O estudo cuidadoso da implantação e envelope das edificações em estudo, mostraram que os projetos produzidos mantiveram sempre temperaturas médias de ocupação acima de 29°C. Neste estudo comprovou também, que as coberturas de menor inércia térmica apresentaram desempenho superior.

Quanto à radiação solar direta, devem-se proteger as aberturas nos períodos mais quentes do dia. As mesmas janelas que fornecem uma bela vista, iluminação natural e ventilação podem estar adicionando muito calor ao ambiente interno, e conseqüentemente aumentando os gastos com condicionamento de ar. Para que uma janela seja eficiente do ponto de vista energético, será necessário analisar a orientação das mesmas. As janelas serão discutidas com mais detalhe no item 3.3.4.5 – por hora o importante é saber da necessidade da determinação da posição do Sol para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos.

Não se pode esquecer porém que o uso da radiação solar no ambiente interno (luz/calor) é apropriada em certos casos:

- ajuda o crescimento das plantas;

- iluminação natural, que oferece mais conforto e produtividade, dando dinamismo ao espaço interno através de sua variação ao longo do dia;
- oferece um elo emocional e visual com o ambiente externo;
- propriedade germicida em relação a fungos;

Para fazer um controle eficiente da radiação solar é necessário saber a latitude do local, que é o dado que vai fornecer as trajetórias aparentes do sol a qualquer hora de qualquer dia de qualquer ano (azimute e altura solar). As áreas de sombra e de sol podem ser estudadas com a ajuda de gráficos de trajetórias solares e um transferidor solar, que representam a projeção, sobre um plano, das trajetórias aparentes sobre a abóbada celeste, para vários dias do ano. Atualmente existem vários softwares para se estudar a insolação nas edificações, como o Luz do Sol, Visual DOE, o ECOTEC e o The Sun Tool.

3.3.4.2 Ventilação Natural

A ventilação natural é recomendada como estratégia bioclimática e de baixo custo energético para o trópico quente e úmido, para proporcionar o conforto térmico nos edifícios, segundo LAMBERTS et al (1998), MASCARÓ, L. (1991) e OLGYAY(1998). Devido à alta umidade noturna e à baixa amplitude térmica, características deste clima, GUYTON (1998) e RIVERO, R. (1985) afirmam que a ventilação natural sobre a pele do indivíduo passa a ser a melhor opção para acelerar a evaporação e facilitar as perdas por convecção e com isto garantir o equilíbrio térmico.

Segundo FROTA E SCHIFFER (2003), como a variação de temperatura noturna não é tão significativa neste clima a ponto de causar sensação de frio, mas o suficiente para provocar alívio térmico, a ventilação noturna é bastante desejável. Devem-se prever então aberturas suficientemente grandes para permitir a ventilação nas horas do dia em que a temperatura externa está mais baixa do que a interna. Do mesmo modo, deve-se proteger as aberturas da radiação solar direta, mas não fazer destas proteções obstáculos aos ventos.

Segundo BROWN e DEKAY (2001), a velocidade com que o ar atravessa um cômodo, levando consigo o calor, é uma função das áreas de entrada e saída do ar, da velocidade do vento, e da direção do vento relativamente às aberturas. A quantidade de calor

removida pela corrente de ar depende da diferença entre as temperaturas interna e externa da edificação. Ao passar pela edificação, a corrente de ar causa zonas de pressão mais alta do lado de barlavento²³, e zonas de pressão mais baixa do lado de sotavento²⁴ do edifício. De acordo com MELARAGNO (1982), a ventilação cruzada mais eficiente ocorre quando as aberturas de entrada do ar estão na zona de barlavento, e as de saída do ar na zona de sotavento. A taxa de fluxo de ar depende da diferença de pressão entre a entrada e a saída de ar.

A figura abaixo mostra o efeito do terreno no perfil da velocidade do vento.

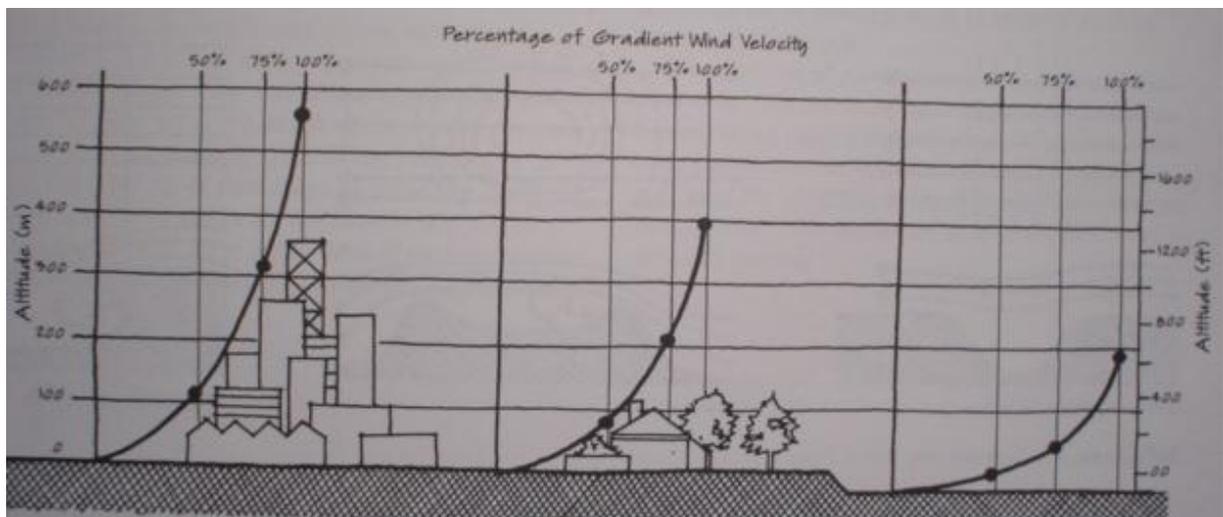


Figura 12: Influência do perfil urbano na velocidade do vento

Fonte: BRONW e DEKAY (2001)

3.3.4.3 Envelope

O envelope de uma edificação pode ser definido como a interface construtiva com o exterior. Regula os três tipos de trocas de calor para auxiliar no controle da temperatura interna da mesma, ao responder às variáveis externas (temperatura do ar, albedo, radiação direta, etc), e variáveis internas (carga térmica dos ocupantes, iluminação, equipamentos, etc). Estratégias de especificação deste envelope podem fazer com que os ocupantes controlem estas trocas de calor, permitindo que mais ou menos calor flua de e para o ambiente externo conforme as condições de conforto assim o exijam. A definição do envelope (paredes, janelas,

²³ Barlavento: lado de onde vem o vento, ou lado exposto ao vento.

²⁴ Sotavento: lado contrário de onde vem o vento, ou lado protegido do vento.

portas, telhados, forros e pisos) será um fator determinante na quantidade de energia que a edificação irá gastar na sua operação. Os impactos ambientais de ciclo de vida e custos energéticos associados com a produção e transporte dos diferentes tipos de materiais do envelope também variam muito e devem ser cuidadosamente considerados.

No clima tropical quente úmido, as construções (especialmente as com uso noturno, como as residenciais) não devem ter uma inércia muito grande, pois isto dificulta a retirada do calor interno armazenado durante o dia pelo envelope, prejudicando o resfriamento da edificação quando a temperatura externa noturna está mais baixa que a interna. As recomendações usuais prevêm uma inércia de média a leve, porém prestando atenção para que as vedações sejam estanques e também que contenham algum material isolante, para impedir que grande parte do calor da radiação solar recebido pelas vedações atravesse a edificação e gere calor interno em demasia. O mesmo se aplica à cobertura, que pode ter espaços de ar ventilados, que tem como característica retirar o calor que atravessa as telhas e que, deste modo, não penetrará nos ambientes.,

A grande causa de desconforto térmico no verão neste clima são as altas taxas de umidade e temperaturas externas elevadas. Em geral, sem uma amplitude térmica mínima ou um aproveitamento correto dos ventos disponíveis, é praticamente impossível conseguir-se naturalmente uma situação de conforto na edificação.

A EPA (Environmental Protection Agency) dos Estados Unidos, estima que a demanda anual de energia para ar condicionado seja de quase 1/6 da energia total gerada. A especificação cuidadosa de materiais de construção e seus respectivos albedos pode ter um efeito significativo no ganho de calor de superfícies, assim como nas temperaturas do ar ambiente, que por sua vez podem reduzir a demanda por ar-condicionado. Novos estudos indicam que superfícies reflexivas, especialmente as utilizadas em coberturas, podem ajudar a reduzir a demanda por resfriamento de 10 a 15%. Isto pode resultar em economia de energia de até 50%. Vários tipos de membranas reflexivas de cobertura foram testadas no programa ENERGY STAR²⁵ para estimular a eficiência energética. Elas são geralmente de cor clara. Hashem Akbari, do Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL) testou e avaliou a

²⁵ Programa Energy Star: programa criado e mantido pelo governo americano para ajudar empresas e indivíduos a proteger o meio ambiente através de melhor eficiência energética, etiquetando equipamentos e serviços.

performance de membranas reflexivas de cobertura, em uma loja de aproximadamente 10.000m² em Austin, Texas. A energia utilizada para o ar condicionado foi medida antes e depois da instalação da membrana reflexiva. No teste, a instalação reduziu a temperatura média da superfície da cobertura de 76°C para 52°C, uma diferença de 24°C. O relatório final indica que o uso total da energia para ar condicionado foi reduzida em 11% e a demanda no horário de pico caiu em 14% (AKBARI, H et al, 1998).

A especificação do envelope pode requerer alguns entre os vários tipos de proteção solar, que incluem pérgulas, toldos, cobogós, venezianas, vegetação, marquises, etc. As proteções móveis são mais caras, porém podem oferecer proteção variável de acordo com o período do dia e do ano, conforme figuras abaixo.



Figura 13: Brise soleil móvel em estrutura metálica e tecido, Biblioteca Municipal de Christchurch, NZ
Foto: Alexandra Lichtenberg

Além das vantagens como sistema de resfriamento passivo, a proteção solar é um dos recursos de conforto térmico que interferem no volume externo da arquitetura. Assim, ao especificar um brise, o arquiteto estará tomando partido também de decisões plásticas.

A proteção solar também influenciará a qualidade e a quantidade de luz natural que passa ao interior da edificação. Jean Nouvel concebeu, no Instituto do Mundo Árabe um tipo de brise que controla automaticamente a intensidade de luz solar no interior. Em forma de diafragmas e movidos por sensores de luz, estes brises compõem um interessante efeito de “tapeçaria” na fachada do edifício, em referencia conceitual ao mundo árabe, conforme mostram as figuras abaixo (REVISTA PROJETO, 1989).



Figura 14: Brise do Instituto do Mundo Árabe, fechado e aberto

O formato e o tipo de construção influenciam muito em quanto do clima e das cargas térmicas internas são traduzidas em exigências de aquecimento ou refrigeração.

3.3.4.4 Telhados Verdes

Segundo BARROSO-KRAUSE (1998), as lajes com cobertura vegetal - ou naturadas - permitem associar benefícios térmicos a ambientais, na medida que transformam superfícies impermeáveis em interativas com o entorno, reduzindo desde a temperatura de superfície das próprias coberturas às do meio circundante. Como complemento, de acordo com BROWN e DeKAY (2001), e sem ocupação adicional do tecido urbano, ajudam na construção de um microclima mais favorável, pelo efeito de fotossíntese e evapotranspiração, estando na direção das novas diretrizes municipais, no tocante a retenção das águas pluviais urbanas.



Figura 15: Residências típicas norueguesas. Folksmuseum, Oslo, Noruega
Foto: Alexandra Lichtenberg



Figura 16: Telhado verde em residência em Griffenhagen, Alemanha
Fonte: Gernot Minke



Figura 17: Telhado verde em residência em Pedra Azul, ES

O uso de telhados verdes vem de longa data, provavelmente dos lendários Jardins Suspensos da Babilônia, sendo extensivamente empregados por muitos séculos nos países nórdicos e no Alaska para evitar que o frio penetrasse na edificação durante o inverno, e o calor retido no interior pudesse escapar.

No período de 1998 a 2002, a Alemanha conseguiu implantar 1 milhão de metros quadrados de telhados verdes. Isto foi possível graças às leis e a um sistema de planejamento que dá a cada estado a liberdade de planejar suas próprias leis; o governo federal apenas dá as diretrizes destinadas a manter a consistência dos programas entre os todos os Estados. O Decreto Federal de Proteção à Natureza, o Código de Obras Federal e os Códigos Estaduais de Proteção à Natureza incorporam regulamentações quanto a intervenções e intrusões. Isto quer dizer que o responsável por uma intervenção ou uma intrusão no ambiente natural deve evitar causar qualquer dano desnecessário ao paisagismo e à natureza locais, e deve compensações por qualquer dano inevitável através de medidas de atenuação e substituição. A instalação de telhados verdes é uma destas medidas. Na cidade de Stuttgart, em áreas urbanas de renovação prioritária, 30% do valor dos materiais e da construção de telhados verdes é paga pelo governo, e 20% dos custos de manutenção também. Além do apoio financeiro, o governo fornece consultoria técnica gratuita (STENDER, 2002).

Telhados verdes representam uma abordagem única e fora do comum para aumentar o desempenho energético de edificações através de sombreamento, isolamento térmico, evapotranspiração e massa térmica. Os benefícios diretos mensuráveis são menores temperaturas na superfície da cobertura e redução da troca de calor através da mesma, o que reduz o uso de ar-condicionado em horários de pico e a demanda por energia. Estas

propriedades de economia de energia são diferentes no inverno e no verão em climas frios. No verão, um telhado verde forma uma camada protetora sobre a camada de impermeabilização, protegendo a mesma da radiação direta de raios ultra-violeta. As plantas no telhado verde evitam que a superfície da cobertura absorva a energia da radiação solar. Isto tem um impacto imediato na temperatura interna do ar nos ambientes abaixo da cobertura verde, reduzindo a demanda por condicionamento de ar. A evapotranspiração ajuda a reduzir a temperatura do ar no nível da cobertura, o que tem um impacto significativo na atenuação do efeito de ilha de calor.

O efeito dos telhados verdes no combate às enchentes fica melhor explicitado na análise do gráfico abaixo, que mostra o runoff²⁶ de uma área antes de ser construída, e o runoff da mesma área após a construção. O volume do runoff após a área estar construída é mais do que o dobro do que quando a área estava virgem, ainda notando-se que o pico do volume na área construída se dá após uma hora de chuva, enquanto que na área livre se dá apenas após quase duas horas (JARRET, 2005).

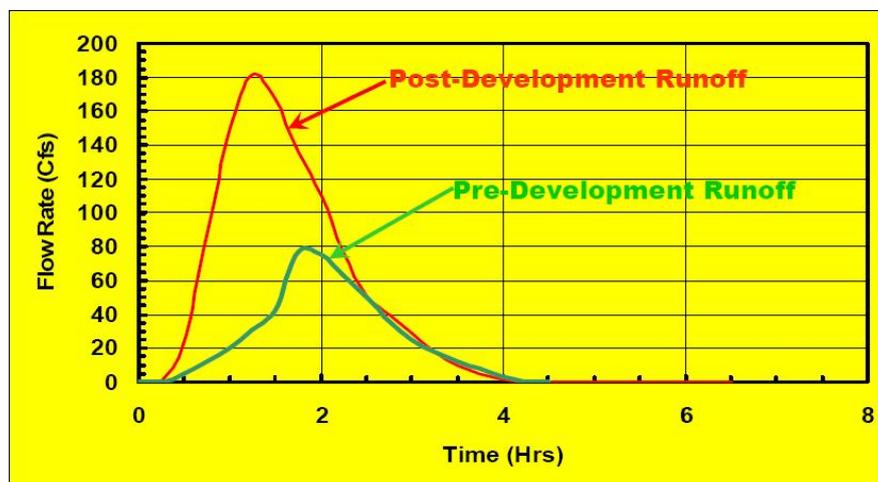


Gráfico 6: Vazão de runoff em área livre x área construída

O gráfico abaixo mostra a diminuição do fluxo da água de chuva nos prédios do grupo de pesquisas em Lajes Verdes da Universidade da Filadélfia (Penn State), monitorado no período de 31 de maio a 1 de junho de 2003.

²⁶ Runoff: O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff, que é o quociente entre a água que escoou superficialmente (runoff) pelo total da água precipitada. Esta perda de água de chuva é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras.

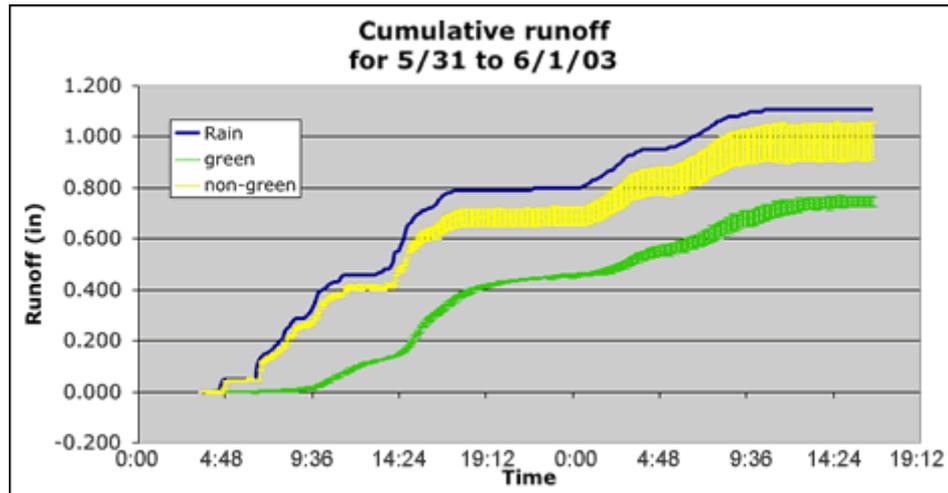


Gráfico 7: Runoff acumulado

Fonte: Penn State Green Roof Research Group

O gráfico abaixo mostra o runoff x as capacidades de retenção de água em telhados verdes extensivos com profundidades de 1 polegada, 2,5 polegadas e 4 polegadas. A primeira barra representa o solo com cobertura de vegetação de 1 polegada sobre uma camada de drenagem de 2 polegadas. Este telhado verde consegue reter uma média de 58% da precipitação anual. A segunda barra representa o solo com cobertura vegetal de 2,5 polegadas, que consegue reter uma média de 67% da precipitação anual. A terceira representa uma camada de solo com cobertura vegetal de 4 polegadas, que retém uma média de 71% da precipitação anual (DÜRR, A, 1995).

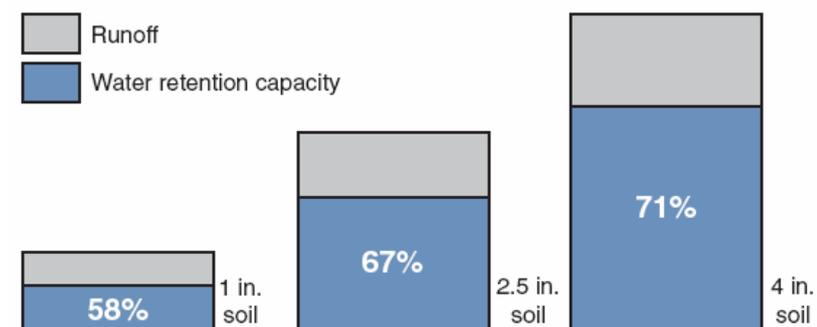


Gráfico 8: Runoff x Capacidade de retenção de água em diferentes profundidades de solo

Fonte: (A. Dürr, 1995)

O telhado do edifício de 12 andares da Prefeitura de Chicago foi reformado para receber um jardim de 2.200m², deixando os restantes 1.680m² do telhado apenas com a impermeabilização asfáltica para poder fazer o estudo comparativo. O objetivo principal desta reforma, que foi completada em 2001, foi demonstrar que os telhados verdes ajudam a reduzir a temperatura do ar na cidade. Durante a elaboração do projeto, foram feitas simulações de

consumo de energia para prever os benefícios ambientais da instalação de uma laje verde no prédio da Prefeitura, e em todos os outros prédios da cidade, que juntos somam aproximadamente 30% da área da superfície da cidade. A simulação estimou que a Prefeitura pode economizar U\$ 4.000,00 em custos de energia, com a redução da demanda por ar condicionado e aquecimento. A modelagem também estimou que a cidade inteira poderia reduzir sua demanda de energia em até 720 MW, economizando U\$100.000.000,00, se todos os edifícios da cidade fossem cobertos por lajes verdes. A demanda reduzida de energia poderia também resultar em um redução de emissões da ordem de 460 ton de NOx e 570 ton de SO2 por ano (LABERGE, K., 2003). Os resultados finais da pesquisa ainda não foram divulgados para o público.



Figura 18: Telhado verde da Prefeitura de Chicago, EUA

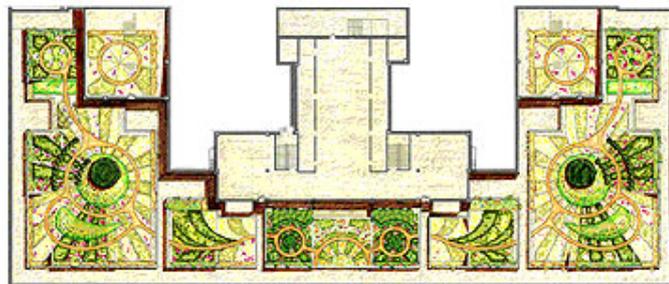


Figura 19: Planta baixa do telhado verde da prefeitura de Chicago (parte não ajardinada ao centro)

Segundo pesquisa feita em Ottawa pelo National Research Council do Canadá, e publicado pelo Federal Energy Management Program (TANNER, S., 2004), do DOE-USA, as

medições do fluxo de calor mostram que a demanda média diária de energia para o telhado verde foi significativamente menor do que para o telhado de referencia na primavera e no verão, conforme gráfico abaixo.



Figura 20: telhado verde e telhado de referencia em pesquisa em Ottawa, Ca.
Fonte: National Research Council of Canada

Durante os 660 dias de monitoramento, a temperatura do telhado verde estudado excedeu os 30°C apenas em 18 dias, ou 3% do tempo. A temperatura do ar ambiente excedeu os 30°C em 63 dias, ou 10% do tempo. A temperatura do telhado de referencia (laje impermeabilizada com manta asfáltica coberta com pedriscos cinza-claro) foi significativamente mais alta durante o mesmo período, subindo para mais de 50°C em mais de 219 dias, ou 33% do tempo, conforme mostrado na tabela abaixo.

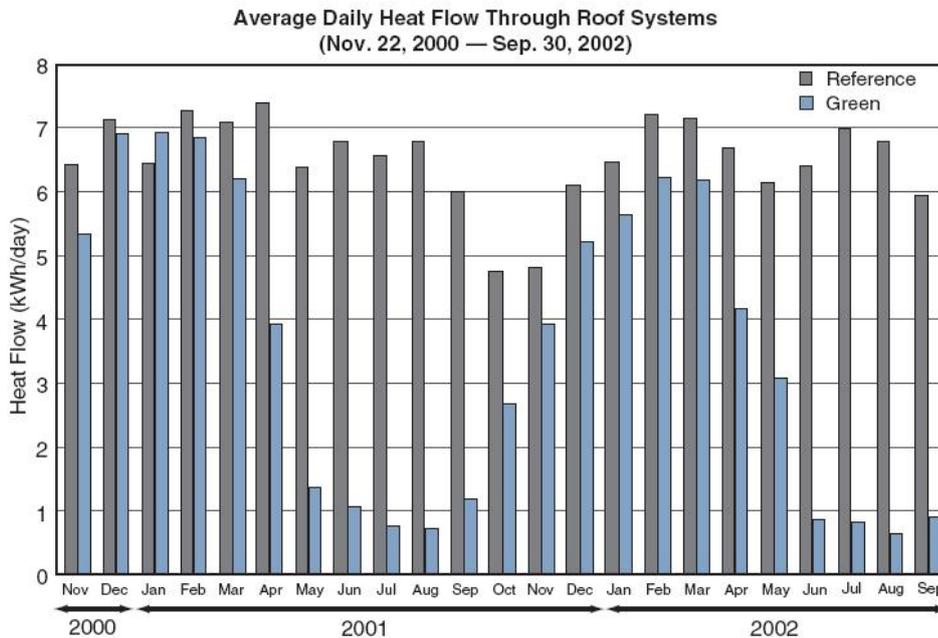
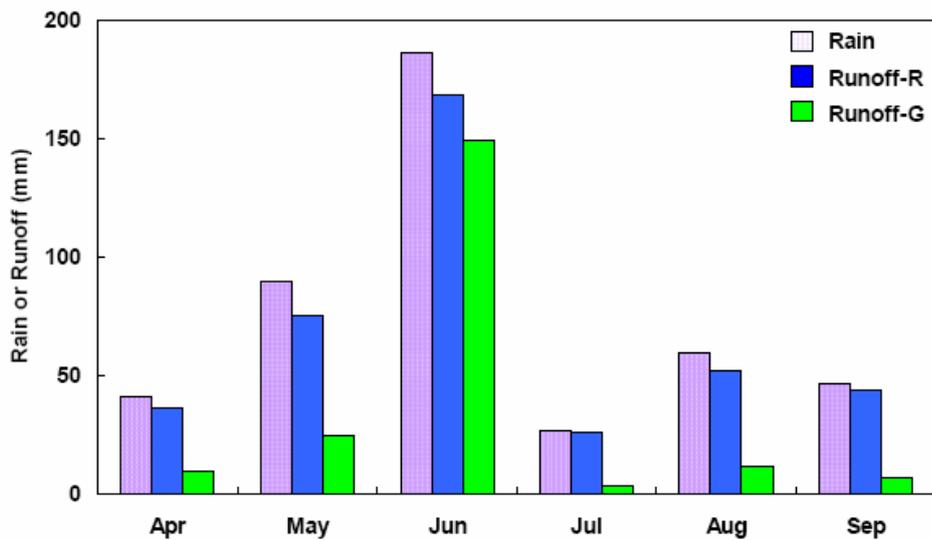


Gráfico 9: Fluxo de calor médio diário através de telhados – Verde e de Referencia.
Fonte: National Research Council of Canada



Runoff-G e Runoff-R representam o runoff medido nas seções da cobertura com e sem o jardim, respectivamente.

Gráfico 10: Chuva e Runoff medidos na edificação em Ottawa (Abril 2002- Setembro 2002)

Fonte: National Research Council of Canada

Pode-se notar analisando o gráfico 10 que a quantidade de água de chuva que “sobra” após a sua passagem pela laje verde é bastante pequeno se comparado à laje comum.

Tabela 10: Temperaturas máximas diárias das coberturas – Verde e Referencia – durante o período de observação de 660 dias.

Fonte: National Research Council of Canada

Temperature Greater Than	Reference Roof		Green Roof		Ambient	
	No. of Days	% of Days	No. of Days	% of Days	No. of Days	% of Days
86°F (30°C)	342	52	18	3	63	10
104°F (40°C)	291	44	0	0	0	0
122°F (50°C)	219	33	0	0	0	0
140°F (60°C)	89	13	0	0	0	0
158°F (70°C)	2	0.3	0	0	0	0

Nesta pesquisa de campo, os dados mostram que o telhado verde reduziu significativamente o fluxo de calor através da cobertura. Também reduziu a demanda média de energia para condicionamento de ar em 75% no período de verão.

DÜRR, A. (1995) mostra, em seu livro, as variações de temperatura em dois tipos de telhados. Nos gráficos abaixo, no da esquerda, a seta mostra a flutuação máxima de temperatura de até 60°C, em uma cobertura plana típica, em um único dia, e de até 100°C durante o ano. O gráfico da direita mostra uma flutuação de temperatura significativamente

menor em uma laje verde. A camada verde protetora modera os extremos de temperatura e protege a membrana impermeabilizante do telhado do envelhecimento acelerado provocado pela radiação UV.

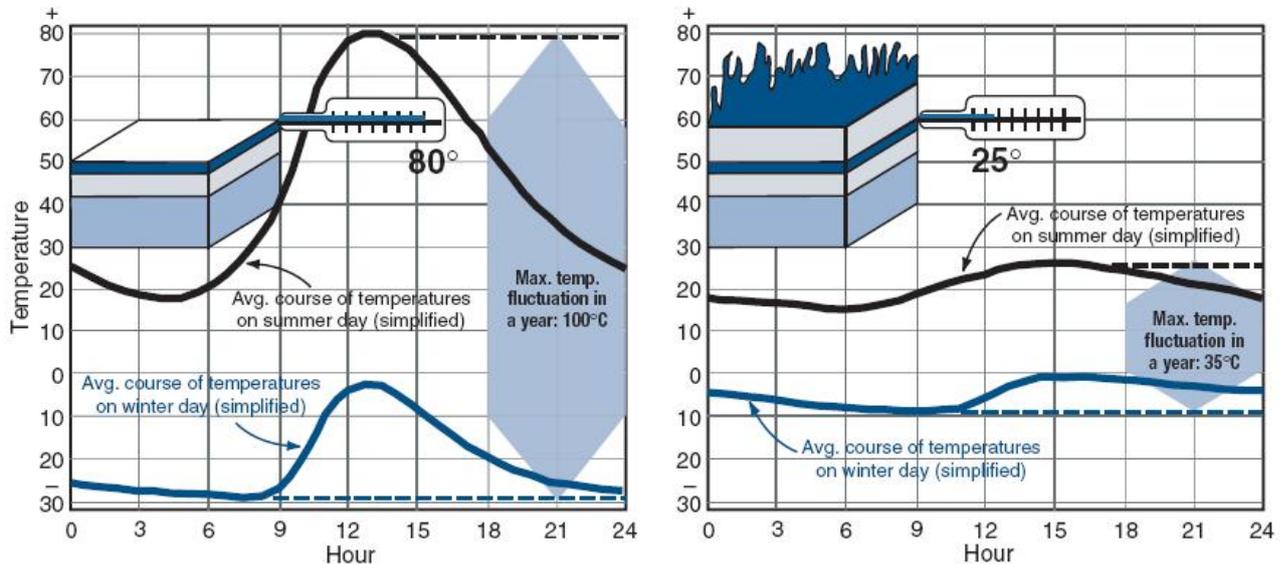


Gráfico 11: Flutuações máximas de temperatura em telhado convencional e em telhado verde

(Fonte: A. Dürr, 1995)

Resumindo, os telhados verdes oferecem uma gama de benefícios:

- Sombreamento da cobertura e resfriamento da temperatura do ar ambiente no verão
- Proteção da cobertura do vento e evitar trocas de calor no inverno
- Absorver, filtrar, reter e armazenar precipitações
- Reduzir a temperatura e o runoff
- Minimizar o impacto de superfícies impermeáveis nas bacias hidrográficas
- Estender a vida útil das membranas da cobertura
- Aumentar a área verde do local e o habitat para animais
- Melhorar a estética das cidades
- Melhorar a qualidade do ar
- Seqüestrar dióxido de carbono
- Reduzir o barulho do tráfego através da absorção do ruído pela camada de solo
- Mitigar enchentes em certas regiões
- Reduzir o runoff e a necessidade de expansão da infra-estrutura de captação de águas pluviais da cidade

Como desvantagens citam-se:

- custo inicial mais alto por conta do material adicional necessário e a estrutura

mais reforçada para suportar a carga extra

- mais gastos com manutenção por conta do cuidado com as plantas
- maior dificuldade em detectar vazamentos, caso haja algum problema com a impermeabilização
- O sistema de impermeabilização precisa estar protegido das raízes das plantas
- Não funcionam bem em telhados com muita inclinação (máximo 45°).

3.3.4.5 Janelas

As janelas e aberturas em geral vêm despertando, nos últimos anos grande preocupação quanto à sua influencia no consumo geral de energia da edificação. Estes elementos podem influenciar diretamente tanto no desempenho como no dimensionamento de sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

Relacionado ao desempenho térmico, ARASTEH, D. et al (1996) mencionam que as janelas podem atuar como filtros de energia entre o espaço interno e o externo, exercendo um papel decisivo no consumo de energia, sendo elementos fundamentais para um bom projeto arquitetônico. A instalação e utilização apropriada dos componentes das aberturas podem reduzir o consumo da edificação; por outro lado o uso incorreto das mesmas pode causar desastrosos efeitos sobre o uso da energia e o conforto ambiental. As janelas são responsáveis pelo aumento indesejado das perdas e ganhos de calor entre a edificação e o ambiente externo, e isto tem estimulado as pesquisas em nível internacional visando melhorar os sistemas de aberturas.

Existem vários fatores específicos de cada local e edificação que irão influenciar os ganhos solares através das janelas. As estimativas e simulações baseadas em ganhos solares em dias claros devem levá-las em consideração:

- latitude do local
- altitude e azimute solar para cada hora do dia e ano
- visibilidade atmosférica
- sombreamento (e/ou refletância) de objetos externos
- tamanho, orientação e inclinação da janela
- propriedades do envidraçamento: espessura, refletância e absorção

- absorção do ambiente interno

No verão, a radiação solar direta atinge pessoas e superfícies internas, criando superaquecimento e desconforto. Janelas com Coeficiente de Ganho Solar (CGS²⁷ ou SHGC em inglês) baixo irão reduzir a radiação solar penetrando através do vidro, e o desconforto associado, mas ainda fornecendo iluminação natural suficiente além da vista. A figura abaixo mostra o quanto de desconforto pode ser causado no interior de um cômodo devido à ação da radiação solar direta e a ação do vidro aquecido.

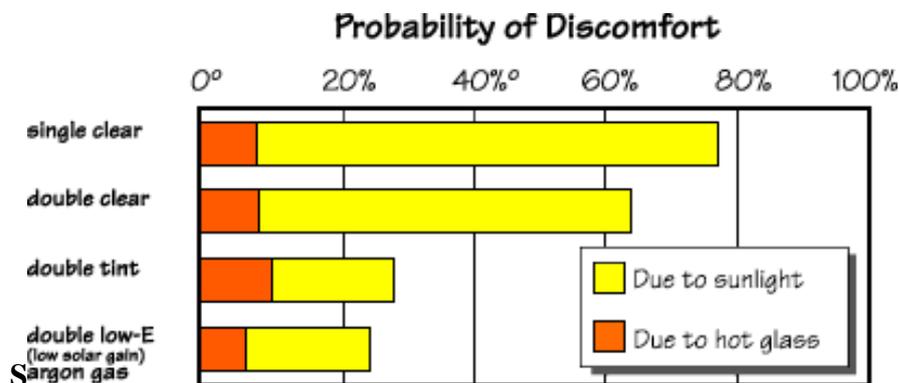


Figura 21: Ação do vidro especial no controle da insolação

(Source: Lawrence Berkeley National Laboratory - Lyons and Arasteh).

Com relação à qualidade da radiação solar transmitida para o ambiente interno, sabe-se que, da radiação solar total incidente no vidro, uma parcela é absorvida, outra refletida e a restante, maior, transmitida diretamente ao ambiente interno, conforme figura abaixo. As proporções correspondentes às energias absorvida, refletida e transmitida variam de acordo com o comprimento da onda incidente, além de estarem também relacionadas com a espessura, o índice de refração do vidro e o ângulo de incidência da radiação incidente. Pode-se dizer, portanto, que cada tipo de vidro possui, para cada uma das faixas do espectro solar, diferentes transmitâncias. Um vidro ideal seria, dentro do conceito da eficiência energética e de acordo com os efeitos físicos e biológicos relativos a cada faixa do espectro solar, aquele que tivesse uma alta transmissão da radiação visível e baixa transmissão do ultravioleta e infravermelho.

²⁷ CGS: fração da radiação solar incidente que é admitida através da janela, sendo expresso em um número entre 0 e 1

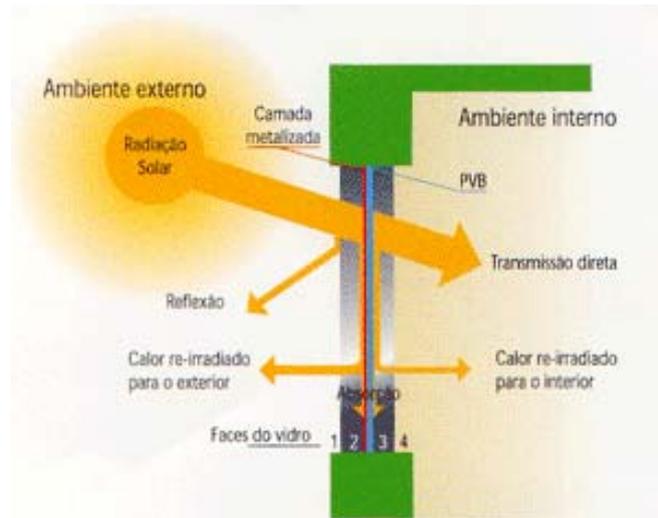


Figura 22: Comportamento da radiação solar nos vidros
Fonte: Saint Gobain

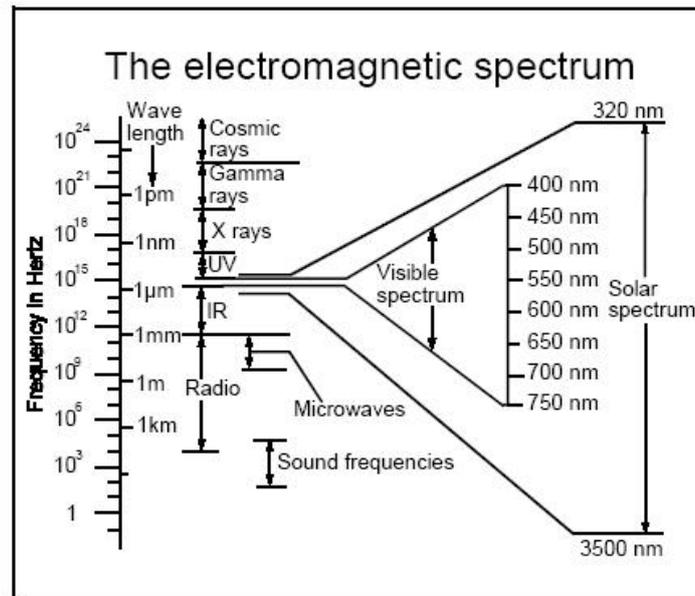


Figura 23: Ilustração dos principais comprimentos de onda e freqüências no espectro eletromagnético

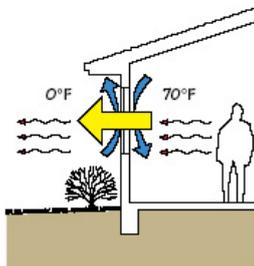
Fonte: Fenestration Solar Gain Analysis – Florida Solar Energy Center

O vidro se caracteriza por seu comportamento específico em relação à radiação solar, ou de *onda curta*: transmitida pelos vidros, ela penetra nos ambientes e é absorvida pelas superfícies internas, provocando elevação de sua temperatura e a conseqüente *emissão de radiação de onda longa*, para a qual o vidro é opaco. Esse resultado, conhecido como efeito estufa, implica diretamente significativo acúmulo de densidade de energia térmica no interior das edificações.

Além das informações sobre a transmissão espectral dos materiais transparentes à

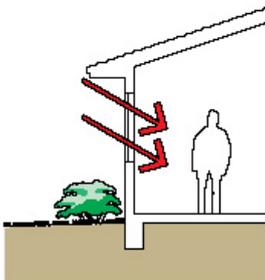
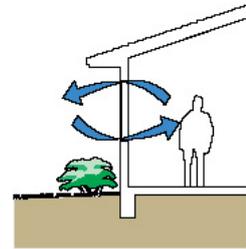
radiação solar, é fundamental conhecer seu comportamento em relação à radiação de onda longa. O infravermelho longínquo varia de 5 000 a 106 nm (Ansi/IES, 1986), porém a região correspondente ao infravermelho ambiente vai de 7 000 a 13 000 nm. Essa é, portanto, a área de interesse para o estudo do desempenho térmico das edificações. Sabe-se que o vidro é opaco à radiação de onda longa.

Nos Estados Unidos, a performance térmica de janelas é ratificada pela “National Fenestration Rating Council” (NFRC). Os índices a serem considerados são:



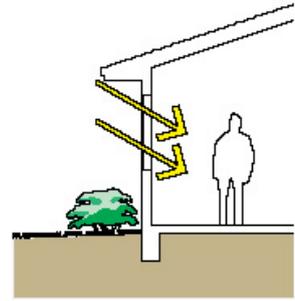
U-factor: medida da taxa de fluxo de calor através da janela (é o inverso do R-value – resistência ao fluxo de calor - , que é a medida do valor de isolamento térmico da janela). Quanto menor o U-factor, maior a resistência da janela ao fluxo de calor – perda de calor interno do ambiente.

AL (Air leakage) – Vazamentos de ar: ganho e perda de calor ocorrem através de infiltrações através de fissuras na janela. É expresso em m³ de ar/m² de janela. Quanto menor o L, menos ar irá passar através das fissuras. Não é um fator tão importante quanto o U-factor ou o SHGC.



SHGC (solar gain heat coefficient) – Coeficiente de ganho de calor solar: é a fração da radiação solar incidente que é admitida através da janela, sendo expresso em um número entre 0 e 1. Quanto menor o SHGC de uma janela, menos calor solar ela transmite. É a propriedade mais importante em climas quentes, devendo ficar abaixo de 0,40 segundo a NFRC¹.

Visible Transmittance (VT) – Transmissão de luz: é uma propriedade ótica que indica a quantidade de luz visível transmitida. Segundo as normas do NFRC inclui a moldura da janela também, que não transmite luz alguma. É um valor que varia entre 0 e 1, mas a maioria dos valores estão entre 0,3 e 0,8. Quanto maior o VT, mais luz é transmitida. Um VT alto é desejável para maximizar o uso da luz natural.



Na tabela 12 abaixo, do fabricante Guardian de vidros especiais para controle solar, presente no Brasil, encontramos os indicadores descritos acima para auxílio na especificação dos mesmos.

No parecer da autora, estas indicações de performance com testes realizados direcionados ao mercado de controle solar em climas temperados não podem ser utilizados para clima tropical quente úmido. Isto será melhor descrito no Capítulo 5, sub-ítem 5.8.4. Fica claro que para o clima tropical quente úmido, aonde a incidência de altas temperaturas e umidade relativa do ar predominam, o desempenho de vidros especiais ainda deixa a desejar quanto ao alcance do conforto térmico desejável, sem o efetivo sombreamento dos mesmos, ou sem a interferência de equipamentos de condicionamento de ar.

A grande dificuldade está em se conseguir especificar o tipo correto de vidro e esquadria, de acordo com o clima local. A falta de pesquisas e dados sobre materiais de construção no Brasil faz com que arquitetos e engenheiros utilizem tabelas de dados estrangeiros, que levam a avaliações incorretas das possíveis performances de tais elementos.

Tabela 11: Performance de vidros especiais Guardian



Product	Substrate	Visible Light			Solar Energy			UV	American (ASHRAE)				Light to Solar Gain Ratio** (LSG)
		Transmittance %	Reflectance		Transmittance %	Reflect Out %	Shading Co-efficient	Transmittance %	Winter	Summer			
			Indoors %	Outdoors %					U-Value		Relative Heat Gain	Solar Heat Gain Coefficient	
									Nighttime	Daytime			
Double Glazing - Coating on the #2 Surface													6mm / 12mm a.s. / 6mm
SN-68	Clear	68	12	10	32	30	0.44	28	0.29	0.28	91	0.37	1.81
NP-61		61	15	21	34	29	0.47	27	0.30	0.29	98	0.40	1.51
LE-63		63	12	13	43	14	0.59	39	0.35	0.35	124	0.51	1.22
LE-50		50	10	15	32	19	0.46	30	0.33	0.33	98	0.40	1.26
LE-40		40	12	18	24	22	0.37	25	0.33	0.33	79	0.32	1.25
AG-43		43	13	31	24	35	0.35	25	0.30	0.29	74	0.30	1.44
Silver-20		19	26	32	12	28	0.25	16	0.40	0.41	56	0.22	0.86
NP-61	Green*	52	15	16	23	12	0.35	13	0.30	0.29	75	0.30	1.72
LE-63		53	12	11	26	8	0.41	19	0.35	0.35	87	0.35	1.51
LE-50		43	10	12	20	9	0.34	15	0.33	0.33	73	0.29	1.47
LE-40		34	12	15	16	10	0.28	12	0.33	0.33	62	0.25	1.39
AG-43		37	13	24	16	15	0.27	12	0.30	0.29	59	0.24	1.57
Silver-20		16	26	25	8	13	0.22	8	0.40	0.41	51	0.19	0.83
Low-E Enhanced Double Glazing - Solar Control Coating on the #2 Surface; SN-68 on #3 Surface													
Silver-20	Clear	16	18	32	8	29	0.18	10	0.29	0.27	40	0.16	1.00
Silver-20	Green*	13	18	25	6	14	0.16	5	0.29	0.27	37	0.14	0.94
Double Glazing - Uncoated Tinted Outboard Lite*; Coating on the #3 Surface													
SN-68	Green*	58	10	10	23	10	0.41	14	0.29	0.28	86	0.35	1.63
SN-68	Bronze*	41	9	7	20	16	0.37	12	0.29	0.28	77	0.31	1.29
SN-68	Gray*	34	9	6	17	14	0.34	13	0.29	0.28	72	0.29	1.18
SN-68	Blue*	44	9	8	21	13	0.38	17	0.29	0.28	80	0.33	1.33

* Outboard lite may require heat strengthening or tempering to resist potential thermal stresses.

** The Light to Solar Gain (LSG) is the ratio of visible light transmittance to the Solar Heat Gain Coefficient (SHGC). The higher the number, the more efficient the glazing is as a light source.

NOTES:

- Os valores de performance são nominais e sujeitos a variações devido a tolerancias operacionais.
- Os dados de performance da Guardian são calculados de acordo com o programa de análise Windows 5.2 do LBNL utilizando uma massa de ar de 1.5. O revestimento é na superfície #2 (que fazia o ambiente interno) a não ser que esteja especificado diferente.
- Os revestimentos do Guardian Sun-Guard e de alguns Low-E podem ser laminados e também estão disponíveis em outras espessuras de vidro além de 6mm, o que pode resultar em valores diferentes de performance dos mostrados acima. Alguma mudança na cor pode ser notada depois da laminação.
- Os produtos Sun-Guard não são projetados para serem utilizados na superfície #1 (que fazia o ambiente externo).
- Uma leve alteração na reflexão da luz visível pode ser notada após tratamento com calor.
- As cores de vidro mostradas são apenas para referencia e não representam a cor real do vidro.
- A Guardian recomenda eliminação de arestas para todos os revestimentos Low-E.

4. RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA E DO SISTEMA DE SANEAMENTO URBANO

Ainda neste século, a água doce será o recurso natural mais disputado no mundo. O consumo mundial de água cresceu mais de 6 vezes entre 1990 e 1995 – mais do que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer rapidamente com a elevação do consumo dos setores agrícola, industrial e residencial (WMO, 1997).

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos, difundidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos. Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão da demanda, eliminação de perdas e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas (racionalização do uso), nas palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição.

A escassez de água tem sido intensificada nos países em desenvolvimento, e a saúde humana gravemente afetada pela aceleração da contaminação de recursos de água potável, especialmente em áreas de intensa urbanização. Eutrofização²⁸, metais pesados, acidificação, poluentes orgânicos, e outros efluentes tóxicos degradam os corpos hídricos de áreas densamente povoadas do planeta. A poluição é ainda mais séria quando esta afeta os recursos hídricos subterrâneos, onde a contaminação é lentamente diluída e as práticas de despoluição são extremamente onerosas.

Analisando o gráfico abaixo, percebe-se que 97,50% da disponibilidade mundial da água está nos oceanos (água salgada), ou seja, água imprópria para o consumo humano, a não ser que seja realizado um processo de dessalinização, o que requer um investimento muito

²⁸ A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas, tanto planctônicas quanto aderidas, a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água; o principal fator de estímulo é um nível excessivo de nutrientes no corpo d'água, principalmente nitrogênio e fósforo.

alto. Logo em seguida, 2,493% encontra-se em regiões polares ou subterrâneas (aqüíferos), de difícil aproveitamento. Somente 0,007% da água disponível é própria para o consumo humano, e está em rios, lagos e pântanos (água doce). Este 0,007% de água doce está dividido conforme figura abaixo, sendo que apenas 8% é destinado ao uso individual (clubes, residências, hospitais, escritórios, outros). A tendência para os próximos anos é um aumento ainda maior no seu consumo, devido à demanda e ao crescimento populacional acentuado e desordenado, principalmente nos grandes centros urbanos. Por isso, Programas de Uso Racional da Água são realizados por todo o mundo, através de leis, orientações e conscientização da população, e principalmente, tecnologia de ponta aplicada a aparelhos hidráulicos sanitários.

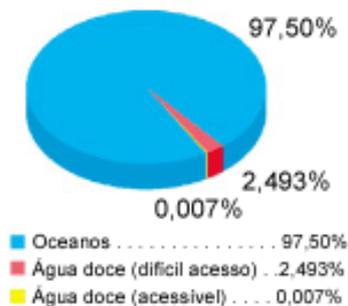


Gráfico 12: Distribuição Mundial de Água

Fonte: World Resources Institute, ONU

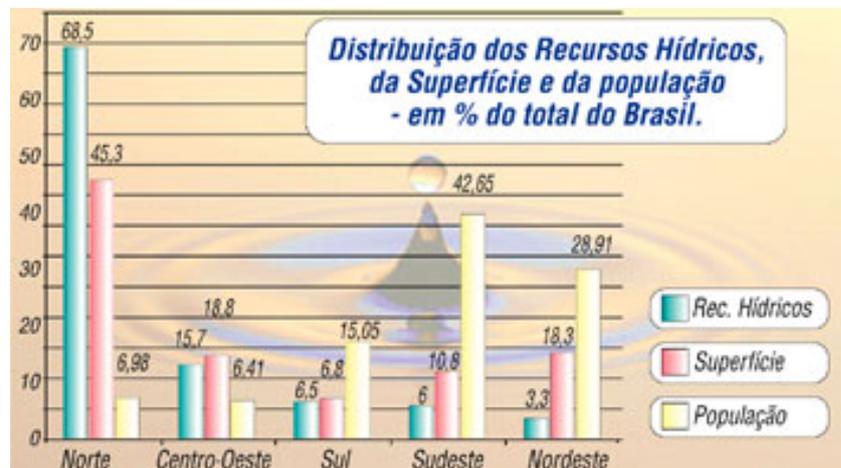


Gráfico 13: Distribuição dos Recursos Hídricos, da Superfície e da população – em % do total do Brasil

Fonte: Manual do consumo sustentável da água – MMA- SrH Brasília 2002

No gráfico 13 acima observa-se um grande desequilíbrio entre oferta e demanda no Brasil. A região Sudeste, que possui maior população, tem o problema do abastecimento da água acentuado pela poluição dos rios em consequência da atividade industrial, utilização de insumos agrícolas, poluentes e despejos urbanos.

Em julho de 2000 surgiu no Brasil a ANA – Agencia Nacional de Águas – cuja finalidade é implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9433 (de janeiro de 1997), conhecida também como "Lei das Águas" - instrumento legal inspirado no modelo francês que permite a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos.

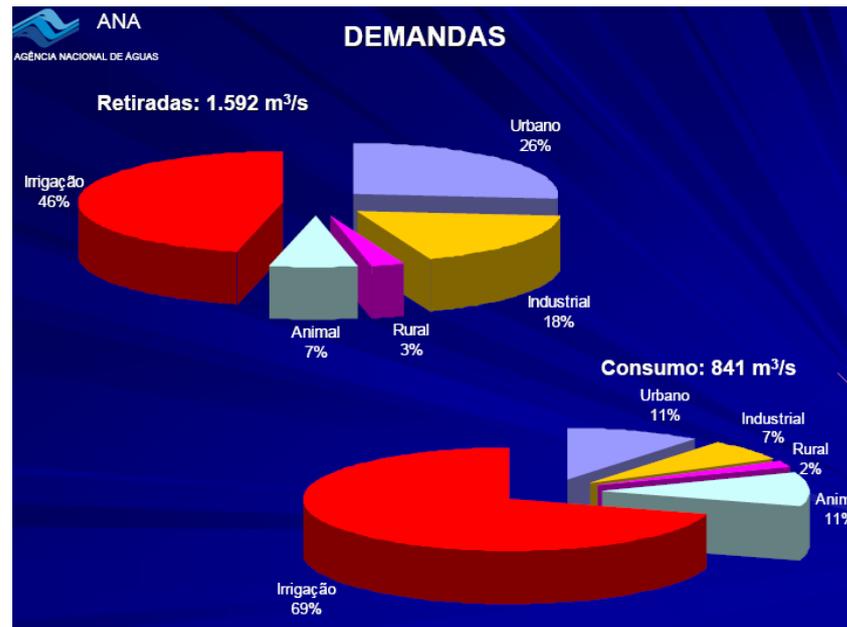


Gráfico 14: Retiradas e consumo por tipo de uso no Brasil (Fonte: ANA)

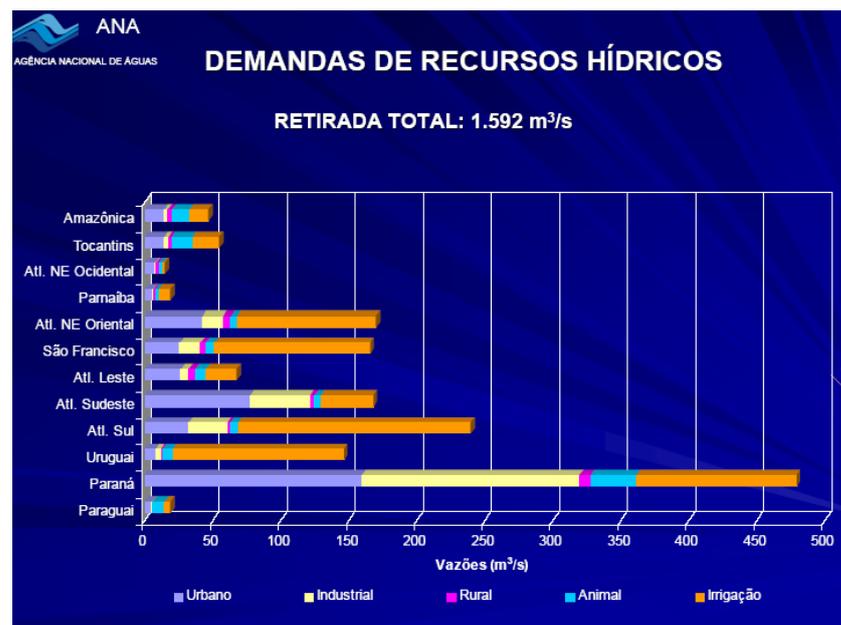


Gráfico 15: Demandas de Recursos Hídricos por região e uso final no Brasil

Fonte: II Seminário –Gestão do Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas: análise de experiências e capacitação de agentes municipais. Recife, julho 2005. Gestão dos recursos hídricos e águas pluviais nas cidades Brasileiras. Oscar de Moraes Cordeiro Neto (diretor Ana)

Os conflitos pelo uso da água envolvem seus usos distintos: irrigação, abastecimento público, navegação, hidroeletricidade, abastecimento industrial, recreação e turismo, saneamento, pesca e aqüicultura.

Até recentemente não se pagava pela água, apenas pelo serviço de distribuição. Na verdade, porém, toda a sociedade paga quando o governo subsidia empresas estatais para que tratem a água sem cobrar por ela. *Quando não se paga pelo que se consome, o resultado inevitável é o desperdício.* Por isso, quando se fala em solucionar os problemas de água no mundo, surge em primeiro lugar uma regra básica da economia: precificação. Significa que o governo, que é o dono em última análise dos mananciais naturais de um país, deve cobrar pelos recursos hídricos consumidos por seus cidadãos, revertendo o dinheiro para a cobertura dos custos de tratamento da água e preservação dos ecossistemas ligados a ela. No procedimento mais utilizado no mundo, o empresário paga duas vezes: pela água em si, e pela licença para jogar os resíduos nos rios. Com isto ele é incentivado a gastar pouco, reciclar e reutilizar, e a tratar ele próprio a água antes de devolvê-la à natureza.

Cabe aqui uma ressalva sobre as águas subterrâneas, que são consideradas pela legislação vigente parte integrante e indissociável do ciclo hidrológico (Fig. abaixo). A exploração inadequada dessas águas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade. A exploração e utilização de águas subterrâneas é *permitida e regulamentada*. Apesar dos custos iniciais de perfuração dos poços em muitos casos não serem significativos, outros custos devem ser considerados, como os relativos à gestão da qualidade e quantidade dessa água e os custos de energia (ANA et al, 2005).

Além disso, com a lei da cobrança pelo uso, a aparente economia em muitas situações será eliminada, uma vez que farão parte da formulação dos preços os volumes captados e consumidos, além dos aspectos qualitativos dos efluentes gerados.

Dentre os agentes de contaminação das águas subterrâneas no Brasil, destacam-se:

- série nitrogenada;
- inorgânicos não-metálicos, (fósforo, selênio, nitrogênio, enxofre e flúor);
- metais tóxicos, (mercúrio, cromo, cádmio, chumbo e zinco);
- compostos orgânicos sintéticos do grupo BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno, compostos aromáticos, fenóis, organoclorados voláteis diversos);
- compostos mais densos do que a água, DNAPLs – Dense Non Aqueous Phase Liquids, ou menos densos do que a água, LNAPLs – Light Non Aqueous Phase Liquids.

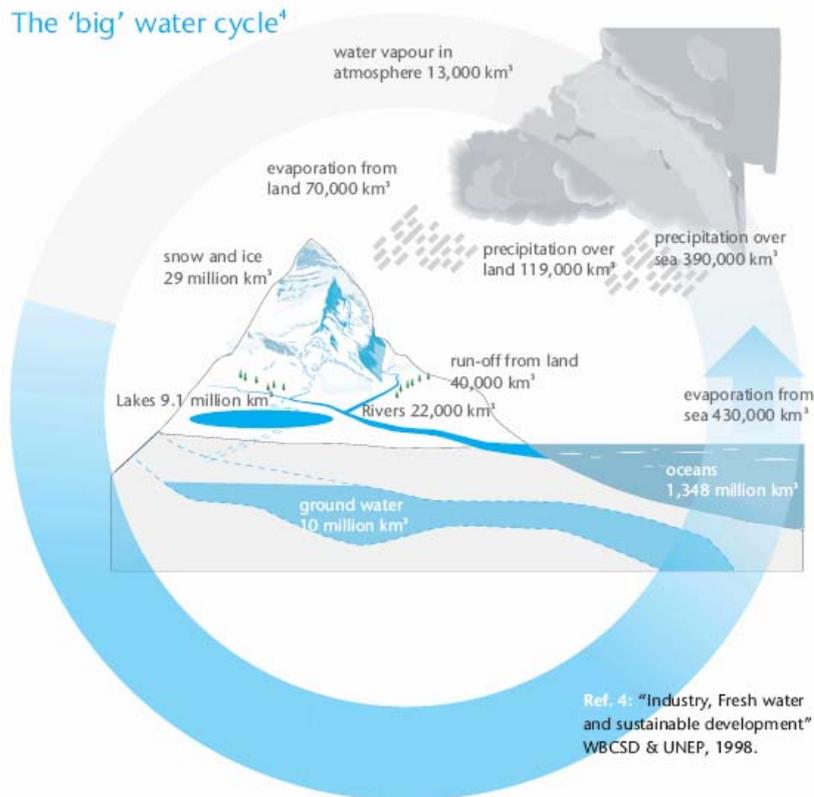


Figura 24: Ciclo Hidrológico

Fonte: UNEP²⁹

No caso do uso deste tipo de fonte de abastecimento, o empreendimento ou edifício passa a ser “produtor de água”, e como tal, deve ter os seguintes cuidados:

- atendimento à legislação – outorga pelo uso;
- tratamento adequado da água captada para garantia das características necessárias ao uso a que será destinada;
- existência de um sistema de gestão e monitoramento contínuo da qualidade e quantidade.

Enquanto nos países desenvolvidos o uso cada vez mais eficiente da gota de água disponível tem sido a alternativa mais plausível para superar períodos de escassez relativa ou das demandas futuras crescentes de água, perdura no mundo subdesenvolvido a idéia de aumentar a oferta de água como única solução³⁰. Na indústria, assim como nos

²⁹ UNEP: United States Environmental Program

³⁰ Segundo Antonio Marsiglia (diretor de produção e tecnologia da SABESP, para fazer um quilo de pão gasta-se 1m³ de água; o boi para chegar na fase de abate (com dois anos e meio a três anos) consome 100 mil litros de água. Evidentemente não é o boi que consome esta água, mas a irrigação do capim, etc.

edifícios comerciais e residenciais é possível – e já corrente - a gestão mais econômica de utilização da água através da recirculação ou reuso³¹.

Já a progressão da demanda mundial de alimentos tem efeito direto no aumento do uso da água no setor agrícola. Atualmente, a agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo mundial de água. O crescimento das áreas de lavoura irrigada será responsável pela maior parcela de acréscimo de consumo neste setor nos próximos 25 anos. Muito do aumento projetado na demanda de água ocorrerá nos países em desenvolvimento, onde o crescimento populacional aliado à expansão industrial e agrícola será ainda maior. Todavia, o consumo per capita continuará a ser muito mais elevado nos países industrializados (WMO, 1997).

Com o crescimento populacional, a humanidade se vê compelida a usar a maior quantidade possível de solo agricultável, o que vem impulsionando o uso da irrigação, não só para complementar as necessidades hídricas das regiões úmidas, como para tornar produtivas as áreas áridas e semi-áridas do globo, que constituem cerca de 55% de sua área continental total. Atualmente, mais de 50% da população mundial depende de produtos irrigados (WMO, 1997).

O uso da água para irrigação compete com o uso para geração de eletricidade, caso a tomada seja feita a montante da usina hidrelétrica. Há usos complementares, como a produção de energia e o controle de enchentes; há usos que competem entre si, como o abastecimento público e a diluição de dejetos; há usos que podem ser, ao mesmo tempo, complementares e competitivos, como a irrigação e a geração de energia elétrica que irá mover as bombas dos sistemas de irrigação. Portanto, a eficiência na alocação dos recursos hídricos requer que todas as possibilidades de seu aproveitamento sejam tratadas conjuntamente, sendo raros os casos em que determinada opção de uso pode ser vista de forma isolada.

³¹ Em uma montadora da Volkswagen, localizada em Taubaté, ao longo da linha de montagem, cada carro consome em média 6 mil litros de água (são fabricados 1050 carros por dia). A água utilizada era lançada, por canal, em um dos afluentes da bacia do Paraíba do Sul. Recentemente, em 2003, foi construída uma usina de reciclagem de água, a maior da América Latina. A usina recebe efluentes da indústria, trata esta água e a reenvia de volta para a produção, em uma média de 130m³ por hora (TRIGUEIRO, A, 2005).

No contexto do saneamento urbano, a situação não é mais fácil. O Brasil ainda desperdiça até 40% de água tratada, segundo dados do “Atlas de saneamento” do IBGE (2004).

Além dos dados objetivos, a pesquisa apresenta um país desigual nos níveis regionais e municipais. Quase metade dos municípios brasileiros não tem serviço de esgotamento sanitário. De 1989 a 2000, o número de pessoas que têm acesso à rede de água cresceu, mas também cresceu a distribuição de água sem tratamento: de 3,9% em 1989 para 7,2%.

Segundo o IBGE³², o Brasil precisaria investir, durante 20 anos, cerca de R\$ 180 bilhões, ou R\$ 9 bilhões por ano. O “Atlas” (IBGE, 2004) mostra que cerca de 20% dos municípios enfrentaram, em 2000, racionamento constante ou ocasional de água potável.

No Brasil, segundo o Censo 2000, apenas 62,2% dos domicílios brasileiros são atendidos pela rede de coleta de esgoto ou possuem fossa séptica. Ainda mais alarmante é a informação de que apenas 12% do esgoto coletado é tratado, sendo o resto despejado nos rios ou no mar sem nenhum tipo de tratamento. Este setor claramente carece de regulação federal, que tem como primeiro objetivo assegurar o interesse público. Além de serem essenciais e de utilidade pública, os serviços de saneamento constituem-se em atividade econômica, organizada em regime de monopólios naturais. Portanto, com limitados estímulos à eficiência, diferentemente do que ocorre com atividades competitivas. Dessa forma, na ausência da competição no mercado, é indispensável a regulação da prestação de serviços pelo poder público, seja na presença de prestadores públicos ou privados.

Durante muitos anos os esforços mantiveram-se na direção de realizar a gestão da oferta, aumentando-se a extensão de redes de abastecimento, buscando-se água em lugares cada vez mais distantes. No caso particular do Brasil, apesar da grande quantidade de água existente, a concentração de água doce, disponível para o consumo, pouco coincide com a concentração populacional (gráfico 13).

Esgotada boa parte das possibilidades deste modelo e tornando-se este cada vez mais

custoso, tendo em vista também a questão dos esgotos gerados, promoveu-se uma mudança de paradigma: da gestão da oferta para gestão da demanda, mais coerente com os preceitos do desenvolvimento sustentável. Segundo OLIVEIRA (1999), com o objetivo claro de reduzir o consumo de água através de ações tecnológicas, econômicas e/ou sociais, deu-se início ao desenvolvimento de diversos programas de uso racional da água.

Do ponto de vista da contribuição do Arquiteto a este processo de alta qualidade ambiental, a inserção do uso racional da água no projeto permitindo o controle de perdas e desperdícios e a reciclagem da água são tão importantes quanto a construção de reservatórios, poços ou de outras obras hídricas, pois significam um aumento na oferta deste escasso líquido.

4.1 O DESPERDÍCIO DA ÁGUA NAS EDIFICAÇÕES

Apesar dos números mostrarem que a água não é um recurso infinito, o seu desperdício continua sendo um fato muito comum no cotidiano da maioria das pessoas. Somente na grande São Paulo, são desperdiçados diariamente 1,8 bilhão de litros de água potável, ou seja, 1/3 do que é distribuído nessa região. De acordo com SABESP (2003), desse total, 1 bilhão de litros representa o desperdício da população e 800 mil litros ficam pelo caminho em vazamentos na própria rede de distribuição. Não foi possível aferir os dados para a cidade do Rio de Janeiro, servida pela CEDAE.

Uma simples, mas não menos importante, maneira de evitar desperdícios de água é detectando vazamentos. Segundo OLIVEIRA (1999), os vazamentos podem ser classificados em visíveis e não-visíveis, sendo os visíveis aqueles detectados a olho nu; e não-visíveis os que necessitam de testes para serem identificados. Na Tabela abaixo estão representados os valores de perda diária por vazamentos visíveis nos dispositivos de torneiras.

³² IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Tabela 12: Valores médios de perda diária de água em função de vazamento de torneiras

Vazamento	Frequência (gotas/min)	Perda diária (L/dia)
Gotejamento lento	Até 40 gotas/min	06 a 10
Gotejamento médio	40 < n° gotas/min < 80	10 a 20
Gotejamento rápido	81 < n° gotas/min < 120	20 a 32
Gotejamento muito rápido	Impossível de contar	> 32
Filete diam aprox 2mm		>114
Filete diam aprox 4mm		> 333

Fonte: OLIVEIRA (1999)

Segundo DECA (2003) as perdas não-visíveis em vasos sanitários são determinadas em função dos vazamentos provenientes dos furos de lavagem existentes no colar das bacias sanitárias. Na tabela abaixo estão representadas as perdas por esses vazamentos.

Tabela 13: Perda de água em função de vazamento em vasos sanitários

Fonte: Deca

Número de furos de lavagem	Correspondente de vazamento (L/min)	Perda diária (L/dia)
1 - 3	0,1	144
3 - 6	0,3	432
Mais furos	0,5	720

OLIVEIRA (2002) apresenta em seu trabalho, realizado em cinco edifícios residenciais de Goiânia, grandes índices de perdas de água por vazamentos em bacias sanitárias com caixas acopladas e válvulas de descarga. Observou-se que a perda por vazamentos nas peças com caixa de descarga resultou em 30,7%; para as peças com válvulas de descarga essa perda foi de 10,9%.

Segundo SABESP (2003), pode-se detectar tais vazamentos em bacias sanitárias, canos, caixas de água, torneiras, etc com algumas medidas bastante simples, todas descritas com detalhes em seu site na Internet.

Pesquisa realizada pelo Labee³³ na UFSC³⁴ sobre usos finais de água em edifícios

³³ LABEE: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

públicos (KAMMERS, P et al, 2004) mostrou usos finais variando de 23,0% a 78,8% para vasos sanitários e 5,5% a 31,2% para torneiras (calculado em porcentagem, comparando os consumos específicos estimados com o consumo total), indicando os autores a possibilidade de utilização de água pluvial para os vasos sanitários, já que se apresentam como pontos de maior consumo de água e não necessitam obrigatoriamente de água potável.

Um estudo de caso interessante é o Shopping Iguatemi, em Fortaleza, que determinou a criação do Programa de Redução de Consumo de Água e o implantou em suas instalações. O programa traz não só benefícios para o Shopping como serve de modelo para empresas preocupadas em preservar os recursos naturais.

Esse projeto passou por etapas que englobaram, desde a conscientização das pessoas sobre a importância do uso racional da água até investimentos em sistemas economizadores de água como: instalação de dosadores, redutores de pressão e torneiras temporizadas. Além disso, o Iguatemi capta a água diretamente do subsolo e faz o tratamento necessário, tornando-a pronta para o consumo humano. Os resultados desse processo são positivos visto que 97% da água consumida no shopping é proveniente desse tratamento.

Todo o equipamento e instalações responsáveis pela refrigeração do Shopping passaram por um processo de correção, controle, automatização e manutenção preventiva. Além da implantação de filtros, o sistema passou a contar com tratamentos bactericida, anti-incrustante e inibidor de algas. A economia obtida foi da ordem de US\$ 52.000 /ano, sendo que a redução do consumo de água representa 80% deste valor. O esgoto gerado no Iguatemi é puramente doméstico, sendo 100% tratado na própria estação de tratamento de esgotos implantada pelo Shopping. Essa alternativa não sobrecarrega o sistema de esgotamento sanitário da cidade e propicia ao Shopping água necessária para o seu sistema de irrigação de jardins externos (IGUATEMI, 2005).

4.2 ESTUDO DO PERFIL DE CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA

A previsão de demanda é um instrumento básico de planejamento, necessário para o correto dimensionamento da oferta e para o direcionamento de medidas de gestão da

³⁴ UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

demanda. Fundamentalmente consiste na projeção para o futuro de comportamentos observados no passado, considerando os fatores que possam alterar as tendências passadas.

A monitoração piloto é fundamental na detecção de padrões de distribuição interna do consumo predial. A grande variabilidade das condições de consumo interno segundo diferentes usuários e diferentes tipos de domicílios recomenda prudência na generalização de tendências.

O desenvolvimento de aparelhos economizadores de água e de tecnologias inovadoras voltadas à redução do consumo nas instalações hidráulicas prediais deve ser balizado pelo conhecimento dos consumos específicos de água que ocorrem nos diversos pontos de utilização de um determinado sistema. Só a partir deste conhecimento será possível saber onde deve-se priorizar tais desenvolvimentos e como quantificar as economias efetivas de água que serão obtidas a partir de cada ação empreendida que venha a resultar em novo aparelho ou em nova tecnologia.

A determinação da caracterização do consumo tem sido feita em alguns poucos países do hemisfério norte, e os correspondentes valores, por falta de outros válidos para o país, tem sido utilizados pelas equipes técnicas brasileiras, apenas como referencia. Além de aspectos culturais existem os aspectos climáticos, o que torna absolutamente vital que levantamentos relativos à realidade brasileira sejam realizados para fundamentar as ações que aqui deverão ser empreendidas.

Em função destes e de outros fatores foi viabilizado em abril de 1997, em articulação com o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal e com o Ministério das Minas e Energia, o Ministério do Planejamento e Orçamento - por meio do Departamento de Saneamento da SEPURB³⁵ na esfera federal - o Programa Nacional de Combate ao Desperdício da Água – PNCDA³⁶. O Programa tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor

³⁵ SEPURB: Secretaria de Política Urbana, do Ministério do Planejamento

³⁶ Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA. Disponível em <http://www.pncda.gov.br/main2.htm>. Acessado em 30/08/2005

produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas.

A figura abaixo mostra levantamento de uso de água por atividade dentro de uma residência, para perfil urbano.

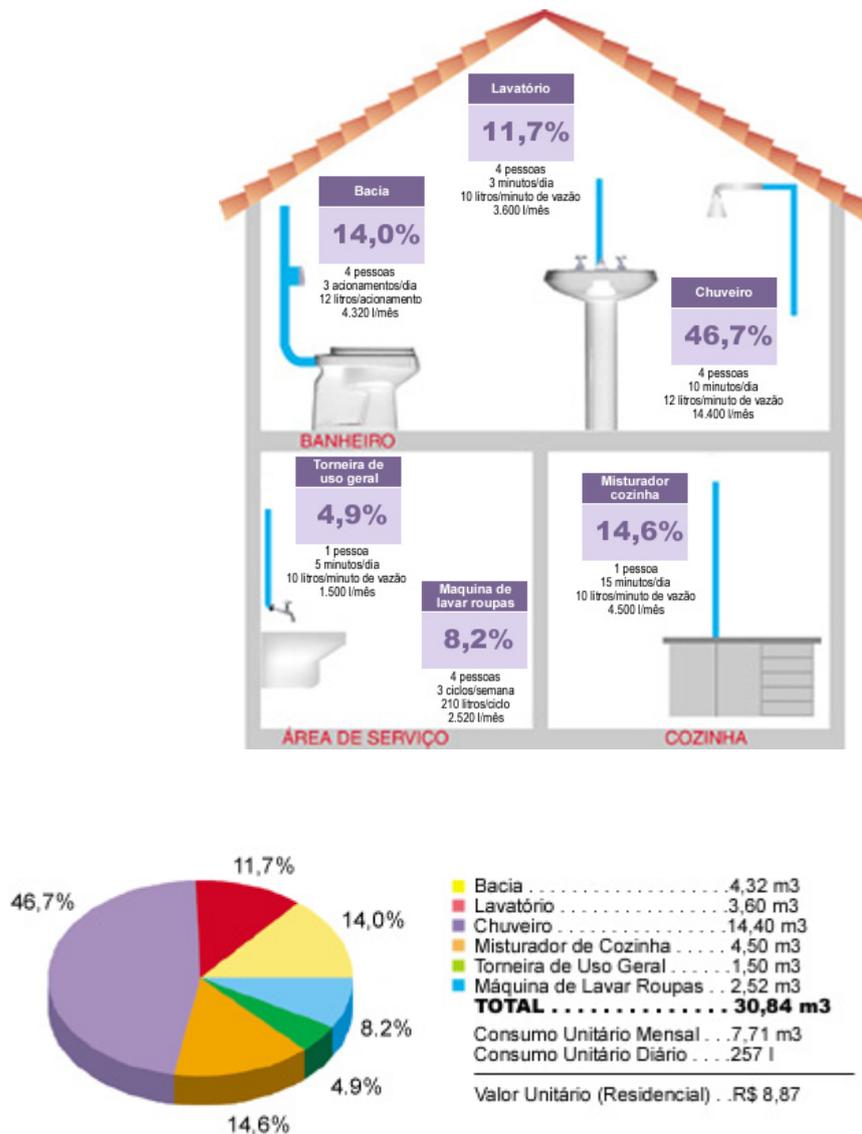


Figura 25: Uso residencial de água por atividade
 Fonte: Deca

A gestão da demanda, cujos objetivos são o uso eficiente e a economia da água, não se restringe ao acompanhamento do volume de água consumido. Ela extrapola o sentido desta “gestão do consumo” e inclui, além da organização dos dados e levantamento de gráficos, a

análise dos dados e a retroalimentação do sistema, tanto na forma da correção de um vazamento, como na revisão de um processo que utilize água (atuando antes mesmo da efetivação do consumo). Deve incluir ainda:

- Estabelecimento de procedimentos e responsabilidades na ocorrência de vazamentos (formas de aviso e correção eficientes);
- Estabelecimento de verificação de operação e manutenção dos sistemas prediais (incluindo-se a manutenção dos equipamentos sanitários);
- Indicação da necessidade de reformas em redes hidráulicas em locais críticos;
- Acompanhamento constante das contas de água e contatos periódicos com as Unidades, Departamento Financeiro (responsável pelo pagamento das contas) e a Concessionária Pública, a fim de verificar consumos elevados ou possíveis erros no lançamento de dados. Quanto às ligações de água, propriamente ditas, uma das primeiras medidas deve ser a conferência do seu cadastro, com a verificação do número de ligações, sua localização, os locais por elas abastecidos.

Em vista desta análise, ao se projetar uma nova edificação ou o retrofit de uma existente, deve-se prever que o planejamento de racionalização e conservação do uso da água implantado de forma sistêmica implica em otimizar o consumo de água com a conseqüente redução do volume dos efluentes gerados, a partir da otimização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão da água adequado. Cabe destacar que a integração das ações na demanda e oferta de água, com a implantação de um sistema de gestão consolidam o projeto. Os grandes motivadores para a implantação de um projeto nestes moldes são:

- economia gerada pela redução do consumo de água;
- economia criada pela redução dos efluentes gerados;
- conseqüente economia de outros insumos como energia e produtos químicos;
- redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e equipamentos da edificação;
- aumento da disponibilidade de água (proporcionando, no caso das indústrias, por exemplo, aumento de produção sem incremento de custos de captação e tratamento);

- agregação de valor ao “produto”;
- redução do efeito da cobrança pelo uso da água;
- melhoria da visão da organização na sociedade – responsabilidade social

4.3 TECNOLOGIAS ECONOMIZADORAS DE ÁGUA

Uma das entidades colaboradoras do PNCDA, o IPT³⁷ vem desenvolvendo pesquisas aplicadas com o objetivo de aprimorar e empregar metodologias para o levantamento do perfil do consumo de água de uso doméstico. Em 1996 foi feita uma pesquisa em um prédio de escritórios da SABESP (SABESP). Neste prédio, dois banheiros foram objeto de monitoração do consumo de água, um masculino e um feminino, onde 18 pontos de utilização foram instrumentados.

O trabalho procurou avaliar o comportamento, no tocante ao consumo de água, entre diferentes tipos de aparelhos sanitários. Os primeiros foram os que já estavam instalados no prédio. Em seguida, foram empregados os chamados aparelhos economizadores de água, que são projetados ou construídos com o objetivo de consumir menos água. Basicamente trabalhou-se nesta pesquisa com torneiras e bacias sanitárias. O resumo dos resultados está apresentado na tabela a seguir.

Tabela 14: Resultados de pesquisa de consumo de água realizada pelo IPT

Bacia sanitária/ torneira	Duração de uso (s)	Intervalo entre usos (min)	Volume médio (l)	Vazão média (l/s)
Bacia sanitária c válvula de descarga	6,15	35,66	7,90	1,24
Bacia sanitária c caixa acoplada	78,32	56,77	5,87	0,06
Torneira comum de lavatório	20,40	23,17	1,38	0,08
Torneira de acionamento hidromecânico	8,86	9,24	0,72	0,07
Torneira de acionamento fotoelétrico	3,93	10,63	0,42	0,05

Estes números mostram a grande diferença no consumo final, de 26%, ente a bacia sanitária com válvula de descarga e a bacia sanitária com caixa acoplada. A torneira comum de lavatório gasta 60% a mais de água do que a torneira com acionamento fotoelétrico.

³⁷ IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, da Universidade de São Paulo

Tecnologias economizadoras nos pontos de consumo são desenvolvidas levando em consideração três fatores: vazão, tempo e volume. No mercado nacional, já temos disponíveis (PNCDA, 1999):

- Para torneiras e chuveiros: *arejadores* - são dispositivos fixados na saída da torneira, que reduzem a seção da passagem da água, por meio de peças perfuradas ou telas finas, e que possuem orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento de água. Funcionam como controladores da dispersão do jato e como elemento de perda de carga, reduzindo a vazão. Diminuem em cerca de 50% o jato das torneiras, resultando em vazões entre 0,13 e 0,76 l/s; *pulverizadores* – são dispositivos também fixados na saída da torneira, porém não têm orifícios laterais para a introdução de ar. Transformam o jato de água em um feixe de pequenos jatos semelhantes a um chuveirinho. Reduzem a vazão para valores entre 0,06 a 0,121 l/s, podendo chegar até a 0,03 l/s; *atomizadores* – são geralmente utilizados em edifícios públicos e comerciais, fornecendo uma vazão de 0,01 l/s com pressão de alimentação de 350KPa.
- Para torneiras: mecanismos de acionamento mecânico e de acionamento fotoelétrico. Geralmente, encontram-se no mercado essas torneiras dotadas de arejador, melhorando ainda mais o seu desempenho em relação à economia de água.
- Para vasos e descargas sanitárias: vasos com VDR³⁸, bacias de caixa acoplada sistema de descarga com duplo acionamento, válvulas de descarga também com duplo acionamento (Deca Duoflux).
- Utilização de sistemas de baixa pressão – consomem menos do que sistemas de alta pressão que produzem uma vazão de utilização maior com auxílio de bombas ou desníveis muito grandes.
- Medições individuais em condomínios podem também contribuir como medida de controle do desperdício. A responsabilidade individual sobre o consumo com influência direta na conta de água tem impacto na redução do volume de água consumido na ordem de 40%.

A tabela abaixo mostra um comparativo das tecnologias economizadoras para torneiras em relação a nível tecnológico, dificuldades de implantação, eficiência, etc.

³⁸ VDR: Volume de descarga reduzido

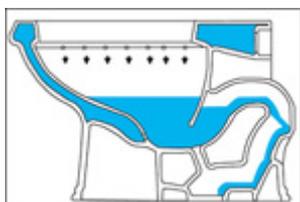
Tabela 15: Avaliação de tecnologias de produtos - torneiras.

Produto Fatores Considerados	Torneira com arejador	Torneira com pulverizador	Torneira com atomizador	Torneira acionada por sensor infravermelho	Torneira de fluxo determinado
Procedência	Brasil EUA Europa Japão	Brasil EUA Europa Japão	Brasil EUA Europa Japão	Brasil EUA Europa Japão	Brasil EUA Europa Japão
Nível tecnológico	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Impacto cultural	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Dificuldade de implantação em edifícios a construir	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Dificuldade de implantação em edifícios existentes	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Dificuldade de operação	---	---	---	Baixo	Baixo
Dificuldade de manutenção	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Atuação na vazão (q), no tempo (t) ou no reuso (r)	q	q	q	t	t
Vazão média de água litros/descarga	0,13 a 0,76	0,13 a 0,76	0,13 a 0,76	0,2 a 1,4	0,2 a 1,4

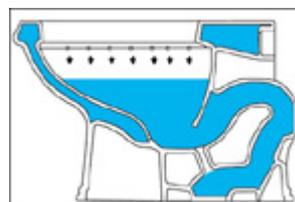
Fonte: DTA Tecnologias poupadoras de água em instalações prediais (PNCDA, 1999)

Quanto aos Sistemas de Descarga são compostos basicamente pela Bacia Sanitária e pelo Aparelho Hidráulico de Descarga, que é utilizado para liberação da água para a limpeza dos dejetos na bacia, podendo ser uma válvula de descarga, caixa acoplada ou caixa suspensa. Para um perfeito funcionamento do sistema de descarga, a bacia sanitária deve ser desenvolvida para:

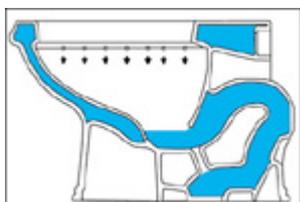
- Que haja remoção dos dejetos líquidos e sólidos na bacia.
- Que a superfície interna da bacia esteja limpa.
- Que os dejetos sejam transportados até o sistema de coleta principal.



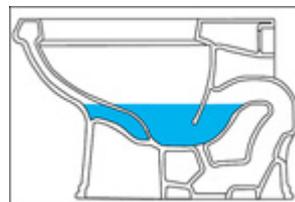
Ao acionar a descarga em sua bacia sanitária, a água entra através dos furos de lavagem, iniciando o preenchimento do duto de sifonagem.



Após o preenchimento do duto de sifonagem, o ar é eliminado, criando-se assim uma sucção através da ação sifônica.



Quando o nível de água do poço da bacia estiver no ponto mais baixo, temos a ruptura da ação sifônica.

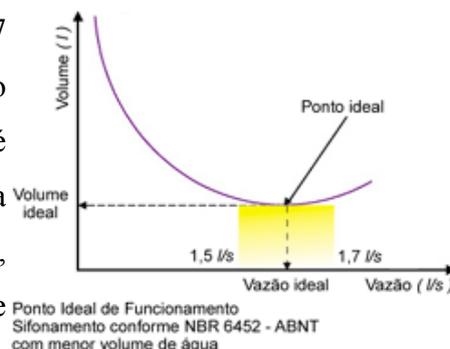


Inicia-se neste instante restauração do selo hídrico, impedindo o retorno dos gases do esgoto.

Figura 26: Funcionamento da Bacia Sanitária de Ação Sifônica
(Fonte: Deca)

A curva de sifonamento ao lado, mostra que uma bacia sanitária necessita de uma vazão entre 1,5 a 1,7 litros/segundo para um perfeito funcionamento. No caso de uma baixa vazão, teremos um consumo maior (ou até mesmo a não sifonagem); por outro lado, em caso de uma vazão superior, teremos além de um consumo excessivo, um aumento do volume de água no interior da bacia, que implicará em dificuldades na sifonagem.

Curva de Sifonamento de uma Bacia Sanitária



Como vimos anteriormente, a bacia sanitária é o principal componente do sistema de descarga, no que se refere ao consumo da água. Para isso, o governo federal incluiu no PBQPH (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade da Habitação) que todas as bacias sanitárias devem ser projetadas para a categoria V.D.R. (Volume de Descarga Reduzido - 6 litros) independente do sistema de descarga adotado.

Historicamente antes de 2000 as bacias sanitárias deveriam ser projetadas para consumir no máximo 12 litros de volume de descarga sendo que teriam que reprojetar suas bacias para um volume entre 6 a 9 litros até o ano 2000. Entre o ano 2000 e 2002 as bacias teriam que consumir no máximo 6 a 9 litros e tendo que a partir de 2002 consumir no máximo 6 litros.

A bacia que opera com Válvula de Descarga apresenta como sua principal característica a obtenção da vazão instantânea necessária para a limpeza da bacia sanitária, sendo que o tempo de uso é determinado pelo período que o usuário aciona a válvula. No Brasil, foi lançado apenas no ano de 2005 um modelo inovador de válvula de descarga com duplo acionamento, descrito no item 5.4. Isto portanto vem igualar os dois sistemas de descarga quanto ao gasto de água. Porém a totalidade de sistemas de válvula de descarga instalados no País até o momento ainda conta com o modelo antigo, e ainda também muitas instalações utilizam o modelo antigo de bacia sanitária que requer 15 litros para limpeza.

O sistema de Bacia com Caixa Acoplada apresenta como sua principal característica a vazão constante para a limpeza da bacia sanitária. Como os modelos modernos (a partir de 2003) possuem a bacia projetada para consumir 6 litros, o sistema de descarga de caixa acoplada já vem ajustado para dispensar apenas 6 litros por descarga. Existem modelos que podem vir com duplo acionamento: 3 litros para dejetos líquidos, e 6 litros para dejetos sólidos, proporcionando uma economia de água ainda maior.

4.4 REUSO DA ÁGUA

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, que suporta o conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para

usos que toleram águas de qualidade inferior”.

As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais, esgotos (particularmente os de origem doméstica), águas de drenagem de pátios e agrícola, e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

É preciso ressaltar, porém, que o uso negligente de fontes alternativas de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é utilizada, pelo uso inconsciente de água com padrões de qualidade inadequados. Utilizar água não proveniente da concessionária traz o ônus de alguém se tornar “produtor de água” e portanto responsável pela gestão qualitativa e quantitativa deste insumo. Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contaminação a pessoas ou produtos ou de dano a equipamentos (ver anexo II – resolução Conama 357/2005).

4.4.1 Coleta e Reuso da água de chuva

De acordo com GOULD e PETERSEN (1999), o aproveitamento de água pluvial já é uma técnica conhecida há milhares de anos, havendo cisternas bastante antigas, como por exemplo, a do Deserto do Negev em Israel, que data do ano 2000 antes de Cristo.

Um país que se destaca na implantação de sistemas de aproveitamento de água pluvial é a Alemanha. Embora recente, pois sistemas mais antigos datam de 20 anos, já existem cerca de 100 fabricantes de acessórios para instalação de sistemas de aproveitamento de água pluvial, tendo o principal fabricante instalado cerca de 100.000 cisternas nos últimos 10 anos, resultando em um volume total instalado de 600.000 m³ (HERMANN e SCHIMIDA, 1999).

O Japão é o maior exemplo de utilização da água de chuva. Na cidade de Sumida, tanques subterrâneos de aproximadamente 10 m³ são construídos em locais estratégicos e equipados com bombas manuais. A população utiliza essa água para jardins, podendo servir

para incêndios e até mesmo para o consumo. O estádio japonês Tokyo Dome apresenta em sua arquitetura um dos projetos de aproveitamento de água de chuva mais criativos do mundo. O teto é feito de plástico ultra-resistente e pode ser inflado ou desinflado a qualquer momento. A cobertura funciona como uma lona gigante que colhe a chuva e envia para um tanque no subsolo, onde é tratada e distribuída para o sistema de combate a incêndios do prédio. Um terço da água utilizada no estádio provém das chuvas (GROUP RAINDROPS, 2002).

Existe uma grande variedade de sistemas. As diferenças não estão só vinculadas à finalidade do uso, mas também à quantidade de recursos disponíveis para a implantação. Com isso nota-se que, em países em via de desenvolvimento, sistemas mais simples são comumente encontrados, enquanto nos países desenvolvidos, há uma maciça presença de sistemas complexos, com diversos cuidados tanto de ordem quantitativa (dimensionamento correto dos elementos) como de ordem qualitativa (dispositivos que garantam uma melhor qualidade à água pluvial utilizada).

Um sistema que merece atenção é o instalado na Sustainable House, de Michael Mobbs (MOBBS, 2002), em Sydney, Austrália, em 1996. A casa não é ligada à rede pública (apesar de estar localizada no centro da cidade), e toda a água da chuva é captada para uso potável. A água escorre do telhado para a calha SmartFLO, cujo desenho especial impede o acúmulo de folhas, mostrada nas figuras 27 e 28. O tubo de descida é interrompido com a instalação de um “leaf eater”, que seria mais um filtro eliminador de folhas, galhos e outras impurezas, mostrado na figura 30. Após o “leaf eater”, há um divisor de águas, que elimina os primeiros 6 a 10 litros da água que escorrem do telhado (e que o lavaram), mostrado na figura 29.



Figura 27: Calha SmartFlo

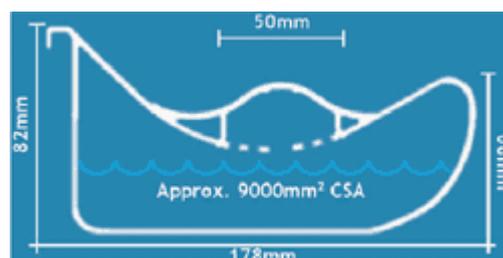


Figura 28: Corte da calha SmartFlo

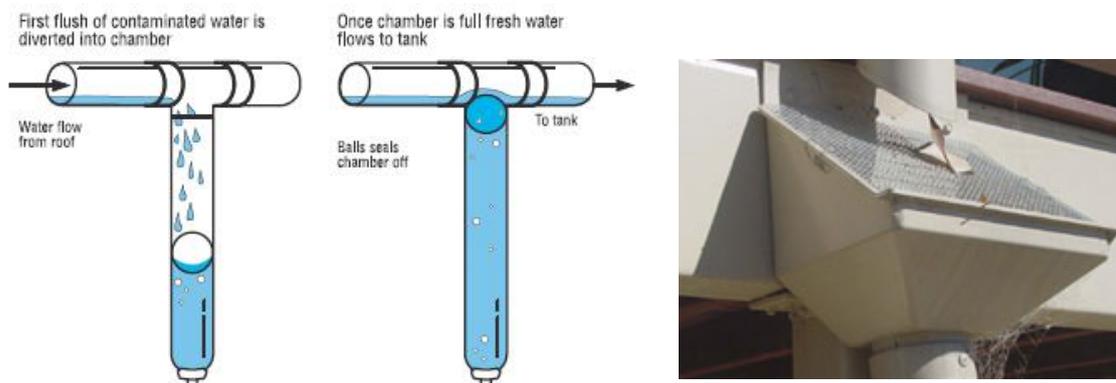


Figura 30: Leaf -eater

Figura 29: Diversor de águas pluviais

Após o diversor de águas pluviais, o tubo desemboca em uma caixa de sedimentação pequena de $0,20\text{m}^3$, com uma malha vertical de inox no meio, de 1mm^2 , para segurar lodo e detritos menores. Daí a água é armazenada em uma caixa d'água enterrada, de 8m^3 , e a água é bombeada conforme a necessidade para os banheiros (pias e chuveiros) e para a cozinha. A água para uso não-potável vem do sistema de reciclagem do esgoto, descrito no item 4.6. Segundo informações contidas no livro *Sustainable House* (MOBBS, 2002), exames físico-químicos desta água pluvial comprovaram ser de qualidade potável. Uma ilustração do sistema completo está na figura 31.

Durante o 4º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, realizado em Juazeiro-BA, em julho de 2003, foram abordados diversos temas que expressaram o atual quadro da captação de água de chuva, bem como recomendações quanto às políticas públicas, algumas das quais são apresentadas a seguir:

- A implementação de obras de captação e armazenamento de água de chuva é uma resposta à intensa expectativa dos homens e mulheres do Semi-Árido Brasileiro - SAB, a partir das quais se cria o novo paradigma da convivência com a região;
- As políticas públicas ainda não incorporaram plenamente as potencialidades da água de chuva. Poderiam ser captados 57 bilhões de metros cúbicos de água de chuva anualmente no Semi-Árido brasileiro, representando $3.780\text{m}^3/\text{pessoa}/\text{ano}$, o que equivale a 400 carros-pipa/pessoa/ano. Assim, torna-se claro que o problema do Nordeste não é a falta de água, e sim a *falta de gestão e de políticas públicas de aproveitamento da água*;

- Merece maior divulgação o Programa de Revitalização das águas do São Francisco e seus afluentes. O potencial de captação de água de chuva no SAB também chama a atenção para a necessidade de se aprofundar cientificamente a questão da transposição das águas do rio São Francisco, inclusive considerando a captação de água de chuva em lugar da transposição;

O aproveitamento da água de chuva em áreas urbanas é uma demanda que merece ser aplicada, tendo em vista as crises de abastecimento em grandes cidades, como Recife, Fortaleza, Caruaru, São Paulo, etc. As seguintes observações foram feitas:

- promover o aproveitamento da água de chuva e seu manejo sustentável é a forma mais rápida e barata para complementar o abastecimento de água nas cidades, mitigando também as enchentes urbanas;
- a água de chuva em áreas litorâneas densamente povoadas constitui-se em alternativa de recarga de aquíferos, visando o controle de processos de intrusão salina;
- Recomenda-se estudos sobre a viabilidade da implantação de técnicas de “telhados de cobertura verde” para paisagismo, produção de alimentos e controle da temperatura do ambiente;
- É importante a necessidade de inclusão do tema “manejo e qualidade de água” nos currículos escolares;

A primeira cidade no Brasil a criar uma lei relativa à água de chuva foi São Paulo, em janeiro de 2002, seguida de Curitiba em setembro de 2003 e do Rio de Janeiro em janeiro de 2005. Em São Paulo e no Rio de Janeiro, fica claro no texto dos decretos que a preocupação maior é com as enchentes, visto que o ponto principal é a obrigatoriedade da construção de reservatório que permita o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem pública. Já em Curitiba foi criado o Purae (Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações), estabelecendo diretrizes para os sistemas de captação, armazenamento e utilização de água proveniente da chuva e de águas servidas (MUNICÍPIO DE CURITIBA, 2003).

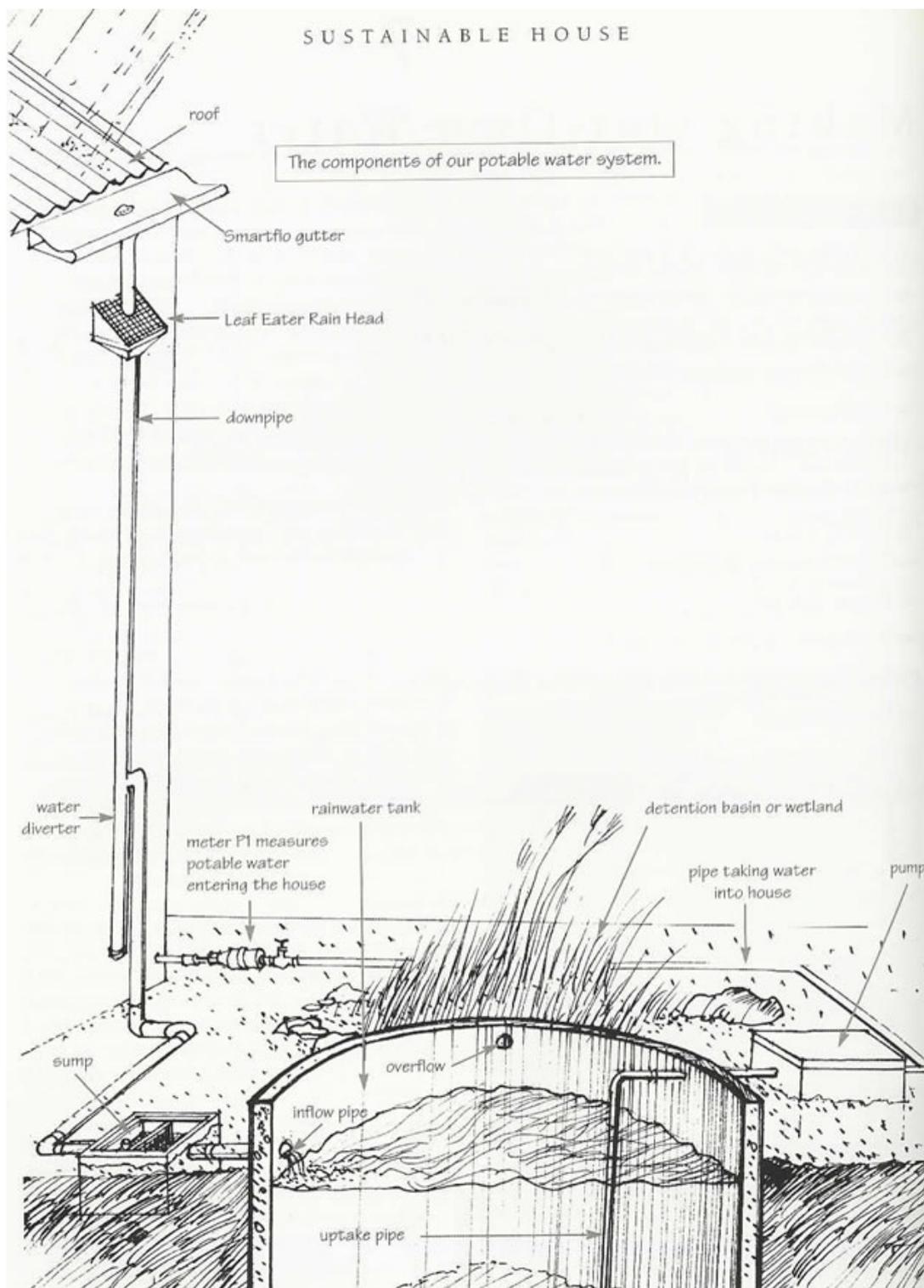


Figura 31: Sistema de água potável da Sustainable House, Sydney

Fonte: The Sustainable House

Os sistemas de reuso de água pluvial urbana apresentam os seguintes elementos:

- Elementos essenciais – são os elementos presentes em todos os sistemas de aproveitamento de água pluviais, independentes do grau de complexidade dele - área de captação, calhas e tubos de queda e a cisterna (reservatório).

- Acessórios - são dispositivos colocados em um sistema de aproveitamento de água pluvial com a finalidade de facilitar a operação e manutenção do sistema e/ou aprimorar a qualidade da água obtida por este. Existem inúmeros exemplos tais como: filtros, válvula de descarte da primeira chuva, aparelhos de esterilização de luz ultravioleta, bombas, grelhas, etc.

A área de captação é aquela onde ocorre toda a coleta da água pluvial utilizada. É um ponto crítico para o dimensionamento correto do sistema, pois, a partir dele é que será determinada a quantidade de água possível de ser captada e utilizada. A área de captação também é crítica para a contaminação, pois estas áreas estão usualmente expostas a poluentes que poderão prejudicar a qualidade da água coletada. Esta contaminação pode ocorrer pelo próprio material constituinte desta.

O telhado, principalmente no uso residencial, é a principal área de captação. Entretanto, existem dois outros tipos que poderão ser encontrados: pisos pavimentados, destacados pela grande quantidade de água possível de ser captada, embora de baixa qualidade.

Os elementos de transporte (calhas, condutores verticais e horizontais) são fundamentais para o funcionamento correto de um sistema. Estes elementos são responsáveis pelo transporte da água do ponto de coleta (telhado) para o ponto de armazenamento (cisterna). O dimensionamento correto destes, seguindo a ABNT (1989) permitirá reduzir riscos na perda de água por extravasamento, melhorando a eficiência do sistema. Outro fator que poderá aumentar a eficiência é a manutenção constante. Essa manutenção, além de reduzir riscos de contaminação, fará com que se evite entupimentos, aumentando, dessa forma, a quantidade de água captada.

O último componente essencial é a cisterna. Esse componente é o mais importante do ponto de vista econômico, sendo responsável por cerca de 50 a 60% do custo total do sistema, além de ser responsável pela qualidade da água no ponto de consumo.

As cisternas poderão ser construídas com diversos materiais, desde plásticos, fibra de vidro, concreto, argamassa armada, alvenaria, madeira, ferro galvanizado entre outros. O

material é importante não somente por determinar o custo do sistema, mas também por garantir uma qualidade mínima recomendada. MACOMBER (2001) cita que a escolha do material deve ser criteriosa, sendo sempre inerte, evitando assim possíveis contaminações à água armazenada.

O projeto eficiente de uma cisterna levará em consideração aspectos que assegurem a qualidade da água. O projeto deve contemplar aspectos que evitem a entrada de luz dentro desta, além de evitar a entrada de poluentes. Garantir a temperatura ideal para a não proliferação de algas será fundamental para a qualidade da água a ser disponibilizada. Além disso, um plano de limpeza e manutenção aumentará o seu tempo de vida útil. Deve-se também evitar que haja contato direto entre o usuário e a água apresentada na cisterna. Por isso sempre que possível devem ser instaladas torneiras ou bombas, evitando-se o uso de baldes.

Já os acessórios, como foi dito, são todos aqueles equipamentos instalados em um sistema de aproveitamento de água pluvial com a finalidade de aumentar a qualidade da água armazenada na cisterna. Diversos equipamentos poderão ser utilizados para esta finalidade: grelhas, filtros, esterilizadores com luz ultravioleta, válvulas para lavagem inicial são os mais comumente encontrados.

A figura abaixo mostra o fluxograma básico para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial.

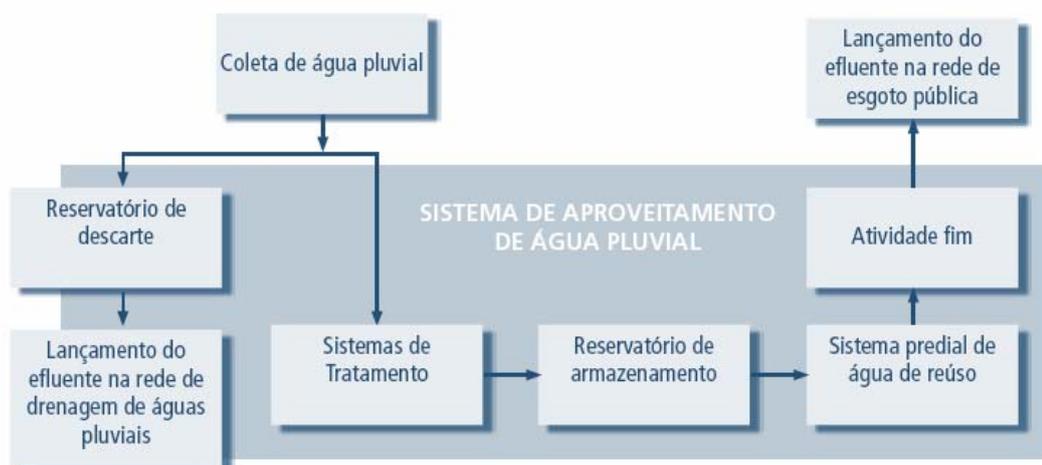


Figura 32: Fluxograma básico para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial. (Fonte:ANA et al, 2005)

4.4.2 Qualidade da água pluvial

Uma questão que traz preocupações na implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é a qualidade da água obtida, principalmente se esta água for para atender a todas as necessidades domésticas.

De um modo geral a água pluvial apresenta boa qualidade, sendo bastante pura, devido principalmente ao processo de “destilação natural” que a mesma sofre. Esta destilação natural está ligada ao ciclo hidrológico, nos processos de evaporação e condensação. Entretanto, dependendo da região, a chuva pode apresentar poluentes, principalmente em regiões próximas aos grandes centros urbanos ou áreas bastante industrializadas, formando, assim, óxido de enxofre e nitrogênio.

A qualidade da água pluvial pode ser alterada por diversos fatores: condições climáticas locais, localização, tipo e material da área de captação e da cisterna, presença ou não de acessórios, manutenção e limpeza adequada, etc. Pela presença de substâncias nocivas no ar, provenientes de veículos automotores e das indústrias, constata-se nas áreas urbanas a presença destes poluentes nas águas pluviais. Este fenômeno ocorre quando as gotas das precipitações agregam as partículas suspensas no ar, causando a contaminação das águas. Esta contaminação também pode ser proveniente de poeiras e fuligens depositadas nas áreas de coleta.

Segundo FENDRICH (2002), essas concentrações poluentes nas águas pluviais são predominantes nos primeiros milímetros da chuva, pelo fato que limpam o ar e as áreas de coleta. Por isso recomenda-se a não utilização dos primeiros milímetros de chuvas, liberando assim os mesmos diretamente para as galerias de águas pluviais.

Na fase de elaboração do projeto, diversos procedimentos devem ser adotados para garantir a qualidade da água do ponto de vista bacteriológico. Alguns cuidados deverão ser tomados com relação à instalação e a manutenção do sistema, a saber:

- evitar a entrada de luz do sol no reservatório para diminuir a proliferação de microorganismos;

- pelo menos uma vez a cada seis meses deverá ser feita a limpeza no reservatório, removendo a lama que se acumula no fundo;
- a água coletada poderá ser utilizada somente para consumo não potável;
- durante estiagem prolongada, deve-se prever o reabastecimento do reservatório de água de chuva com água potável, em quantidades que garantam o consumo diário;
- no fundo do reservatório deverá existir um dispositivo para evitar turbulência na água e não agitar o material sedimentado do fundo do reservatório de água de chuva (freio d'água);
- a tubulação de água de chuva deverá ser de outra cor para realçar uso não potável, além disso poderão ser utilizadas roscas e torneiras diferentes para evitar uma possível interconexão com o sistema de água potável;
- deverá ser verificada a necessidade de tratar a água de chuva antes de sua utilização;
- não deverá ser feita a conexão da rede de água potável com a rede de água de chuva no sistema de distribuição.

O sistema de tratamento das águas pluviais depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. De maneira geral, considerando-se os usos mais comuns em edifícios (irrigação de áreas verdes, torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado, lavagens de pisos, descarga em toaletes etc.) são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. Eventualmente podem ser utilizados sistemas que proporcionem níveis de qualidade mais elevados, empregando-se unidades de coagulação e floculação com produtos químicos, sedimentação acelerada e filtração em camada dupla, ou, ainda, sistemas de oxidação avançada ou processos de membrana (ANA et al, 2005).

Não há ainda no Brasil uma norma que estabeleça os parâmetros de qualidade para reaproveitamento de água de chuva. Existe um grupo de estudos formado por profissionais e pesquisadores (do qual faz parte a autora) coordenados pelo CIRRA³⁹ e pela ABNT – Comissão de Estudos Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva - trabalhando no assunto.

³⁹ CIRRA: Centro Internacional de Referência em Reaproveitamento da Água

4.4.3 Dimensionamento da cisterna

Como foi dito anteriormente, a cisterna é o item que determinará a viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de água pluvial. Por isso deve-se ter um cuidado maior com o seu dimensionamento.

Segundo SOARES et al (2000), o dimensionamento do volume do reservatório de água de chuva pode ser visto de duas maneiras:

- quantidade de água de chuva que poderia ser coletada;
- demanda calculada com grau de confiabilidade elevada.

Dependendo do volume obtido no cálculo e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a demanda em períodos curtos, médios ou longos de estiagem.

Para a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, deve-se possuir os seguintes parâmetros para a elaboração de um projeto:

- precipitação local,
- área de captação,
- coeficiente de runoff⁴⁰ do telhado
- demanda de reuso da água pluvial.

4.5 O PROBLEMA DAS ENCHENTES EM ÁREAS URBANAS

No setor de saneamento ambiental, a drenagem urbana é o que vem apresentando o maior problema em face da ausência de uma política de desenvolvimento urbano. Essa ausência permite adensamento e concentração populacional descontrolado, que exige altos investimentos e estabelecimento de políticas públicas.

⁴⁰ O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff, que é o quociente entre a água que escoou superficialmente pelo total da água precipitada. Esta perda de água de chuva é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras.

Os dados da PNSB (Programa Nacional de Saneamento Básico) referentes às enchentes e inundações no país indicam que, de 1998 a 2000, 22,4% dos municípios brasileiros sofreram enchentes e inundações, sendo que os estados mais afetados foram, por ordem decrescente, Rio de Janeiro (63,7%), Santa Catarina (45%), São Paulo (40,6%), Espírito Santo (37,6%), Paraná (26,3%), Rio Grande do Sul (25,4%), Mato Grosso do Sul (24,6%), Bahia (24,3%), Acre (22,7%) e Pernambuco (22,7%). As causas principais apontadas pelos municípios foram as seguintes: obstrução de bueiros (51%), adensamento populacional (31,6%), obras inadequadas (27,9%) e dimensionamento inadequado de projeto (27,4%) (BRASIL, 2002).

Devido à falta de um planejamento viável para eliminação das enchentes, todo verão as mesmas cenas se repetem, principalmente nas grandes áreas metropolitanas, gerando ações emergenciais que consomem recursos que poderiam e deveriam ser aplicados na solução definitiva do problema. Os prejuízos relacionados com inundações urbanas em todo território nacional são em média superiores a US\$ 1 bilhão por ano (IBGE, 2004).

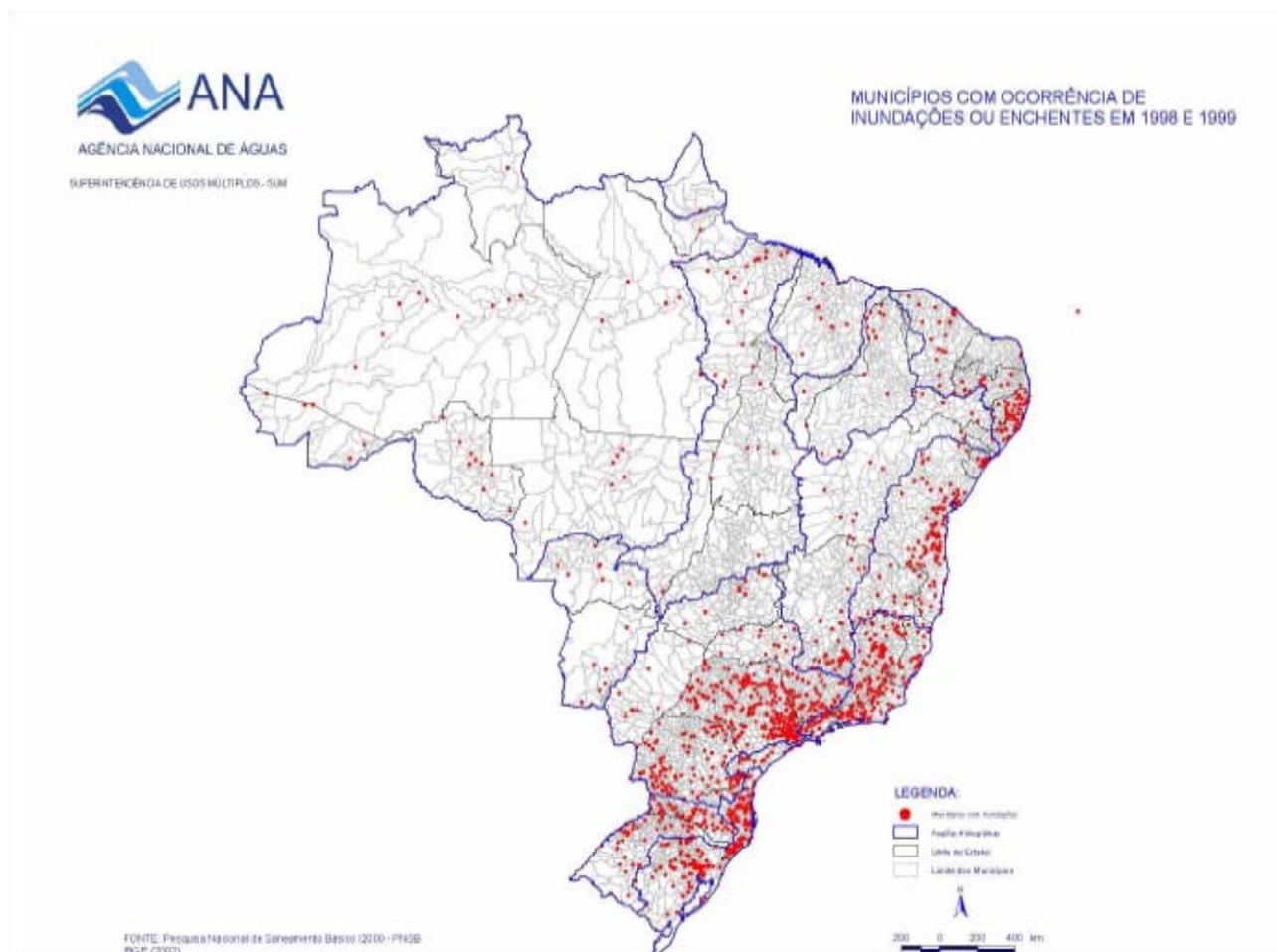


Figura 33: Municípios com ocorrência de inundação ou enchentes em 1998 e 1999

(Fonte: II Seminário –Gestão do Território e Manejo Integrado das Águas Urbanas: análise de experiências e capacitação de agentes municipais. Recife, julho 2005. Gestão dos recursos hídricos e águas pluviais nas cidades Brasileiras. Oscar de Moraes Cordeiro Neto (diretor Ana))

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução da carga nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações.

4.6 RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DO ESGOTO

Essencial à vida no planeta a água é inclusive componente fundamental na assimilação e condução dos esgotos.

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são ocasionadas pela contaminação da água. A maioria dos agentes infecciosos responsáveis por doenças de veiculação hídrica é de origem intestinal, sendo liberado nas fezes humanas ou de origem animal. O esgoto é, portanto, uma fonte potencial de transmissão de organismos patogênicos ao homem. Ainda segundo a OMS, a cada ano, 15 milhões de crianças de 0 a 5 anos morrem direta ou indiretamente pela falta ou deficiência dos sistemas de abastecimento de água e esgotos. Há no Brasil 5,5 milhões de casos de esquistossomose e pelo menos 30% das mortes de crianças com menos de 1 ano de idade são causadas por diarreia (BRASIL, Ministério da Saúde, 2004).

Atualmente cerca de 80% da população brasileira mora em área urbana sendo que, em escala variável, as cidades brasileiras apresentam problemas comuns que foram agravados, ao longo dos anos, pela falta de planejamento, reforma fundiária, controle sobre o uso e a ocupação do solo. Estabelecer regras claras para o saneamento, há mais de 15 anos sem regulamentação, é um dos compromissos institucionais do Governo Federal para o setor. Assim, após ampla participação da sociedade, o Ministério das Cidades, juntamente com os demais ministérios que compõem o Grupo de Trabalho Interministerial do Saneamento, formulou um anteprojeto de lei para a Política Nacional de Saneamento Ambiental que elege o planejamento, a regulação, a fiscalização e o controle social como fundamentais para a

execução das ações de saneamento. De acordo com dados do Ministério das Cidades, existem favelas em cerca de 1.500 dos 5.561 municípios brasileiros (BRASIL, MCIDADES, 2004).

Segundo dados do PNAD/96, 49% do esgoto sanitário produzido no Brasil são coletados em rede pública, sendo que, destes, apenas 32% são tratados, perfazendo cerca de 16% do produzido. Diante destes números, aliado ao quadro epidemiológico e ao perfil sócio-econômico das comunidades brasileiras, constata-se a necessidade por sistemas simplificados de tratamento dos esgotos.



Figura 34: Esgoto lançado diretamente em riacho – favela do Rio de Janeiro

Fonte: Caderno Saneamento do Ministério das Cidades

As Regiões Metropolitanas e grandes cidades concentram grandes volumes de esgoto coletado que é despejado sem tratamento nos rios e mares que servem de corpos receptores. Em consequência a poluição das águas que cercam nossas maiores áreas urbanas é bastante elevada, dificultando e encarecendo, cada vez mais, a própria captação de água para o abastecimento (IBGE, 2004) (ver figura 35).

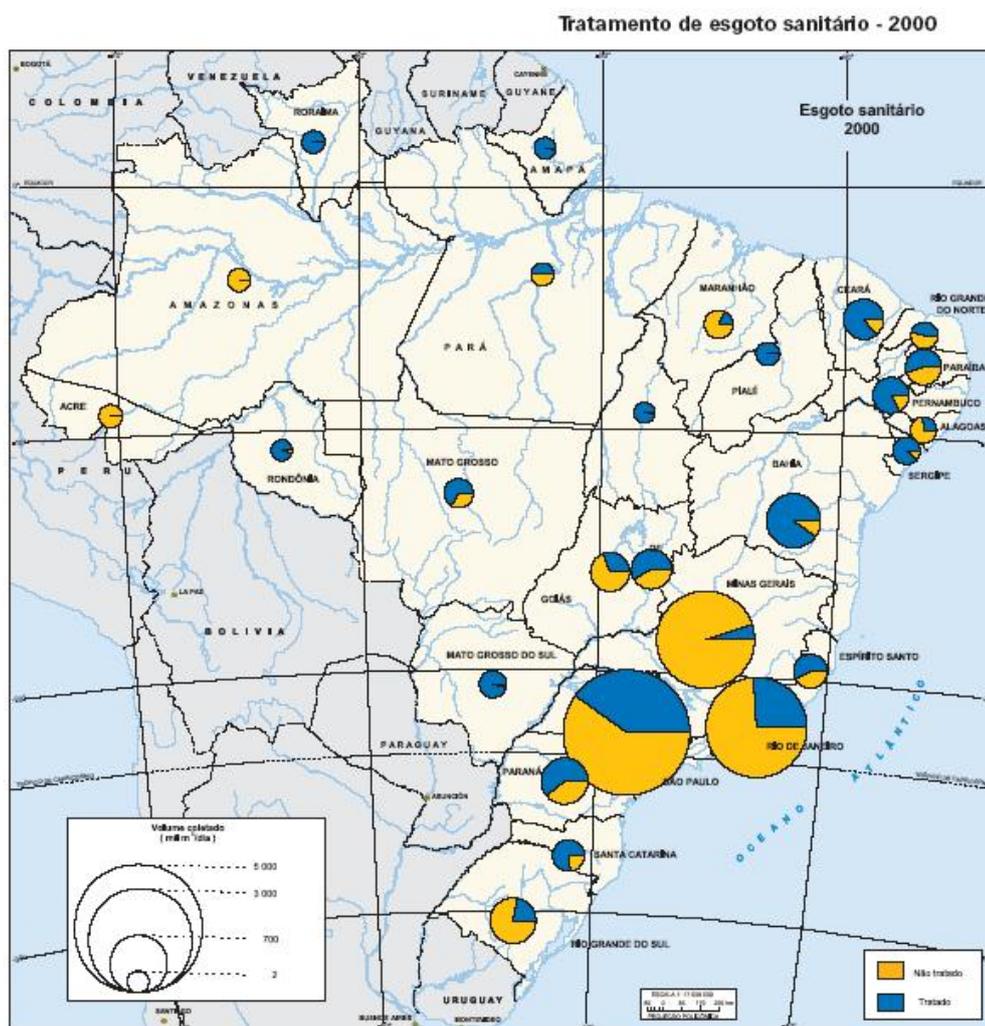
A rede urbana brasileira é extremamente desigual e concentrada. Enquanto 13 municípios - com mais de um milhão de habitantes - respondem por cerca de 20% de toda a população brasileira, temos cerca de 4.600 municípios com menos de 20 mil habitantes concentrando menos de 30% da população do país. Essa disparidade é bastante acentuada, sendo que algumas RMs⁴¹ situam-se entre os maiores aglomerados urbanos do mundo, como

⁴¹ RM: Região Metropolitana

as de São Paulo e Rio de Janeiro.

No Brasil, são necessários investimentos de cerca de R\$ 20 bilhões anuais nas próximas duas décadas para garantir moradia digna e saneamento básico para atender famílias com renda de zero a cinco salários mínimos (BRASIL, MCIDADES, 2004).

Um acordo internacional foi proposto pelo Ministro das Cidades do Governo Brasileiro no Fórum Urbano Mundial, para a exclusão dos investimentos em saneamento e moradia do conceito de dívida para efeito dos cálculos do superávit primário (arrecadação menos despesas, descontados os gastos com juros e correção monetária de dívidas) dos países pobres e em desenvolvimento. Com isso, os países poderão cumprir as Metas do Milênio nessas áreas estabelecidas pela ONU. Da forma como tradicionalmente ocorrem, os financiamentos não permitirão aos países pobres ou em desenvolvimento, até 2015, reduzir pela metade a carência em saneamento básico.



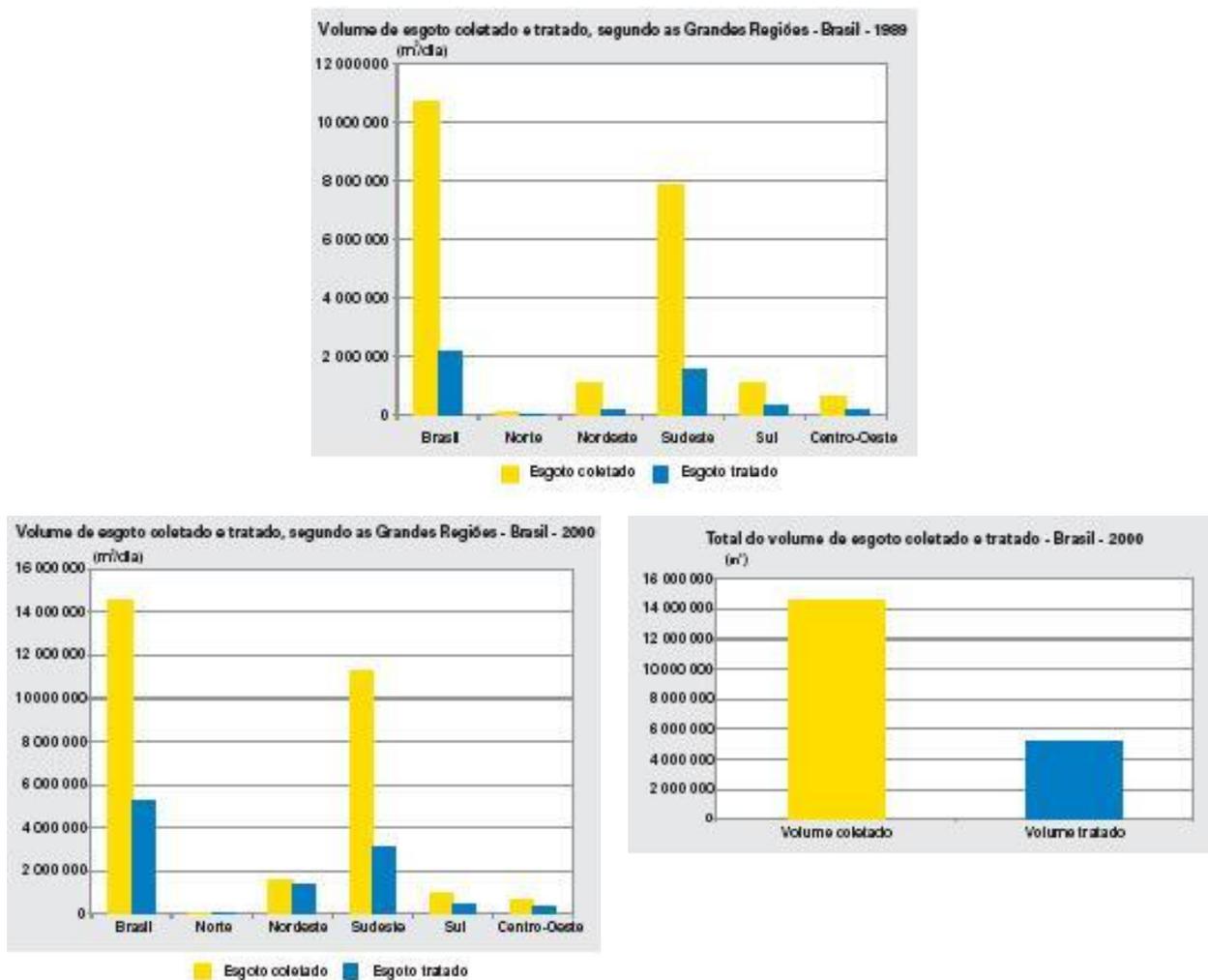


Figura 35: Tratamento do esgoto sanitário no Brasil - 2000

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000.

A Política Nacional de Saneamento Ambiental (PNSA) criou a expectativa de se constituir em alavanca para o acesso universal aos serviços, prestados com qualidade, equidade e integralidade, com controle e participação social. Deve assim prover os meios para superar as dificuldades para a generalização do atendimento e criar um ambiente institucional e regulatório que favoreça a eficiência do gasto público, independente da natureza do operador. E introduz o conceito de saneamento ambiental como:

“o conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, compreendendo o abastecimento de água; a coleta, o tratamento e a disposição dos esgotos e dos resíduos sólidos e gasosos e os demais serviços de limpeza urbana; o manejo das águas pluviais urbanas; o controle ambiental de vetores e reservatórios de doenças e a disciplina da ocupação e uso do solo, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida nos meios urbano e rural” (SNSA, SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Diretrizes para os*

serviços públicos de saneamento básico e a Política Nacional de Saneamento Ambiental – Anteprojeto de Lei. Brasília 2004).

O atual governo federal trata a questão do sucesso de políticas de saneamento como uma forma política de mobilização e atuação, baseada na estratégia de que a universalização do saneamento, vinculada a um movimento efetivo de incorporação dos agentes sociais, organizados em diversas instâncias de decisão do setor. Acredita-se que uma ação mobilizadora pautada na intersetorialidade das políticas públicas, na transversalidade da atuação dos movimentos populares, centrada na regulação pública e no controle social é fundamental para promover o encontro das agendas social e ambiental rumo à sustentabilidade do saneamento, visando a construir cidades inclusivas, saudáveis e democráticas. Assim como a definição do conceito de saneamento acima descrito, são palavras bonitas perdidas no vazio: definições que se pretendem abrangentes demais, aliadas a discussões sócio-políticas que passam, porém, longe de propostas práticas e efetivas para a resolução do problema.

Os gestores das cidades devem estar habilitados a buscar soluções criativas para os graves problemas urbanos enfrentados pelas populações, como democratizar o acesso aos equipamentos e serviços públicos e minimizar os efeitos da expansão urbana em áreas ambientalmente sensíveis, já que administram situações em condições dinâmicas e progressivas.

A implantação de uma estação de tratamento de esgotos tem por objetivo a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao corpo d'água sem alteração de sua qualidade. As águas residuárias de uma cidade compõem-se dos esgotos sanitários e industriais, sendo que estes, em caso de geração de efluentes muito tóxicos, devem ser tratados em unidades das próprias indústrias.

O parâmetro mais utilizado para definir um esgoto sanitário ou industrial é a demanda bioquímica por oxigênio - DBO⁴². Pode ser aplicada na medição da carga orgânica imposta a uma estação de tratamento de esgotos e na avaliação da eficiência das estações -

⁴² DBO – demanda bioquímica de oxigênio - é a quantidade de oxigênio usada por uma população mista de microorganismos durante a oxidação aeróbia à temperatura de 20°C.

quanto maior a DBO maior a poluição orgânica (METCALF e EDDY, 1991).

A escolha do sistema de tratamento é função das condições estabelecidas para a qualidade da água dos corpos receptores⁴³. Além disso, qualquer projeto de sistema deve estar baseado no conhecimento de diversas variáveis do esgoto a ser tratado, tais como a vazão, o pH, a temperatura, o DBO, etc.

4.6.1 O Processo de tratamento de esgotos

A composição do esgoto é bastante variável, apresentando maior teor de impurezas durante o dia e menor durante a noite. A matéria orgânica, especialmente as fezes humanas, confere ao esgoto sanitário suas principais características, mutáveis com o decorrer do tempo pois sofre diversas alterações até sua completa mineralização ou estabilização.

Enquanto o esgoto sanitário causa poluição orgânica e bacteriológica, o industrial geralmente produz a poluição química. O efluente industrial, além das substâncias presentes na água de origem, contém impurezas orgânicas e/ou inorgânicas resultantes das atividades industriais, em quantidade e qualidade variáveis com o tipo de indústria .

Os corpos d'água podem se recuperar da poluição, ou depurar-se⁴⁴, pela ação da própria natureza. O efluente geralmente pode ser lançado sem tratamento em um curso d'água, desde que a descarga poluidora não ultrapasse cerca de quarenta avos da vazão: um rio com 120 l/s de vazão pode receber, a grosso modo, a descarga de 3 l/s de esgoto bruto, sem maiores conseqüências (JORDÃO e PACHECO, 1995).

Freqüentemente os mananciais recebem cargas de efluentes muito elevadas para sua vazão e não conseguem se recuperar pela autodepuração, havendo a necessidade da depuração artificial ou tratamento do esgoto. O tratamento do efluente pode, inclusive, transformá-lo em

⁴³ A Resolução Conama n.º. 357/2005, classifica a qualidade dos corpos receptores e define o padrão para tratamento do efluente. As legislações estaduais sobre meio-ambiente complementam a norma federal nos mesmos aspectos.

⁴⁴ Os fatores de autodepuração são a diluição, a reaeração, a sedimentação, a luz solar e a competição vital.

água, em geral não potável, para diversos usos, como a irrigação, por exemplo.

A escolha do tratamento depende das condições mínimas estabelecidas para a qualidade da água dos mananciais receptores, função de sua utilização⁴⁵. Em qualquer projeto é fundamental o estudo das características do esgoto a ser tratado e da qualidade do efluente que se deseja lançar no corpo receptor. Os principais aspectos a serem estudados são vazão, pH e temperatura, DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), toxicidade e teor de sólidos em suspensão ou SST (sólidos suspensos totais).

Ao definir um processo deve-se considerar sua eficiência na remoção de DBO e coliformes, a disponibilidade de área para sua instalação, os custos operacionais, especialmente energia elétrica, e a quantidade de lodo gerado. Alguns processos exigem maior escala (maior população atendida) para apresentarem custos per capita compatíveis. Na implantação de um sistema de esgotamento sanitário, compreendendo também a rede coletora, a estação de tratamento representa cerca de 20% do custo total (JORDÃO e PESSOA, 1995).

4.6.2 Fluxo do Tratamento de Esgotos

A quantidade total de esgoto a ser tratado em um sistema tradicional é função da população e da indústria local a serem atendidas durante um período de 20 a 30 anos. Ademais, devem ser consideradas as infiltrações da água de chuva e do lençol freático. O volume de esgoto produzido por ano pode ser controlado pelas vazões obtidas nos medidores instalados em pontos determinados do sistema, especialmente na entrada das estações de tratamento.

O processo de tratamento do esgoto pode adotar diferentes tecnologias para depuração do efluente mas, de modo geral segue um fluxo que compreende as seguintes etapas (AISSE. M.M.,2000):

- *preliminar* - remoção de grandes sólidos e areia para proteger as demais

⁴⁵ Abastecimento doméstico, irrigação, recreação, dessedentação de animais, navegação, abastecimento industrial preservação de peixes, etc.

unidades de tratamento, os dispositivos de transporte (bombas e tubulações) e os corpos receptores. A remoção da areia previne, ainda, a ocorrência de abrasão nos equipamentos e tubulações e facilita o transporte dos líquidos. É feita com o uso de grades que impedem a passagem de trapos, papéis, pedaços de madeira, etc.; caixas de areia, para retenção deste material; e tanques de flutuação para retirada de óleos e graxas em casos de esgoto industrial com alto teor destas substâncias.

- *primário* - os esgotos ainda contém sólidos em suspensão não grosseiros cuja remoção pode ser feita em unidades de sedimentação, reduzindo a matéria orgânica contida no efluente. Os sólidos sedimentáveis e flutuantes são retirados através de mecanismos físicos, via decantadores. Os esgotos fluem vagarosamente pelos decantadores, permitindo que os sólidos em suspensão, de maior densidade, sedimentem gradualmente no fundo formando o lodo primário bruto⁴⁶. Os materiais flutuantes como graxas e óleos, de menor densidade, são removidos na superfície. A eliminação média do DBO é de 30%. Processo: sedimentação; flotação; digestão do lodo; secagem do lodo; sistemas compactos (sedimentação e digestão, Tanque Imhoff); e sistemas anaeróbios (lagoas anaeróbias, reator de fluxo ascendente).
- *secundário* - processa, principalmente, a remoção de sólidos e de matéria orgânica não sedimentável e, eventualmente, nutrientes como nitrogênio e fósforo. Após as fases primária e secundária a eliminação de DBO deve alcançar 90%. É a etapa de remoção biológica dos poluentes e sua eficiência permite produzir um efluente em conformidade com o padrão de lançamento previsto na legislação ambiental. Basicamente, são reproduzidos os fenômenos naturais de estabilização da matéria orgânica que ocorrem no corpo receptor, sendo que a diferença está na maior velocidade do processo, na necessidade de utilização de uma área menor e na evolução do tratamento em condições controladas. Processo: filtração biológica aeróbia; filtração biológica anaeróbia; reator tipo UASB⁴⁷; processos de lodos ativados; decantação intermediária ou final (sedimentação do lodo flocoso ou

⁴⁶ As fossas sépticas são um tipo de tratamento primário muito usado no meio rural e urbano. Os sólidos sedimentáveis se acumulam no fundo, onde permanecem tempo suficiente para sua estabilização, porém mantém os elementos patogênicos. Como a eficiência na remoção da matéria orgânica é baixa, freqüentemente utiliza-se forma complementar de tratamento, como filtros anaeróbios ou sistemas de infiltração no solo (sumidouros, valas de infiltração e valas de filtração).

⁴⁷ UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo)

biomassa); lagoas de estabilização (facultativas, sistema Australiano).

- *terciário* - remoção de poluentes tóxicos ou não biodegradáveis ou eliminação adicional de poluentes não degradados na fase secundária.
- *desinfecção* - grande parte dos microorganismos patogênicos foi eliminada nas etapas anteriores, mas não a sua totalidade. A desinfecção total pode ser feita pelo processo natural - lagoa de maturação, por exemplo - ou artificial - via cloração, ozonização ou radiação ultravioleta. A lagoa de maturação demanda grandes áreas pois necessita pouca profundidade para permitir a penetração da radiação solar ultravioleta. Entre os processos artificiais, a cloração é o de menor custo mas pode gerar subprodutos tóxicos, como organoclorados. A ozonização é muito dispendiosa e a radiação ultravioleta não se aplica a qualquer situação.

O desenvolvimento tecnológico no tratamento de esgotos está concentrado nas etapas secundária e posteriores. Uma das tendências verificadas é o aumento na dependência de equipamentos em detrimento do uso de produtos químicos para o tratamento. Os fabricantes de equipamentos para saneamento, por sua vez, vêm desenvolvendo novas tecnologias para o tratamento biológico, com ênfase no processo aeróbio.

FLUXOGRAMA TÍPICO DE UMA ETE COMPLETA

(Fonte: Aisse. Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários)

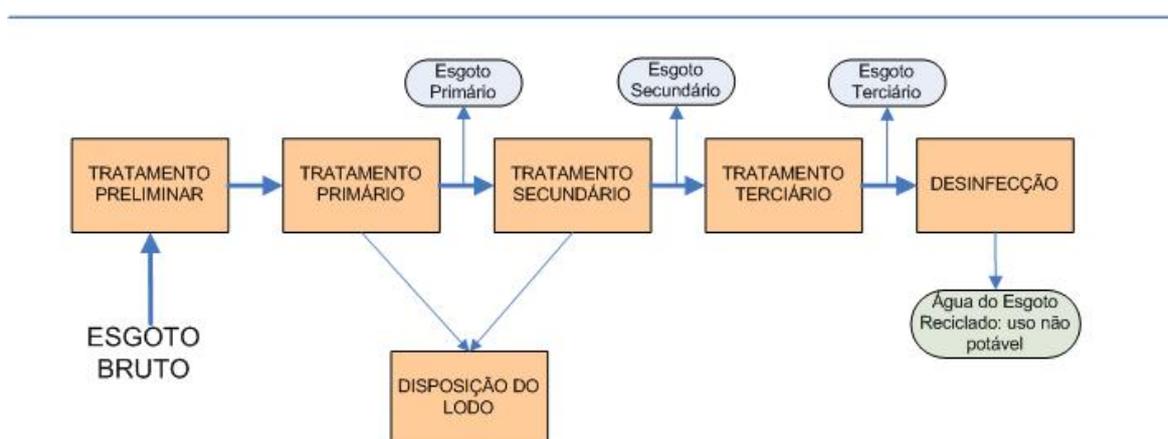


Figura 36: Fluxograma típico de uma ETE completa

(Fonte: Aisse. Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários)

4.6.3 Tecnologias de tratamento descentralizado de esgotos

Dentre os vários sistemas existentes de tratamento de esgotos, verifica-se tendência à procura pela redução do investimento inicial na instalação de uma Estação de Tratamento de

Esgoto - ETE, bem como pela minimização do custo operacional. Um dos fatores que eleva o custo de operação é o uso intensivo de equipamentos, com o conseqüente aumento nas despesas de energia elétrica. O custo da energia e sua escassez em várias regiões do mundo também têm motivado pesquisas para a criação de soluções com menor demanda energética.

Sob a ótica da redução do investimento inicial, têm-se desenvolvido soluções para implantação gradativa ou modular de ETEs, como as estações do tipo compactas e simplificadas. A descentralização traz como vantagem a diminuição nos custos da rede coletora de esgoto.

Em áreas com escassez de água, a tecnologia de tratamento tem-se aperfeiçoado para permitir o reuso da água, especialmente na agricultura, grande consumidora, e na indústria, para refrigeração dos equipamentos ou em processos que não requerem água potável. Cabe comentar ainda que há uma evolução nas técnicas de tratamento que reduzem a geração de lodo ou que possibilitam o seu reaproveitamento.

Extensa pesquisa publicada pelo RMI⁴⁸ (feita para o EPA - Dept. de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) em 2004 foi preparada com o intuito de auxiliar as comunidades e seus gestores/ planejadores a fazerem melhores escolhas entre as várias opções de diferentes tecnologias para gerenciar a qualidade da água, melhorar as condições ambientais e proteger a saúde pública através de sistemas de tratamento e reuso dos esgotos. Tem seu foco no tratamento descentralizado⁴⁹ de esgotos, relativamente ao tratamento centralizado, e utiliza o conceito de planejamento integrado. Os resultados da pesquisa apontam fortemente para as vantagens dos sistemas descentralizados, seja quanto ao planejamento e risco financeiro, aos impactos na comunidade e na bacia hidrográfica, aos impactos no local e nas redondezas, aos custos de capital, de operação e manutenção e de gerenciamento (ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE, BOOZ ALLEN HAMILTON, 2004).

Uma tecnologia que utiliza os ciclos da natureza para tratar o esgoto localmente é a

⁴⁸ RMI: Rocky Mountain Institute

⁴⁹ Sistemas descentralizados de tratamento de esgotos, ou ETEs descentralizadas, são definidos como “sistemas que coletam, tratam e reusam ou dispõem do esgoto no seu ponto de geração ou próximo a ele”. Incluem sistemas unifamiliares e sistemas de rede que podem servir várias centenas de residências – ou vazões

Living MachinesTM, dos Estados Unidos, inventada pelo Dr John Todd, biólogo canadense. Segundo o Dr Todd, o sistema inclui uma base mineral adequada para sustentar vida, fluxo e reciclagem de nutrientes, declives acentuados como o da transição entre ambientes anaeróbios e aeróbios, a presença de pelo menos três ecologias distintas (lago, pântano e planície, por exemplo), a presença de colônias adequadas de bactérias. De acordo com o tipo de esgoto a ser tratado, teremos variáveis nestes componentes. A engenharia ecológica tem um outro desafio. Ela tem que proteger os ecossistemas naturais de organismos alienígenas encontrados nos Living MachinesTM. Portanto sempre que possível são utilizados organismos predominantes na região, ou então espécies que não podem sobreviver além dos limites do microcosmo em questão. Em regiões temperadas, como na Nova Inglaterra, são utilizadas plantas tropicais e algumas espécies animais que permitem que a tecnologia se torne economicamente viável. Estas espécies, porém, pereceriam nas estações mais frias caso escapassem (JOHN TODD ECOLOGICAL DESIGN).

Um exemplo de Living MachinesTM implantado para tratamento de efluentes industriais é a fábrica de Chocolates Mars, na Austrália, ilustrado na figura abaixo. Esta indústria processadora de alimentos fabrica 350 produtos a partir de 1.300 ingredientes diferentes, e produz uma carga muito variável (qualitativamente) de esgotos. Primeiramente a vazão é equalizada em um tanque de balanceamento. De lá vai para um digestor anaeróbio que provê um tratamento considerável, sem o uso de energia. Inclusive, se a carga orgânica for suficiente, metano pode ser produzido para geração de vapor. Do reator anaeróbio o esgoto flui para um reator aeróbio fechado, conectado a um bio-filtro. O biofiltro consiste de material orgânico, basicamente serragem e compostagem. Os odores são retirados pela ação das bactérias com a passagem do fluxo do tanque fechado pela camada orgânica. O esgoto vai então passar por uma série de reatores aeróbios abertos, com plantas na superfície da água. As raízes das plantas fornecem o ambiente adequado para a fixação dos microorganismos que quebram a matéria orgânica no fluxo de esgoto. Adicionalmente, qualquer amônia é nitrificada para nitrito e depois nitrato. Quando as bactérias percorrem seu ciclo de vida e morrem, elas formam lodo, parte do qual é alimento para outras criaturas no sistema, como por exemplo os caramujos.

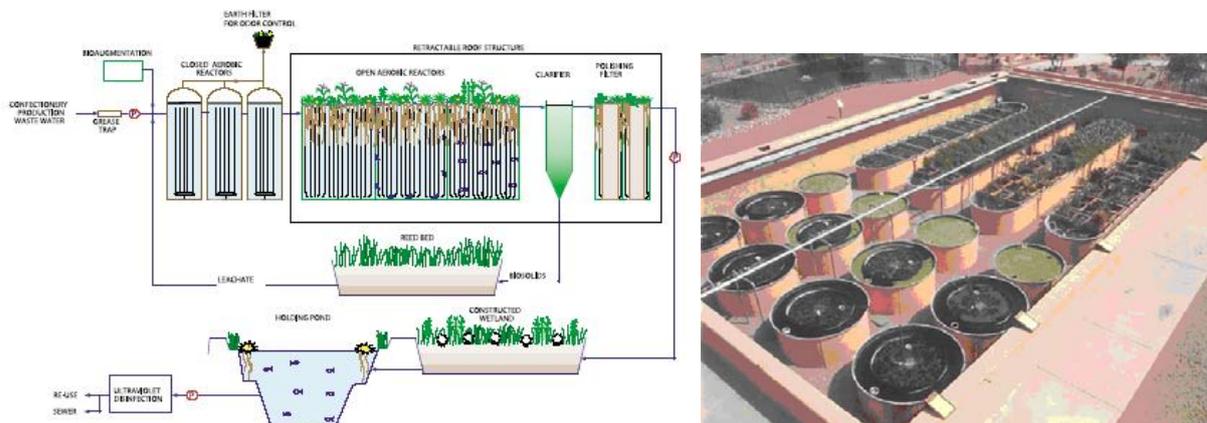


Figura 37: diagrama e fotografia do sistema Living Machines™, instalado na fábrica de chocolates Mars (Fonte: Living Designs Group, EUA)

Os volumes finais de lodo nos sistemas Living Machines™ é pequeno se comparado ao de outras tecnologias de tratamento de esgotos, porque as ecologias presentes no sistema digerem matérias orgânicas como parte do processo. De qualquer maneira, ainda sobra lodo para ser removido no clarificador, que se segue aos reatores aeróbios. O passo final é a desinfecção nos “Ecological Fluidized Beds – EFBs”. Estes reatores foram desenvolvidos e patenteados pela Ocean Arks International. Eles são filtros de filmes submersos, com uma vazão interna de recirculação relativamente alta. A água do esgoto tratado nesta fábrica (até 400m³/dia) é coletada em um pequeno lago de 1.000m². De lá é utilizado para irrigar o terreno de 6 hectares, que possui muitos hectares de mata natural. A Mars está investigando a possibilidade de criar peixes neste lago de retenção.

Outra instalação que utiliza filtro biológico e local é a da Sustainable House, de MOBBS (2002), em Sydney, Austrália, reformada em 1996. Ele utilizou um sistema da empresa Downmus (já extinta), que se baseia em um sistema chamado de filtro Biolítico (compostagem molhada) e trata todo o esgoto (águas cinzas e pretas) da casa - que vai para um tanque de concreto onde todo o mecanismo de limpeza opera através de uma série de camadas de filtros dentro deste tanque. Cada camada consiste de material arenoso e turfa, cheia de minhocas, insetos e microorganismos. O esgoto é espalhado em cima da camada superior do tanque; são três as camadas, com vários centímetros livres entre uma e outra, conforme figuras 38 e 40. Estas camadas filtrantes também recebem restos orgânicos da cozinha e qualquer outro resíduo biodegradável – figura 39. O tanque tem uma leve inclinação, para que a água filtrada seja recolhida em uma seção de armazenagem com uma bomba de recalque. Ao ser recalçada, esta água reciclada ainda passa através de uma lâmpada

ultravioleta para matar qualquer vírus ou bactérias que possam ter restado no sistema. Esta água abastece os vasos sanitários, o tanque e a máquina de lavar roupas, e a irrigação do jardim. O sistema teve problemas uma vez, logo no início da operação, e foi constatado que o problema era o formato muito comprido do tanque, figura 40, (assim projetado por causa da configuração do lote), dificultando que os detritos se espalhassem uniformemente ao longo da camada superior do filtro. Isto resolvido, o sistema não apresenta odor algum, e produz uma água transparente e livre de patógenos, aprovada para uso não-potável pelas regulamentações locais.

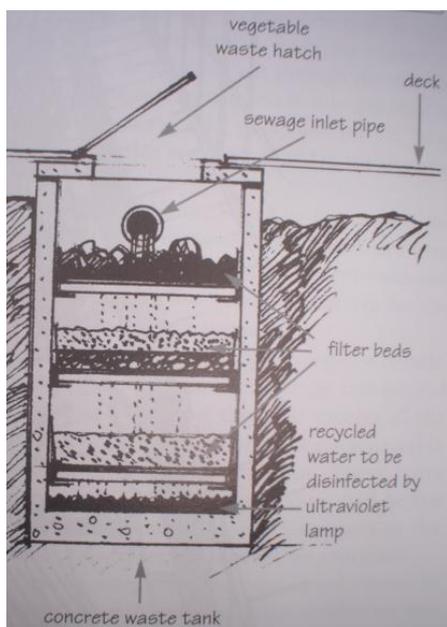


Figura 38: Corte transversal do tanque de tratamento de esgotos



Figura 39: Tapa no deck do tanque de tratamento de esgotos, por onde são adicionados os resíduos orgânicos da cozinha – não há odor!

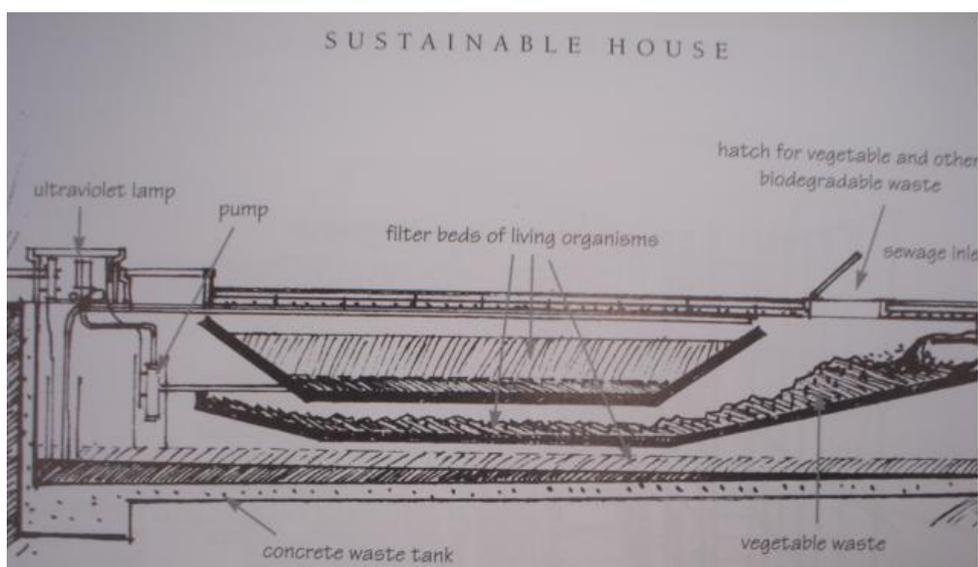


Figura 40: Corte longitudinal do tanque de tratamento de esgotos
Fonte: MOBBS, 2002 e foto Alexandra Lichtenberg

CAMARGO (2000), em sua dissertação de mestrado na UNICAMP⁵⁰, produziu e operou quatro reatores anaeróbios com enchimento de bambu (material de baixo custo e facilmente encontrado no Brasil), obtendo uma redução de DBO de 75%. Como havia a necessidade de se realizar um pós-tratamento do efluente anaeróbio gerado pelo reator de bambu (pois ele não se adequava à legislação brasileira), TONETTI et al (2004), também da UNICAMP, levaram esta pesquisa adiante, tratando este efluente com filtros biológicos de areia⁵¹. A análise destes resultados demonstra a grande viabilidade deste sistema biológico para o tratamento de efluente de pequenas localidades, utilizando materiais presentes nas próprias comunidades. O efluente gerado estava em conformidade com o exigido pela legislação brasileira para a emissão em um corpo receptor, sendo compatível com aqueles produzidos nas grandes estações de tratamento existentes nas grandes cidades brasileiras. Outro ponto é a possibilidade do reuso deste líquido em alguma atividade humana, resguardando os mananciais naturais para usos mais nobres.

No Rio de Janeiro, o Centro de Reabilitação Infantil da Rede Sarah, unidade de não-internação de fisioterapia, localizado em Jacarepaguá-RJ, instalou uma ETE⁵², projetada pela empresa Planep Engenharia, com o objetivo de reutilizar o efluente deste esgoto reciclado para irrigação dos jardins e para a descarga dos vasos sanitários. É um sistema com vazão de 25m³/dia, que funciona com o princípio de lodo ativado comum, sendo que a desinfecção final é feita com cloro, filtro de areia e filtro de carvão ativado. É o único projeto implantado pela empresa até o momento que também reutiliza esta água para descarga de vasos sanitários e para irrigação dos jardins. As figuras 41 e 42 mostram esta ETE em operação.

A consciência atual coloca em destaque a importância da multidisciplinariedade do assunto de tratamento de esgotos, e envolve elementos de biologia, microbiologia, bioquímica, engenharias, arquitetura, economia, sociologia e educação ambiental. As unidades já não são vistas como simples tanques em concreto. Hoje estas unidades são

⁵⁰ UNICAMP: Universidade de Campinas

⁵¹ O funcionamento deste sistema baseia-se na aplicação de efluente intermitentemente sobre a superfície de um leito de areia. Durante a infiltração do líquido ocorre a purificação por mecanismos físicos, químicos e biológicos.

⁵² A região da Barra da Tijuca e da Baixada e Jacarepaguá não possui rede de esgoto (segundo relatório do IPP/IPEA de 2004), sendo grande parte dos esgotos jogados in-natura diretamente no mar, rios, riachos ou lagoas locais.

estudadas como reatores em que ocorrem transformações complexas, com a participação de organismos vivos.



Figura 41: tanques de tratamento de esgoto do Centro de Reabilitação Sarah – RJ



Figura 42: Sala de controle do sistema de esgoto reciclado

O tratamento descentralizado do esgotamento sanitário domiciliar além de produzir água para usos não-potáveis reduz o investimento público nas redes de esgoto sanitário.

4.6.3.1 Tratamento Condominial de Esgotos

Sistemas de esgotamento sanitário condominiais (ou simplificados) foram implementadas por várias companhias de água e esgoto no país, como SANEPAR e SABESP, que foram incluindo melhorias tecnológicas no sistema ao longo do tempo. A CAESB⁵³ começou a implementar sistemas simplificados de esgotamento sanitário em áreas pobres em 1991, e atualmente esta é a solução padrão para todas as áreas, pobres e ricas (LEEDS UNIVERSITY, ?).

A CAESB utilizou este sistema para ampliação da estrutura de coleta de esgotos do Distrito Federal, fruto da constatação da inviabilidade econômica e financeira do modelo tradicional em apresentar solução a curto prazo para a universalização dos serviços.

O sistema condominial é baseado em dois conceitos chave, que o diferenciam do modelo tradicional. O primeiro conceito define a unidade à qual o serviço é prestado: enquanto sistemas convencionais fornecem serviços para cada unidade residencial, sistemas

⁵³ CAESB: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

condominiais fornecem serviços para cada bloco ou grupo habitacional, que podem ser chamados de unidades de bairro ou condomínios. Isto é similar ao conceito de fornecimento de serviços a um prédio de apartamentos, exceto que neste caso o condomínio é horizontal e institucionalmente informal. Como resultado deste conceito, a rede pública não necessita mais ir até cada lote, ou mesmo estar presente em cada rua, mas meramente fornecer apenas um ponto de ligação para cada “condomínio”. Portanto, a extensão da rede é consideravelmente mais curta do que em sistemas convencionais, aproximadamente pela metade. As conexões características de cada casa dos sistemas convencionais correndo perpendiculares à rede principal, são substituídas por redes condominiais que correm paralelas a cada “bloco”. As redes condominiais podem ser localizadas na parte mais conveniente do “bloco” (debaixo das calçadas, sob os recuos frontais ou posteriores dos lotes). Este projeto permite a adaptação da rede às condições topográficas do local. Adicionalmente, o sistema condominial é um sistema descentralizado das estações de tratamento, evitando desta maneira os custos associados ao transporte dos fluidos por longas distâncias.

O segundo conceito diferenciador do sistema condominial é o desenvolvimento de um relacionamento muito mais estreito entre os fornecedores do serviço e os usuários, encorajando os dois lados a chegarem a um acordo que facilite a expansão dos serviços e sua adaptação às necessidades e restrições de cada local. Desta maneira, o condomínio torna-se não apenas uma unidade física de provisão de serviços, mas também uma unidade social facilitadora de decisões coletivas e organizadora de ações comunitárias. Os membros do condomínio devem selecionar o projeto apropriado e se comprometerem com as ações complementares que vão de educação sanitária ambiental à direta participação na construção e/ou manutenção do processo.

A população, em reuniões com técnicos da CAESB, decide sobre o tipo de ramal e como executá-lo. Atualmente a CAESB coleta 88% do esgoto do DF e trata 66%, muito acima da média nacional. Essa mudança promove uma redução de custos significativa e permite ampliar consideravelmente o percentual de população atendida, utilizando-se o mesmo volume de recursos financeiros. A participação comunitária é a base do sistema condominial, constituindo elemento fundamental da metodologia de implantação desse tipo de solução, incorporando a população na solução coletiva dos problemas locais de saneamento (NEDER e NAZARETH, 1998).

Ainda de acordo com NEDER e NAZARETH (1998), no sistema condominial, cada conjunto de “condomínios” é uma pequena bacia de retenção natural. As estruturas de transporte e bombeamento entre as bacias, que geralmente representam custos muito altos, são substituídas com grande economia por unidades de tratamento locais. Tanto quanto possível, estas unidades de tratamento tem tecnologia simples baseada em processos naturais, como uma maneira segura e racional de lidar com efluentes. A CAESB introduziu uma política de tarifas que tenta refletir as características do sistema condominial, tanto em termos da taxa de conexão quanto em relação às tarifas para uso do sistema. Por um lado, a taxa de conexão tenta refletir o custo real da instalação da rede condominial, conforme escolhido pelos usuários. Por outro lado, a tarifa pelo uso do sistema tenta refletir a participação do usuário na sua operação, já que nas redes internas a responsabilidade pela manutenção é dos usuários, dando-lhes o direito a uma redução na tarifa paga.

PALMER et al (1999) publicaram estudo comparando o sistema tradicional de coleta e tratamento de esgotos e o sistema de tratamento do efluente de fossas sépticas (septic tank effluent disposal - STED) no sul da Austrália. Na época da publicação, mais de 110 mil pessoas eram servidas por este tipo de serviço, em cidades de até 10 mil habitantes.

Este sistema consiste da coleta do efluente gerado pela fossa séptica por uma rede menor, simplificada e mais barata, até uma lagoa de oxidação, que fornece o tratamento secundário do esgoto. A retenção nas lagoas de oxidação era de aproximadamente 60 dias, em duas ou tres lagoas de 1,2m de profundidade. Mais recentemente, para o reuso do efluente, utiliza-se lagoas de oxidação de 5 compartimentos com um tempo de retenção de 30 dias no primeiro compartimento para redução de DBO, seguido de mais 4 retenções de 7,5 dias cada, para redução de patogenos. No estado de South Austrália ainda é requerido o uso de cloração e/ou filtração com desinfecção por lâmpada ultra-violeta para reuso em recreação e irrigação. O sistema STEDS foi regulamentado pelas autoridades governamentais, e cada projeto deve ser aprovado pela Prefeitura local. Este estudo ainda indica que o sistema STEDS é ideal para regiões com um déficit grande de fornecimento de saneamento básico, e onde geralmente já existem muitas fossas sépticas instaladas, mas com problemas de saturação do solo, contaminação de cursos de água, etc. A tabela abaixo mostra o resultado do estudo.

Tabela 16: Tabela comparativa dos critérios de projeto de ETEs tradicionais e de STEDS

Crítérios de Projeto de ETEs tradicionais x Tratamento do efluente de fossas sépticas (STEDS)		
Crítério	ETE tradicional	STEDS
Conexão à casa	Direta	Através da fossa séptica
Sólidos Grosseiros	Entram na rede	Excluídos da rede
Vazão média em clima seco	250l/c/d	140l/c/d
Acesso à rede	Poço de inspeção	Pontos de descarga
Diâmetro mínimo da tubulação	150mm	100mm
Caimento mínimo	0,5%	0,4%
Outros	Sem manutenção da fossa séptica	Sistema híbrido incluindo: <ul style="list-style-type: none"> • conexões bombeadas • drenagem nos fundos do terreno • sistemas separados: séptico e de sedimentação de sólidos comuns STEDS construídos desde 1990 incluem tratamento adicional que permite o reuso da água.
Custo médio de construção, por conexão (AUS\$, 1998)	13.800	4.300 5.000+ com tratamento para reuso

Alguns pesquisadores contemporâneos, como Hespagnol (chefe do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), e Jeppesen (ligado ao Urban Water Reseach Association of Austrália), entre outros, vem publicando estudos sobre o assunto desde os anos 80.

HESPANHOL (2001), comentando sobre os custos do reuso de água, afirma que “eles devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público” e não somente em relação aos ganhos financeiros diretos e imediatos.

A concessionária de água pode fornecer água de reúso oriunda do tratamento do esgoto público da cidade. Em São Paulo, a concessionária tem disponível água de reúso a um

custo muito inferior ao da água potável, o que a torna uma alternativa para utilização em alguns empreendimentos. A princípio a concessionária recomenda utilizar a água de reúso exclusivamente para fins específicos, não-potáveis, em ambientes externos .

Segundo JEPPESEN e SOLLEY(1994), para o reúso doméstico de água são muito utilizadas (em língua inglesa) as palavras “cinzas” e “negras” para diferenciar águas de qualidades e fontes diferentes. As definições são:

- “Águas cinzas” (do inglês “greywater”): esgoto proveniente da banheira, chuveiro, lavanderia (máquinas de lavar roupa), e lavatório.
- “Águas negras” (do inglês “blackwater”): esgoto proveniente do bidê e bacia sanitária, esgoto contaminado por matéria fecal. GELT (2002) inclui, também, na definição de “águas negras”, as águas da pia da cozinha e da lavadora de pratos.

Existem projetos que reaproveitam apenas as águas cinzas, outros que fazem a reciclagem ou reúso de águas negras, e outros ainda, de ambas.

4.6.3.2 Tratamento de Águas Cinzas

JEPPESEN (1994) em seu estudo sobre águas cinzas domésticas patrocinado pela cidade de Brisbane, Austrália, fez um grande apanhado de informações sobre a qualidade dessas águas e teceu considerações importantes, sendo algumas delas:

- as águas cinzas podem conter níveis de organismos indicadores de matéria fecal que evidenciam um risco potencial da presença de organismos patogênicos, um certo cuidado deve ser tomado quando for feito uso de águas cinzas devido aos riscos associados à saúde;
- o reúso de águas cinzas, apesar de representar um risco à saúde e ao ambiente, pode significar uma grande economia de água, se forem seguidas as recomendações e regulamentações;
- águas cinzas devem ser tratadas de forma que os microorganismos originalmente presentes sejam destruídos ou removidos; e
- todo e qualquer contato humano com águas cinzas deve ser evitado.

O armazenamento de águas cinzas não é recomendado por JEPPESEN (1994)

devido à formação de odores e pelo crescimento de microorganismos nos tanques de armazenamento. O recomendado é o reúso direto, sem que a água seja armazenada. Jeppesen só aceita que seja feito algum armazenamento se for dado um tratamento que possa controlar os gases gerados.

BOOKER (2000) analisou 4 sistemas distintos de fornecimento e disposição de água urbana na Austrália, incluindo os custos dos mesmos. O sistema numero 4, o único que trata e recicla águas cinzas tem o potencial de reduzir a demanda de água potável em até 20 vezes. O tratamento de águas cinzas deste estudo de caso é feito em uma ETE a 20km de distancia do núcleo gerador, o que fez com que os custos de implantação ficassem parecidos nas quatro hipóteses – porém há que se contabilizar os custos do diferimento de investimento no fornecimento de água potável, assim como a redução do risco de transbordamento do esgoto e a eliminação de sua disposição inadequada em cursos de água e no solo.

5. A ECOHOUSE URCA

Neste capítulo procura-se avaliar, a partir da teoria e experiências levantadas e descritas nos capítulos precedentes, a aplicação de técnicas destinadas a promover o conforto ambiental, o arrefecimento passivo, a eficiência energética, a iluminação natural e a racionalização e conservação do uso da água no projeto Ecohouse. Para tal é feita uma descrição de cada intervenção realizada – coleta e reuso de águas pluviais, reciclagem e reuso de água de ETE, telhados verdes, fachadas verdes, utilização de esquadrias especiais, beirais, ventilação cruzada, aquecimento solar de água. Ao final é feita uma avaliação ambiental da edificação nos moldes da abordagem francesa de avaliação de edificações HQE.

O início do projeto Ecohouse se deu através da reforma de uma residência unifamiliar (finalizada em março de 2004) na Avenida São Sebastião, 270, no bairro da Urca, zona litorânea do Rio de Janeiro, latitude -22,90° e longitude -43,17°.

5.1 AGENDA 21 LOCAL DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) é responsável pela coordenação do Fórum 21 da Cidade do Rio de Janeiro, criado pela lei n. 2561, de 9 de setembro de 1997, aprovada pela Câmara Municipal e tem como finalidade elaborar, acompanhar e avaliar a implementação do Programa Agenda 21 Local. Produziu dois documentos importantes:

- “Consultando a População sobre temas de meio ambiente e qualidade de vida”(PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 1999^a),
- “Manual de Planejamento Participativo” (PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, 1999b),

que fornecem subsídios sobre como se apresenta a consciência ambiental dos cidadãos cariocas, sua pauta de prioridades, bem como a disposição que manifestam para participar de programas e ações.

Para a elaboração destes documentos, a cidade é dividida em cinco áreas de

planejamento – Aps. O bairro da Urca está localizado na AP2, Zona Sul, juntamente com: Flamengo, Glória, Laranjeiras, Catete, Cosme Velho, Botafogo, Humaitá, Leme, Copacabana, Ipanema, Leblon, Jardim Botânico, Lagoa, Gávea, Vidigal, São Conrado, Praça da Bandeira, Tijuca, Alto da Boa Vista, Maracanã, Vila Isabel, Andaraí e Grajaú.

Neste trabalho estaremos detalhando a Zona Sul pelo fato do projeto em estudo estar localizado no bairro da Urca.

5.1.1 Descrição da Zona Sul ⁵⁴

A Região Zona Sul cobre uma área de 4.387 hectares⁵⁵, na qual residem 630.473 habitantes, segundo o Censo 2000. Sua densidade bruta de 143,7 habitantes por hectare é a segunda maior entre as 12 regiões do Plano Estratégico que compõem o Município do Rio de Janeiro. É formada por 18 bairros: Botafogo, Catete, Copacabana, Cosme Velho, Flamengo, Gávea, Glória, Humaitá, Ipanema, Jardim Botânico, Lagoa, Laranjeiras, Leblon, Leme, Rocinha, São Conrado, Urca e Vidigal.

Localizada entre o Maciço da Tijuca, o Oceano Atlântico e a Baía de Guanabara, a Zona Sul caracteriza-se por altas declividades nas encostas sul e sudeste do Maciço da Tijuca e por praias formadas por acumulação de sedimentos marinhos. Os principais rios são o Carioca, dos Macacos, Rainha e Canoas. Devido à sua formação, a Região apresenta baixa drenagem e alta densidade hidrográfica, dividindo-se em duas áreas geomorfologicamente distintas:

- A primeira, formada pelos bairros da Glória, Catete, Flamengo, parte de Botafogo e Urca, Lagoa, Copacabana, Leme, Ipanema e parte do Leblon, é densamente ocupada e necessita de uma rede de drenagem urbana eficiente, já que na maioria das vezes não possui drenagem natural.
- A segunda área é formada pelos bairros de Laranjeiras, Cosme Velho, parte de Botafogo, Humaitá, Jardim Botânico, Gávea, parte do Leblon, Rocinha, Vidigal e São Conrado. Em virtude de altas declividades e do alto índice pluviométrico, é de extrema importância preservar a floresta existente, reflorestar as áreas degradadas e

⁵⁴ Zona Sul, conforme definição do Plano Estratégico II, que difere da definição de Zona Sul dentro das APs descritas na Agenda21 Local da cidade do Rio de Janeiro.

⁵⁵ Áreas Territoriais: valores obtidos pelo aperfeiçoamento do cálculo feito no IPP.

controlar a ocupação das encostas. É necessário também, dragar os canais e cuidar da manutenção e desobstrução da rede de drenagem e vias de escoamento.

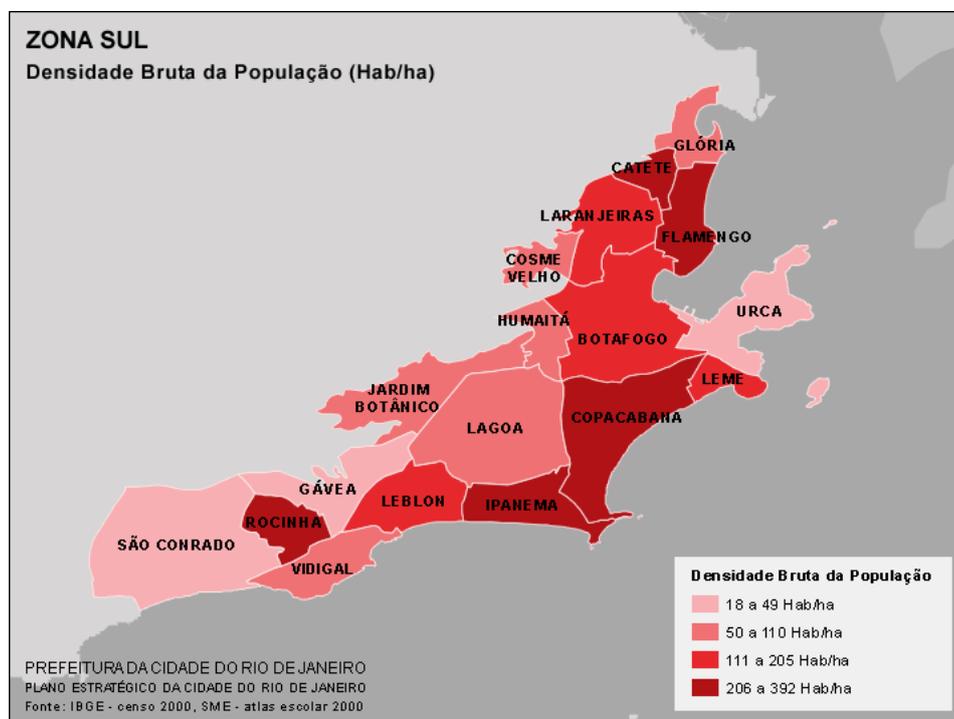


Figura 43: Mapa da densidade bruta da população (fonte: IPP)

A Região está classificada como de alto desenvolvimento humano segundo o Índice de Desenvolvimento Humano⁵⁶ (IDH=0,929), ocupando a primeira posição quando consideradas todas as 12 regiões do Plano Estratégico. Entre as dimensões que compõem o IDH, é a 1ª colocada em longevidade (IDH-L=0,860), 2ª em educação (IDH-E=0,971) e 1ª em renda (IDH-R=0,957)⁵⁷.

Embora privilegiada por sua natureza singular e sempre apresentando os melhores indicadores socioeconômicos da cidade, na década de 1990 a Zona Sul sofreu um pequeno processo de esvaziamento populacional, com uma taxa negativa de 1,72% ou um pouco mais de 10 mil habitantes. Essa evasão demográfica alcançou 11 dos seus bairros e foi bastante acentuada em São Conrado (-22%), Urca (-16%) e Catete (-9%). Em compensação, os bairros

⁵⁶ O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) mede o nível de desenvolvimento humano dos países ou determinada localidade, utilizando como critérios indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB per capita).

⁵⁷ Fontes: Anuário Estatístico do Rio de Janeiro 1993/1995, IPP; Atlas Escolar da Cidade do Rio de Janeiro 2000; Armazém de Dados, IPP/2003.

da Rocinha, do Vidigal, Gávea e Glória apresentaram os maiores aumentos de população da Região na década, crescendo a taxas de 24%, 13%, 12% e 7%, respectivamente. Cabe assinalar que o processo de perda de população foi mais acentuado na segunda metade da década passada: entre 1996/2000. A taxa de variação relativa na Região foi de 1,3% negativo, contra apenas 0,4% negativo entre 1991/1996 (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2002?).

Conforme os números acima, fica evidente o crescimento desproporcional das áreas de favelas em relação às áreas “urbanizadas”, e toda a gama de problemas urbanos trazidos por este fenômeno: violência, pobreza, falta de transportes coletivos, poluição do solo, ar e água, etc.

Os dados oficiais indicam que a Região Zona Sul tem carência de áreas livres, apresenta baixa oferta de trabalho e certos aspectos da dinâmica demográfica são preocupantes. Segundo a Pesquisa de Percepção, que apontou as três principais debilidades, 23% dos moradores consideram o item violência o principal problema da Região, seguido do trânsito (16%) e da questão da população de rua (15%). Questionados se pensavam em mudar-se da Região, os entrevistados que responderam afirmativamente apontaram como causas a violência (28%), o sistema de transportes — excesso de ônibus — (8%) e o elevado custo dos imóveis (7%). Na questão ambiental, classificaram como ruins a drenagem de águas pluviais (38%), o combate a ratos e mosquitos (39%) e a poluição sonora (33%) (PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, 2002?).

Ao se consultar o Plano Estratégico II para a Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro (ver Anexo IV), publicado no site do IPP em dezembro de 2005⁵⁸, verifica-se que o mesmo não contemplou as quatro estratégias de sustentabilidade urbana identificadas como prioritárias para o desenvolvimento sustentável das cidades brasileiras, citadas às páginas 16 e 17 desta dissertação. Não há um reconhecimento por parte do poder Municipal – elaborador do Planejamento Estratégico de longo prazo - do trabalho realizado pela equipe do Fórum 21

⁵⁸Na terceira etapa de trabalho do Plano Estratégico II "As cidades da Cidade", denominada Diagnóstico, foi definido o objetivo central de cada região, as estratégias para alcançá-lo e seus tópicos específicos. O fórum regional identificou esse objetivo, ou o que se deseja para a região, a partir da análise das informações históricas e dos dados da realidade atual. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/planoestrategico>, acessado em dez 2005.

da Cidade do Rio de Janeiro, no sentido de seguir as diretrizes levantadas neste trabalho.

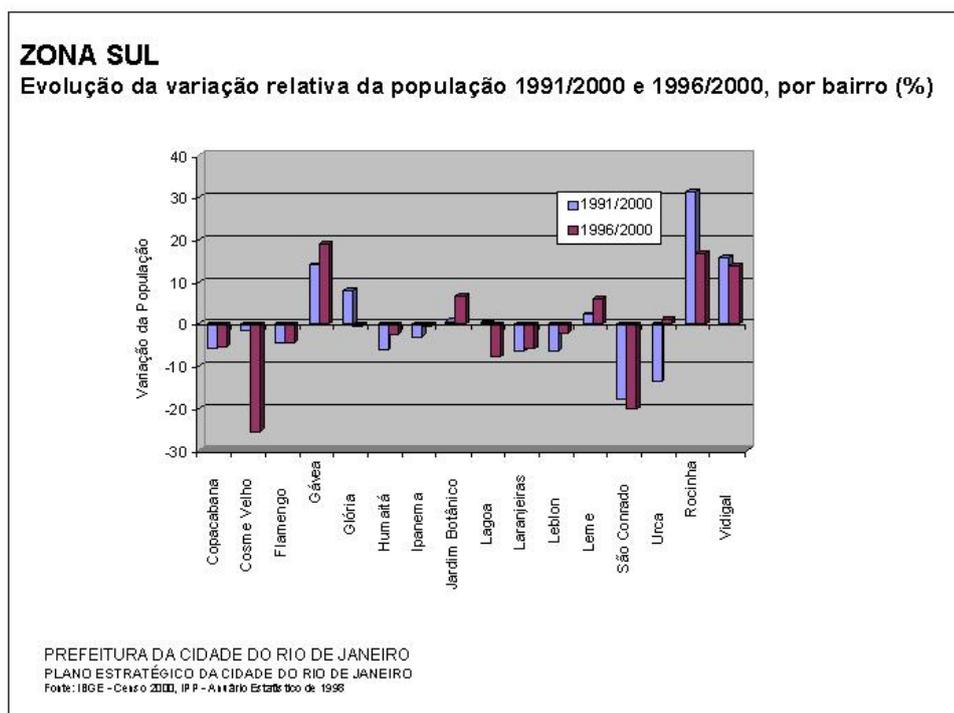


Figura 44: Evolução da variação relativa da população da Zona Sul

Para ilustrar esta afirmação, segue abaixo transcrição de recente entrevista veiculada pelo Canal Saúde⁵⁹, da Fiocruz:

Moderador: “ A Agenda 21 é um caminho que realmente está sendo seguido pelo País? Estamos tendo resultados concretos?”

Ana Maria Batista⁶⁰: “Não. Eu acho que a Agenda 21 foi um marco, do ponto de vista de você trazer a questão ambiental e a necessidade de um outro padrão de desenvolvimento – revendo de forma absoluta a questão da produção e do consumo – agregando os valores de sustentabilidade, incorporando a questão sócio-ambiental aos projetos e programas, ampliando a consciência. Isto é um fato, aconteceu. Eu viajei o Brasil inteiro, tive oportunidade de ver o grau de sensibilidade que as pessoas estão tendo hoje com a questão ambiental – a questão ambiental não é uma questão fora da vida das pessoas. Isto

⁵⁹ Programa Canal Saúde, Fiocruz, veiculado em 10/12/2005 no canal TV-E. **Explosões da Natureza** - O Canal Saúde apresenta em dezembro 2005 uma série especial com o tema Explosões da Natureza: trata do tema que dá nome a série, e debate as mudanças climáticas, suas implicações e conseqüências.

⁶⁰ ex-Secretária Executiva do Fórum 21 da Cidade do Rio de Janeiro

foi um marco, tem um significado imenso. Agora, a Agenda é um instrumento de planejamento. A agenda é uma agenda para o próximo século, com 40 capítulos, que tocam as questões fundamentais de possibilidade de vida no futuro. Então só acontecerá a Agenda 21 se você tiver um conceito de gestão compartilhada, agregação de valores, uma mudança de padrão na forma de você produzir e consumir – e políticas públicas reveladoras de novos conceitos, de novos paradigmas, que é o desenvolvimento sustentável. Então este pacto, é um novo pacto que tem que ser construído, é um novo referencial de visão de políticas, de orçamento público, de participação, de cidadania, de educação. Então nós tivemos ganhos pelo fato de que hoje há uma consciência ambiental. Nós estamos aqui (no debate), todos nós trabalhamos em diversas frentes, e sabemos disto, até porque o Planeta está ameaçado. Agora, é pouco: os resultados. Nós temos que ter uma visão crítica diante das necessidades e dos caminhos que foram apontados. Como nós vimos aqui, existe uma massa crítica, e esta massa crítica, ela tem que ser revelada em AÇÕES. Nós não temos mais Agenda, temos que ter AÇÕES. A Agenda foi feita.”

Muito em função deste panorama que se apresenta pós-formulação da Agenda 21 na cidade do Rio de Janeiro é que se cria a necessidade da formulação de ações partindo de indivíduos e/ou instituições visando a disseminação de melhores práticas a serem absorvidas pelos agentes da construção sustentável, como é o caso do projeto Ecohouse Urca.

5.2 LOCALIZAÇÃO E ENTORNO IMEDIATO – O BAIRRO DA URCA

Todo o bairro da Urca pertence à Área de Proteção Ambiental e Preservação Paisagística dos Morros do Pão de Açúcar, da Urca e da Babilônia, sendo regida pelo Plano de Estruturação Urbana - PEU nº 001 (de 1978). Este decreto restringe muito a área e gabarito de novas construções, e proíbe que sejam efetuadas obras de desmonte que desfigurem o perfil natural das encostas.

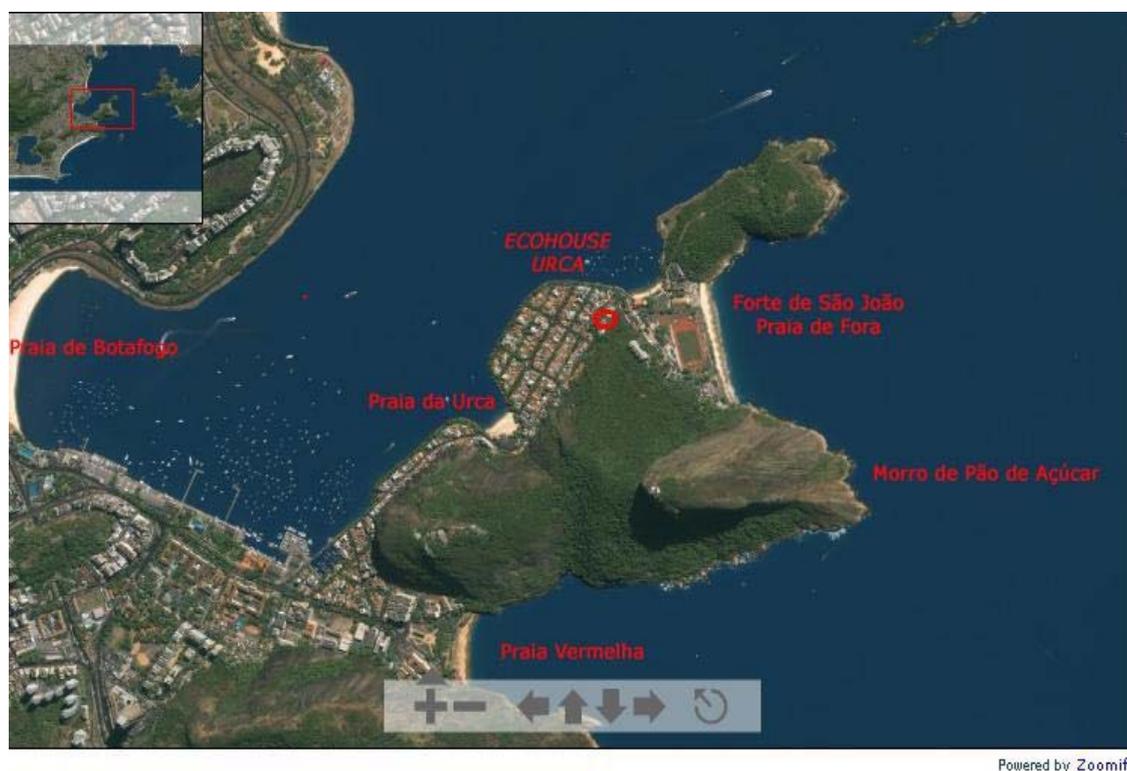
A Urca é atualmente um bairro residencial cortado por ruas pacatas pontilhadas por residências clássicas, em estilo art déco, prédios antigos sem garagem ou elevador, e prédios luxuosos mais recentes. A Avenida Pasteur, antiga Praia de Saudade, à margem da enseada de Botafogo, abriga hoje o Iate Clube do Rio de Janeiro, além das instalações da Universidade Federal do Rio de Janeiro e do Instituto Benjamin Constant.

Na Praia Vermelha, além do Instituto Militar de Engenharia (IME), centro de excelência do Exército Brasileiro, e da Escola de Comando e Estado Maior do Exército, encontra-se a Estação Primeiro Estágio do Teleférico - mais conhecido como bondinho - inaugurado em 1912, cujo percurso de 1330 metros sobre cabos de aço leva ao alto do Pão de Açúcar, morro granítico com quase 400 metros de altura que se constitui em um dos pontos turísticos mais famosos da Cidade: cerca de um milhão de pessoas o visitam todos os anos.

A Avenida São Sebastião é considerada a primeira rua da Cidade. É o antigo caminho que levava ao Forte de São José (dentro do Forte de São João, de 1618), em frente à Praia de Fora, no istmo do morro Cara de Cão.

Os dados do último Censo do IBGE (2000) mostram para a Urca:

Área Territorial (2003):	231,90 ha.
Total da População (2000):	6.750 habitantes
Total de Domicílios (2000):	2.310
Casas (2000):	502
Apartamentos (2000):	1.799
Cômodos (2000):	8



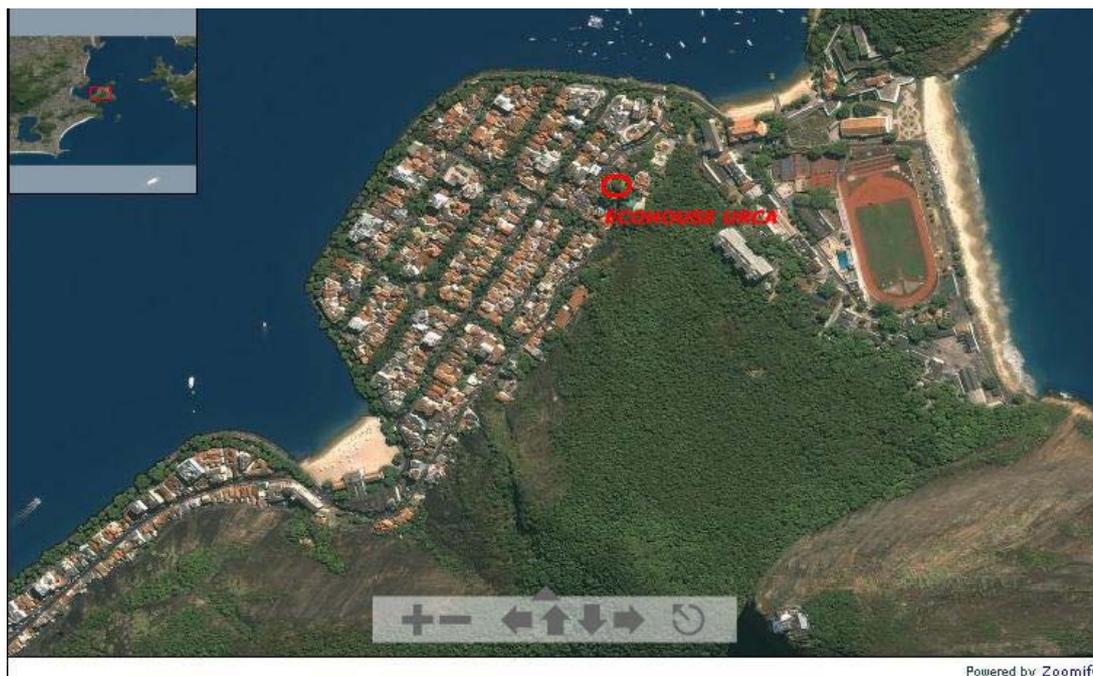


Figura 45: Fotos aéreas do bairro da Urca
(fonte: http://www.worldsat.ca/interactive_zoom/1m_rio.html)

5.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO BAIRRO DA URCA

A Urca é um bairro pacato, com seu crescimento limitado pelos limites geográficos e pelo PEU n. 001. Entretanto, não está livre de problemas urbanos, e um dos que está se tornando alarmante é o do esgoto sanitário. Todo o esgoto da Urca passa pela estação elevatória situada na Praça Tenente Gil Osório, de onde é bombeado para Copacabana, para ser lançado ao mar pelo Emissário Submarino de Copacabana, sem tratamento algum.

Ocorre que a tubulação que conduz este esgoto para Copacabana, passando por baixo da calçada do passeio da Orla da Urca – nas Avenidas João Luis Alves e Portugal, está se rompendo em vários locais. O esgoto in natura de toda esta tubulação rompida escorre pela rua e também para a baía da Guanabara. A calçada do passeio da Orla da Urca fica com grandes buracos até que o conserto seja feito pela concessionária e o pavimento recolocado pela Prefeitura. O trabalho realizado pela concessionária é apenas cosmético. O modelo centralizado de coleta e “tratamento” de esgotos utilizado pela empresa está ultrapassado, conforme detalhado no Capítulo 4. Sem recursos para investir, não há planejamento, apenas algumas ações paliativas, que custam muito mais caro financeiramente e para o meio-ambiente – jogar água poluída e sem tratamento nos rios e oceanos, é dificultar o próprio

trabalho, pois esta mesma água terá que ser tratada para fornecimento como água potável para consumo humano, e não potável para lazer.

Quando chove muito, ocorrem inundações - a enorme quantidade de água descendo pela pedra dos morros da Urca e do Pão-de-Açúcar encontra apenas superfícies impermeabilizadas ao chegar ao nível do mar. A Avenida São Sebastião transforma-se em um rio (única ladeira do bairro), e as praças do bairro, assim como algumas residências, ficam alagadas.



Figura 46: Rua Candido Gaffré, Av São Sebastião e residências na Av São Sebastião, em dia de chuva forte

O bairro da Urca é uma área de uso misto, com zona residencial e zona comercial de fácil acesso. Não é necessário o uso de automóvel para o acesso dos residentes a serviços como compras básicas, bancos e escolas – padrão que infelizmente não se repetiu no planejamento urbano ao longo da segunda metade do século XX. O crescimento do bairro no entanto, gerou conflitos não previstos na época de seu desenvolvimento inicial, como o do trânsito. Este bairro surgiu e cresceu em uma época quando cada família possuía no máximo um automóvel. As ruas são portanto estreitas, e a maioria dos pequenos prédios residenciais não possuem garagem. Atualmente, cada família possui de um a dois automóveis, que ficam estacionados na rua por falta de garagens. Como está situado em uma península, a única entrada se dá pela Rua Marechal Cantuária, e a saída pelas Avenidas João Luís Alves e Portugal. Qualquer intervenção no bairro, como a modificação de uso de antigo prédio do Cassino da Urca, precisa levar isto em consideração. Aumentar o volume de tráfego viário para além do de uso dos moradores irá provocar sérios problemas. Ver item 5.10.1 para mais detalhes.



Figura 51 : Perspectiva com corte, projeto de reforma

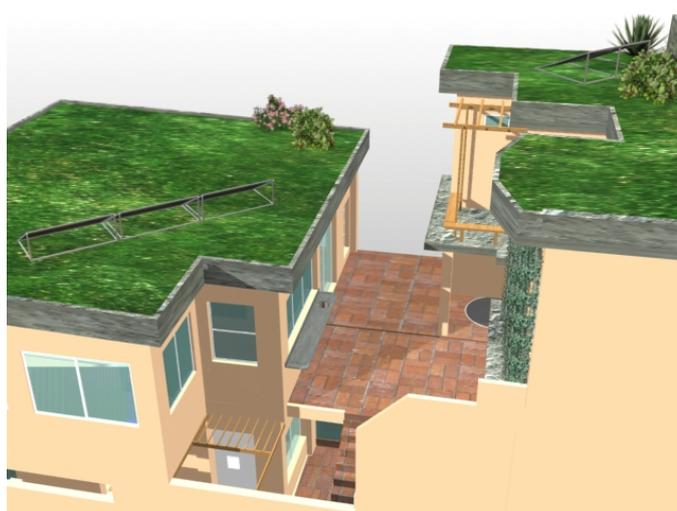


Figura 52: Perspectiva eletrônica lateral



Figura 53: Fachada NO antes da reforma

Fotos: Alexandra Lichtenberg

A edificação ocupa toda a frente do terreno (10m), com orientação $-44^{\circ}\text{NO}^{61}$. Por volta de 1985 o então proprietário abriu duas janelas na face SO, como aberturas para ventilação, conforme figura 53 acima, para melhor aproveitar a ventilação natural.

O lay-out da casa foi quase totalmente modificado, conforme mostrado nas plantas, cortes e fachadas no Anexo 01. As paredes existentes antes da reforma estão desenhadas em linhas pontilhadas. As salas e cozinha que eram no primeiro pavimento, foram transferidos para o segundo pavimento, onde a vista e a ventilação natural são melhores. Atualmente a casa possui 3 suítes, um escritório, um lavabo, quarto e banheiro de empregada, lavanderia, cozinha, sala de jantar e duas salas de estar. Já havia uma garagem para um carro, e atrás da mesma foi escavado um buraco para instalação da ETE Mizumo Family.

As intervenções realizadas na Ecohouse Urca não levaram em conta apenas os problemas pertinentes ao bairro da Urca ou à Ecohouse em especial. As intervenções levaram em conta a necessidade básica da sustentabilidade, que é otimizar o uso de recursos, servindo de modelo para outros projetos que desejem seguir o mesmo caminho, aproveitando as experiências realizadas no projeto.



Figura 54: Fachada NO depois da reforma

⁶¹ Todas as anotações referentes à orientação são em relação ao Norte Verdadeiro (NV)

Os telhados em telha francesa foram substituídos por lajes verdes. As fachadas ganharam beirais e uma “segunda pele”, os pés-direitos foram aumentados aonde possível, todas as esquadrias em madeira foram trocadas por esquadrias em PVC com vidros especiais, além de terem sido aumentadas as aberturas em quantidade e tamanho. Foi trocada toda a rede hidráulica (que já estava com inúmeros vazamentos), e instalados dois sistemas – um de água potável e outro de água não-potável, além de equipamentos economizadores de água. Seguem abaixo algumas fotografias ilustrando o imóvel como era antes e depois da reforma.



Figura 55: Telhado antigo



Figura 56: Novas lajes verdes



Figura 57: antiga fachada da cozinha



Figura 58: nova fachada da lavanderia



Figura 59: janelas antigas em madeira



Figura 60: novas janelas em PVC

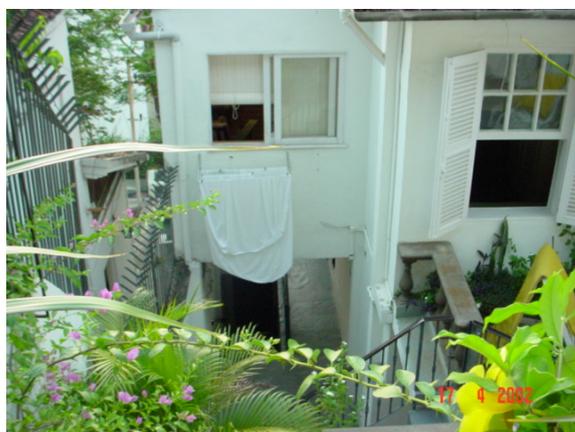


Figura 61: vista antiga da parte posterior SE do bloco da frente



Figura 62: Vista nova da parte posterior SE do bloco da frente

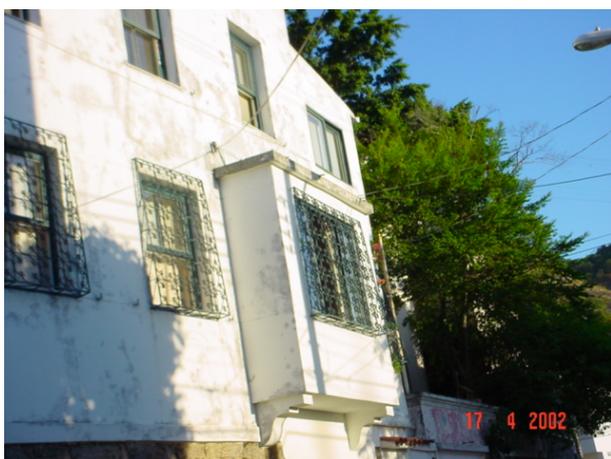


Figura 63: parte da fachada antiga vista de NO



Figura 64: parte da fachada nova vista de NO



Figura 65: lavanderia antiga



Figura 66: área livre para melhor ventilação da parte de serviço



Figura 67: vista antiga da fachada NO do bloco de trás



Figura 68: vista nova da fachada NO do bloco de trás

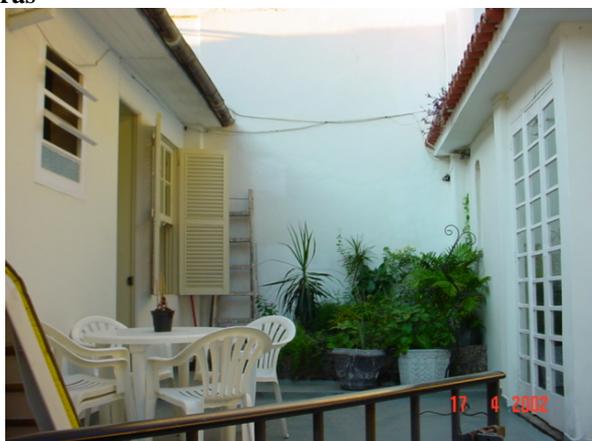


Figura 69: antigo pátio interno



Figura 70: novo pátio interno, mostrando janela da nova cozinha



Figura 71: antigo pátio interno 2



Figura 72: novo pátio interno 2



Figura 73: vista antiga da suíte master



Figura 74: Vista nova da suíte master



Figura 75: antiga sala de estar



Figura 76: nova suíte 2



Figura 77: antiga sala de estar



Figura 78: nova suíte 1



Figura 79: antigos degraus utilizados para disfarçar pedra



Figura 80: escada antiga realocada

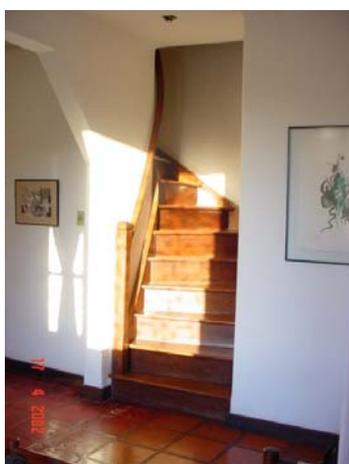


Figura 81: escada no antigo lugar



Figura 82: retirada a escada em caracol ao fundo e mantido o buraco na laje para iluminação e ventilação do quarto de empregada



Figura 83: novo Box do chuveiro suíte 1, visto da janela para o pátio



Figura 84: novo Box do chuveiro suíte 1



Figura 85: tijolos maciços das paredes demolidas....



Figura 86: ...utilizados para construir as novas paredes



Figura 87: vergalhões retirados da laje demolida...



Figura 88: ... utilizados para armação das sapatas dos pilares novos de ferro



Figura 89: madeiramento retirado do antigo telhado....



Figura 90: ...utilizado para fazer mesa e bancos, pergolados e acabamento de corrimãos

5.4 ESTIMATIVA DE CONSUMO DE ÁGUA E O RESULTADO DAS TECNOLOGIAS ECONOMIZADORAS NA ECOHOUSE URCA

Nas sociedades modernas, a busca do conforto implica necessariamente em um aumento considerável das necessidades diárias de água, principalmente em climas quentes. O simples ato de um banho pode demandar um volume de 40 a 200 litros de água, de acordo com o tipo de banho desejado (ver tabela abaixo).

Tabela 17 : Consumo Médio de Água por Atividade Doméstica	
Atividades Domésticas (unidade)	Necessidades de água (litros)
banho de ducha	40 - 80
banho de banheira	150 - 200
lavar louça	5 - 15
máquina de lavar roupa	80 - 120

Fonte: ARMAND, 1998.

A tabela 17 mostra que o uso de água por atividade pode variar em até 300%. Para o cálculo do consumo de água no Projeto Ecohouse Urca, como já foi visto anteriormente, além de um preciso levantamento de dados, é muito importante levar-se em consideração os dados obtidos em Estudos de Casos realizados anteriormente. As tabelas a seguir mostram os

principais produtos, com dados de vazão e/ ou consumo médio de água para estimativas de cálculos mais específicos. Estes dados específicos foram utilizados porque todos as louças e metais instalados na Ecohouse foram fornecidos através de uma parceria realizada com a empresa DECA.

Não pode deixar de ser frisada a grande variação encontrada na tabela abaixo entre a vazão de cada produto em baixa pressão versus em alta pressão, com diferenças que chegam a 100%.

Tabela 18: Estimativa de gastos através da vazão de utilização, em litros/min.

Produto	Baixa Pressão 2 a 10 m.c.a.	Alta Pressão 10 a 40 m.c.a.	Aplicando Dispositivos Economizadores de Água
	Residência/Sobrado (A)	Apartamento/Indústria (B)	
Torneira de lavatório	10 l/min	20 l/min	8 l/min
Misturador de cozinha	12 l/min	20 l/min	6 l/min
Torneira de jardim/tanque	12 l/min	20 l/min	8 l/min
Mictório com registro	10 l/min	15 l/min	8 l/min
Mictório Decalux	8 l/min	8 l/min	8 l/min (1)
Mictório Decamatic	8 l/min	15 l/min	8 l/min (2)
Torneira Decalux	6 l/min	6 l/min	6 l/min (3)
Torneira Decamatic	8 l/min	15 l/min	6 l/min (2)
Chuveiro	15 l/min	20 l/min	14 l/min

(A) Valor de referência utilizado: 4 m.c.a.

(B) Valor de referência utilizado: 20 m.c.a.

(1) O produto já vem com dispositivo economizador de água.

(2) O produto apresenta regulagem de vazão.

(3) O produto apresenta arejador para alta pressão com vazão constante (6 l/min).

Fonte: DECA

Como forma de evitar avaliações enganosas, propõe-se o levantamento do Indicador de Consumo (IC)⁶², que é a relação entre o volume de água consumido em um determinado período, denominado período histórico, e o número de agentes consumidores nesse mesmo período. O agente consumidor é a variável mais representativa do consumo em uma

⁶² IC: índice de consumo de água por pessoa por dia

determinada tipologia de edificação. Verificar o IC levantado para Ecohouse no item 5.5.1, tabela 27: Ecohouse Urca - Consumo medido de água pluvial ano 2005.

Tabela 19: Levantamento estimado de gastos/volume de água através do tempo de utilização, em litros

Produto DECA	Volume Médio Estimado por Ciclo	
	Sem Regulagem	Com Regulagem
Torneira Decamatic	2,0 l	1,0 l
Mictório Decamatic	2,0 l	1,0 l
Mictório Decalux	0,8 l	0,8 l

Produto	Tempo (Min.)	Baixa Pressão	Alta Pressão	Aplicando Dispositivos Economizadores de Água
		2 a 10 m.c.a. Residência/Sobrado	10 a 40 m.c.a. Apartamento/Indústria	
Chuveiro	5	75 l	100 l	70 l
	10	150 l	120 l	140 l
	15	225 l	300 l	210 l
Torneira De Lavatório	1	10 l	20 l	8 l
	5	50 l	100 l	40 l
	10	100 l	200 l	80 l
Misturador de Cozinha	1	60 l	100 l	30 l
	5	120 l	200 l	60 l
	10	180 l	300 l	90 l
Torneira de jardim/tanque	5	60 l	100 l	40 l
	10	120 l	200 l	80 l
	15	180 l	300 l	120 l
Mictório com Registro	0,25	2,5 l	3,75 l	2 l
	0,50	5,0 l	7,5 l	4 l
	1	10 l	15 l	8 l

Fonte: DECA

5.4.1 Descritivo da Ecohouse Urca e consumo estimado dos principais pontos

Número de residentes: 4 pessoas adultas

- Área construída: 288m²

- Banheiros: 5
- Cozinha: 1
- Lavanderia: 1
- Sistema hidráulico: baixa pressão
- Chuveiros: mod. TRIO 1996 C, com arejador
- Vasos Sanitários:
 - ✓ 3 x Bacia com caixa acoplada Mod Nuova CP130 (vazão 6l), sist de descarga com duplo acionamento
 - ✓ 2 x Bacia convencional Mod Nuova P13 (vazão 6l), sistema de descarga com válvula Hydra-Flux, que dispensa apenas 6litros por descarga (instalados em teste pela DECA)
- Torneiras de lavatórios: modelos diversos, todos com arejadores
- Torneira do lavabo: Decalux c sensor fotoelétrico mod 1180C, e arejador
- Misturador da cozinha: monocomando com bica móvel mod2258, com arejador
- Misturador do tanque: mod 1258 com bica móvel e arejador articulável

A tabela 20 abaixo mostra a estimativa de economia nos principais pontos, pela instalação de equipamentos economizadores. Pode-se observar que a substituição do vaso sanitário antigo para o vaso sanitário com VDR e válvula de descarga de fluxo de 6 litros reduz o consumo em 60%. Quanto ao uso do arejador para torneira de lavatório, produz uma economia de 20%, e ainda com a utilização da torneira por acionamento foto-elétrico esta economia chega a 40% - sem prejuízo do conforto do usuário.

5.5 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA PLUVIAL

A água da chuva é coletada em dois telhados verdes – um no bloco da frente e outro no bloco de trás da residência. Cada uma destas lajes tem três pontos de descida de água, sendo o caimento das lajes direcionado para estes ralos – tubos de descida de 75mm cobertos por um ralo hemisférico (“abacaxi”).

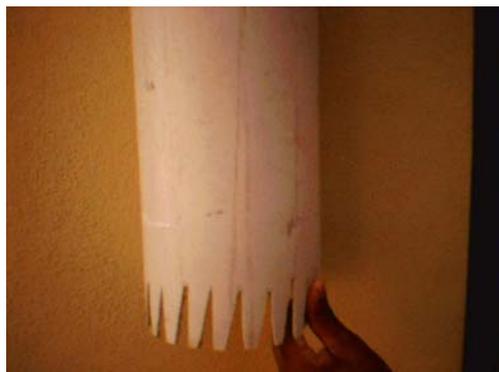


Figura 91: Tubo de PVC colocado sobre o ralo abacaxi



Figura 92: Tubo PVC cheio de argila expandida: visita ao ralo abacaxi

Em cima de cada ralo hemisférico foi colocado um tubo de 100mm cheio de argila expandida, para ser usado como visita ao ralo e ao tubo de descida, conforme figuras 91 e 92.

Tabela 20: Economia comparativa nos principais pontos de consumo

Dados conta CEDAE jan 06 (R\$)									
Valor do m3 residencia faixa 1 (0 a 15m3)									1,42
Valor do m3 residencia faixa 2 (16 a 10m3)									3,13
* consulte este valores na tab19									
CÁLCULO ECONOMIA DE ÁGUA ECOHOUSE URCA POR UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES									
equipamento economizador	# pessoas	tempo utilizaç diária (min)	vazão (l/min) *	# de dias úteis	consumo mensal (l)	consumo mensal (m3)	Gasto mensal (R\$)	ECONOMIA MENSAL (%)	ECONOMIA MENSAL (R\$)
Chuveiro SEM restritor de vazão	4	10	15	23	13800	13,8	19,60		
Chuveiro COM restritor de vazão	4	10	14	23	12880	12,88	18,29	7%	1,31
Misturador de cozinha SEM restritor de vazão	1	45	12	30	16200	16,2	23,00		
Misturador de cozinha COM restritor de vazão	1	45	6	30	8100	8,1	11,50	50%	11,50
Torneira de lavatório SEM arejador	4	10	10	30	12000	12	17,04		
Torneira de lavatório COM arejador	4	10	8	30	9600	9,6	13,63	20%	3,41
Torneira de lavatório Decalux **	1	10	6	30	1800	1,8	2,56	40%	1,70
Vaso sanitário comum (antigo)	5	4	15	23	6900	6,9	9,80		
Vaso sanitário com caixa acoplada ou Valv Hydraflux	5	4	6	23	2760	2,76	3,92	60%	5,88
TOTAL ECONOMIA MENSAL EM R\$									23,80

** comparado com uma torneira de lavatório comum, sem arejador

Além dos telhados verdes, a água da chuva também é coletada no pátio interno e na varanda da suíte principal. Toda a água coletada vai por gravidade para a cisterna de águas pluviais, passando antes pelo filtro mecânico mostrado na figura 93, fornecido em patrocínio

ao projeto pela 3P Technick, que é patente Alemã, fabricado em Santa Catarina. Fazem parte deste sistema de filtragem um freio d'água, uma mangueira com bóia, para que a água recalçada seja retirada de uma camada superior da cisterna, não remexendo no lodo depositado no fundo da cisterna, e um sifão-ladrão que retira impurezas da superfície da água, bloqueia cheiros da galeria pluvial e impede a entrada de roedores e outros animais (Fig.94). Atrás do filtro está instalada uma bomba Dankor mod CAM-W16, de 1 HP, 220V para fazer o recalque para a caixa de distribuição de água reciclada, instalada na laje verde mais alta. Está inserido nesta linha de recalque um hidrômetro analógico ABB para as medições da quantidade de água pluvial utilizada (fig 96).



Figura 93: Filtro 3P em corte



Figura 94: freio d'água, mangueira com bóia e sifão-ladrão



Figura 95: cisterna de águas pluviais de 4m³, com o filtro 3P



Figura 96: hidrômetro na tubulação de recalque de água pluvial

A água acumulada na cisterna apresentava uma coloração marrom, devido a partículas muito finas em suspensão (fig. 97). A malha de inox do filtro 3P não consegue barrar estas partículas. Foi instalado um outro filtro na entrada da caixa d'água reciclada (fig. 98), com uma malha de inox mais fina, de 50 micra, mas a aparência da água não se

modificou. Foi decidido então adicionar sulfato de alumínio (na proporção de 40g/m³ de água) à água de chuva acumulada na cisterna, para que estas minúsculas partículas sedimentem após um período de repouso em torno de 24hs. O resultado deste procedimento pode ser visto nas figs 99 a 102.



Figura 97: Coloração marrom escuro da água de chuva



Figura 98: Filtro auxiliar instalado na entrada da caixa d'água reciclada



Figura 99: coloração da água na cisterna 24hs após adição do sulfato de alumínio



Figura 100: coloração da água 40hs após adição do sulfato de alumínio com a cisterna cheia (ocorrência de chuva neste período)



Figura 101: material floculado



Figura 102: coloração da água de chuva nos pontos de consumo após tratamento com sulfato de alumínio

O fluxograma abaixo mostra o sistema de Captação e Reuso de Águas Pluviais da Ecohouse Urca.

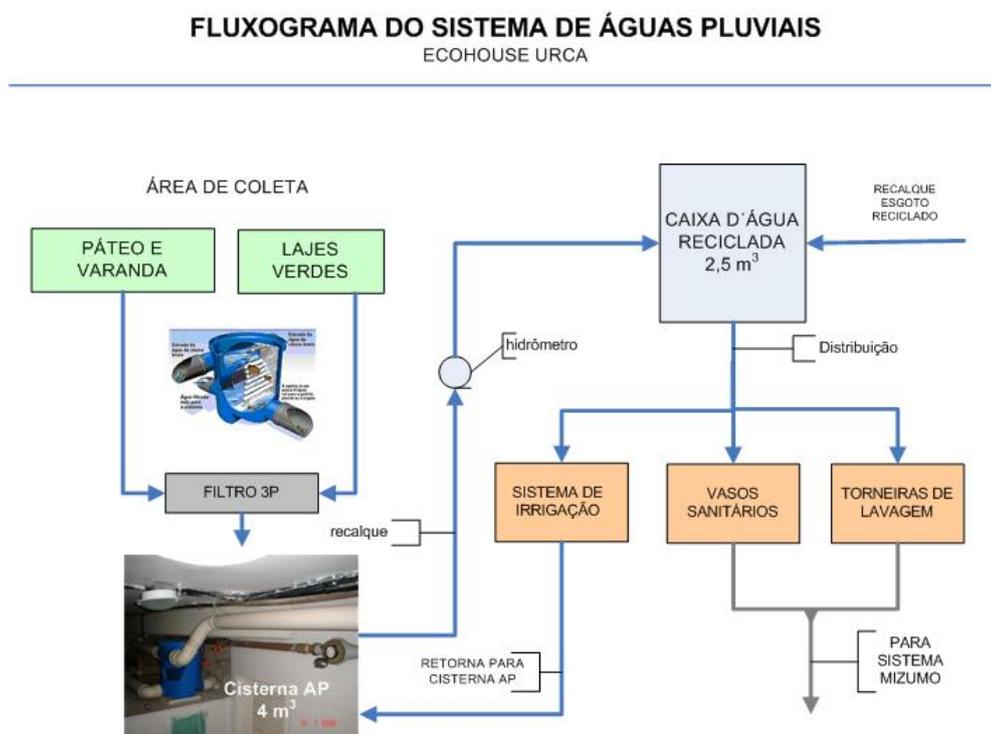


Figura 103: Fluxograma de águas pluviais da Ecohouse Urca

5.5.1 Dimensionamento da cisterna

Os dados pluviométricos encontram-se na tabela 21 - Precipitações pluviométricas, segundo as estações de observação e os meses do ano -1997 a 2003, específicos para o bairro da Urca, medidos pela SMO⁶³ e pela GEORIO⁶⁴.

Foi escolhido trabalhar com apenas estes dados históricos de 7 anos porque representam medições locais no bairro da Urca. Para se trabalhar com séries históricas mais longas, teria que se utilizar os dados da Estação do Aterro do Flamengo (mais próxima), o que não representa a realidade do local em estudo.

Para determinação do coeficiente de runoff da laje⁴⁰ verde, foi utilizado como base o

⁶³ SMO: Secretaria Municipal de Obras

⁶⁴ GEORIO: fundação vinculada à SMO, especializada em geotecnia e contenção de encostas

estudo realizado na Penn State University, por JARRET (2005), aonde ele chegou a um volume médio de água da chuva retida no telhado verde em estudo de 65%. Este volume é função do clima local, do número de dias sem chuva, da altura da camada de solo, da inclinação do telhado, da intensidade das chuvas, do tipo de plantas. Como na Ecohouse existe um sistema de irrigação automático com sensor de chuva, foi decidido utilizar um coeficiente de runoff de 0,45, porque as plantas, raízes e solo não têm tempo suficiente para secar completamente, o que, segundo LIU (2004) reduz significativamente a capacidade de retenção de água no sistema.

Tabela 21: Precipitações pluviométricas no bairro da Urca

Estaç de obs URCA	Precipitações pluviométricas, segundo as estações de observação e os meses do ano - 1997 a 2003												
	Precipitação em mm												
	Total	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1997	723,60	184,7	11,5	66,8	25,0	48,2	27,5	18,4	72,1	57,3	72,3	72,5	67,3
1998	1536,00	202,7	232,1	120,7	41,1	178,2	84,5	45,0	36,0	131,3	175,9	91,0	197,5
1999	883,90	118,6	46,6	203,3	26,7	20,9	98,6	55,1	45,4	53,5	55,4	71,1	88,7
2000	896,20	132,1	103,9	56,3	28,3	29,4	16,7	43,7	72,3	129,5	49,0	79,6	155,4
2001	932,40	30,0	93,2	84,0	3,6	111,0	67,6	101,8	8,2	41,0	63,2	84,0	244,8
2002	1 000,6	57,6	116,2	26,0	6,2	142,2	95,6	23,6	20,8	125,0	32,6	182,8	172,0
2003	1 624,6	353,4	1,6	268,2	102,2	79,8	12,6	38,8	190,8	91,2	187,2	228,8	70,0
Média	1085,3	154,2	86,4	117,9	33,3	87,1	57,6	46,6	63,7	89,8	90,8	115,7	142,2

Fonte: Secretaria Municipal de Obras - SMO, Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro - GEORIO.

Na tabela 22 estão apresentados os dados de demanda mensal de água reciclada da Ecohouse Urca.

Tabela 22: Demanda mensal média de água reciclada na Ecohouse Urca

ECOHOUSE URCA			
Demanda média mensal de água reciclada			
	Tipos de uso	l/mês	m3/mês
Vasos Sanitarios (l/dia)	4pessoas x 4 usos diários	2208	2,88
Sist irrigação*	1 acionamento por dia, à noite	2970	2,97
Torneiras de lavagem	pátéo= 2x mês; garagem= 1x semana	400	0,4
Lavagem carro	2vezes/mês	200	0,2
TOTAL			6,45

* ver tabela 31

Abaixo está ilustrada a metodologia para dimensionamento da cisterna, conforme apresentada por TOMAZ (2003), utilizando o Método de Rippl, para demanda constante de 6,45 m³/mês de água não-potável, área de captação total de 174m² e coeficiente de runoff de 0,45, e utilizando o volume de chuvas médias mensais da tabela 21.

Na coluna 05 da tabela abaixo, temos o volume realmente captado pelo sistema de

águas pluviais (ou seja, o runoff), conseguido através da multiplicação da precipitação média do mês (col 02) pela área de captação (col 04) pelo coeficiente de runoff (estabelecido em 0,45). Na coluna 06 estão representados em números negativos os volumes excedentes de água pluvial (demanda menos runoff), e em números positivos os déficits em relação ao consumo médio constante de 6,45 m³/mês.

Na coluna 07, estão as diferenças acumuladas da coluna 06, considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna, foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não foram computados, pois correspondem a meses em que há excesso de água (a mais do que a demanda média de 6,45 m³/mês). Começa-se com a soma de valores positivos, prosseguindo-se até que a diferença se anule, desprezando-se todos os valores negativos seguintes, recomeçando-se a soma quando aparecer o primeiro valor positivo outra vez (GARCEZ, 1960).

Tabela 23: Cálculo do volume do reservatório de águas pluviais Ecohouse Urca

CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE RIPPL						
para demanda constante de 6,45m ³ /mês, sendo usadas as chuvas médias por mês da Tab 22, para uma área de captação de 174m ² , e coef. de runoff de 0,45						
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	RUNOFF Volume de chuva mensal *	Diferença entre os volumes da demanda- runoff col 3 - col 5	Diferença acumulada da col 6 dos valores positivos
Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7
	mm	m3	m2	m3	m3	m3
Jan	154,16	6,45	174,00	12,07	-5,62	
Fev	86,44	6,45	174,00	6,77	-0,32	
Mar	117,90	6,45	174,00	9,23	-2,78	
Abr	33,30	6,45	174,00	2,61	3,84	3,84
Mai	87,10	6,45	174,00	6,82	-0,37	3,47
Jun	57,59	6,45	174,00	4,51	1,94	5,41
Jul	46,63	6,45	174,00	3,65	2,80	8,21
Ago	63,66	6,45	174,00	4,98	1,47	9,68
Set	89,83	6,45	174,00	7,03	-0,58	9,09
Out	90,80	6,45	174,00	7,11	-0,66	8,43
Nov	115,69	6,45	174,00	9,06	-2,61	
Dez	142,24	6,45	174,00	11,14	-4,69	
Total	1085,33	77,40		84,98		

* (col 2 x col 4 x coef runoff)/1000

Por estes cálculos, o volume do reservatório de águas pluviais deveria ser de 9,68m³. Este volume corresponde a um período de 45 dias de seca. O problema típico da estatística, porém, é quanto à probabilidade de ocorrência destes fatos utilizando a média aritmética de uma série histórica, que estaria em torno de 40% (TOMAZ, 2003).

Para corrigir estas distorções, portanto, estudam-se as probabilidades de ocorrência destes volumes de chuva em 75%, 85% e 95%, a partir dos volumes médios medidos, conforme apresentado na tabela 24.

Tabela 24: Cálculo das precipitações mensais aplicando probabilidades confiáveis

Cálculo das precipitações mensais (mm) aplicando as probabilidades de ocorrência de 75%, 85% e 95%			
Meses	Prob. 75% Tolerável	Prob. 85% Confiável	Prob.95% Mto confiável
<i>Col 1</i>	<i>Col 2</i>	<i>Col 3</i>	<i>Col 4</i>
Jan	88,10	54,84	38,28
Fev	29,05	10,51	4,57
Mar	61,55	53,27	35,09
Abr	15,60	5,94	4,38
Mai	38,80	28,55	23,45
Jun	22,10	16,29	13,83
Jul	31,20	23,08	19,96
Ago	28,40	19,54	11,98
Set	55,40	52,25	44,75
Out	52,20	47,36	37,52
Nov	76,05	72,36	71,52
Dez	79,35	69,73	68,11

Voltando ao método de Rippl com os novos volumes encontrados para probabilidades de ocorrência mais confiáveis, chegamos aos resultados mostrados nas tabelas 25 e 26.

Apesar de este método apontar para a necessidade de uma cisterna de 32m³ (tabela 26) utilizando-se a hipótese de 75% de confiança, foi construída uma cisterna de 4m³ dentro do banheiro de empregada – ver planta 1º pavimento no anexo 01. Ainda há uma caixa de água de 2,5m³ para fazer a distribuição de água reciclada, a qual recebe água pluvial e água reciclada do esgoto para fazer a distribuição para os pontos de água não-potável. Foi escolhido trabalhar com um reservatório menor do que o previsto nos cálculos pela falta de disponibilidade de espaço. Nos grandes centros urbanos, temos o problema da escassez de espaço disponível para a construção de cisternas. Como o lote está localizado logo aos pés do Morro do Pão de Açúcar, qualquer lugar em que se escave encontra-se logo com a pedra. De qualquer maneira, ainda há a previsão de contribuição de ao menos 1m³/dia de água reciclada do sistema de tratamento de esgotos, o que seria igual a 30m³/mês. Esta água no entanto ainda não está sendo utilizada no sistema de água não potável.

Tabela 25: Volume do reservatório com 95% de probabilidade de ocorrência

CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE RIPPL						
para demanda constante de 5,86m ³ /mês, sendo usadas as chuvas médias por mês da Tab para 95% de probabilidade, para uma área de captação de 174m ²						
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal *	Diferença entre os volumes da demanda- vol chuva col 3 - col 5	Diferença acumulada da col 6 dos valores positivos
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³
Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7
Jan	38,28	6,45	174,00	3,00	3,45	
Fev	4,57	6,45	174,00	0,36	6,09	9,54
Mar	35,09	6,45	174,00	2,75	3,70	13,25
Abr	4,38	6,45	174,00	0,34	6,11	19,35
Mai	23,45	6,45	174,00	1,84	4,61	23,97
Jun	13,83	6,45	174,00	1,08	5,37	29,34
Jul	19,96	6,45	174,00	1,56	4,89	34,22
Ago	11,98	6,45	174,00	0,94	5,51	39,73
Set	44,75	6,45	174,00	3,50	2,95	42,68
Out	37,52	6,45	174,00	2,94	3,51	46,19
Nov	71,52	6,45	174,00	5,60	0,85	47,04
Dez	68,11	6,45	174,00	5,33	1,12	48,16
Total	373,44	77,40		29,24		

* (col 2 x col 4 x coef runoff)/1000

Tabela 26: Volume do reservatório com 75% de probabilidade de ocorrência

CÁLCULO DO VOLUME DO RESERVATÓRIO PELO MÉTODO DE RIPPL						
para demanda constante de 5,86m ³ /mês, sendo usadas as chuvas médias por mês da Tab para 75% de probabilidade, para uma área de captação de 174m ²						
Meses	Chuva média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal *	Diferença entre os volumes da demanda- vol chuva col 3 - col 5	Diferença acumulada da col 6 dos valores positivos
	mm	m ³	m ²	m ³	m ³	m ³
Col 1	Col 2	Col 3	Col 4	Col 5	Col 6	Col 7
Jan	88,10	6,45	174,00	6,90	-0,45	
Fev	29,05	6,45	174,00	2,27	4,18	
Mar	61,55	6,45	174,00	4,82	1,63	5,81
Abr	15,60	6,45	174,00	1,22	5,23	11,03
Mai	38,80	6,45	174,00	3,04	3,41	14,45
Jun	22,10	6,45	174,00	1,73	4,72	19,17
Jul	31,20	6,45	174,00	2,44	4,01	23,17
Ago	28,40	6,45	174,00	2,22	4,23	27,40
Set	55,40	6,45	174,00	4,34	2,11	29,51
Out	52,20	6,45	174,00	4,09	2,36	31,87
Nov	76,05	6,45	174,00	5,95	0,50	32,37
Dez	79,35	6,45	174,00	6,21	0,24	32,61
Total		77,40		45,24		

* (col 2 x col 4 x coef runoff)/1000

Na tabela 27 encontram-se os volumes medidos de utilização de água pluvial durante o ano de 2005, assim como os ICs (índice de consumo por dia por pessoa) para água potável e água não potável (apenas água de chuva).

Tabela 27: Ecohouse Urca - Consumo medido de água pluvial ano 2005

ECOHOUSE URCA - MEDIÇÃO ÁGUAS PLUVIAIS								
MÊS	DIA MEDIÇÃO	HIDRÔMETR O 03 (recalque)	Consumo Aguas Pluviais - m3	Consumo Diário m3	HIDRÔMETRO 04 (CEDAE)	Consumo Cedae - m3	Consumo Total m3	Consumo Diário m3
	31/dez	58,46			3875			
2005 -JAN**	31/jan	58,59	0,13		3900	25,00	25,13	0,84
FEV	28/fev	60,41	1,82		3927	27,00	28,82	1,03
MAR	31/mar	68,24	7,83	0,25	3966	39,00	46,83	1,51
ABR	2/mai	73,11	4,87	0,15	3988	22,00	26,87	0,84
MAI	30/mai		5,93	0,22		15,50	21,43	0,77
JUN	1/jul	84,97	5,93	0,19	4019	15,50	21,43	0,71
JUL*	31/jul	96,41	11,44	0,38	4042	23,00	34,44	1,11
AGO**	31/ago	101,00	4,59	0,15	4067	25,00	29,59	0,95
SET	3/out	116,20	15,20	0,46	0003 hydr novo 4080	16,00	31,20	
OUT	1/nov	122,48	6,28	0,22	40	37,00	43,28	1,55
NOV	30/nov	130,75	8,27	0,29	66	26,00	34,27	1,18
DEZ	3/jan	135,96	5,21	0,15	100	34,00	39,21	1,19
MÉDIA 2005****			6,11	0,20		25,42	31,88	1,06
IC água não potável		0,05	50 l					
IC água potável		0,21	210 l					
IC TOTAL		0,2654	260 l					

OBS:

*de 29/06/2005 a 22/07/2005 havia um vazamento na caixa de água potável

**de 16 a 19/08/2005 não houve fornecimento de água da Cedae, sendo que no dia 19/08 foi comprado um caminhão pipa de 10m³ que também encheu a cisterna de águas pluviais e a caixa de água reciclada (= 4 + 2,5 =6,5 m³ de água da cedae nos tanques de agua reciclada) E de 05 a 22/08 havia 5 pessoas a mais residentes (hóspedes)

***de 30/12/2004 a 08/03/2005 havia uma manta bidim sobre a malha de inox do filtro 3P

**** Para cálculo da média anual, foram deixados de fora os valores extremos, causados por uso fora do padrão típico

Analisando a tabela 27, é possível verificar que a contribuição média da água de chuva na Ecohouse Urca no ano de 2005 corresponde a uma média de 20% do consumo total de água. Isto representa uma economia de 73,50m³ por ano de água tratada, clorada e cara que

deixou de ser utilizada para usos não-potáveis – além de uma economia na conta da concessionária no valor de aproximadamente R\$ 208,00 por ano (ver tabela 28). Durante alguns períodos de ausência de chuva, a caixa de água de distribuição de água reciclada teve que ser abastecida com água potável, uma vez que a água do esgoto reciclado ainda não está em uso.

O bairro da Urca tem uma superfície de 2,3 km². Supondo que 30% desta área é construída, tem-se uma área de captação de água de chuva de 690.000m². Imaginando que 50% desta área construída (345.000m²) capte esta água com o mesmo índice de eficiência da Ecohouse Urca, que é de 0,04m³/m², e a reutilize, chega-se a um **volume de economia de 13.800m³ de água POR MÊS.**

O IC de água não-potável mostrado na tabela 27 reflete o volume *utilizado*, e não o volume consumido no sistema não-potável, uma vez que a caixa de distribuição de água não-potável, por ainda não estar recebendo água reciclada do esgoto, por algumas vezes teve que ser abastecida com água potável da concessionária.

A tabela 28 mostra a economia de água conseguida até o momento, levando em conta os equipamentos economizadores instalados mais a utilização da água de chuva, chegando a uma economia de 196.000 litros por ano. A re-utilização da água reciclada no esgoto não está contabilizada pois seu consumo ainda não começou.

5.6 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE RECICLAGEM E REUSO DO ESGOTO

Para o tratamento e reutilização do esgoto, a primeira idéia era apenas tratar as águas servidas (esgoto secundário ou águas cinzas – de pias, chuveiros e máquina de lavar roupas). Após pesquisa em diversos sites de universidades e empresas no Brasil e no exterior (EPA, SAVEWATER, OCEAN ARKS INTERNATIONAL, LIVING MACHINES LTD) foi decidido fazer o tratamento de todo o esgoto, porque não foi encontrado um sistema de tratamento de águas servidas que pudesse ser instalado e mantido em um lote urbano (168m²).

Tabela 28: Economia total de água na Ecohouse Urca

Dados conta CEDAE Jan 06 (R\$)									
Valor do m3 residencia faixa 1 (0 a 15m3)		1,42							
Valor do m3 residencia faixa 2 (16 a 10m3)		3,13							
* consulte este valores na tabxx da pag 37									
CÁLCULO ECONOMIA DE ÁGUA ECOHOUSE URCA									
equipamento economizador	# pessoas	tempo utilizaçã diária (min)	vazão (l/min) *	# de dias úteis	consumo mensal (l)	consumo mensal (m3)	Gasto mensal (R\$)	ECONOMIA MENSAL (%)	ECONOMIA MENSAL (R\$)
ÁGUA POTÁVEL									
Chuveiro SEM restritor de vazão	4	10	15	23	13800	13,8	19,60		
Chuveiro COM restritor de vazão	4	10	14	23	12880	12,88	18,29	7%	1,31
Misturador de cozinha SEM restritor de vazão	1	45	12	30	16200	16,2	23,00		
Misturador de cozinha COM restritor de vazão	1	45	6	30	8100	8,1	11,50	50%	11,50
Torneira de lavatório SEM areajdor	4	10	10	30	12000	12	17,04		
Torneira de lavatório COM arejador	4	10	8	30	9600	9,6	13,63	20%	3,41
Torneira de lavatório Decalux *	1	10	6	30	1800	1,8	2,56	40%	1,70
ÁGUA POTÁVEL _ TOTAL ECONOMIA MENSAL						10,22			17,92
ÁGUA POTÁVEL _ TOTAL ECONOMIA ANUAL						122,64			215,04
ÁGUA NÃO POTÁVEL									
CONSUMO MÉDIO MENSAL DE ÁGUA DE CHUVA **						6,11	8,68	100%	17,35
ÁGUA NÃO-POTÁVEL _ TOTAL ECONOMIA MENSAL						6,11			17,35
ÁGUA NÃO-POTÁVEL _ TOTAL ECONOMIA ANUAL						73,32			208,23
TOTAL ECONOMIA MENSAL						16,33			35,27
TOTAL ECONOMIA ANUAL						196			423,27

* comparado com gasto mensal de 1 torneira de lavatorio sem arejador

** o cálculo da economia em reais da água não potável foi multiplicado por dois, considerando que o esgoto desta água não é devido, pois seu destino é a ETE doméstica

Analisando esta tabela pode-se perceber que o volume de água potável economizado apenas pela utilização de equipamentos economizadores é muito grande, da ordem de 10m³/mês para uma família de 4 pessoas. Esta é uma intervenção bastante fácil de fazer inclusive em casos de retrofit, pela simples substituição de vasos sanitários e sistemas de descarga, e torneiras e chuveiros economizadores. Quanto à utilização de sistemas de água não-potável, também proporciona grande economia, mas é mais recomendado que seja feito em obras novas, pois em casos de retrofit exigiria uma intervenção muito grande na rede

hidráulica existente na edificação.

Para o tratamento e reutilização do esgoto, a empresa Mizumo, que produz o sistema Family para tratamento de esgoto doméstico, patrocinou o equipamento para viabilizar o projeto. Ideal para lotes urbanos por ser muito compacto, mede apenas 1,20m x 2,60m x 2,10m de altura conforme figuras 104 e 105.



Figura 104: Sistema Family MF1600



Figura 105: Sistema Family Ecohouse Urca

O sistema é constituído basicamente de 5 processos associados: meio anaeróbio de tratamento, meio aeróbio de tratamento, decantador, caixa de desinfecção e sistema de aeração. A água tratada é acumulada em uma caixa d'água pequena, de 320 litros, para ser recalçada para a caixa de água reciclada localizada na laje verde superior, e ser distribuída para uso não potável. No projeto Ecohouse Urca foi ainda instalada uma lâmpada ultra-violeta para desinfecção final (em substituição ao sistema que utiliza cloro na caixa de desinfecção) e um filtro de areia para eliminar qualquer turbidez restante.(figura 105).

No Meio Anaeróbio de Tratamento ocorre a formação de microorganismos (MO) anaeróbios, que não precisam de ar para sobreviver, e vão efetuar o consumo de até 60% de todo o material orgânico existente no esgoto a ser tratado.

No Meio Aeróbio de Tratamento ocorre a formação de microorganismos aeróbios (MO). A principal característica deste tipo de MO é que eles necessitam obrigatoriamente de ar para sua sobrevivência. Eles vão complementar o consumo do material orgânico a ser

tratado, elevando a eficiência de remoção a uma faixa de 90 a 96% de remoção de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio). Nesta etapa é que é feita a remoção do material orgânico responsável pela cor e pelo odor do esgoto.

O Decantador é a etapa do sistema onde é feita a separação das possíveis partículas sólidas em suspensão no efluente, provenientes da agitação de ar na etapa aeróbia. A geometria do decantador possibilita a sedimentação destas partículas tornando eficiente a remoção das mesmas.

A economia de água proporcionada faz com que cada um contribua significativamente com a preservação desse recurso finito, poupando-o para usos mais nobres como a higiene e o consumo humano e animal. A reciclagem de água pode reduzir ou diferir o investimento de capital necessário para infra-estrutura de suprimento de água e tratamento de esgotos.

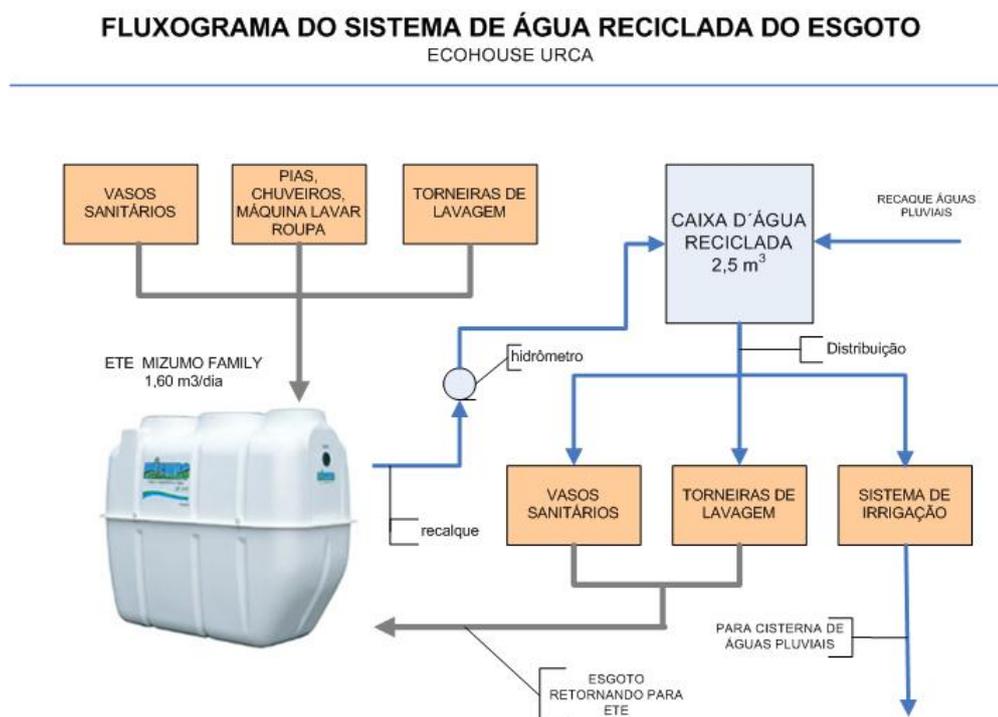


Figura 106: Fluxograma do funcionamento do sistema de coleta e reciclagem do Esgoto

Verificou-se que a vazão do sistema estava acima do seu limite de capacidade, de $1,6\text{m}^3$ por dia, através do registro da vazão do hidrômetro 02, instalado no ladrão da caixa de acumulação do sistema (tabela 29). Optou-se então por eliminar do sistema o ramal do esgoto da cozinha, por duas razões: é um volume grande de água, e sempre sujeito a trazer consigo

substâncias de difícil tratamento pelo sistema (óleos e graxas). Para evitar isto, a caixa de gordura do esgoto da cozinha era limpa uma vez por semana. Com a eliminação deste ramal do sistema, a caixa de gordura pode passar a ser limpa uma vez por mês.

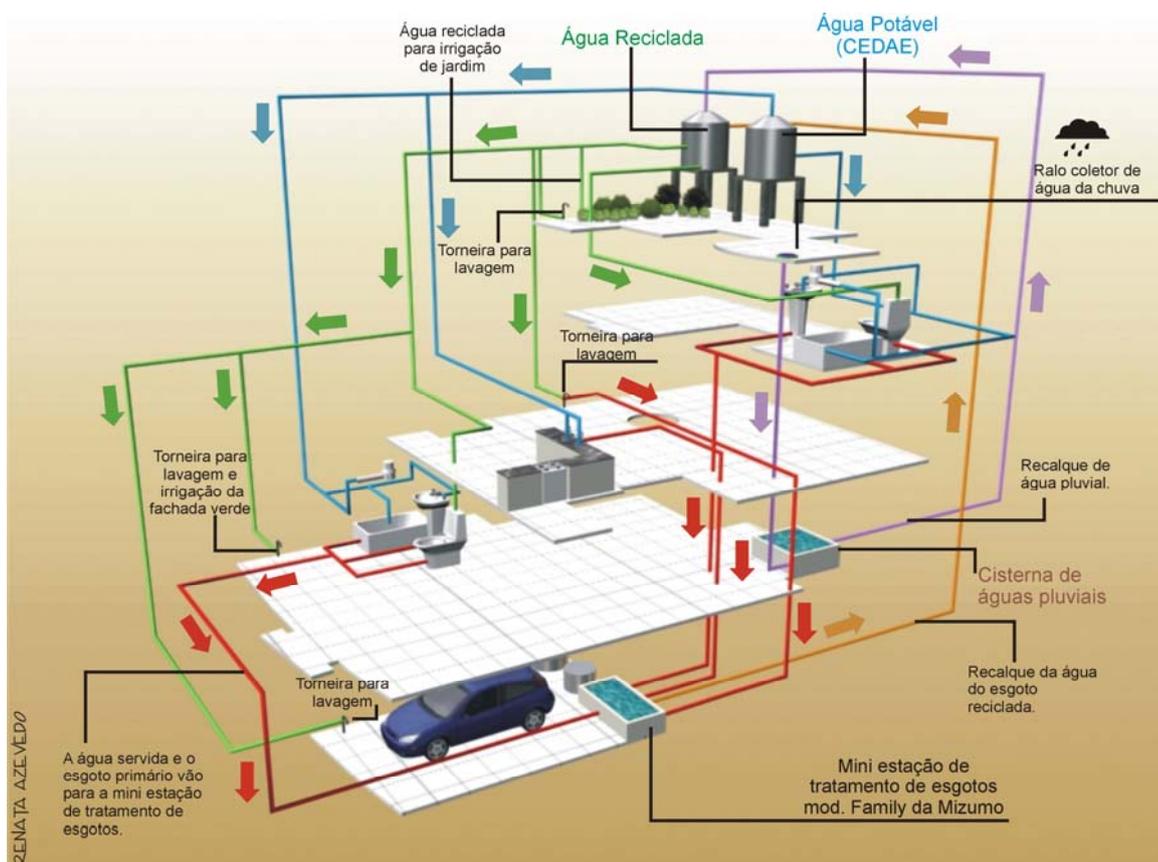


Figura 107: Sistemas separados de água da Ecohouse Urca

Estão exibidos na tabela 30 os resultados dos exames realizados pelo Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente da Escola Politécnica da UFRJ, para verificação da qualidade do efluente gerado. A figura 107 ilustra os três sistemas de água da Ecohouse Urca funcionando: sistema de água reciclada não-potável (águas pluviais e esgoto reciclado) e sistema de fornecimento da concessionária CEDAE, potável.

Para ser utilizada como água não-potável, a água reciclada da Ecohouse Urca deve pelo menos atender aos limites da classe 2 ou 3, da Resolução CONAMA n. 357/2005. Estes limites estabelecem os valores mínimos para que os cursos d'água possam ser utilizados como fonte de água ainda a ser tratada (ver anexo II). Como isto ainda não está acontecendo, continua em andamento a pesquisa para conseguir produzir este efluente com a qualidade

necessária para reuso.

Tabela 29: Vazão do hidrômetro do ladrão da caixa de acumulação da ETE

* 1 morador estava viajando de 10 a 16 de novembro **E NESTE DIA FOI RETIRADO O ESGOTO DA COZINHA DO SISTEMA**

VAZÃO DO SISTEMA FAMILY Ecohouse Urca - 2005				
DATA	HIDROM #2	Vazão	dias	vazão/dia
31/ago	683,784			
9/set	702,157	18,373	9	2,04
29/set	756,237	54,080	21	2,58
3/out	760,393	4,156	4	1,04
19/out	786,684	26,291	16	1,64
20/out	787,839	1,155	1	1,16
21/out	789,739	1,900	1	1,90
1/nov	801,424	11,685	11	1,06
18/11/2005*	811,588	10,164	17	0,60
23/11/2005	812,648	1,060	5	0,21

Tabela 30: Exames físico químicos da água reciclada do Esgoto

ECOHOUSE URCA EXAMES FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA REICLADA DO ESGOTO Fev/mar 2006 Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente, Dept de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Escola Politécnica UFRJ							
EXAME	Classe 2 (máx)	Data/ Amost	Data/ Amost	Data/ Amost	Data/ Amost	Data/ Amost	Data/ Amost
		8/fev	13/fev	20/fev	6/mar	13/mar	20/mar
		1/6	2/6	3/6	4/6	5/6	6/6
Coliformes Totais NMP/100ml	1000	= 16	2400	2400	11000	1500	1100
Termotolerantes NMP/100ml	1000	= 16	2400	2400	11000	1500	1100
DQO mg/L		58,1	17,8	53,5	80,8	38,4	19
DBO mg/L	< 5	18,2	6,6	-	27,9	11,7	4,4
SST mg/L		30	2	1	6,5	0	1
SSF mg/L		1	0	0	1,5	0	0
SSV mg/L		29	2	1	5	0	1
S.Sedim ml/L		0	0	0	0	0	0
Turbidez* UNT	100	8	1	5	3	3	3
OD mg/L	> 5	3,2	4,6	3	3,6	3,8	3,6
pH	6 a 9	7,1	7,4	7,04	7,18	6,53	7,13

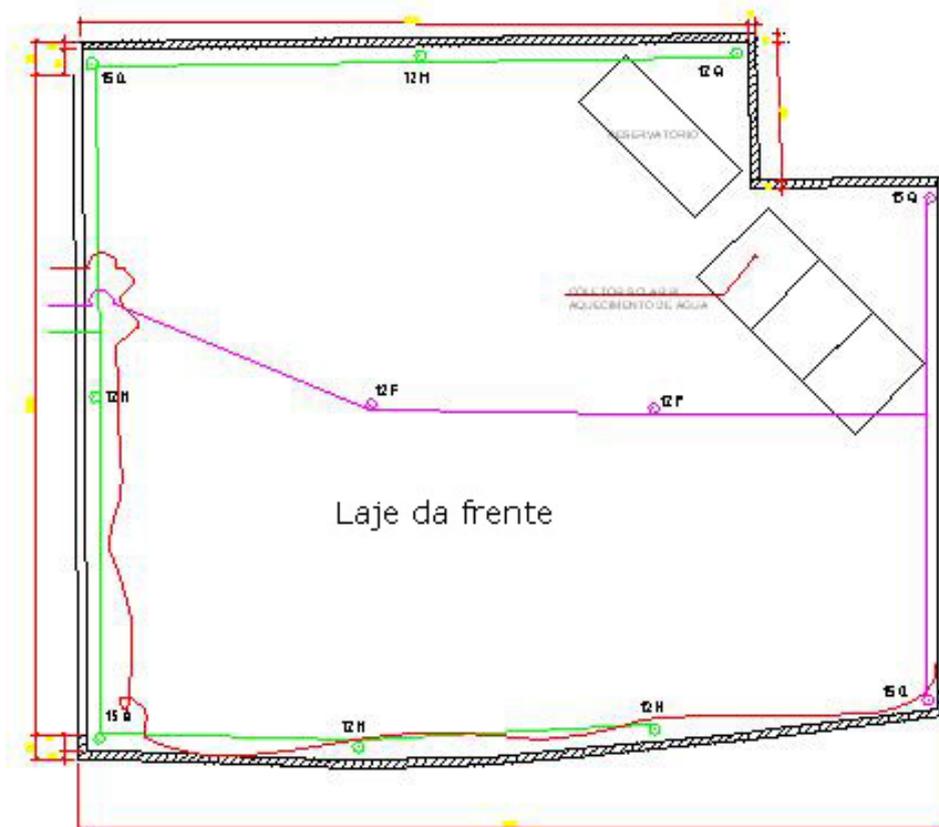
* unidade nefelométrica de turbidez

- os parâmetros DQO, SST, SSF, SSV e S. Sedim não são mencionados na resolução 357/2005 do CONAMA

5.7 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO DA ECOHOUSE URCA

O sistema de irrigação instalado na Ecohouse Urca é dividido em quatro setores, conforme a figura abaixo. Ele é formado por uma quadro controlador automático Greenkeeper, 1 sensor de chuva (que faz com que o sistema não seja acionado em caso de chuva), 4 válvulas solenóides com regulador de vazão, 22 aspersores e duas mangueiras para gotejamento, 1 bomba Dankor mod. CAM-W6 0,75CV de potência 220V.

O sistema é acionado automaticamente, diariamente às 24hs, e funciona de acordo com o tempo de acionamento estipulado para cada seção. Um sistema deste tipo economiza água porque dispensa apenas o necessário, podendo fazê-lo sem a necessidade da intervenção humana (horários no meio da noite, etc). Além disto, o sistema utilizado no setor 4, de gotejamento, é muito eficiente para canteiros, utilizando menos água do que o sistema por aspersão, conforme pode ser verificado na tabela abaixo. De qualquer maneira, toda a água em excesso utilizada na irrigação é recolhida novamente na cisterna de águas pluviais, conforme mostrado na figura 103 (fluxograma do sistema de água pluvial).



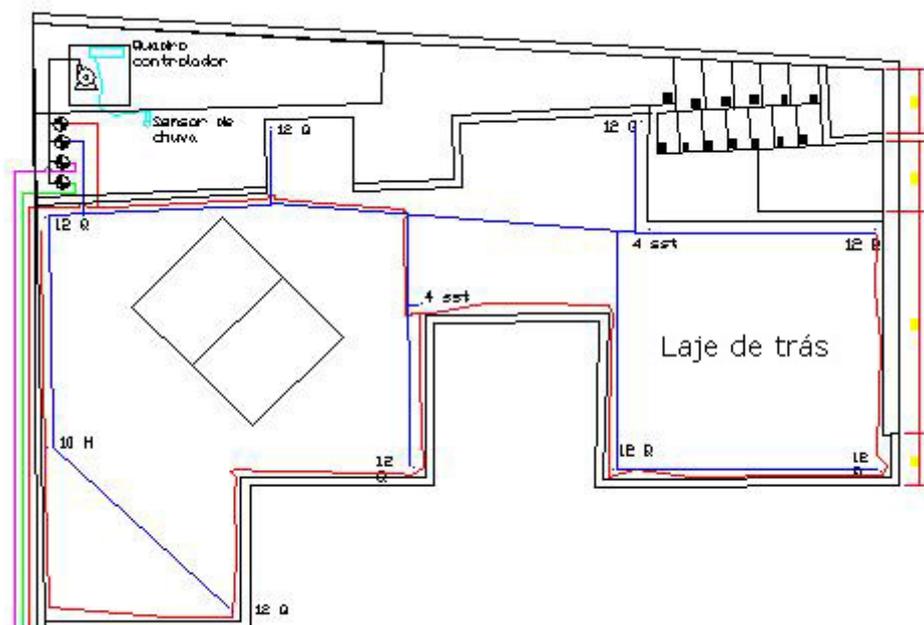


Figura 108: Setorização do sistema de irrigação Ecohouse Urca, em planta baixa

Tabela 31: Consumo de água do sistema de irrigação Ecohouse Urca

SISTEMA DE IRRIGAÇÃO ECOHOUSE URCA				
	Setor 1 sprinkler	Setor 2 sprinkler	Setor 3 sprinkler	Setor 4 gotejamento
vazão (m ³ /h)	1,4	1,5	1,65	0,8
vazão (l/min)	23,33	25	27,5	13,33
acionam. INVERNO (min)	1	1	1	1
CONSUMO/DIA INVERNO (L/dia)	23,33	25	27,5	13,33
acionam. VERÃO (min)	2	2	2	2
CONSUMO/ DIA VERÃO (L/dia)	46,66	50	55	26,66
CONSUMO TOTAL/ MÊS INVERNO * (m ³ /mês)	2,23			
CONSUMO TOTAL/ MÊS VERÃO * (m ³ /mês)	4,46			
CONSUMO MEDIO MENSAL* (m ³ /mês) considerando 4 meses de verão e 8 meses de inverno	2,97			

* considerados 25 dias de acionamento por mês, em média, porque o sistema conta com sensor de chuva

5.8 ARREFECIMENTO PASSIVO – DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS UTILIZADAS

Do ponto de vista de incômodos encontrados na edificação antes da reforma, o mais sério era o superaquecimento da mesma, resultando em um grande desconforto térmico nos ambientes internos.

As fachadas e aberturas eram totalmente expostas à radiação solar na fachada NO, e as janelas em madeira estavam velhas e empenadas, tornando impossível qualquer tentativa de tornar o ambiente interno estanque à entrada do ar quente, ou ao vazamento do ar refrigerado. O telhado, em telhas francesas, com apenas uma parte da sua área com forro de madeira, e a outra parte com laje de concreto (em cima de um quarto e do banheiro), e sem ventilação alguma, também contribuía para o aumento do ganho de carga térmica no interior.

A metodologia para determinação do efeito de várias estratégias bioclimáticas de projeto se dá através da plotagem das condições climáticas horárias na Carta Psicométrica. Uma zona de conforto é sobreposta a esta carta, derivada da temperatura de neutralidade térmica mensal para este clima. A percentagem de pontos plotados dentro desta zona é a percentagem de tempo que este clima apresenta condições que seriam consideradas de conforto.

Para efeito desta análise foi selecionada a carta bioclimática proposta por Givoni, na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente e em desenvolvimento. Na carta foi combinado o método de WATSON e LABS, (1983), que usa os dados climáticos das 8760 horas de um ano típico (TRY⁶⁵).

O diagrama de Givoni para a cidade do Rio de Janeiro da figura abaixo foi obtido através de ferramenta computacional, o Analysis BIO (UFSC-Labee, 200?), utilizando-se o arquivo climático TRY para o ano de 1963, disponibilizado pelo LABEE. Este gráfico interpreta os valores instantâneos de temperatura e umidade relativa do ar em função dos parâmetros de conforto pré-estabelecidos.

⁶⁵ Test Reference Year – descrito no anexo V deste trabalho

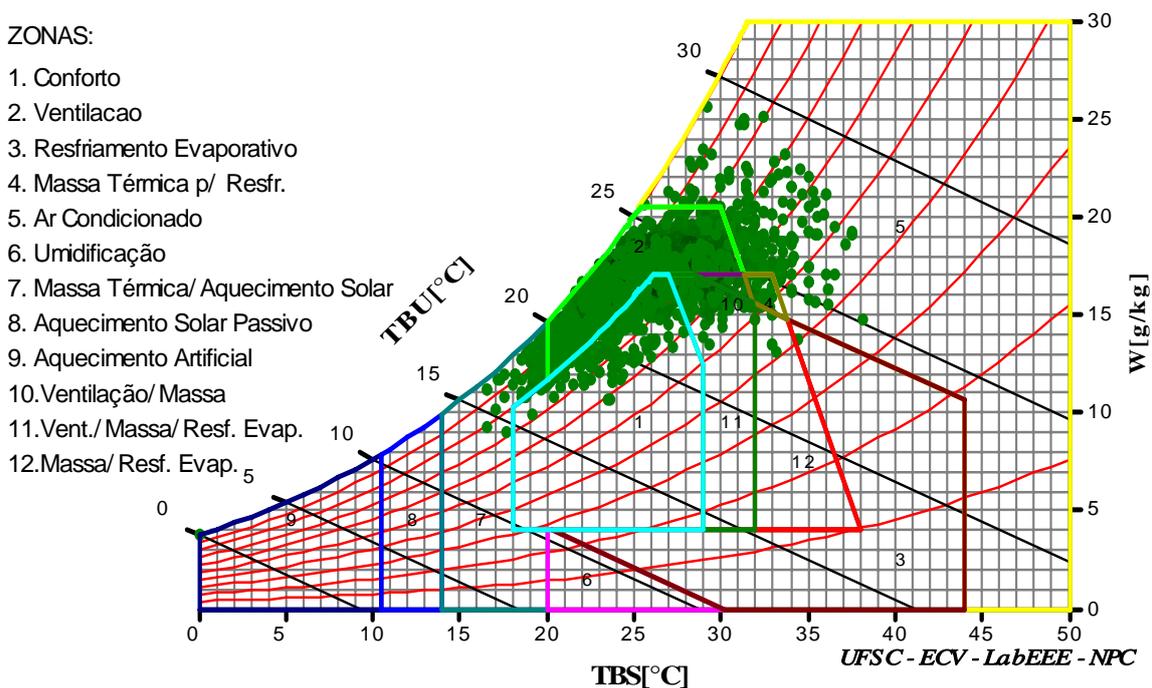


Figura 109- Diagrama de Givoni para a cidade do Rio de Janeiro

Entre as zonas de Ventilação (2), de Resfriamento Evaporativo (3) e Massa Térmica para Resfriamento (4) acontecem algumas intersecções, ou seja, nestes pontos pode-se adotar estas estratégias simultaneamente ou aplicar uma delas somente.

A estratégia que se apresentou como mais efetiva para o alcance do conforto térmico foi a de Ventilação com 61,0%. O desconforto pelo frio aparece com 15%, podendo ser corrigido basicamente com Massa Térmica para Aquecimento/ Aquecimento Solar. Outro aspecto a ser observado, é de que a massa térmica para aquecimento (14,8%), aparece numa proporção muito maior do que para resfriamento, que apresenta o valor só de 4,2%, ainda podendo ser alcançado por resfriamento evaporativo, ou ventilação.

Na tabela 32 são apresentados os percentuais das horas do ano em que ocorre conforto ou desconforto térmico e os percentuais em que cada estratégia é apropriada. A tabela foi organizada de forma a considerar as intersecções da carta bioclimática. Para se saber o total de horas onde é adequada a Ventilação, por exemplo, foram somados todos os valores correspondentes a Ventilação. Da mesma forma, procedeu-se para as estratégias de Resfriamento Evaporativo e Massa Térmica para Resfriamento. Neste caso, a soma total das

horas irá superar os 100%, pois alguns pontos foram computados mais de uma vez, considerando ora a Ventilação, ora Resfriamento Evaporativo, ora Massa Térmica para Resfriamento.

Tabela 32: Estratégias Bioclimáticas - (%)

Período: Anual Conforto: 20,3% (1778 horas) Desconforto: 79,7% (6982 horas)			
ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS Ecohouse Urca			
Frio: 15% (1314 horas)		Calor: 71,90% (6298 horas)	
Massa Term p aquecim/ aquecim solar	14,8%	Ventilação(somente)	61,0%
Aquecimento artificial	0,2%	Resfriamento Evaporativo	3,7%
		Ar Condicionado	3,0%
		Massa térmica p resfriamento	4,2%

Para o estudo do microclima do bairro da Urca foram utilizados valores fornecidos pela Estação Meteorológica do Aterro do Flamengo (hoje desativada): temperaturas, umidade relativa, pluviosidade, e direção e intensidade dos ventos dominantes.

A Av São Sebastião é estreita (6m de largura), as calçadas têm apenas 90cm de profundidade, e sua ocupação é majoritariamente de edificações unifamiliares. Devido ao pequeno tamanho das calçadas, não existem árvores plantadas na via pública, o que poderia fornecer sombra para as fachadas das edificações e para o próprio asfalto da rua.

Como a casa está situada na parte alta da única rua em aclive no bairro, tem uma situação privilegiada quanto à incidência de ventos. Estando situada na base do morro do Pão-de-Açúcar, fica protegida dos ventos de Leste - Sudeste, predominantes na Baía de Guanabara, conforme mostrado na Rosa dos Ventos abaixo, elaborada utilizando dados da estação climática da Praça XV. Os ventos predominantes na Ecohouse são o Nordeste pela manhã (fraco), intensificando e rondando para Oeste/Sudoeste à tarde, situação analisada com mais detalhe no item 5.8.3 deste capítulo.

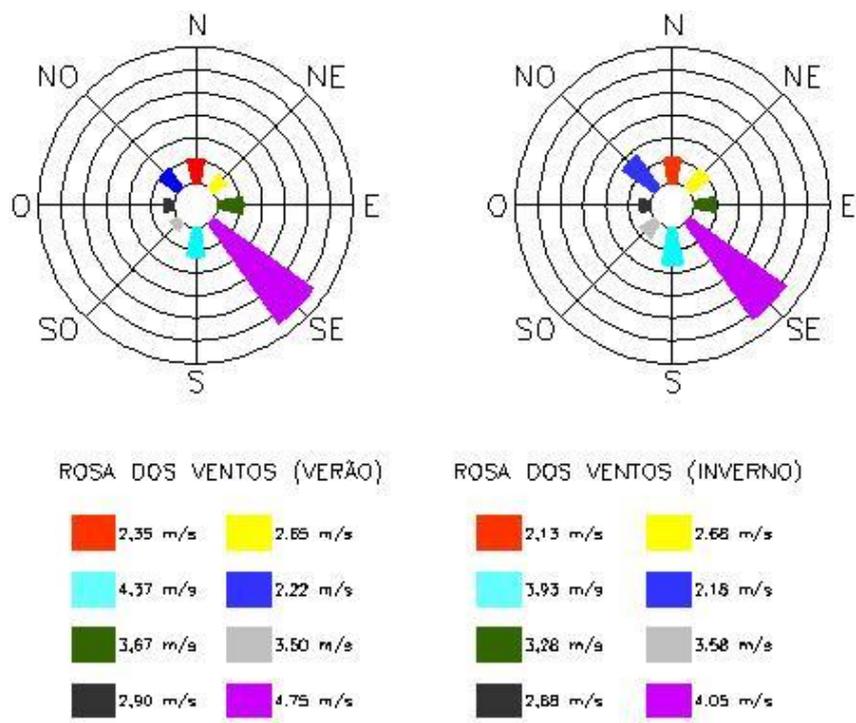


Figura 110: Rosa dos Ventos elaborada com dados da estação climática da Praça XV, situada a 31 m de altura.

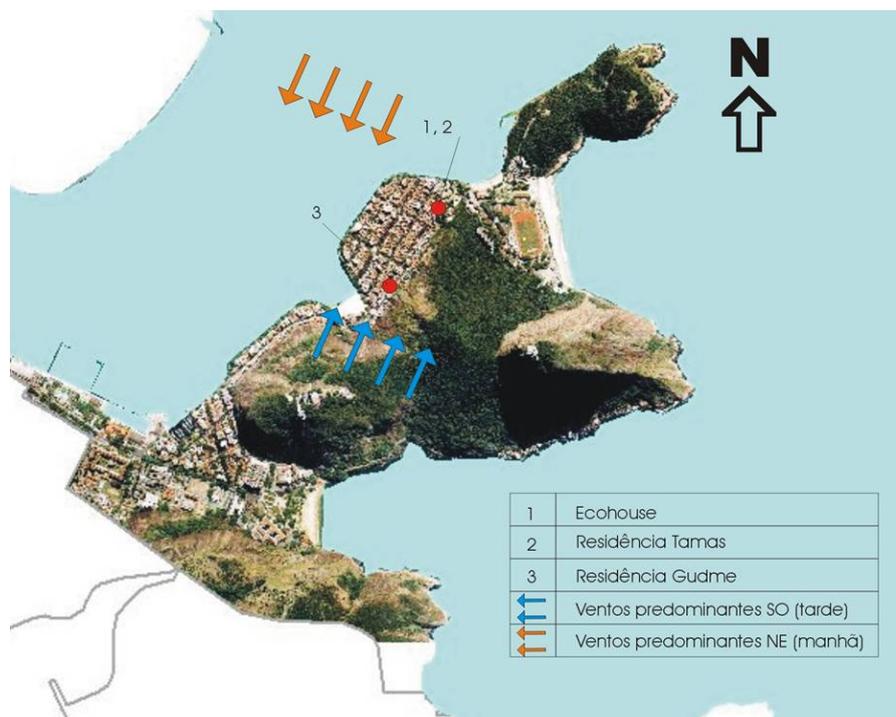


Figura 111: Mapa da Urca com indicação da Ecohouse e os ventos predominantes.

Porém, assim como fica exposta aos ventos, fica também exposta à radiação solar direta na sua fachada principal durante a maior parte do dia.

O bairro da Urca apresenta um clima típico das regiões tropicais úmidas, chuvoso no verão e com pequena estação seca no inverno. Seguem, abaixo, gráficos indicando as variáveis climáticas importantes a serem observadas neste trabalho (INMET).

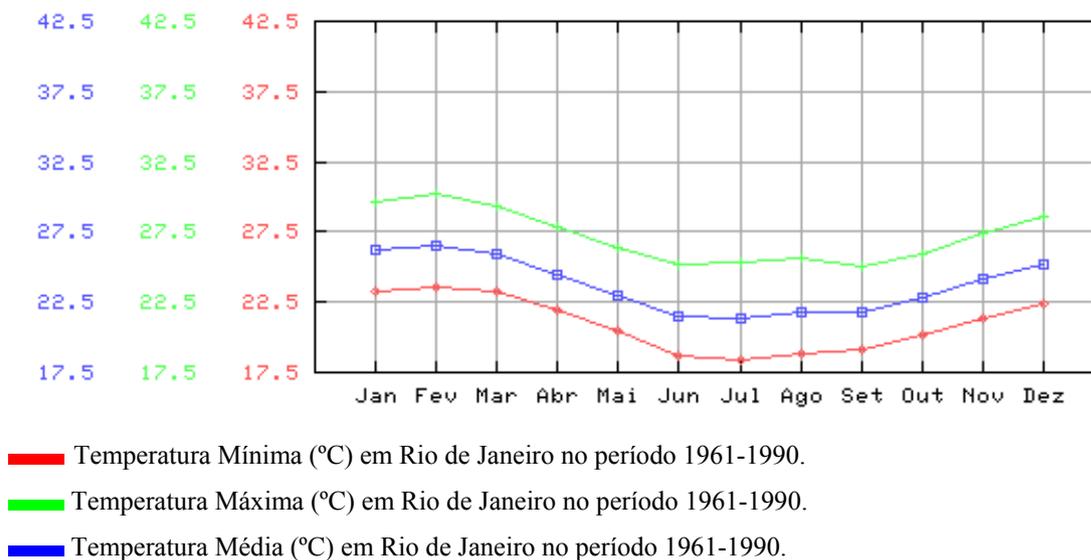


Figura 112: Temperaturas na cidade do Rio de Janeiro (1961-1990)

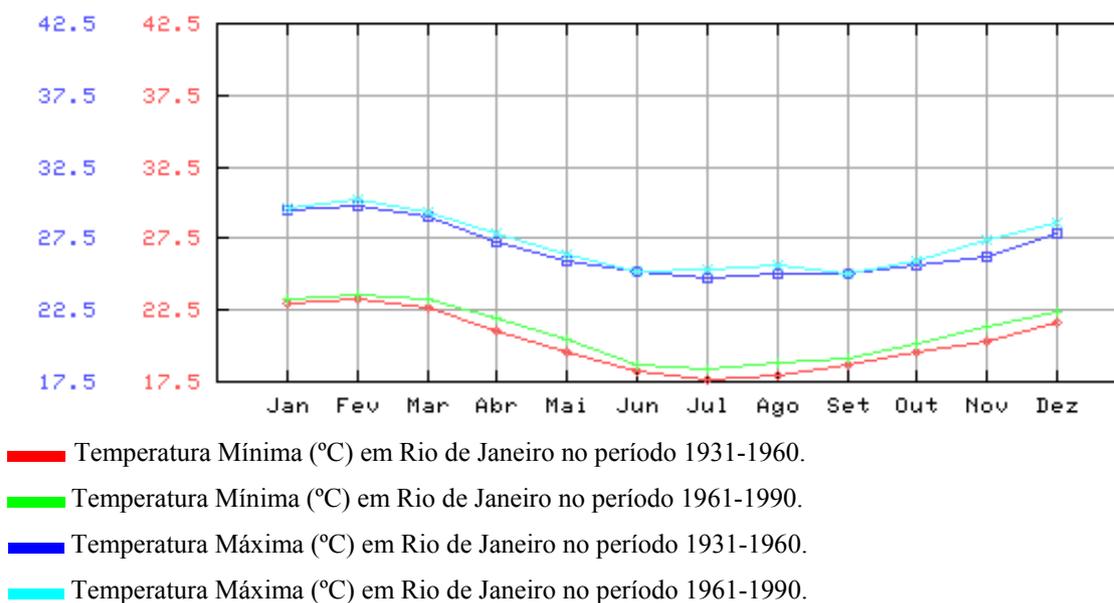
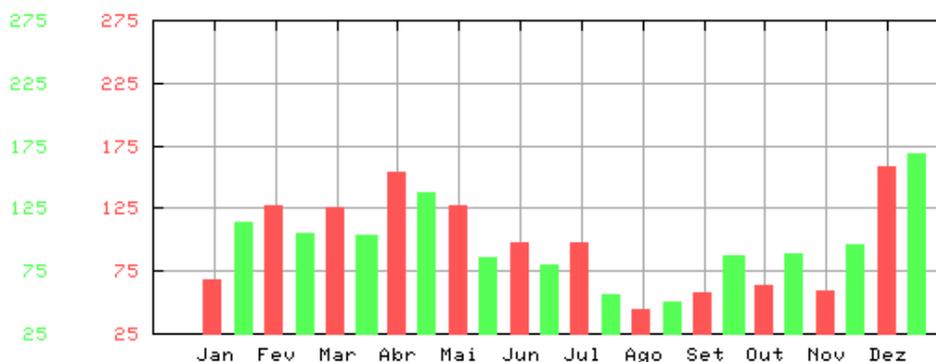


Figura 113: Temperaturas máximas e mínimas entre 1931 e 1990

É interessante notar que as temperaturas máximas e as mínimas são mais altas no período de 1961 a 1990, do que no período 1931- 1990.



■ Precipitação máxima 24 Hs (mm) em Rio de Janeiro no período 1961-1990.

■ Precipitação (mm) em Rio de Janeiro no período 1961-1990.

Figura 114: Precipitação pluviométrica (1961-1990)

Os diagramas solares são uma maneira conveniente de representar as mudanças anuais no caminho do Sol através do céu. Seu uso mais imediato é a leitura direta do azimute e da altura solar no diagrama, para qualquer hora do dia e qualquer dia do ano – excelente ferramenta para análise de elementos sombreadores e insolação, especialmente na fase inicial de projeto.

A característica mais importante da posição solar é a sua variação sazonal. Durante o verão no hemisfério sul, o sol nasce um pouco a sul de leste, e se põe um pouco a sul de oeste. No inverno, ele nasce um pouco a norte de leste, e se põe um pouco a norte de oeste. Ele também nasce bem mais cedo e se põe bem mais tarde no verão do que no inverno. Isto está bem ilustrado nos diagramas solares das figuras abaixo. O objetivo de um bom projeto de sombreamento é a utilização deste movimento pelo céu para sua vantagem, em geral exclusão quase completa no verão e máxima exposição no inverno.

A fachada principal da residência tem orientação -44°NO , assim como a fachada do bloco de trás. A seguir estão os diagramas solares correspondentes a cada uma das fachadas, elaborados com o software Ecotect (SQUARE ONE RESEARCH, 200?).

O que se observa no diagrama solar e está ilustrado nas figuras 115 a 120 é a exposição destas fachadas e suas aberturas ao sol da tarde durante a maior parte do ano. Nos meses de novembro a abril isto é um problema, pois a radiação solar direta incidente na fachada aquece a mesma, transferindo calor para o interior do ambiente por condução. Caso não tivessem sido colocados beirais em cima das aberturas da fachada principal, a incidência

solar começaria mais cedo, por volta de 12:00hs. A profundidade destes beirais foi limitada pela profundidade da “bay-window” existente na fachada – 70cm -, uma vez que a fachada já estava no alinhamento da calçada.

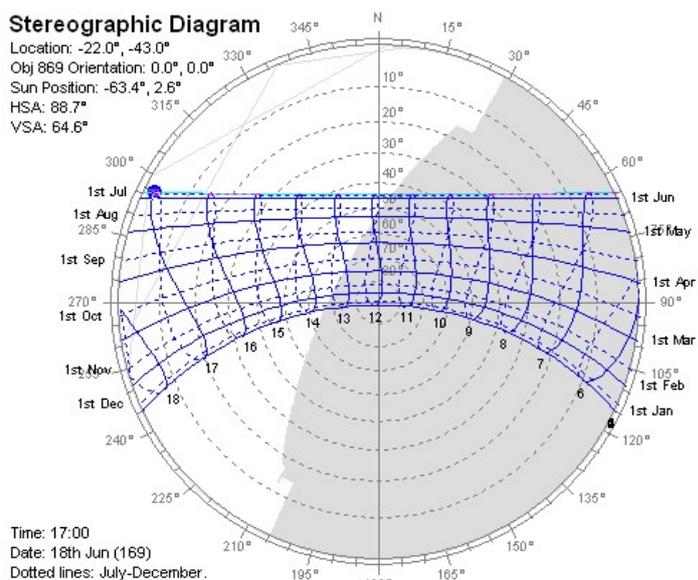


Figura 115: Fachada Frontal - NO



Figura 116: Fachada NO exposta ao sol 18 Feb – 13:43hs



Figura 117: Aberturas da fachada NO protegidas da insolação direta pelos beirais em 18 Feb – 12:43hs



Figura 118: Janelas fachada NO 18Fev 12:46hs

Figura 119: Janelas fachada NO 18Fev 13:51hs



Figura 120: Janela fachada NO, escritório, com proteção solar externa em tecido Soltis 86. 18Fev 14:54hs, já totalmente exposta à radiação solar direta e ao ofuscamento resultante

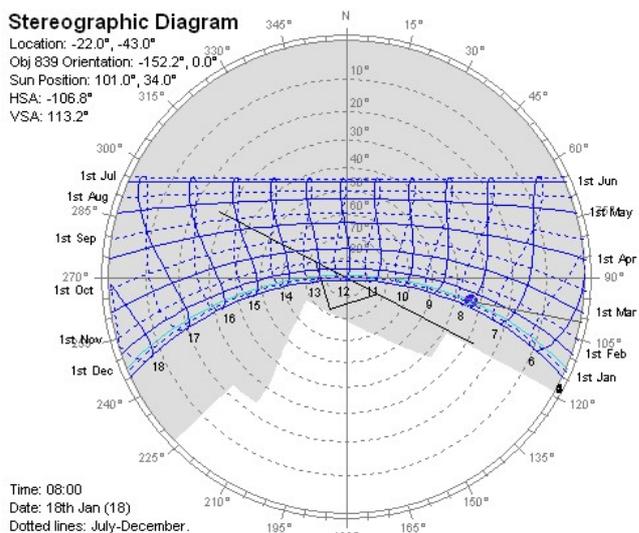


Figura 121: Janela lateral da cozinha - SO

Esta janela lateral da cozinha estaria exposta ao sol durante todo o período da tarde nos meses de verão, mas está protegida pelo bloco que forma a sala de estar 2, portanto não recebe radiação direta alguma em nenhuma época do ano.



Figura 122: Janela lateral da cozinha fachada SO, protegida pelo bloco da sala de estar 2.

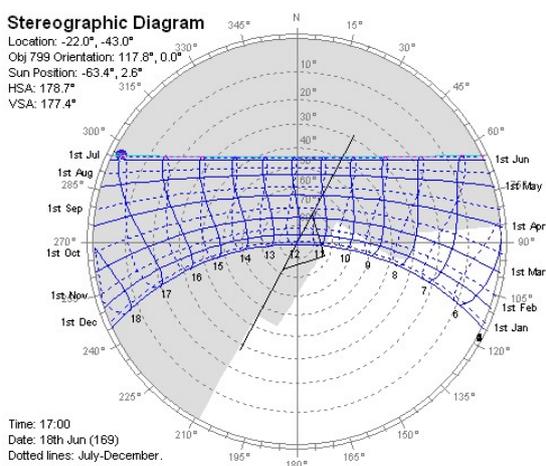


Figura 123: Janela fachada fundos estar 2 e complemento superior da parede em tijolos de vidro

A janela dos fundos da sala de estar 2, na figura 122 acima, está exposta à insolação nos dois primeiros meses do ano até aproximadamente 11 hs, e em março e abril até as 8hs da manhã. Os tijolos de vidro, porém estão protegidos da radiação solar durante o ano todo pelo beiral logo acima dos mesmos.

As janelas da fachada lateral (SO), figuras 124 e 125, estão expostas à radiação direta após as 13:30 horas nos meses mais quentes do verão. Contam com uma relativa proteção da árvore da casa vizinha, porém admitem uma carga térmica razoável para o ambiente interno, pois o ar já está aquecido pela incidência dos raios solares nas superfícies do entorno.

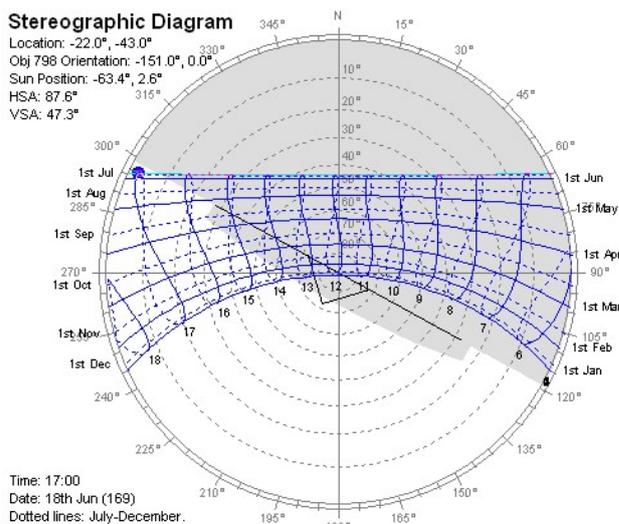


Figura 124: Janelas laterais sala estar 2 - SO



Figura 125: janelas laterais protegidas por árvore da residência vizinha.

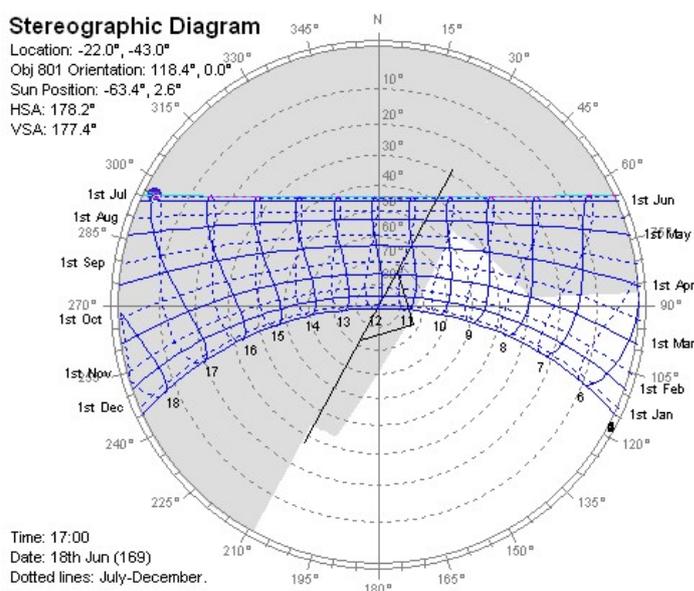


Figura 126: Fachada da cozinha - SE



Figura 127: Fachada SE da cozinha

A fachada acima (figura 126) recebe sol até aproximadamente as 11hs da manhã nos meses de verão, e nos outros meses do ano, quando o sol está mais baixo, fica sombreada pela empena da casa vizinha, com 8,50m de altura (parede pintada de branco na figura 127).

5.8.1 Fachadas verdes

Em vários lotes urbanos, as edificações podem estar sujeitas a trocas de calor ainda mais intensas devido à elevação da temperatura da superfície externa das fachadas estar submetida à radiação oriunda de superfícies construídas do entorno, com um albedo significativo (CORBELLA e YANNAS, 2003). Este albedo, em geral, é o do asfalto das ruas e avenidas, e o das áreas pavimentadas dos terrenos. Além disto, a configuração de lotes urbanos muitas vezes deixa a edificação exposta à radiação solar direta, como no caso da Ecohouse Urca.

A alternativa escolhida para mitigar este problema, em relação às paredes de alvenaria expostas à radiação solar direta nos meses de verão após as 13:30hs (conforme mostram as figuras acima), que são as paredes da fachada principal e as paredes da fachada frontal do bloco de trás da edificação, foi implantar uma “segunda pele” em frente a estas alvenarias. Esta segunda pele consiste de uma treliça em alumínio fixada na alvenaria, para servir de suporte à trepadeira que cobre toda a parede, porém sem ter contato com a mesma, conforme mostram as figuras 128 a 131 abaixo, e permitindo que o ar quente atrás da trepadeira seja dissipado, não possibilitando assim o acúmulo de umidade.

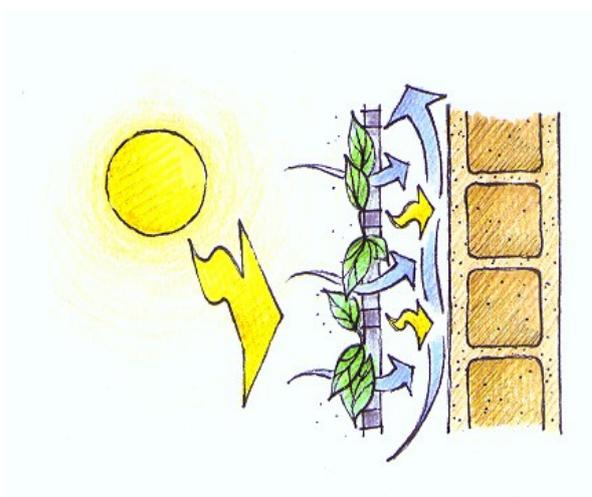


Figura 128: detalhe esquemático da fachada verde



Figura 129: Fotografia lateral da fachada verde NO na altura da janela da sala de estar 2



Figura 130: trepadeira subindo pela fachada frontal



Figura 131: detalhe da trepadeira subindo pela fachada frontal

A planta escolhida foi a thumbergia, por ser uma espécie resistente, com folhas grandes, e que floresce praticamente o ano todo. Desenvolve-se muito rapidamente, não necessitando de muita água para sua manutenção. Foram construídas duas jardineiras na fachada frontal para o plantio da mesma, que porém, em um prazo de dois anos, pouco se desenvolveu pela pouca profundidade das mesmas.. Foram então abertos três buracos na calçada da rua, e as plantas transplantadas para os mesmos. O resultado está nas fotos acima – apenas 6 meses após o plantio.

Na fachada NO do bloco de trás, aonde a thumbergia foi plantada em vasos de fibrocimento apoiados nos beirais, a mesma também não se desenvolveu pelo mesmo motivo. Recentemente foi trocada por outra espécie de trepadeira, a alamanda violácea, espécie de clima tropical que possui caules lenhosos e folhagem brilhante, permanente, e floresce quase o ano todo. Os resultados ainda vão ser aferidos.

Devido a este contratempo, não foi possível até o momento fazer medições de temperatura nos ambientes internos junto às paredes protegidas pelas plantas, para verificar qual o diferencial de temperatura resultante.

5.8.2 Telhados verdes

A decisão de implantar telhados verdes, ou lajes naturadas, foi tomada devido à necessidade de: conseguir uma efetiva redução de ganho térmico através da cobertura; mitigação do runoff durante o pico do horário da chuva; e também para obtenção de um efeito estético agradável, uma vez que todo o terreno da residência era pavimentado.

Para viabilizar a implantação dos jardins, foi necessário fazer uma obra de reforço estrutural bastante significativa, uma vez que as alvenarias, tanto internas quanto externas da edificação eram estruturais (tijolo maciço duplo), e várias das alvenarias internas foram demolidas. Escolheu-se executar este reforço estrutural em ferro, pela agilidade da construção.

O detalhamento da impermeabilização foi feito em conjunto com a empresa Texsa, conforme detalhe da figura abaixo, e que forneceu os materiais a preço de custo. Este é o item mais importante na execução de um telhado verde, pois uma vez pronto o jardim, é extremamente trabalhoso e caro executar consertos na impermeabilização.

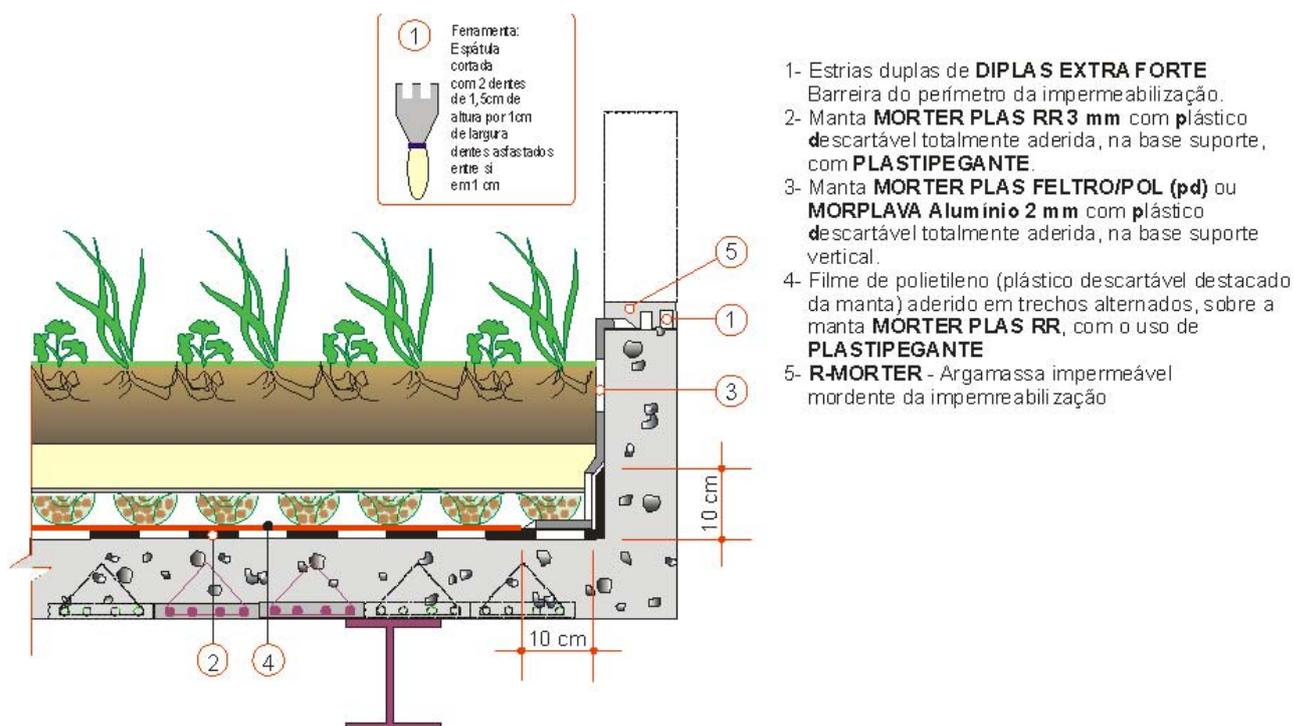


Figura 132: detalhe esquemático da especificação da impermeabilização das lajes verdes

Fonte: Texsa

Na Ecohouse foi executada a cobertura naturada da seguinte forma: camada drenante de 10cm em argila expandida coberta por manta Bidim, seguido de uma camada de 5cm de areia e em seguida camada de 20cm de terra. Foi plantada grama esmeralda, algumas ervas (como mangericão, alecrim, etc), capim limão, uma pitangueira, Plumeria rubra (jasmin manga), ibiscos, e espécies rasteiras e arbustivas com raízes curtas, como *Asystasia coromandeliana* (asistásia) e *Barleria repens* (barléria).



Figura 133: Teste de estanqueidade da laje verde do bloco da frente

Após dois verões, a laje já se encontra totalmente estabilizada e pôde ser constatado pelos ocupantes a sensação de conforto térmico proporcionado pela sua implementação – não só para o ambiente interno abaixo da laje - mas também quando de seu uso para lazer. Também os vizinhos não recebem mais o calor emitido pelo antigo telhado de telhas francesas.

Seguem abaixo algumas fotografias das lajes verdes – a maior, sobre o bloco da frente, e a menor, sobre o bloco de trás.







Figura 134: fotografias das lajes verdes da Ecohouse Urca
Fotos: Alexandra Lichtenberg

Não foi possível realizar medições para avaliar a eficácia em números, do ponto de vista de redução da carga térmica proporcionada por estas lajes verdes, porém os resultados da experiência realizada no Canadá descritos no item 3.3.4.4 mostram a eficiência deste tipo de intervenção tanto em relação ao arrefecimento passivo quanto em relação ao controle do runoff das coberturas no pico das chuvas. O resultado dos questionários aplicados nos moradores/hóspedes (tabela 38) também retratam o sucesso desta técnica.

5.8.3 Ventilação cruzada

O estudo da ventilação natural existente na edificação fez com que o lay-out interno fosse totalmente modificado para privilegiar a ventilação cruzada, uma vez que a análise do Diagrama de Givoni mostra que 61% do desconforto por calor pode ser resolvido pela ventilação (item 5.8).

Os ventos predominantes neste local sopram de N-NE pela manhã, rondando para O-SO pela tarde, intensificando sua velocidade, conforme mostra a tabela 33 abaixo com algumas medições locais (de caráter apenas indicativo), e atestado por velejadores do Iate

Clube do Rio de Janeiro, localizado perto da Ecohouse.. As medições foram efetuadas com um termo anemômetro digital Modelo MDA-11 marca Minipa de medição instantânea, e uma biruta para indicação da direção do vento, conforme mostram as figuras abaixo.



Figura 135: biruta indicando a direção do vento NE (pela manhã) – posição 1



Figura 136: termo anemômetro digital indicando a velocidade do vento



Figura 137: biruta indicando a direção do vento S (á tarde), na posição 2

Tabela 33: velocidade e direção dos ventos

VELOCIDADE E DIREÇÃO DO VENTO MEDIDOS NA FACHADA NOROESTE E SUDOESTE ECOHOUSE URCA							
DIA	HORA	VELOC. janela 1 (m/s)	DIREÇ.	VELOC. janela 2 (m/s)	DIREÇ.	VELOC. Estar2 - ponto 4 (m/s)	VELOC. Sala jant - ponto 3 (m/s)
17/fev	11:00	0,15	N-NE	0	--		0
	15:40	--	--	0,3	S-SO		0,11
18/fev	11:25	0,3	N-NE	0	--	0,3	0
	15:37	0,6	O-SO	0,7	O-SO	0,16	0,65
20/fev	13:55	0,9	S-SO-S	0,69	O	0,25	0,5
26/fev	13:41	0,85	O-SO-O	1,2	O-SO-O	0,41	0,53

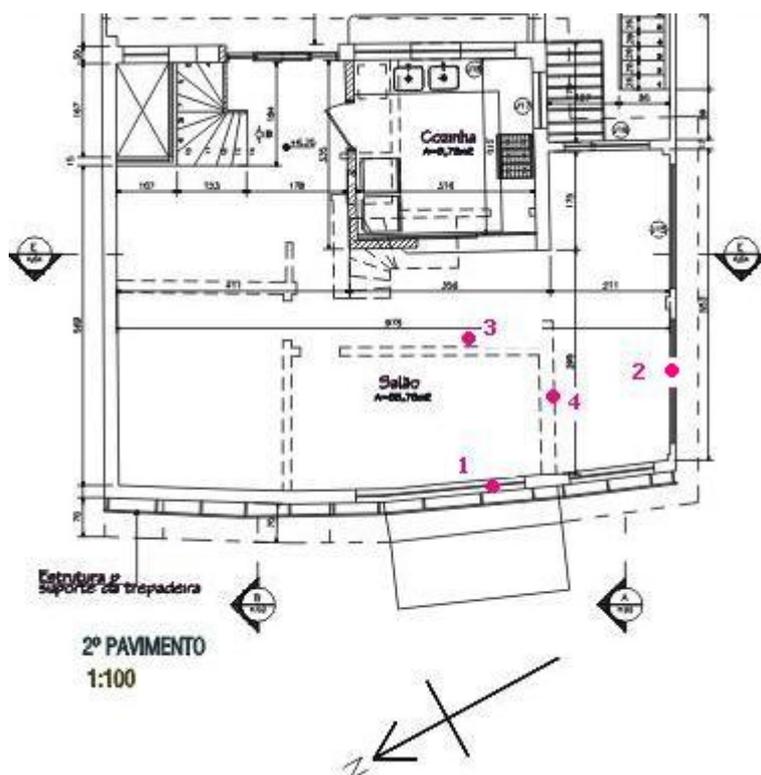


Figura 138: planta baixa indicando os pontos de medição dos ventos contidos na tabela acima

O antigo proprietário deste imóvel já havia aberto as duas janelas laterais na fachada SO (de onde sopram os ventos predominantes), aproximadamente há 15 anos atrás, para auxiliar na ventilação interna da edificação. A disposição das paredes e outras aberturas, porém, dificultava a circulação deste ar dentro dos cômodos, como mostra a figura 139.

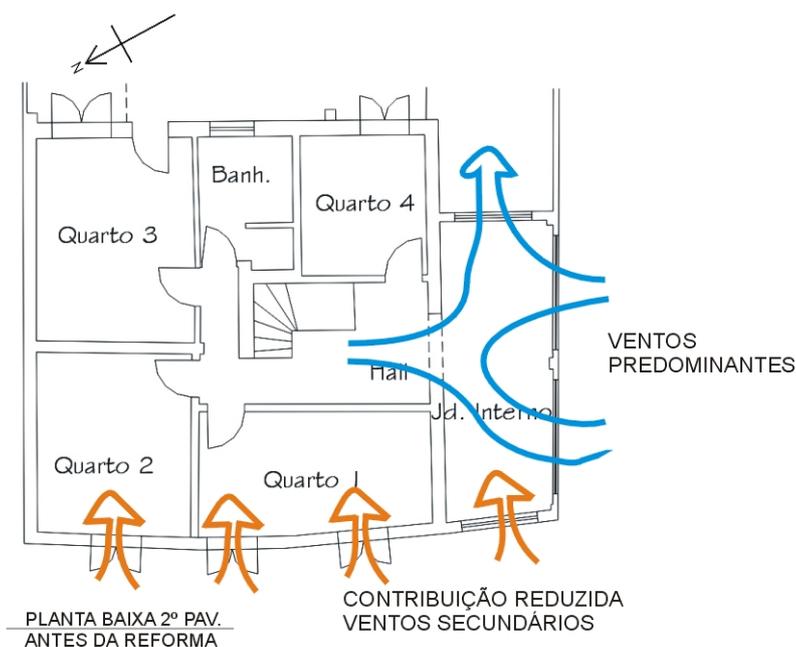


Figura 139: Lay-out interno do 2º pav. antes da reforma

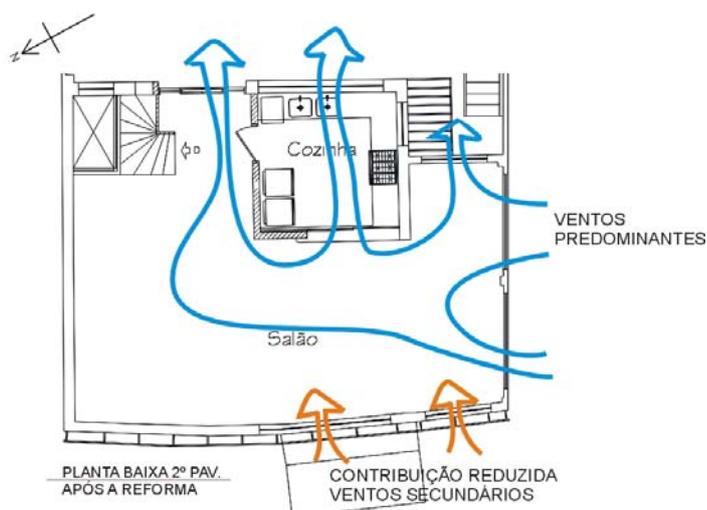


Figura 140: Lay-out interno do 2º pav. após a reforma

Com a eliminação das paredes que formavam barreiras à passagem do ar (figura 140), todo o ambiente do 2º pavimento ficou bastante arejado e agradável. Quando não há ventilação natural, são ligados os ventiladores de teto (ver figura 141), que fornecem a sensação térmica desejada. Todos os cômodos da residência possuem ventilador de teto, inclusive a cozinha, lavanderia e varanda, eliminando na maior parte do ano o uso de ar-condicionado. Como foi possível aumentar o pé-direito da maioria dos cômodos, os ventiladores de teto estão pendurados a aproximadamente 70 cm do fôrro. A sensação de conforto descrita pelos usuários dos espaços não deixa dúvida de que é uma excelente solução para fora dos períodos de pico de calor.



Figura 141: ambiente interno da sala de jantar e estar 2, com as janelas laterais ao fundo (face SO), e os ventiladores de teto.

5.8.4 Beirais, persianas e esquadrias especiais

Os pequenos beirais instalados na fachada principal apenas retardam a incidência da radiação direta na fachada e nas janelas NO por um período curto de tempo, conforme mostram os diagramas solares das figuras 115 a 117 acima.

Na falta de referências nacionais sobre especificações de esquadrias especiais, este projeto baseou-se no estudo “Fact Sheet: Selecting Energy Efficient Windows in Florida”, de 2001(ver Anexo III). Este estudo recomenda a escolha dos vidros especiais baseada principalmente em seu Coeficiente de Ganho de Calor ou Fator Solar (SHGC:Solar Heat Gain Coefficient), que é a fração de radiação solar incidente transmitida através do vidro (neste caso, o conjunto da esquadria de PVC, mais o vidro interno, a camada de ar e o vidro externo). Recomenda ainda que para o clima da Flórida (quente e úmido), o SHGC da janela (conjunto do vidro mais a esquadria) seja menor ou igual a 0.40; e com um índice de transmissão de luz visível o maior possível, para maximizar o uso da iluminação natural. Apresenta ainda um estudo comparativo do custo anual de condicionamento de ar para seis tipos diferentes de janelas, onde o que gera mais economia é o de vidro duplo com esquadria de alumínio e vidros “low-E” (baixa emissividade).

Utilizando as tabelas da Guardian (anexo III), fabricante e distribuidor de vidros especiais no Brasil, foi especificado o uso de janelas de vidro duplo com esquadria em PVC e vidro Sun-Guard-52 on Green 6+6 (vidro especial de 6mm + câmara de ar de 12mm + vidro comum transparente de 6mm) para as janelas das fachadas NO e SO. De acordo com a tabela do fabricante, esta janela teria um SHGC de 0,31.

A expectativa era de que, apesar de não ter sido possível a utilização de beirais grandes o suficiente para sombrear estas janelas, as esquadrias especiais iriam proporcionar um ambiente termicamente confortável nos ambientes internos da fachada NO, prescindindo de condicionamento artificial do ar no período de verão. Entretanto, o que foi verificado nos dois verões em que a casa estava habitada foi grande desconforto térmico no período da tarde – o que comprova que a utilização apenas do vidro especial como elemento de arrefecimento não é o suficiente para produzir conforto térmico no clima do Rio de Janeiro em períodos de pico de calor. É provável que a diferença para o estudo da Flórida – entre outras – se dê pelo

uso continuado de condicionamento de ar na grande maioria das residências durante os meses de verão e meia estação nos Estados Unidos.

O vidro da maior esquadria de vidro duplo da sala de jantar quebrou – não se sabe se devido a choque térmico ou à esquadria ter sido fabricada sem o prumo correto. Na especificação da nova esquadria, foi escolhida uma moldura em PVC com um vidro laminado refletivo simples, especificação Guardian Sun-Guard Silver 32 on Green espessura 8mm (4+4), com um Coeficiente de ganho de calor de 0,36 (SHGC) – inclusive para se fazer a comparação do comportamento dos dois modelos diferentes.

Quanto à moldura da esquadria, foi especificado o uso de PVC para todas as esquadrias, porque elas apresentam maior capacidade de vedação (em relação às de alumínio), baixa condutividade térmica, baixa manutenção, longa durabilidade e são recicláveis. Recentemente porém, tem crescido um movimento internacional banindo o uso de PVC. Mas não existem ainda conclusões definitivas sobre este assunto (ver item 6, subitem 4).

5.8.4.1. Medição da temperatura interna no peitoril vidro duplo x vidro simples

Com o intuito de verificar a eficiência térmica dos dois tipos diferentes de esquadrias, foi realizada medição da temperatura interna no peitoril de cada uma das janelas mencionadas acima, com datalogger ELPRO modelo Hot-dog, conforme figura 142. O ambiente permaneceu fechado durante o período da medição. Os resultados desta medição estão na tabela 34 e no gráfico 16 abaixo.



Figura 142: localização dos dataloggers Elpro

Como nos testes de calibragem dos dataloggers ELPRO obtivemos um resultado mostrando que o aparelho n.03 (medição vidro duplo) apresentava leituras mais altas do que o aparelho n.2, dentro da faixa de +1% (anexo V), devemos considerar este dado na interpretação dos dados acima. Na realidade o que temos é uma diferença significativa de temperatura - esquadria com vidro simples (datalogger n.2) apresentando entre 2°C a 3°C a mais do que a esquadria com vidro duplo, apenas no horário mais quente do dia, às 16hs. Durante todo o resto do dia, as temperaturas no peitoril interno das duas esquadrias apresentam temperaturas muito similares.

A esquadria com vidro duplo tem SGHC de 0,31 (vidro externo Sun-Guard 52 on Green) e Fator de transmissão de luz visível de 39%. A esquadria com vidro simples tem SGHC de 0,36 e Fator de transmissão de luz visível de 27%. A esquadria com vidro duplo, porém, é muito mais cara por conta da duplagem do vidro, e da própria esquadria em PVC que tem que ser reforçada para agüentar o peso do vidro duplo. A diferença na transmissão de luz visível pode ser compensada usando-se esquadrias maiores e em fachadas que não recebam radiação solar direta, como no caso da utilização de esquadria e tijolos de vidro na fachada Sudoeste (fig.122) da mesma sala em questão da Ecohouse.

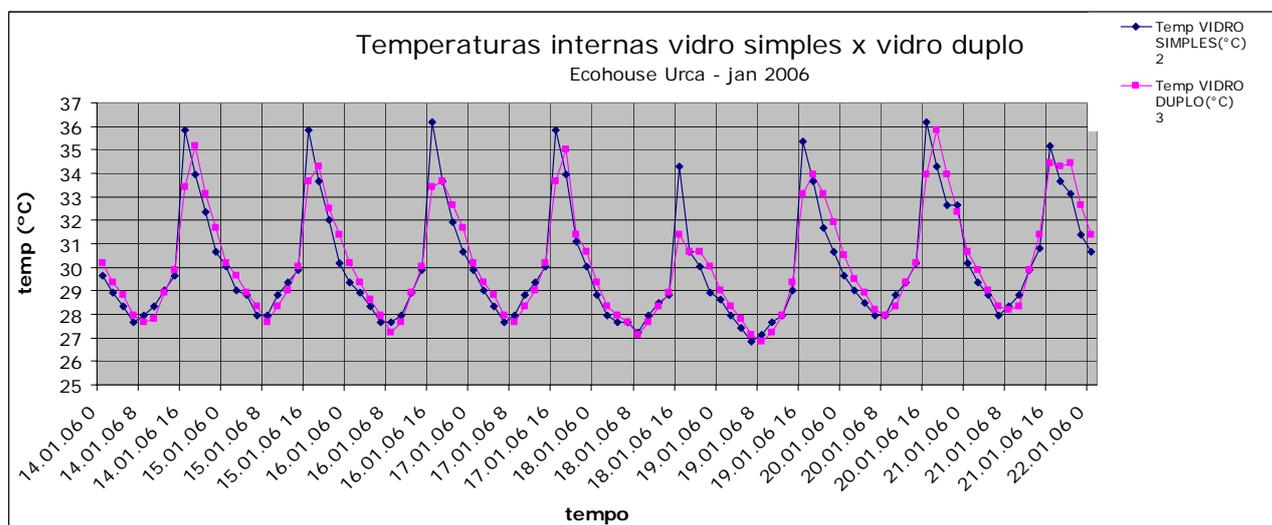


Gráfico 16: Diferença de temperatura no ambiente interno – vidro simples x vidro duplo

Tabela 34: Temperaturas no peitoril das janelas – vidro duplo x vidro simples

TEMPERATURAS MEDIDAS NO PEITORIL DAS JANELAS COM VIDRO SIMPLES E COM VIDRO DUPLO Jan 2006						
DATA	Hora	Temp VIDRO SIMPLES (°C) 2	Temp VIDRO DUPLO (°C) 3	Temp Simples - Duplo	UR Vidro Simples (%)	UR Vidro Duplo (%)
14.01.06	0	29,64	30,20	-0,56	62,20	62,20
14.01.06	2	28,90	29,34	-0,44	64,20	64,20
14.01.06	4	28,34	28,80	-0,46	65,30	65,30
14.01.06	6	27,64	27,94	-0,30	66,10	66,10
14.01.06	8	27,94	27,64	0,30	67,80	67,80
14.01.06	10	28,34	27,80	0,54	65,30	65,30
14.01.06	12	29,04	28,90	0,14	61,10	61,10
14.01.06	14	29,64	29,90	-0,26	58,50	58,50
14.01.06	16	35,84	33,44	2,40	43,40	43,40
14.01.06	18	33,94	35,14	-1,20	48,40	48,40
14.01.06	20	32,34	33,14	-0,80	51,00	51,00
14.01.06	22	30,64	31,70	-1,06	56,60	56,60
15.01.06	0	30,04	30,20	-0,16	59,70	59,70
15.01.06	2	29,04	29,64	-0,60	61,60	61,60
15.01.06	4	28,80	28,90	-0,10	61,80	61,80
15.01.06	6	27,94	28,34	-0,40	64,90	64,90
15.01.06	8	27,94	27,64	0,30	65,70	65,70
15.01.06	10	28,80	28,34	0,46	63,20	63,20
15.01.06	12	29,34	29,04	0,30	61,90	61,90
15.01.06	14	29,90	30,04	-0,14	58,10	58,10
15.01.06	16	35,84	33,64	2,20	41,80	41,80
15.01.06	18	33,64	34,30	-0,66	46,10	46,10
15.01.06	20	32,04	32,50	-0,46	49,60	49,60
15.01.06	22	30,20	31,40	-1,20	56,20	56,20
16.01.06	0	29,34	30,20	-0,86	59,40	59,40
16.01.06	2	28,90	29,34	-0,44	62,40	62,40
16.01.06	4	28,34	28,64	-0,30	63,90	63,90
16.01.06	6	27,64	27,94	-0,30	64,50	64,50
16.01.06	8	27,64	27,24	0,40	64,20	64,20
16.01.06	10	27,94	27,64	0,30	64,10	64,10
16.01.06	12	28,90	28,90	0,00	62,80	62,80
16.01.06	14	29,90	30,04	-0,14	55,80	55,80
16.01.06	16	36,20	33,44	2,76	39,50	39,50
16.01.06	18	33,64	33,64	0,00	43,50	43,50
16.01.06	20	31,90	32,64	-0,74	48,90	48,90
16.01.06	22	30,64	31,70	-1,06	55,60	55,60
17.01.06	0	29,90	30,20	-0,30	55,80	55,80
17.01.06	2	29,04	29,34	-0,30	58,90	58,90
17.01.06	4	28,34	28,80	-0,46	60,40	60,40
17.01.06	6	27,64	27,94	-0,30	60,80	60,80
17.01.06	8	27,94	27,64	0,30	60,90	60,90
17.01.06	10	28,80	28,34	0,46	60,10	60,10
17.01.06	12	29,34	29,04	0,30	59,10	59,10
17.01.06	14	30,04	30,20	-0,16	58,30	58,30
17.01.06	16	35,84	33,64	2,20	42,80	42,80
17.01.06	18	33,94	35,00	-1,06	44,30	44,30
17.01.06	20	31,10	31,40	-0,30	48,10	48,10
17.01.06	22	30,04	30,64	-0,60	55,10	55,10
18.01.06	0	28,80	29,34	-0,54	59,50	59,50
18.01.06	2	27,94	28,34	-0,40	61,70	61,70
18.01.06	4	27,64	27,94	-0,30	63,20	63,20
18.01.06	6	27,64	27,64	0,00	64,80	64,80
18.01.06	8	27,24	27,14	0,10	65,60	65,60
18.01.06	10	27,94	27,64	0,30	63,60	63,60
18.01.06	12	28,50	28,34	0,16	63,20	63,20
18.01.06	14	28,80	28,90	-0,10	60,80	60,80
18.01.06	16	34,30	31,40	2,90	44,10	44,10
18.01.06	18	30,64	30,64	0,00	56,30	56,30
18.01.06	20	30,04	30,64	-0,60	56,40	56,40

5.8.4.2 Medição da temperatura na superfície interna do vidro duplo x vidro simples

Para complementar a série de medições acima, foi feita a medição na superfície interna de cada um dos tipos de vidro da fachada principal. Foram afixados sensores na superfície interna dos vidros, e o datalogger HOBO foi colocado do lado externo da janela de vidro duplo para aferir a temperatura externa, conforme figuras 143 a 145. As janelas permaneceram fechadas durante a medição. A tabela 35 e o gráfico 17 mostram os resultados da comparação das temperaturas internas para cada tipo de vidro, e a comparação das temperaturas internas e externa.



Figura 143: Datalogger HOBO pendurado no beiral, medindo temp externa ao vidro duplo



Figura 144: Datalogger HOBO #4 com sensor fixado à superfície interna do vidro simples



Figura 145: Datalogger HOBO #5 pendurado do lado externo, e sensor fixado à superfície interna do vidro duplo



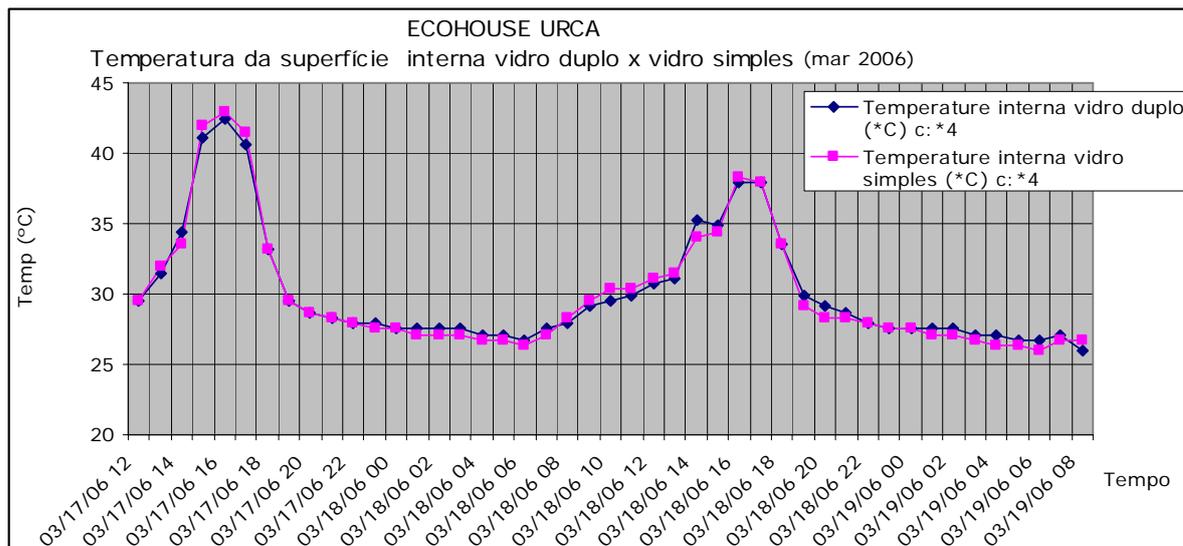


Gráfico 17: temperaturas nas superfícies internas do vidro duplo x vidro simples

O que pode ser observado na tabela 35 e no gráfico 17, é que as temperaturas das superfícies internas dos dois tipos de vidro são muito semelhantes, mesmo em horários de pico de calor, corroborando a medição descrita no item anterior. Em relação ao vidro duplo exposto a um período prolongado de alta intensidade de radiação solar direta, o ar entre os dois vidros fica superaquecido transmitindo por condução o calor para o interior da edificação. Deve-se ressaltar que estas janelas ficam expostas à radiação solar neste período do ano de 13:30 às 19hs, conforme mostrado no diagrama solar abaixo.

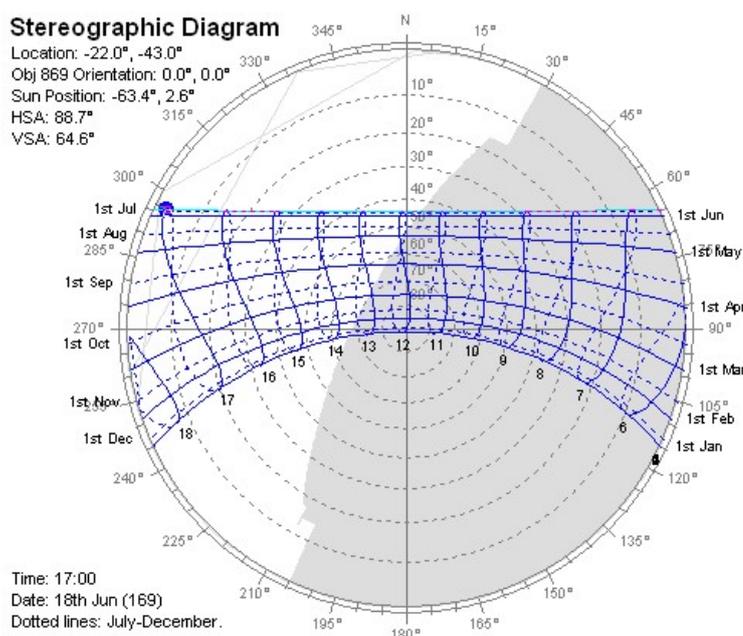


Figura 146: Diagrama solar fachada NO

Tabela 35: temperatura na superfície interna do vidro simples x vidro duplo, e temp externa

ECOHOUSE URCA				
Temperaturas nas superfícies internas dos vidros duplo x simples				
Date/Time	Temperature externa(*C) c:1	Temperature interna vidro duplo (*C) c:*4	Temperature interna vidro simples (*C) c:*4	Temp vidro simples - vidro duplo
03/17/06 12	29,5	29,5	29,5	0
03/17/06 13	31,93	31,52	31,93	0,41
03/17/06 14	35,27	34,43	33,59	-0,84
03/17/06 15	37	41,05	41,99	0,94
03/17/06 16	38,77	42,46	42,94	0,48
03/17/06 17	37	40,59	41,52	0,93
03/17/06 18	29,9	33,17	33,17	0
03/17/06 19	27,91	29,5	29,5	0
03/17/06 20	27,12	28,7	28,7	0
03/17/06 21	26,73	28,31	28,31	0
03/17/06 22	26,34	27,91	27,91	0
03/17/06 23	26,34	27,91	27,52	-0,39
03/18/06 00	25,95	27,52	27,52	0
03/18/06 01	25,95	27,52	27,12	-0,4
03/18/06 02	25,56	27,52	27,12	-0,4
03/18/06 03	24,79	27,52	27,12	-0,4
03/18/06 04	24,4	27,12	26,73	-0,39
03/18/06 05	24,01	27,12	26,73	-0,39
03/18/06 06	24,01	26,73	26,34	-0,39
03/18/06 07	24,4	27,52	27,12	-0,4
03/18/06 08	25,56	27,91	28,31	0,4
03/18/06 09	27,12	29,1	29,5	0,4
03/18/06 10	28,31	29,5	30,31	0,81
03/18/06 11	29,5	29,9	30,31	0,41
03/18/06 12	30,31	30,71	31,12	0,41
03/18/06 13	30,31	31,12	31,52	0,4
03/18/06 14	36,13	35,27	34,01	-1,26
03/18/06 15	29,9	34,85	34,43	-0,42
03/18/06 16	35,7	37,88	38,32	0,44
03/18/06 17	32,34	37,88	37,88	0
03/18/06 18	28,7	33,59	33,59	0
03/18/06 19	27,12	29,9	29,1	-0,8
03/18/06 20	26,34	29,1	28,31	-0,79
03/18/06 21	26,34	28,7	28,31	-0,39
03/18/06 22	25,56	27,91	27,91	0
03/18/06 23	25,17	27,52	27,52	0
03/19/06 00	25,17	27,52	27,52	0
03/19/06 01	24,79	27,52	27,12	-0,4
03/19/06 02	24,4	27,52	27,12	-0,4
03/19/06 03	24,4	27,12	26,73	-0,39
03/19/06 04	23,63	27,12	26,34	-0,78
03/19/06 05	23,24	26,73	26,34	-0,39
03/19/06 06	23,24	26,73	25,95	-0,78
03/19/06 07	24,01	27,12	26,73	-0,39
03/19/06 08	25,95	25,95	26,73	0,78

5.8.4.3 Medição da temperatura interna x temperatura externa utilizando vidro duplo

Outra série de medições foi feita no mesmo período, para averiguar a eficácia da utilização do vidro duplo para conter a entrada do calor no ambiente interno (diferença de temperatura interna e externa). Foi utilizado o datalogger Hobo n.5 do lado externo, conforme figuras 147 e 148; e o datalogger HOBO n.04 do lado interno, em cima da mesa do escritório, conforme figuras 149 e 150, a aproximadamente 1,10m de distância da esquadria. O ambiente permaneceu fechado e desocupado durante todo o período da medição. Os resultados estão na tabela 36 e no gráfico 18.

Estes dados indicam o grande diferencial de temperatura no horário de pico da temperatura externa, de 14 às 18hs – mostrado na tabela 36. Na média dos 6 dias medidos, a temperatura interna ficou 12,67°C mais baixa do que a temperatura externa, sempre estando abaixo dos 30°C. Pelo fato de o ambiente ter permanecido fechado durante estes dias, a temperatura interna não conseguiu nunca ir abaixo de 24°C, não conseguindo beneficiar-se do resfriamento noturno. Considerando a calibragem efetuada nos dataloggers HOBO (anexo V), não existem correções a serem feitas nos resultados aqui apresentados.



Figura 147: datalogger HOBO n.05 no lado externo



Figura 148: datalogger HOBO n.05 no lado externo, sombreado pela planta



Figura 149: datalogger HOBO n.04 no lado interno



Figura 150: datalogger HOBO n.04 no lado interno, sobre a mesa de trabalho

O que podemos aferir destes dados é que as esquadrias com vidro duplo especial realmente conseguem impedir um superaquecimento do ambiente interno a uma certa distancia da esquadria (neste caso 1,10m), aproximadamente a mesma distancia da cadeira do usuário até a janela. O ambiente interno aqui medido tem um pé-direito de 2,55m, e portanto a sensação térmica é bastante ruim com a temperatura em torno de 27 a 29°C. O mesmo não ocorre no ambiente das sala de jantar e sala de estar, onde o pé direito tem 3,10m e existe maior estratificação do ar. Para o clima tropical quente e úmido, porém, o vidro duplo pode ser substituído pelo vidro laminado especial, conforme verificado pelas medições das esquadrias da fachada principal mostradas no ítem 5.8.4.1 e 2.

Tabela 36: Diferença da Temperatura Externa e Interna com o uso de vidro duplo

DIFERENÇA DA TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA COM USO DA ESQUADRIA DE PVC COM VIDRO DUPLO Ecohouse Urca - Escritório - jan 2006				DIFERENÇA DA TEMPERATURA EXTERNA E INTERNA COM USO DA ESQUADRIA DE PVC COM VIDRO DUPLO Ecohouse Urca - Escritório - jan 2006			
Date/Time	Temperature (*C) interna c:1	Temperature (*C)externa c:2	Temperat externa - interna	Date/Time	Temperature (*C) interna c:1	Temperature (*C)externa c:2	Temperat externa - interna
01/14/06 00	27,91	26,34	-1,57	01/17/06 20	29,1	28,7	-0,4
01/14/06 02	27,91	25,56	-2,35	01/17/06 22	29,1	27,52	-1,58
01/14/06 04	27,52	25,17	-2,35	01/18/06 00	28,7	25,17	-3,53
01/14/06 06	27,52	24,4	-3,12	01/18/06 02	28,31	24,4	-3,91
01/14/06 08	27,12	24,79	-2,33	01/18/06 04	28,31	25,17	-3,14
01/14/06 10	27,12	25,17	-1,95	01/18/06 06	27,91	24,79	-3,12
01/14/06 12	27,52	27,91	0,39	01/18/06 08	27,91	24,01	-3,9
01/14/06 14	28,31	33,59	5,28	01/18/06 10	27,91	26,34	-1,57
01/14/06 16	28,7	41,52	12,82	01/18/06 12	27,91	27,12	-0,79
01/14/06 18	29,5	37	7,5	01/18/06 14	28,31	33,17	4,86
01/14/06 20	29,1	29,9	0,8	01/18/06 16	28,7	40,13	11,43
01/14/06 22	28,7	27,52	-1,18	01/18/06 18	29,1	33,17	4,07
01/15/06 00	28,31	27,12	-1,19	01/18/06 20	28,7	28,31	-0,39
01/15/06 02	28,31	25,95	-2,36	01/18/06 22	28,7	27,12	-1,58
01/15/06 04	27,91	25,56	-2,35	01/19/06 00	28,7	26,34	-2,36
01/15/06 06	27,52	25,17	-2,35	01/19/06 02	28,31	25,56	-2,75
01/15/06 08	27,52	23,63	-3,89	01/19/06 04	28,31	24,79	-3,52
01/15/06 10	27,52	24,79	-2,73	01/19/06 06	28,31	24,01	-4,3
01/15/06 12	27,91	26,73	-1,18	01/19/06 08	27,91	24,01	-3,9
01/15/06 14	28,31	32,76	4,45	01/19/06 10	27,91	25,17	-2,74
01/15/06 16	29,1	40,59	11,49	01/19/06 12	27,91	27,52	-0,39
01/15/06 18	29,5	35,27	5,77	01/19/06 14	28,31	35,27	6,96
01/15/06 20	29,1	29,5	0,4	01/19/06 16	29,1	43,91	14,81
01/15/06 22	29,1	27,52	-1,58	01/19/06 18	29,5	38,77	9,27
01/16/06 00	28,7	26,73	-1,97	01/19/06 20	29,5	30,71	1,21
01/16/06 02	28,7	25,95	-2,75	01/19/06 22	29,1	28,7	-0,4
01/16/06 04	28,31	25,17	-3,14	01/20/06 00	29,1	27,52	-1,58
01/16/06 06	28,31	24,4	-3,91	01/20/06 02	28,7	26,73	-1,97
01/16/06 08	28,31	23,24	-5,07	01/20/06 04	28,7	26,34	-2,36
01/16/06 10	27,91	24,79	-3,12	01/20/06 06	28,7	25,56	-3,14
01/16/06 12	27,91	27,52	-0,39	01/20/06 08	28,31	25,56	-2,75
01/16/06 14	28,7	34,43	5,73				
01/16/06 16	29,5	42,46	12,96				
01/16/06 18	29,9	37,44	7,54				
01/16/06 20	29,5	29,9	0,4				
01/16/06 22	29,1	25,17	-3,93				
01/17/06 00	29,1	24,79	-4,31				
01/17/06 02	28,7	25,17	-3,53				
01/17/06 04	28,31	24,01	-4,3				
01/17/06 06	28,31	24,01	-4,3				
01/17/06 08	27,91	24,01	-3,9				
01/17/06 10	27,91	25,17	-2,74				
01/17/06 12	28,31	27,91	-0,4				
01/17/06 14	28,31	35,27	6,96				
01/17/06 16	29,1	41,99	12,89				
01/17/06 18	29,5	35,7	6,2				

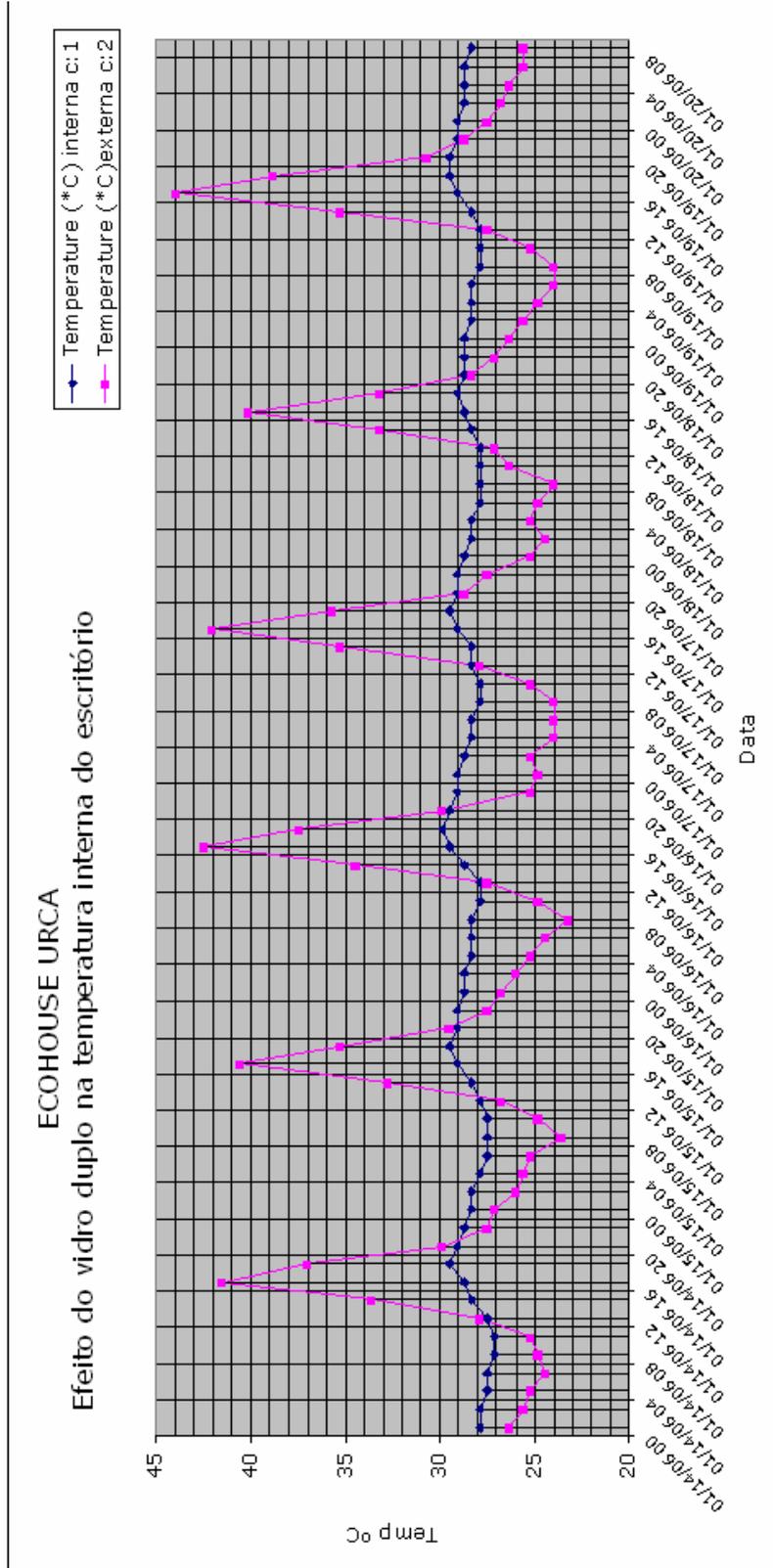


Gráfico 18: Efeito do vidro duplo na temperatura interna do escritório

5.8.4.4 Medição das temperaturas internas com e sem persiana interna

Como, apesar dos beirais e das esquadrias especiais instaladas não se conseguiu atingir um nível de conforto higrotérmico satisfatório no ambiente voltado para a fachada NO, foram instaladas persianas internas cedidas pela Luxaflex para o projeto Ecohouse, modelo rolô com tela solar #5. Foram medidas as temperaturas internas próximas à esquadria, com a persiana abaixada, e sem a persiana, sendo medida também a temperatura externa, conforme as figuras 151 a 154.



Figura 151: dataloggers Hobo medindo temp interna apoiados sobre cadeiras



Figura 152: datalogger Hobo#4, medindo temp interna perto do vidro sem persiana, protegido da insolação direta



Figura 153: Datalogger Hobo #5, medindo temp. ao lado vidro com persiana, e temp externa



Figura 154: sensor externo de temperatura, ligado ao datalogger Hobo #5



Figura 155: Metade da esquadria protegida por persiana interna, com sensor externo pendurado no beiral do lado de fora

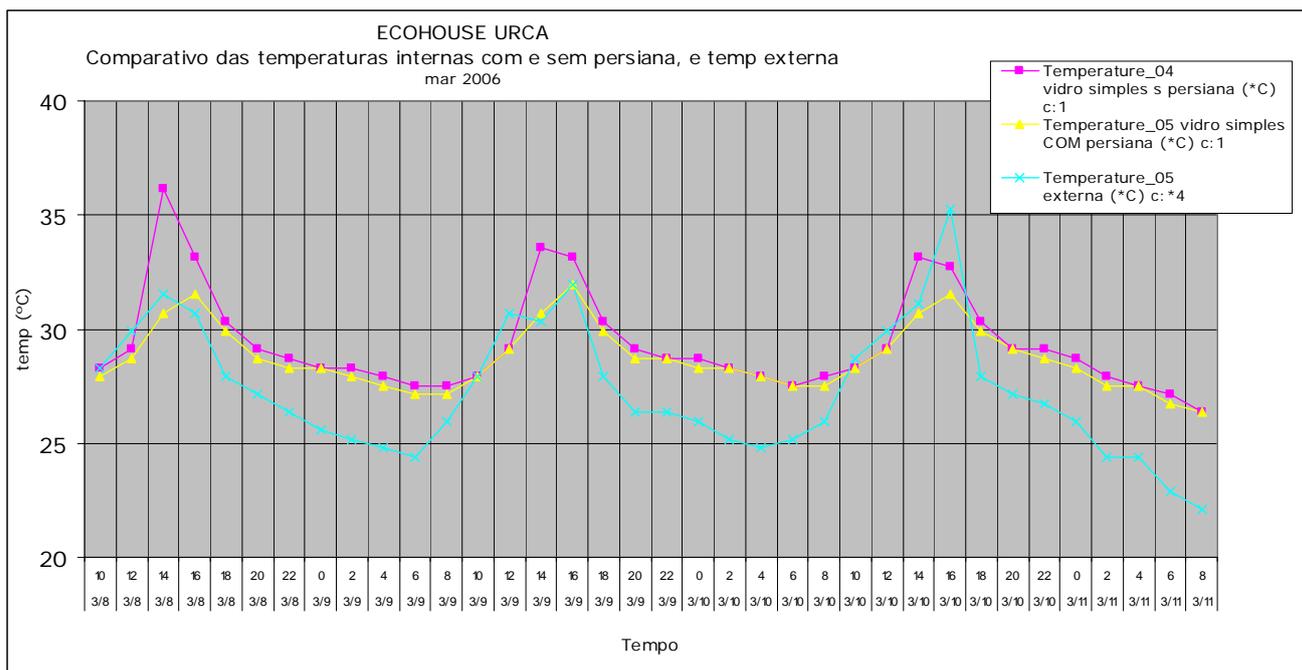


Gráfico 19: temperaturas interna com e sem persiana, e temp externa

Através dos dados da tabela 37 e do gráfico 19, percebe-se que a utilização da persiana interna reduz a temperatura próxima à esquadria em entre 1,20° e 2,90°C nos horários de pico de radiação, em relação à esquadria sem persiana. Ajuda também a reduzir o ofuscamento provocado pela radiação solar direta.

Tabela 37:Diferença de temperatura ambiente com persiana e sem persiana interna

ECOHOUSE URCA				
Temperaturas medidas na sala, vidro simples, com persiana e sem persiana				
mar 2006				
Date/Time	Temperature_04 vidro simples s persiana (*C) c: 1	Temperature_05 vidro simples COM persiana (*C) c: 1	Temperature_0 5 externa (*C) c: *4	Temp 04 - 05
3/8/2006 10:00	28,31	27,91	28,31	0,4
3/8/2006 12:00	29,1	28,7	29,9	0,4
3/8/2006 14:00	36,13	30,71	31,52	5,42
3/8/2006 16:00	33,17	31,52	30,71	1,65
3/8/2006 18:00	30,31	29,9	27,91	0,41
3/8/2006 20:00	29,1	28,7	27,12	0,4
3/8/2006 22:00	28,7	28,31	26,34	0,39
3/9/2006 00:00	28,31	28,31	25,56	0
3/9/2006 02:00	28,31	27,91	25,17	0,4
3/9/2006 04:00	27,91	27,52	24,79	0,39
3/9/2006 06:00	27,52	27,12	24,4	0,4
3/9/2006 08:00	27,52	27,12	25,95	0,4
3/9/2006 10:00	27,91	27,91	27,91	0
3/9/2006 12:00	29,1	29,1	30,71	0
3/9/2006 14:00	33,59	30,71	30,31	2,88
3/9/2006 16:00	33,17	31,93	31,93	1,24
3/9/2006 18:00	30,31	29,9	27,91	0,41
3/9/2006 20:00	29,1	28,7	26,34	0,4
3/9/2006 22:00	28,7	28,7	26,34	0
3/10/2006 00:00	28,7	28,31	25,95	0,39
3/10/2006 02:00	28,31	28,31	25,17	0
3/10/2006 04:00	27,91	27,91	24,79	0
3/10/2006 06:00	27,52	27,52	25,17	0
3/10/2006 08:00	27,91	27,52	25,95	0,39
3/10/2006 10:00	28,31	28,31	28,7	0
3/10/2006 12:00	29,1	29,1	29,9	0
3/10/2006 14:00	33,17	30,71	31,12	2,46
3/10/2006 16:00	32,76	31,52	35,27	1,24
3/10/2006 18:00	30,31	29,9	27,91	0,41
3/10/2006 20:00	29,1	29,1	27,12	0
3/10/2006 22:00	29,1	28,7	26,73	0,4
3/11/2006 00:00	28,7	28,31	25,95	0,39
3/11/2006 02:00	27,91	27,52	24,4	0,39
3/11/2006 04:00	27,52	27,52	24,4	0
3/11/2006 06:00	27,12	26,73	22,86	0,39
3/11/2006 08:00	26,34	26,34	22,09	0

5.8.5 Análise do Conforto Ambiental pelos Usuários

Habitam na Ecohouse Urca quatro pessoas desde Novembro de 2003. Segue uma tabela síntese (n.38) do conforto térmico percebido pelos mesmos nos diversos ambientes da residência, anotada através de entrevistas com os moradores.

Todos os ambientes da fachada NO, apresentam desconforto térmico à tarde. A radiação solar direta também produz ofuscamento intenso no verão. Como foi visto neste trabalho, a utilização dos telhados verdes, fachadas verdes e esquadrias especiais ajudam a reduzir estes problemas, mas não os eliminam. No parecer da autora, sempre que possível, a melhor solução é sombrear estas fachadas no verão, evitando a incidência da radiação solar direta que tanto aumenta a carga térmica e o ofuscamento.

Tabela 38: Análise do Conforto Ambiental pelos Usuários

ECOHOUSE URCA – Análise do Conforto Ambiental pelos Usuários			
AMBIENTE	CONFORTO TÉRMICO	ILUMINAÇÃO NATURAL	OFUSCAMENTO
Suíte 1	D tarde	E	M-
Banheiro 1	E	B	NE
Suíte 2	D tarde	E	M-
Banheiro 2	B	E	NE
Lavanderia	D tarde	E	NE
Quarto de empregada	B	B	NE
Banh empregada	E	E	NE
Cozinha	E	E	NE
Sala de Estar	E	B	NE
Sala de Estar 2	D tarde	E	M-
Sala de Jantar	D tarde	E	M-
Varanda	D tarde	E	M-
Escritório	D tarde	B	M-
Suíte Máster	D tarde	E	M-
Banheiro Master	B	E	M-

Legenda:

D tarde: desconforto no período da tarde, no verão, a partir de aproximadamente 13:30; mesmo com persianas internas ou externas, é necessário o uso de ar condicionado ou ventilação mecânica.

M-: desconforto intenso, melhora muito com o uso de persiana Soltis 86 externa, e um pouco menos com o uso de persiana interna solar#5 Luxaflex ou persiana comum.

E: excelente

B: bom

NE: não existe

5.9. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – DESCRIÇÃO DAS TÉCNICAS UTILIZADAS

A eficiência energética no Projeto Ecohouse Urca está fundamentada nos seguintes

itens: otimização da iluminação natural e artificial, utilização de aquecimento solar de água e otimização do arrefecimento passivo (este último descrito no item 5.8).

Quanto à iluminação artificial, a definição de um projeto luminotécnico com a cuidadosa especificação de lâmpadas e luminárias faz toda a diferença no consumo de energia e no conforto visual e térmico resultante. O conforto térmico deve ser mencionado aqui, porque existem vários tipos de lâmpadas que emitem muito calor. Mais de 90% da energia consumida por uma lâmpada incandescente comum é convertida em calor, e apenas 10% em luz⁶⁶.

Um projeto de iluminação adequado, portanto, não consiste apenas em especificar a lâmpada correta para cada tarefa. Engloba também tipos diferentes de luminárias eficientes, sensores de presença, dimmers. Atualmente o conceito de iluminação de tarefa está amplamente difundido. Iluminar todo o cômodo ao nível de tarefa específica é a mesma coisa que refrigerar a cozinha toda para conservar alimentos perecíveis. Uma das maneiras mais eficientes e simples de conservar energia ao mesmo tempo em que melhora a qualidade da iluminação é fornecendo mais lumens apenas onde eles são necessários, diminuindo os níveis de iluminação no restante do cômodo.

Na Ecohouse Urca, todas as lâmpadas são fluorescentes compactas, hoje fornecidas nas tonalidades branca e amarela, o que melhora a qualidade final da iluminação. Apenas em dois pontos de iluminação de destaque, em duas escadas, foram usadas lâmpadas Par (halógenas). A tabela 39 mostra uma análise comparativa do custo do ciclo de vida de uma lâmpada incandescente e uma fluorescente compacta.

As lâmpadas LED (Light Emitting Diode) são uma tecnologia emergente com potencial significativo para economia de energia e longevidade. Na realidade o LED é um semicondutor que emite luz, sendo atualmente aproximadamente 3 vezes mais eficiente que a lâmpada incandescente comum, e este número tende a aumentar com a rápida evolução da tecnologia. Pode durar de 50 a 100 mil horas. A iluminação balizadora externa das lajes verdes da Ecohouse Urca é feita por pequenos sistemas com lâmpadas LED, alimentadas por

⁶⁶ Em muitos canteiros de obra no Brasil, os operários esquentam suas marmitas em uma caixa de madeira, com uma lâmpada incandescente dentro.

coletor solar fotovoltaico, como ilustrado nas figuras 156 e 157. O sistema possui um coletor solar fotovoltaico com baterias recarregáveis NiMH, e três spots direcionáveis, cada um com três lâmpadas led de 1W. O custo de cada sistema é de aproximadamente US\$40,00 (nos Estados Unidos), o que atualmente equivaleria a R\$ 85,00 (oitenta e cinco reais). Muitas luminárias de jardim, sem a lâmpada, custam bem mais do que isto.

Tabela 39: Análise do ciclo de vida de lâmpada incandescente x fluorescente compacta

Fonte: RMI

	Standard incandescent "Long-life"	Compact fluorescent lamp "Triple twin"
energy consumed (watts)	75	20
rated lamp life (hours)	1,500	12,000
cost per bulb	\$0.48	\$8.39
life of bulb* (years)	1.0	8.2
energy use per year* (kWh)	109.5	29.2
operating cost per year (at \$0.085/kWh)	\$9.3	\$2.5
savings per year	NA	\$6.8
payback time for price of CFL (years)	NA	1.2
total life-cycle costs	\$80.34	\$28.79
total life-cycle savings		\$51.52

* With an average use-rate of 4 hours per day

Source: RMI analysis



Figura 156: coletor solar fotovoltaico c/ bateria p alimentar spots com Leds



Figura 157: spot para jardim com três Leds

5.9.1 Iluminação Natural

Janelas que admitem a luz do dia nas edificações são importantes não só para a iluminação, mas também para se ter uma vista e uma conexão com o lado externo. A luz do dia é inclusive importante pela sua qualidade, composição espectral e variabilidade. Estudos das reações das pessoas em ambientes internos sugerem que elas preferem a luz natural porque esta preenche dois requisitos básicos do ser humano: ser capaz de enxergar bem o espaço e a tarefa, e poder ter estímulo do ambiente natural (NATIONAL LIGHTING BUREAU, 1996). Vários estudos feitos na Europa e nos Estados Unidos mostram que trabalhar por longas horas com iluminação artificial é prejudicial à saúde; e trabalhar com luz natural resulta em menos stress e desconforto, aumentando a produtividade e diminuindo o absenteísmo.

A luz natural produz alto nível de iluminação e permite excelente índice de reprodução de cor. Estas duas propriedades significam que a luz natural fornece condições para uma boa visão. A luz natural, entretanto, pode produzir ofuscamento solar e alta reflexão em telas de computador. Portanto, o efeito da iluminação natural no desempenho de tarefas depende de como a luz natural é utilizada. Todos estes fatores devem ser considerados no projeto de iluminação natural.

O projeto de reforma da Ecohouse Urca foi idealizado para tirar o máximo proveito da iluminação natural. Em nenhum dos cômodos da residência é necessário o uso de iluminação artificial no período diurno. As janelas da fachada NO, no 2º pavimento, foram posicionadas de maneira a mostrar a vista da Baía de Guanabara. Por efeito da orientação, para o máximo conforto térmico deveriam ser totalmente sombreadas no período de novembro a abril, mas isto não foi possível. O uso de persianas internas e pé-direito alto ajudam a amainar o desconforto neste período, diminuindo porém o nível de iluminação interno. Isto foi resolvido abrindo-se janelas na fachada SO e SE, além do uso de tijolos de vidro, conforme figuras 157 e 122. A eliminação das paredes internas neste bloco, feita com o objetivo de possibilitar a ventilação cruzada (figuras 139 e 140), também impactou a iluminação natural do ambiente das salas e cozinha, possibilitando que o mesmo fosse também iluminado pelo pátio interno existente entre os dois blocos da residência (projeto integrado – uma intervenção impacta ao mesmo tempo dois aspectos do conforto ambiental).

No ambiente do escritório, para melhorar a iluminação natural prejudicada pela persiana externa soltis 86, tanto o teto quanto as paredes foram pintados de branco, para melhor refletir a luz incidente. O piso é de cerâmica Brennan cor Bege, e os móveis são também de cores claras.



Figura 158: janelas da fachada SE ajudam na iluminação

5.9.2 Aquecimento Solar de Água

A cidade do Rio de Janeiro situa-se na faixa de 5300 a 5700Wh/m² de irradiação global (fonte: Atlas de Irradiação Solar do Brasil). Temos portanto radiação solar suficiente para utilizar o aquecimento solar da água.

Na Ecohouse Urca utilizamos duas baterias de coletores solares planos, fornecidos pela Transen como patrocínio ao projeto. A decisão de utilizar dois sistemas separados foi para que a água quente tivesse que percorrer o menor caminho possível até os pontos de uso. Os dois sistemas de coletores estão instalados nas lajes verdes, com orientação para o Norte verdadeiro, e uma inclinação de 33°. A circulação da água se dá por termosifão, em um sistema fechado – que consiste no fato de a água quente subir (fenômeno conhecido como convecção natural) fazendo a água circular pelos coletores e para o acumulador, eliminando o uso de bombas. Neste tipo de instalação, o acumulador (boiler) tem que ficar acima do coletor. À medida que a água nos coletores esquenta, ela se torna mais leve e sobe naturalmente para dentro do acumulador. Ao mesmo tempo, a água mais fria de dentro do acumulador desce por gravidade para a parte inferior do coletor, fazendo a água circular por

todo o sistema, conforme figura 159.

O sistema #1 tem dois coletores solares ($3,4\text{m}^2$) e um acumulador de 200 litros. Abastece o banheiro da suíte Máster, o lavabo (com chuveiro) e a lavanderia. Para apoio deste sistema está previsto um aquecedor a gás de passagem, que todavia ainda não foi instalado por não ter sido necessário até o presente momento.



Figura 159: Sistema #1 de aquecimento solar



Figura 160: sistema #2 de aquecimento solar

O sistema #2 tem 3 placas solares horizontais ($6,8\text{m}^2$) e um acumulador de 400 litros. Abastece os banheiros das suítes 1 e 2, banheiro de empregada e cozinha. O apoio deste sistema é uma resistência elétrica de 3000W (220V). Em relação ao fornecimento de água aquecida para a cozinha e lavanderia, o objetivo é alimentar inclusive a máquina de lavar louças e a máquina de lavar roupas com a água aquecida pelo sistema solar.

Em ambos os sistemas os coletores são modelo TR5 da Transen, classificação INmetro B, com eficiência de 54,5% e área externa de $1,71\text{m}^2$ cada, com uma produção estimada de $75\text{KWh}/\text{mês}/\text{m}^2$. Sendo a área total de coletores de $8,55\text{m}^2$, calcula-se que a produção total estimada de energia é de $641,25\text{KWh}/\text{mês}$.

Analisando a tabela 40, resultado de análise do dimensionamento utilizando o sistema F-chart, pode-se verificar que a fração solar anual é de 0,95 com área de coletores de 9m^2 . Como existe área suficiente nas lajes verdes para instalação dos coletores orientados para o norte verdadeiro, foi escolhido instalar a área máxima, respeitando a modulação de $1,71\text{m}^2$.

Tabela 40: Dimensionamento da área de coletores solares utilizando o software F-chart

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA SOLAR PARA AQUECIMENTO DE AGUA —

EBPC/94 |

| RESULTADOS para area da superficie captadora de 9 m² |

| Necessidade diaria de agua (l/dia) = 125 |

| Necessidade anual (kWh) = 1037 |

|

| Mes X Y f Energia Solar Util(kJ/mes) |

| ----- |

| 1 61.0098 0.3256 0.9500 262028 |

| 2 63.2532 5.3889 0.9500 231101 |

| 3 59.0280 8.6411 0.9500 268193 |

| 4 54.7801 8.4608 0.9500 277441 |

| 5 48.5239 7.3470 0.9500 312892 |

| 6 45.6868 6.7941 0.9500 316223 |

| 7 42.0357 6.6333 0.9500 343719 |

| 8 43.4196 6.9981 0.9500 336012 |

| 9 44.1526 6.2679 0.9500 320698 |

| 10 48.9912 5.5056 0.9500 311351 |

| 11 51.6242 2.0915 0.9500 289374 |

| 12 57.0630 -0.5470 0.9500 277441 |

|

| Fração Anual: 0.950 Energia Util Anual: 985.13 KWh

A resistência elétrica de apoio ao sistema solar só precisa ser ligada quando o céu está muito encoberto durante dois ou mais dias, no período de inverno. No período de verão ela não foi ligada uma única vez nos dois anos de uso.

Estava previsto no projeto de hidráulica uma pequena bomba para cada sistema de aquecimento solar, para a recirculação da água dentro do sistema (boiler - pontos de uso - boiler), fazendo com que a água nos canos de alimentação aos pontos de uso estivesse sempre

quente. Um erro de julgamento fez com que estas bombas não fossem instaladas a fim de cortar gastos com energia elétrica. No entanto, o uso comprovou que a quantidade de água desperdiçada, ao se esperar que a água quente atinja o ponto de consumo é bastante grande – o custo/benefício da instalação das bombas de recirculação (incluindo o gasto mensal de energia elétrica) teria sido uma opção melhor.

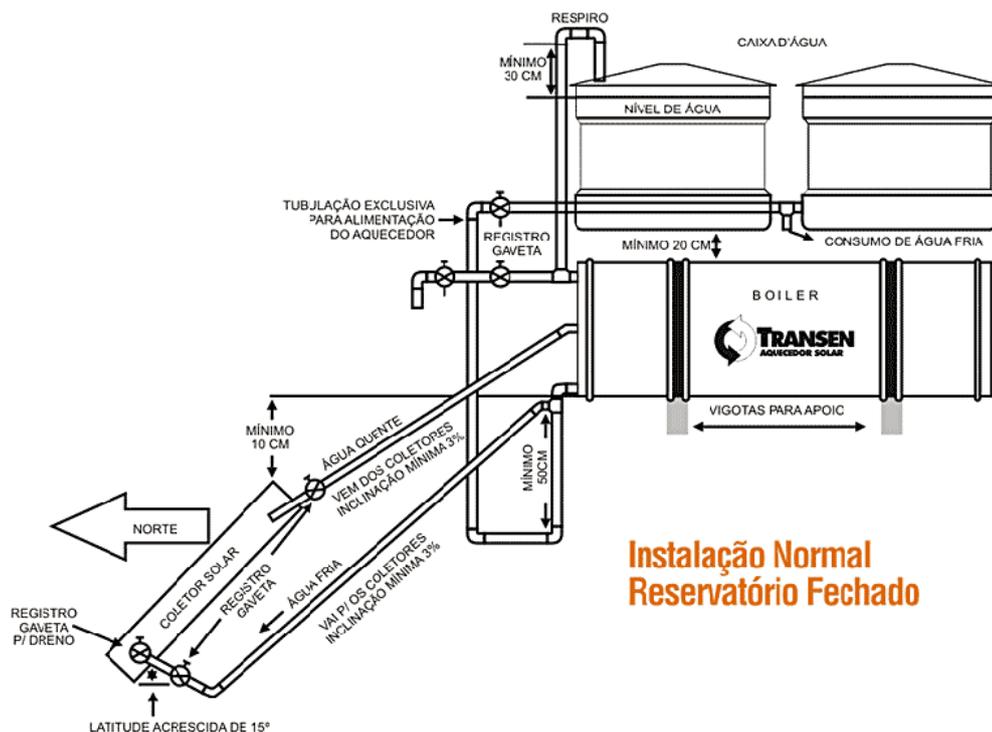


Figura 161: Esquema do sistema de aquecimento solar de água por termosifão, sistema fechado
Fonte: Manual de Aquecimento Solar Transen

5.9.3 Redução do consumo de energia elétrica e de gás

O consumo de energia elétrica vem aumentando a cada ano em todo o Brasil. Em parte, isso acontece porque o país está crescendo, o que significa mais indústrias, serviços, empregos etc. Mas outra parte é puro desperdício de energia. Além disso, há uma concentração do uso de energia elétrica no período das 18 às 21 horas. Essa é a hora em que as pessoas voltam do trabalho ou do colégio para suas casas; acendem lâmpadas, assistem à TV, tomam banho, ligam ventiladores ou aparelhos de ar condicionado, enfim, consomem muito energia ao mesmo tempo. Isso gera uma sobrecarga no sistema elétrico, podendo causar problemas no fornecimento.

Infelizmente ainda não existem no Brasil estudos definindo o consumo médio de eletricidade por segmentos, e por tipo de utilização. Para poder fazer uma comparação do

consumo médio de eletricidade da Ecohouse, seria necessária a existência de um parâmetro de consumo médio de energia para consumidor residencial, de X KWh/mês/m² por habitante de residências classe A, B, C, D e E. É possível afirmar, porém, que o consumo médio de energia elétrica da Ecohouse, no ano de 2005 (tabela 42), é otimizado devido a:

- Utilização de iluminação natural durante o dia
- Iluminação artificial projetada para iluminação geral e iluminação de tarefas, não desperdiçando iluminação quando não é necessária. 98% das lâmpadas utilizadas são fluorescentes compactas.
- Arrefecimento passivo através de lajes verdes, fachadas verdes, ventilação natural e forçada, esquadrias especiais, beirais, persianas – que diminuem a carga térmica no interior da edificação, reduzindo o uso de energia elétrica para condicionamento artificial do ar
- Utilização de aquecimento solar de água com sistema de termo-sifão
- Selo Procel de Conservação de Energia nos eletrodomésticos de maior consumo: 1 geladeira, 1 freezer, 2 sistemas bi-split de ar condicionado
- Sistema de bombeamento de água projetado com o devido cuidado para que os motores das bombas trabalhem dentro de suas capacidades, consumindo o menos possível de energia

A variação no consumo mostrada na tabela 42, para mais, nos meses de agosto, setembro e outubro de 2005 ocorreu por conta de pessoas que se hospedaram na Ecohouse por períodos maiores ou menores de tempo durante estes meses. No ano de 2004, porém, é nítido o aumento de consumo nos meses de verão – a partir de novembro – devido ao uso de ar condicionado e/ ou uso por períodos prolongados de ventiladores de teto.

Pode-se notar a grande redução no consumo de gás, mostrado na tabela 41, após a mudança do gás manufacturado para o gás natural, em maio de 2005. O gás é utilizado apenas no fogão de 6 bocas.

O consumo medido de gás em 2005 na Ecohouse Urca está detalhado na tabela abaixo.

Tabela 41: Consumo medido de gás da Ecohouse Urca - 2005

CONSUMO GÁS ECOHOUSE URCA		
2005	Consumo (m3)	Valor R\$
JAN	43	48,83
FEV	34	37,16
MAR	34	37,22
ABR	26	27,14
MAI*	24	27,2
JUN	12	28,93
JUL	11	26,12
AGO	10	23,3
SET	10	23,3
OUT		
NOV	11	26,44
DEZ	9	20,88

* Mês da troca para gás natural

Tabela 42: Consumo medido de energia elétrica Ecohouse Urca

CONSUMO ELETRICIDADE ECOHOUSE URCA			
DATA DA MEDIÇÃO	consumo (kWh)	média diária (kWh)	Valor R\$
2004			
1/jul	509	16,96	247,04
2/ago	624	19,50	283,20
1/set	568	18,93	257,79
1/out	555	18,50	251,88
1/nov	824	26,58	373,98
2/dez	723	23,32	
MÉDIA	634	21	
2005			
3/jan	695	21,71	
1/fev	595	20,51	268,65
2/mar	679	23,41	306,57
1/abr	736	24,53	332,32
2/mai	708	22,83	319,37
1/jun	654	21,80	294,63
1/jul	588	19,60	264,90
1/ago	787	25,38	353,38
1/set	827	26,67	369,92
3/out	884	27,62	395,11
1/nov	749	25,82	334,76
2/dez	724	23,35	368,72
MÉDIA	719	23,60	328,03

5.10 AVALIAÇÃO HQE DA ECOHOUSE URCA

Qualquer método de avaliação de edifícios – para que possa ser considerado válido - deve ter como base um cenário condizente à realidade do local. No campo da avaliação das edificações este cenário deve abranger tanto o perfil dos usuários, quanto o climático e sócio-cultural. Conforme mencionado por Silva (2003), dados nacionais relevantes, como normas e leis, tornam-se os “benchmarks” a partir dos quais é avaliado o desempenho de cada alvo a ser atingido.

No Brasil não existe ainda um conjunto de normas e leis orientados especificamente à qualidade ambiental de edificações (além de algumas leis e normas ABNT relativas a consumo energético e de água), o que dificulta a realização de uma avaliação ambiental.

Portanto, a análise de Alta Qualidade Ambiental de Edificações – AQAE - da Ecohouse foi baseada apenas na definição de atendimento ou não atendimento dos alvos designados como prioritários para este projeto. Como já mencionado neste trabalho, a preocupação prioritária na reforma da Ecohouse foi melhorar o conforto higrotérmico da edificação, porque este era o maior incômodo existente. Como a construção original data de 1930, e as instalações elétricas e hidráulicas estavam em péssimas condições na época do planejamento do projeto, a eficiência do uso da água e da energia puderam ser inseridos também como alvos prioritários:

Assim, dos 14 alvos descritos pelo Método foram destacados os 7 alvos abaixo:

AMBIENTE EXTERNO

Alvo #1: Relação harmoniosa da edificação com o contorno imediato

- vantagens e desvantagens das características do local e do projeto dentro da organização arquitetônica e funcional do projeto;
- utilização das oportunidades oferecidas pela vizinhança e pelo local;
- gestão das vantagens e desvantagens do terreno para criar uma qualidade de vida agradável;
- redução dos riscos de incômodos entre a construção, sua vizinhança e o local.

Alvo #4: Gestão de Energia

- ênfase na redução da demanda das necessidades
- redução dos impactos associados ao uso da energia
- ênfase na eficácia dos equipamentos de energia utilizados
- utilização de geração própria em detrimento da geração a combustão

Alvo #5: Gestão de Água

- gestão da água potável
- utilização de água não potável
- saneamento das águas usadas
- gestão das águas pluviais

AMBIENTE INTERNO

Alvo #8: Conforto Higrotérmico

- manutenção das condições de conforto higrotérmico
- homogeneidade das ambiências hidro-termicas
- zoneamento

Alvo #10: Conforto Visual

- relações visuais satisfatórias com o exterior
- otimização da iluminação natural
- iluminação artificial complementar à iluminação natural

Alvo #12: Condições Sanitárias

- criação de condições de higiene
- facilitação da limpeza e evacuação dos dejetos
- facilitação dos cuidados com a saúde
- criação de conveniências para pessoas deficientes

Alvo #14: Qualidade da Água

- proteção da rede de distribuição coletiva de água potável
- manutenção da qualidade da água potável dentro da edificação
- melhoria eventual da qualidade da água potável

linhas que acessam a Central do Brasil e a zona Oeste.

Por ser um bairro de ruas estreitas, e portanto inibidor de altas velocidades, o transporte local por bicicleta é usado por muitos moradores da área, assim como o trânsito a pé. Acessibilidade para portadores de deficiências físicas, porém, é inexistente. As calçadas e as ruas são esburacadas, e o meio fio chega a 30 cm de altura em alguns lugares.

5.10.2 Detalhamento de atendimento aos alvos prioritários

Segue abaixo tabela com descrição detalhada do atendimento ou não de dois alvos considerados prioritários (descritos no item 5.10), e seus sub-alvos com respectivas preocupações e características, como ilustração do procedimento de análise adotado.

Tabela 43: Análise do atendimento aos alvos AQAE prioritários da Ecohouse Urca

Alvo n.1: Relação harmoniosa da construção com o entorno imediato			
Preocupação	Características	Critérios	
		Descrição	Estado
1.1 Organização do sítio para um desenvolvimento urbano durável			
1.1.1. Assegurar a coerência entre o projeto do terreno e a política do bairro quanto à organização e ao desenvolvimento durável do território	Coerência na conexão dos seguintes pontos: energia limpeza dejetos recursos de água serviços, etc	Instalação de latas de lixo separadas para dejetos orgânicos e recicláveis na cozinha – coleta seletiva; Lajes verdes reduzem o volume de água na rua durante o pico da chuva; Instalação de sistema de águas potáveis e não-potáveis para reduzir o consumo de água potável Utilização de arrefecimento passivo e iluminação planejada para melhorar a eficiência energética	A
1.1.2. Determinação dos modos de transporte, favorecendo aqueles que sejam menos poluentes	Coerência urbana e favorecimento dos transportes não-poluentes	A escolha do bairro da Urca pelos usuários se deu pela localização próxima aos pontos de trabalho e de escola – máximo de tempo de deslocamento em torno de 20'. Possibilidade de utilização de	A

⁶⁷ AQAE: alta qualidade ambiental de edificações

		bicicleta para deslocamentos curtos – clube, academia. Circulação pelo bairro pode ser feita à pé – supermercado, padaria, jornal, etc	
1.1.3. Preservar os ecossistemas e a biodiversidade	Preservação/ melhoria da qualidade ecológica do sítio e da biodiversidade	Lajes ajardinadas criaram áreas verdes aonde a área toda era impermeabilizada; Lajes verdes criaram local para convivência de pássaros e inclusive morcegos Foi plantada uma pitangueira e ervas como capim-limão, hortelã, mangericão, alecrim e salsinha. Foram plantadas espécies nativas que necessitam de pouca água para se desenvolver, reduzindo a necessidade de irrigação. Fachadas verdes criam área de atração para pássaros.	A
1.1.4. Prevenir o risco de inundação dentro de zonas sensíveis e limitar a poluição difusa	Ações tomadas para limitar o runoff de águas pluviais	Instalação de lajes verdes substituindo toda a área de telhado, e uma cisterna coletora de águas pluviais de 4m ³ .	A
1.2. Qualidade ambiental dos espaços externos para os usuários			
1.2.1. Criar um ambiente climático externo agradável	Vento	por ser uma área de ventos moderados não foi necessário implementar barreiras externas ao vento	A
	Precipitações	Foram construídos beirais com pingadeiras à volta toda da edificação para evitar que a água da chuva escorra pelas paredes e janelas Todas as áreas externas receberam caimentos para os ralos para evitar acúmulo de água de chuva nos pisos.	
	Insolação	A edificação tem uma excelente exposição solar, possibilitando o crescimento dos jardins nas lajes	
1.2.2. Criar um ambiente acústico exterior agradável	Fontes de incômodos acústicos no exterior (gerados pelo entorno imediato ou pela edificação)	Inexistem fontes de incômodos acústicos externos – à exceção de festas de vizinhos ou no Morro da Urca.	NA
1.2.3. Criar um ambiente visual agradável	Acesso a vistas	Foram criadas janelas na sala que dão vista para um terreno vazio (e à Baía de Guanabara ao fundo), e fechadas as que davam vista para um prédio em frente. As lajes verdes criadas permitem vistas para quase toda a Baía de Guanabara, Cristo Redentor, Pedra da Gávea, etc A vista da edificação, do exterior para o interior, também foi	A

		melhorada pela implantação das lajes e fachadas verdes	
	Iluminação externa	Foram instaladas luminárias com lâmpadas fluorescentes compactas nas escadas de acesso aos andares e no pátio interno; e luminárias fotovoltaicas nas lajes verdes.	
1.2.4. Assegurar espaços externos saudáveis	Poluição dos espaços externos	A tubulação de ventilação do esgoto saía 60cm acima da laje verde – foi trocada por uma tubulação que sai 1,70 acima da laje para evitar os odores para os usuários da edificação e para os vizinhos.	A
1.3. Impactos da edificação na vizinhança			
1.3.1. Assegurar o direito dos vizinhos à insolação	Duração da insolação direta nas aberturas das fachadas das edificações vizinhas	Como a Ecohouse está implantada colada às divisas do terreno, não foi possível atender a esta preocupação	NA
1.3.2. Assegurar o direito dos vizinhos à iluminação	Efeitos da máscara de sombras da edificação sobre as construções vizinhas	idem	NA
1.3.4. Assegurar o direito dos vizinhos à vista	Acesso à vistas	com a eliminação do telhado antigo da Ecohouse, o vizinho pode ter acesso melhor à vista da Urca (direção da Av Pasteur), e ganhou a vista de um belo jardim	A

Alvo n.4 Gestão de Energia

Preocupação	Características	Critérios	
		Descrição	Estado
4.1. Concepção arquitetônica visando a otimização do consumo de energia			
4.1.1. Melhorar a capacidade da edificação de reduzir as necessidades de resfriamento por meios passivos, eliminando também os desperdícios através das paredes.	Concepção passiva do envelope e da estrutura, levando em conta as oportunidades do terreno	Instalação das lajes verdes e fachadas verdes evitando ganho excessivo de calor Instalação de esquadrias em PVC com vidros especiais instalação de persianas solares externas e internas Instalação de beirais instalação de pergolados com plantas	A
4.1.2. Melhorar a capacidade da edificação de reduzir a necessidade de iluminação artificial	Concepção das partes envidraçadas e das escolhas arquitetônicas interiores	Todos os cômodos da Ecohouse funcionam com iluminação natural durante o dia inteiro. Mesmo com a utilização de persianas internas ou externas para barrar a insolação excessiva, ao ambientes continuam dentro da Norma de iluminação por tarefas	A

4.2. Redução do consumo de energia primária e utilização de energias renováveis			
4.2.1. Reduzir o consumo de energia primária devido a condicionamento de ar, ventilação e iluminação	Na falta de números referenciais básicos, esta avaliação deverá ser feita com base nas intervenções adotadas visando a redução do consumo de energia.	<p>Consumo de energia devido a iluminação: O projeto luminotécnico com utilização de iluminação geral e iluminação de tarefas, 95% das lâmpadas utilizadas sendo fluorescentes compactas e iluminação das lajes verdes é com lâmpadas fotovoltaicas. O projeto proveu de luz natural suficiente em todos os cômodos durante o dia, não sendo necessário a utilização de iluminação artificial neste período.</p> <p>A utilização de técnicas de arrefecimento passivo ajudaram a reduzir a carga térmica no interior da edificação: Lajes verdes, fachada verde, beirais e esquadrias especiais, persianas solares externas e internas, ventilação cruzada.</p>	A
4.2.2. Utilização de equipamentos economizadores de energia	Especificação de equipamentos domésticos e de escritório que tenham o Selo Procel de conservação de energia	Equipamentos de consumo de energia elétrica otimizado, adquiridos após o surgimento do selo Procel: Geladeira 310 L Freezer 100 L Impressora jato de tinta 2 sistemas bi-split system de AC	A
4.2.3. Utilização de energias renováveis locais	Exploração de energias renováveis locais identificadas como tecnicamente e ambientalmente exploráveis por estudo de viabilidade	Aquecimento solar de água Para 5 banheiros Cozinha lavanderia	A

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Desenvolvimento Sustentável é o desafio de atender às crescentes necessidades dos indivíduos por recursos naturais, produtos industrializados, energia, comida, água, transporte, abrigo, e gerenciamento eficiente do lixo, ao mesmo tempo em que protege e conserva a qualidade ambiental e a base de recursos naturais essenciais à vida e ao desenvolvimento futuros do planeta. Este conceito reconhece que atender às necessidades de longo prazo dos seres humanos será impossível a não ser que também conservemos os sistemas físico, químico e natural da Terra.”⁶⁸

Os objetivos principais da arquitetura sustentável são, através das decisões de projeto, contribuir para evitar o esgotamento de recursos energéticos, água e matérias primas; reduzir a degradação ambiental causada por edificações e infra-estrutura ao longo de seus ciclos de vida; e criar ambientes construídos que sejam confortáveis, seguros, saudáveis, acessíveis e produtivos.

Apesar de a definição de Edificação Sustentável, ou “Green Building”, estar *constantemente evoluindo*, existem seis princípios fundamentais de relativa unanimidade:

1. Otimização do Sítio

O projeto e construção de edificações sustentáveis começa com a seleção apropriada do terreno, incluindo considerações de reuso e re-habilitação de edificações existentes, e não apenas baseada em fatores comerciais. A localização, orientação, e paisagismo de um edifício afetam os ecossistemas locais, os métodos de transporte, o uso da energia e da água. A segurança física e patrimonial tornou-se também um aspecto crítico na otimização do local. As estradas e ruas de acesso, estacionamentos, iluminação pública e do terreno tem que estar integrados no processo de projeto juntamente com as outras considerações.

Na pesquisa efetuada, o estudo do microclima do bairro da Urca, assim como das

⁶⁸ Definição de Desenvolvimento Sustentável da “Civil Engineering Research Foundation”, Washington, DC.

condições de mobilidade auxiliaram na decisão de investimento na reforma da residência. A localização do bairro dentro da cidade, refletindo a proximidade e facilidade de acesso ao centro da cidade, a Botafogo, e ao resto da Zona Sul – áreas de influencia da família moradora – quer seja de metrô, ônibus, e até mesmo de bicicleta, foi um fator fundamental na decisão de compra e reforma.

2. Otimização do uso da energia

É imperativo encontrar soluções para reduzir no mais curto espaço de tempo – face aos prognósticos de novos e próximos períodos de escassez energética - a carga térmica da edificação (em nosso clima tropical), melhorar a eficiência, e utilizar fontes renováveis de energia. Este foi um dos alvos prioritários do projeto Ecohouse, tendo sido alcançado primordialmente através do planejamento preliminar e da coordenação de projetos complementares, como os de hidráulica e elétrica. A redução de carga térmica precisa ser pensada desde o começo, porque conforme mencionado anteriormente, as técnicas de arrefecimento passivo em geral influenciam na morfologia e na concepção original.

De forma complementar, mas não menos importante, a busca na especificação de equipamentos de novas tecnologias otimizadoras, como os eletrodomésticos com o Selo Procel de Conservação de Energia, e o uso de lâmpadas LED e fluorescentes compactas (ver item 5.9).

A utilização de aquecimento solar de água, que pode ser considerada uma tecnologia trivial nos dias de hoje, demonstrou uma vez mais sua facilidade de implantação e gestão, tendo sido aprovada sem problemas neste período de dois anos de uso na Ecohouse Urca.

3. Gestão da Água e Saneamento Básico

Uma edificação sustentável deve reduzir e controlar o consumo de água através de equipamentos e tecnologias economizadoras e da manutenção preventiva. Deve também fazer a captação e reuso de água da chuva para usos não-potáveis, deixando de utilizar água cara e tratada aonde não é necessária e ainda auxiliando no controle de enchentes.

A legislação de alguns estados no Brasil já começa a contemplar o assunto de água

de chuva, porém seus textos podem ser melhorados para otimizar sua utilização.

Este estudo mostrou uma economia de 20% do consumo total de água na Ecohouse Urca pelo uso de água de chuva para usos não-potáveis. Produziu também ICs (índice de consumo por pessoa por dia) para:

- água potável = 210 litros
- água não-potável de chuva = 50 litros
- total = 260 litros

iniciando desta maneira uma base de dados para, em conjunto com outras, auxiliar na elaboração de Normas Brasileiras.

Fazer o tratamento e reuso do esgoto domiciliar para reutilização da água em usos não potáveis requer bastante atenção e detalhe. Não podem ser utilizados no dia a dia produtos de limpeza que contenham cloro, amônia e outros químicos que possam afetar o crescimento e proliferação das bactérias responsáveis pelo tratamento biológico. É imprescindível um controle da qualidade da água através de análises físico-químicas periódicas, para se evitar quaisquer riscos à saúde dos usuários, conforme destacado no item 4.4 deste trabalho. A autora não acredita que seja viável a utilização deste tipo de equipamento e tratamento em residências uni-familiares, porque não há possibilidade de fiscalização da qualidade da água resultante efetuada por parte do poder público. A utilização deste tipo de tratamento seria viável para prédios de apartamentos, condomínios, hospitais, comunidades rurais, aonde seja possível a contratação de uma pessoa treinada para fazer a manutenção periódica e a orientação dos usuários.

4. Utilização de materiais reciclados e/ ou recicláveis

Uma edificação sustentável deve ser construída com materiais que minimizem os impactos ambientais de seus ciclos de vida, como aquecimento global, esgotamento de recursos naturais e toxidade para o ser humano. Deve-se procurar, em primeiro lugar reduzir o consumo, em segundo lugar reutilizar materiais, e em terceiro lugar reciclar. Estes produtos podem ser definidos como produtos ou serviços que têm um efeito reduzido na saúde humana e no meio ambiente quando comparados aos produtos ou serviços concorrentes com a mesma utilidade. Eles devem contribuir para a melhoria da segurança e da saúde do ser humano, reduzir riscos, reduzir custos de remoção e disposição final e auxiliar na obtenção de metas

ambientais.

Na reforma da Ecohouse procurou-se reutilizar o máximo possível dos materiais da demolição efetuada, evitando os custos de remoção e despejo dos mesmos, e contribuindo para a melhorar a eficiência de uso dos recursos. Foram re-utilizados os tijolos de barro maciço, os vergalhões de ferro de lajes e vigas demolidas e o madeiramento em madeira de lei da demolição do telhado original. Foi utilizada madeira de demolição para complementar o piso da sala em peroba rosa, e madeira certificada (selo do FSC⁶⁹) de reflorestamento para fazer as paredes da cozinha e o piso da suíte principal. Todas as portas de madeira da casa foram reaproveitadas, sendo cortadas quando necessário para se ajustem aos novos vãos. O piso do banheiro principal foi revestido com cacos de mármore (resíduos de marmorarias), técnica muito utilizada nos anos 50 e 60 e abandonada posteriormente. O uso desta técnica propõe ilustrar a possibilidade de reutilização de recursos que se tornariam lixo, neste caso dando nobre destino às montanhas de cacos de mármore que ficam amontoados nas marmorarias, resultado das atividades de corte das peças.

As bancadas dos banheiros foram feitas com mármore industrializado (cacos de mármore misturados a resina especial, formando novos blocos que são processados da mesma maneira que os blocos virgens das pedreiras). Esta tecnologia foi desenvolvida na Europa justamente pela redução significativa da oferta de vários tipos de mármore e granitos durante a segunda metade do século passado.

Quanto ao uso do PVC para as molduras das janelas, as opiniões sobre o impacto ambiental deste material ainda são polarizadas entre as indústrias químicas e as organizações ambientais. Em relatório da Organização Mundial da Saúde (WHO, 1999), a inalação é apontada como a maior via de contaminação humana para o PVC, o que ocorre dentro das fábricas que produzem PVC e produtos correlatos. Este estudo traz fortes evidências mostrando o PVC como causa de certos tipos de câncer. De acordo com este relatório, os principais impactos do PVC são:

- Um produto que utiliza fontes não renováveis de matéria prima não pode ser sustentável: derivados do petróleo representam até 43% da matéria prima utilizada na fabricação do PVC;

- Janelas de PVC geram 43% a mais de dejetos do que janelas de madeira: 82% do total do lixo de PVC vai para aterros, 15% é incinerado e apenas 3% reciclado;
- A previsão é de que os resíduos de PVC sejam de 6,4 milhões de toneladas até 2020, quando a sua capacidade de reciclagem terá atingido apenas um quinto do necessário;
- É necessário oito vezes mais energia para a fabricação de uma janela de PVC do que uma janela equivalente em madeira;
- Químicos nocivos à saúde (como dioxinas) são liberados para a atmosfera no processo de incineração do PVC.

Estas informações eram desconhecidas da autora à época do projeto da Ecohouse Urca. Atualmente, em vista destes dados, uma melhor escolha seriam esquadrias em madeira certificada, material que se torna mais acessível a cada ano no mercado brasileiro.

5. Melhorar a qualidade ambiental dos ambientes internos

A qualidade ambiental interna de uma edificação tem um impacto significativo na saúde, conforto e produtividade de seus ocupantes. Entre outros atributos, uma edificação sustentável deve maximizar o uso da iluminação natural, ter ventilação apropriada e controle da umidade, minimizar os incômodos auditivos e térmicos, e evitar o uso de materiais com altas emissões de VOC⁷⁰.

Novamente o projeto elaborado com cuidado e integrado desde o princípio permite articular soluções como o telhado verde, as fachadas verdes, o uso de esquadrias especiais e dos beirais e persianas para maximização do conforto ambiental da edificação (térmico, lumínico, acústico e qualidade interna do ar).

Deve-se prestar atenção também à utilização da edificação, mantendo as janelas

⁶⁹ FSC: Forest Stewardship Council

⁷⁰ VOCs: “Volatile Organic Compounds” são gases emitidos por uma grande gama de produtos. A concentração de muitos dos VOCs é muito maior no interior do que no exterior (cerca de dez vezes maior). Alguns exemplos incluem: vernizes e tintas, redutores, produtos de limpeza, pesticidas, material de escritório como copiadoras e impressoras, colas e adesivos, etc.

fechadas com as persianas abaixadas em horários de pico de calor quando há incidência de radiação solar direta. O usuário deve manusear os controles existentes para ajustá-los à sua melhor sensação de conforto térmico.

6. Otimizar as condutas de operação e manutenção

A incorporação de considerações a respeito da manutenção e operação no processo de projeto de uma edificação contribui para a melhoria dos ambientes de trabalho, maior produtividade, além de reduzir custos de energia e de materiais de manutenção. Projetistas e arquitetos são encorajados a especificar materiais e sistemas que simplifiquem e reduzam estes processos, necessitem de menos água, energia e materiais de limpeza tóxicos para a manutenção, e que sejam competitivos no preço e na análise do ciclo de vida.

Muitos governos⁷¹ oferecem incentivos fiscais para facilitar aos indivíduos e às empresas a redução do consumo de energia, seja na empresa ou em casa, ou mesmo na estrada. Na pesquisa verificou-se que ainda é necessário que sejam adotadas medidas transparentes e sem burocracia, como por exemplo:

- na compra e instalação comprovados de equipamentos de aquecimento solar de água (não inclui equipamento para aquecimento de piscinas ou similares), o contribuinte poderá deduzir até 30% ou o valor máximo de R\$ 1.200,00 reais de seu imposto de renda. No caso de contribuinte isento do pagamento de imposto de renda, ele poderá receber um incentivo no valor de até R\$ 800,00 (oitocentos reais) – valores do ano de 2005.
- o contribuinte poderá deduzir de seu IR 10% do valor da compra de eletrodomésticos com o selo Procel de eficiência energética que estejam nas categorias A ou B.

⁷¹ Em junho de 1999, o Presidente Bill Clinton assinou a Ordem Executiva (#13123): Introduzindo Sustentabilidade no Governo através da Gestão Eficiente da Energia. Através desta Ordem, o Governo Federal dos Estados Unidos foi direcionado a eficientizar sua gestão de energia, reduzindo custos, emissões que contribuem para as mudanças climáticas, e diferindo investimentos na área. O Governo Federal dos Estados Unidos opera mais de 500.000 edifícios, podendo conseguir economias substanciais na conservação de energia, água, uso de tecnologias renováveis, e ajudando a desenvolver e promover estes mercados.

- a empresa produtora de material de construção que obtiver a certificação de desempenho térmico/ acústico/ lumínico/ ciclo de vida de seus produtos receberá deduções no pagamento de alguns impostos como ICMS ou similar.
- regulamentação e incentivo para instalação de coletores solares fotovoltaicos ligados à rede elétrica, ou mesmo turbinas eólicas em regiões com muito vento, por parte inclusive das concessionárias de energia.

Estes são apenas alguns exemplos ilustrativos da enorme gama de iniciativas para impulsionar o mercado da construção sustentável de uma maneira economicamente viável tanto para o governo quanto para o consumidor. Ganha o Planeta.

O conjunto de medidas adotadas de forma individual na Ecohouse, quando exploradas em grande escala, irão trazer resultados surpreendentes em melhoria da qualidade de vida, eficiência energética e do uso da água e redução do desperdício de materiais e serviços.

Durante a pesquisa e desenvolvimento desta dissertação um ponto importante ficou claro para a autora, que gostaria de deixá-lo como sugestão para futuros trabalhos acadêmicos ou mesmo institucionais: o desenvolvimento e implantação de um sistema de avaliação/certificação ambiental de edificações, *em âmbito nacional*, é a maneira mais eficiente de promover a evolução sustentável do mercado da construção civil no Brasil. Esta iniciativa envolve a formação de vários comitês para desenvolvimento de Normas Brasileiras de Construção Sustentável, de metodologias para certificação ambiental de materiais de construção, metodologias para Análise do Ciclo de Vida de materiais. Apenas com este tipo de sistema em funcionamento é que os empreendedores passarão a ter real interesse na construção sustentável como diferencial de mercado, poderão entender as possibilidades de redução de custos de construção, operação e manutenção. E, impossível deixar de mencionar, conforme foi colocado na citação do início deste trabalho, esta é uma tarefa necessária e urgente tanto para preservar quanto para melhorar a qualidade de vida das pessoas desta e de futuras gerações.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, Dezembro 1989.
- ABNT. **Projeto de norma 02:135.07-001** Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003a. 7p
- ABNT. **Projeto de norma 02:135.07-001** Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003b. 23p
- ADEME. **Outil d'Aide a la Mise en Oeuvre du SMO**. (Système de Management d'Opération). Rapport Final. Institut Mediterranéen Du Batiment et de l'Environnement (I.M.B.E.), 2003
- AHQE _____. **Bâtiment et Démarche HQE**. Valbonne, 2004.
- AISSE, M.M. **Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários**. ABES. Rio de Janeiro, 2000.
- AKBARI, H. et al. **Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs**. Heat Island Project, LBNL. Report for EPA. Berkeley, 1998
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS, INC. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, ASHRAE Standard 55-1992. Atlanta, 1992.
- ANA et al. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005
- ANDI; MINATO, T. Design documents quality in the Japanese construction industry: factors influencing and impacts on construction process. **International Journal of Project Management**, n21, p. 537-546, 2003.
- ANDRADE, L.M.S. **Agenda Verde x Agenda Marrom**: Inexistência de princípios ecológicos para o desenho de assentamentos urbanos. 2005. 207p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2005
- ARASTEH, D. et al. **Transforming the market for residential windows**: design considerations for DOE's Efficient Windows Collaborative. Pacific Grove. ACEEe Summer Study on Energy Efficiency in Buildings., 1996.
- ARAÚJO, V.M.D. **Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares no litoral nordestino brasileiro**. 1996. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.
- ARENE. **Construction Durable** : Les Bénéfices Économiques. Ile-de-France, 2004

ARENE_____. **Les Enjeux de la Démarche HQE en Ile-de-France à l'Horizon 2010.** Valbonne, 2001

ARMAND, D. **L'eau en danger.** Paris: Collection Les Essentiels Milan, 1998.64p

AULICIEMS, A. **Thermal Environments and performance.** Washington: Review for Division of Health Effects Research NAPCA. Department of Health, Education and Welfare, 1973.

BARBOSA, M. J. **Uma metodologia para especificar e avaliar e desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares.** 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 1997.

BARROSO-KRAUSE, C. **Coberturas, conforto higrotérmico, edificações:** ponderações e propostas para clima tropical úmido em situação de verão. 1989. Dissertação. (Mestrado em Ciências, M. Sc. Em Arquitetura). Programa de Pós-Graduação de Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BARROSO-KRAUSE, Cláudia. Proposal of a "Control display" concept for thermal design of buildings in tropical climates: application to vegetal covers on buildings. In: **PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA'98**, 1998, Lisboa. **Environmentally Friendly Cities - Proceedings of PLEA'98**, 1998. v. 1. p. 479-482.

BOGO, A; PIETROBON, C. E.; BARBOSA, M. J.; GOULART, S.; PITTA, T. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando conforto térmico.** Florianópolis: NPC: UFSC, 1994.

BONIN, L.C. e BONIN, H. (e). **Normalização e Certificação na Construção Habitacional .** Porto Alegre : ANTAC, 2003. (Coleção Habitare, v. 3)

BOOKER, N. Sustainable Alternatives in the Provision of Urban Water Services – an Australian Approach (CSIRO) Australia. In: **Xth IWRA World Water Congress.** 2000, Melbourne, Australia.

BRASIL. ANEEL. Ministério do Meio Ambiente - SRH. **O Estado das Águas no Brasil.**1999. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/13-16.html>. Acessado em 12/02/2004

BRASIL. MCIDADES. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Caderno de Saneamento Ambiental.**2004. – Brasília:SNSA: IPEA, 2004. 104 p.: gráficos, tabelas.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Pan-Americana da Saúde. **Avaliação de impacto na saúde das ações de saneamento:** marco conceitual e estratégia metodológica. Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília:Ministério da Saúde, 2004.116 p.: il

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos. **Avaliação das Águas do Brasil**. Brasília 2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/>>. Acessado em agosto de 2003.

BROWN, G.Z. e DeKAY, M. **Sun, Wind and Light** – architectural desing strategies. USA. John Wiley and Sons, 2001

BRUNDTLAND, G. (ed.), "**Our common future: The World Commission on Environment and Development**". Oxford: Oxford University Press, 1987.

CAMARGO, S.A.R. **Filtro anaeróbio com enchimento de bambu para tratamento de esgotos sanitários: avaliação da partida e operação**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas,2000.

CARDOSO, Adalberto *et al.* **Desenvolvimento Humano e Condições de Vida na Cidade do Rio de Janeiro** – Relatório Final 2004, Convenio IPP/ IUPERJ/IPEA.

CARDOSO, J.C.M. **Estratégias visando eficiência energética e conforto térmico incorporados aos projetos de edificações residenciais em Maringá-PR**. Florianópolis, 2002. 225 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002

CORBELLA, O. e YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos**. Revan: Rio de Janeiro, 2003

CRITES, R. and TCHOBANOGLIOUS, G. **Small and Decentralized Wastewater Management Systems**. New York:WCB/McGraw-Hill. 1998

DECA. Disponível em: < <http://www.deca.com.br>> . Acessado em: dezembro de 2003.

DI TRAPANO, P. e BASTOS, L.E.G. **Sustentabilidade e Forma**. Cadernos do PROARQ/ UFRJ/ Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro – vol.09. Rio de Janeiro: UFRJ/ PRAORQ, dez 2005.

DÜRR, A. **Dachbegrünung: Ein Ökologischer Ausgleich** (Tradução: *Roof Greening: An Ecological Balance*).Gütersloh, Germany: Bauverlag BVGmbH. 1995.

Efficient Windows Collaborative. **Fact Sheet: Selecting Energy-Efficient Windows in Florida**. 2001. Disponível em www.efficientwindows.org. Acessado em 9/02/2002.

ELETROBRÁS. Consumo por Consumidor Residencial. **Boletim Síntese Eletrobrás 2002**. Tabela 24, p30. SIESE, Diretoria de Estudos Estratégicos e Mercado, 2002. Disponível em: http://www.eletrbras.gov.br/IN_Informe_SIESE/default.asp. Acessado em 20/10/2005.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970

FENDRICH, Roberto. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

FROTA, A.B.e SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo. Studio Nobel, 2003

GARCEZ, L. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. 2 volumes. São Paulo. Edgard Blücher, 1960.

GELLER, H. **O uso eficiente da eletricidade** – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil. Tradução por Maria de Fátima Costa. ACEEE. Washington, 1991.

GELLER, H.; JANUZZI, G. M.; SCHAEFFER, R.; TOLMASQUIM, M. T. **The efficient use of electricity in Brasil**: progress and opportunities. ACEEE. Washington, 1997.

GELT, J. **Home Use of Graywater, Rainwater Conserver Water – And May Save Money**, EUA, 2002. Disponível em <http://www.waterwiser.org>. Acessado em 15.07.02

GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings** n. 18, p. 11-23, 1992.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. Applied Science Publishers Ltd. London: 1976

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation**. Londres, ITDG Publishing 1999, 335p.

GRAY, K. and FINSTER, M. **The Urban Heat Island, Photochemical Smog, and Chicago: Local Features of the Problem and Solution**. Evanston: Department of Civil Engineering, Northwestern University, (2002?) Submitted to Atmospheric Pollution Prevention Division, U.S. Environmental Protection Agency.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba , 2002, 1ª edição. Ed. Organic Trading, 196 p.

GUYTON, A. **Fisiologia Humana**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro: 1988

HERMANN T.; SCHIMIDA, U. **Rainwater utilization in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects**. Urban Water 1, 1999 pg 307-316

HESPANHOL, I. Reúso da Água – Uma Alternativa Viável. **Revista Bio.** , São Paulo. Ano XI, n. 18, p 24-25, 2001.

HIRST, E.; CLINTON, J.; GELLER, H.; KRONER, W. **Energy efficiency in buildings: progress & promise**. ACEEE, Washington, D.C., 1986.

HUMPHREYS, M., NICOL, F. Conflicting Criteria for Thermal Sensation within the Fanger Predicted Mean Vote Equation. **In: CIBSE/ASHRAE JOINT NATIONAL CONFERENCE, Proceedings**. 1996, p.153-158

IBGE, Coordenação de Geografia. **Atlas de saneamento**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.151p. : mapas.

IBGE_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável Brasil 2002**. Rio de Janeiro: IBGE. 2002. 191 pp.

IGUATEMI. **Shopping Iguatemi Fortaleza**. Disponível em: <http://www.iguatemifortaleza.com.br/4programas.htm> >. Acessado em: outubro de 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2000**. Rio de Janeiro: IBGE. 2002.

INSTITUTO ETHOS DE EMPRESAS E RESPONSABILIDADE SOCIAL. **O que as empresas podem fazer pela educação?** Manual. São Paulo: Instituto Ethos. 2002. 64 pp.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Gráficos climatológicos. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/climatologia/combo_climatologia_I.html>. Acesso em: 23 jul.2004.

JARRET, A. Annual and Individual-Storm Green Roof Stormwater Response Models. Dept of Agricultural Engineering, Penn State University, 2005.

JEPESSEN, B e SOLLEY, D. **Domestic greywater reuse: overseas practice and its applicability to Australia**, research report no. 73, Urban Water Research Association of Australia, 1994.

JOHN TODD ECOLOGICAL DESIGN. Disponível em <http://www.jtecodesign.com/>. Acessado em 02/11/2005

JOHN, V.M.; SILVA, V.G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. **In: II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**. Anais. ANTAC/UFRGS, Canela-RS, 24-27 de abril de 2001, p.91.98.

JOHN, V.M.; ZORDAN, S.E. Research & development methodology for recycling residues as building materials – a proposal. **In: Waste Materials in Construction 2000. Proceedings**. Leeds, Pergamon, 2000, v.1, p. 513-524.

JORDÃO, E. P. e PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: ABES, 932p. 1995.

KAMMERS, P., LAMBERTS, R. e GHISI, E. **Usos Finais de Água em Edifícios Públicos: Estudo de Caso em Florianópolis-SC – Depto de Engenharia Civil, Labe, UFSC 2004**

KOHLER, N. Energy Consumption and Pollution of Building Construction Proceedings. **In: ICBEM Sept. 28th - Oct. 2nd, 1987**, Ecole Federale Polytechnique de Lausanne, Lausanne Switzerland.

LABERGE, K.M., P.E., Chicago Department of Environment. Urban Oasis: Chicago's City Hall Green Roof. Presented at "Greening Rooftops for Sustainable Communities," **the First**

North American Green Roofs Infrastructure Conference, Awards, and Trade Show. Chicago, IL May 29-30, 2003.

LAMBERTS, R.; WESTPHAL, F. Energy efficiency in Buildings in Brazil. **In: Construction and Environment: from theory into practice. Proceedings.** São Paulo, CIB/PCC.USP/November 23-24, 2000. (*publicado em CDRom*)

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

LEEDS UNIVERSITY, Sanitation Connection. **Introduction to Low Cost Sewerage.** Disponível em: <http://www.sanicon.net/titles/topicintro.php3?topicId=8>. Acessado em 08/01/2005

LIU, K. Sustainable building envelope – garden roof system performance. **In: RCI Building Envelope Symposium, New Orleans, LA., Nov. 4-5, 2004, pp. 1-14**

MUNICÍPIO DE CURITIBA. Lei Nº 10785 DE 18 de Setembro DE 2003. Cria no Município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE. **Diário Oficial do Município de Curitiba.** Curitiba, PR, set 2003. Disponível em <http://www.agua-de-chuva.com>. Acessado em 12/12/2005

LIMA BEZERRA, M.C. e FERNANDEZ, M. **Cidades Sustentáveis: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira.** MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Parceira 21 IBAM-ISER-REDEH, 2000.

LOVINS, AMORY, LOVINS, H. e HAWKEN, P. **Natural Capitalism – creating the next industrial revolution.** Litte, Brown and Co, NY 1999

LOVINS,A. **Designing a Sustainable Energy Future.** The Business of Energy Efficiency: Australia's First National Energy Efficiency Conference. Melbourne. Nov 2003

MACOMBER, P.S.H. **Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii.** Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa. 2001. Disponível em <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RM-12.pdf>>. Acessado em junho de 2005.

MAGALHÃES, C., SILVA, A.F., ANJOS, L.A. **A taxa metabólica basal é superestimada pelas equações preditivas em universitárias do Rio de Janeiro, Brasil.**

MASCARÓ, Lucia R. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo.** São Paulo: Ed. Projeto, 1991a.

MASCARÓ, Lúcia. **Projeto arquitetônico e desempenho térmico-energético do edifício.** I Encontro Nacional de Normalização Ligada ao Uso Regional de Energia e ao Conforto Ambiental em Edificações. Florianópolis, 1991b. Artigo Técnico p. 97-108.

MELARAGNO, M. **Wind in Architectural and Environmental Design.** New York. Van Nostrand Reinhold, 1982

METCALF e EDDY. **Wastewater engineering, treatment, disposal and reuse**. 3a edição. Nova Iorque: McGraw - Hill, International Editions, 1991.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional – **BEN 2005**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2005. Disponível em: http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=4060. Acessado em: 12/11/2005

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira : ações prioritárias**. 2. ed. Brasília, 2004. 158 p.

MME_____. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira : resultado da consulta nacional**. 2ed. Brasília, 2004.158 p.

MME_____. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Construindo a Agenda 21 Local**.1.ed.rev. Brasília, 1999. 30p.

MOBBS, Michael. **The Sustainable House**. Choice Books. Sydney.2002,187p.

NATIONAL LIGHTING BUREAU - USA. **Getting the Most from your Lighting Dollar**. Rosslyn, 1996

NEDER, K. D. and NAZARETH, P. **Condominial Sewerage Systems for the Federal District of Brazil, parts 1 to 4**.CAESB. Brasília: 1998

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimatico para arquitectos y urbanistas**. Gustavo Gili. Barcelona: 1998

OLIVEIRA, L.H. **As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios**. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre, vol. 2, n3, out/dez 2002, p. 39-45.

OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado). Curso de Pós- Graduação Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PALMER, N. et al. **Australia's Most Successful Alternative to Sewerage: South Australia's Septic Tank Effluent Disposal Schemes**. AWA National Conference held in Adelaide. Australian Water Association. 1999. 9p

PIETROBON, C. E. **Um processo sistemático para o projeto arquitetônico bioclimático: o caso de Maringá**, 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Departamento de Arquitetura e Planejamento: Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

PNCDA. Documentos Técnicos de Apoio.**Tecnologias Poupadoras de Água nos Sistemas Prediais F1**. Brasília,1999.

POPOV, L.A. **Architecture as Social Design – the social nature of design objects and the implications for the profession**. The Journal of Design Research. Volume 2-2002. Delf University Press.

PRADO, R.T.A.; GONÇALVES, O.M. **Water heating through electric shower and energy demand**. Energy and Buildings, Lausanne, v.29, n.1, p. 77-82, 1998.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e ISER. **Consultando a população sobre temas de meio ambiente e qualidade de vida** – Prefeitura do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e ISER.1999a

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e ISER **Manual de Planejamento Participativo** - Prefeitura do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Meio Ambiente e ISER.1999b

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. Plano Estratégico da Cidade do Rio de Janeiro 2001-2004. **Retrato das Regiões – Zona Sul**. 2002?.

REED, D. **Good Solutions: the art of solving for pattern**. RMI Newsletter, vol XIV n2, Summer 1998.

Revista Projeto. Projeto Editores Associados Ltda; n.124, agosto/1989, pp.81-83

RICHARDS, I. **Hamzah & Yeang: Ecology of the Sky**. Australia: The Images Publishing Group, 2001.

RIVERO, R. **Clima e arquitetura: condicionamento natural**. Luzzato, Porto Alegre: 1985

ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE, BOOZ ALLEN HAMILTON. **Valuing Decentralized Wastewater Technologies: a catalog of benefits, costs and economic analysis techniques**. RMI, EPA. 2004. 215p.

RODRIGUES, D., MILTON, S. e KAUFMAN, S. **Carbono Solar: o aquecimento solar de água como uma estratégia para a proteção do clima**. REVISTA SOLBRASIL, São Paulo, v.2.

ROHLES, F. H. **Temperature or Temperament: A Psychologist looks at Thermal Comfort**. ASHRAE Transactions. Atlanta: v. 86, n. 1, p. 541-554, 1980.

ROMERO, M.; GONÇALVES, C. G.; GUGLIELMETTI, A. **Edifício Birmann 21: um estudo sobre eficiência energética**. Disponível em <<http://www.tecto.com.br>>. Acesso em: 26 mai. 2001.

RORIZ, Maurício, GHISI, Enedir; LAMBERTS, Roberto. Uma proposta de norma técnica brasileira sobre o desempenho térmico de habitações populares. **In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído & II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Fortaleza, 1999. Artigo Técnico.

SABESP. **Estudo de casos em São Paulo**. Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>> Acessado em maio 2003.

SACHS, H. et al. **Emerging Energy-Saving Technologies and Practices for the Buildings Sector as of 2004**. Report #A042. ACEEE. Washington: ACEEE 2004

SCARLATO, Francisco. C.; PONTIN, Joel. **A. Energia para o século XXI**. São Paulo: Ática, 1998.

SCHISTEK, H. **Sistemas de captação de água**. IV Simpósio de captação de água de chuva no semi-árido, Juazeiro-Bahia, 2003. Disponível em: www.aguadechuva.com Acessado em: outubro de 2004.

SÉRIE ARQUITETOS BRASILEIROS. **João Filgueiras Lima. Lelé**. Editora Blau e Instituto Lina Bo e PM Bardi. Lisboa, 1999.

SILVA, V.G. **Avaliação da Sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. São Paulo, 2003. 210pp. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

SILVA, V.G. et al. “Avaliação de Edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade”. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003.

SILVA, V.G.; SILVA, M.G.; JOHN, V.M; AGOPYAN, V. The role of architectural decision-making process in environmentally responsible buildings. **In: Construction and Environment: from theory into practice. Proceedings**. São Paulo, IB/PCC.USP/ November 23-24, 2000. *(publicado em CD-Rom)*

SQUARE ONE RESEARCH PTY LTD. **Software Ecotect**. Cardiff, 200?

SOARES, D. A. F. et al. Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing. **In: CIB W62 Seminar**, Rio de Janeiro. Proceedings. CIB W62 Seminar, Rio de Janeiro, v.1, p.D11-1D1-12, 2000.

STENDER, Irene. **Policy incentives for Green Roofs in Germany**. “The Green Roof Infrastructure Monitor” – Canada, Volume 4, no1, 2002.

SWISHER, J. **Cleaner Energy, Greener Profits**. Rocky Mountain Institute. Snowmass. 2005

TABORIANSKI, V.A. e PRADO, R.T.A. **Avaliação do consumo de energia no ciclo de vida dos sistemas de aquecimento de água residencial**. X ENTAC. São Paulo, 2004

TANNER, S. **Green Roofs**. U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, National Renewable Energy Laboratory. DOE/EE-0298 2004. Disponível em: <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/36060.pdf>. Acessado em 30/01/2006

TOMAZ, PLÍNIO. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo, Navegar Editora. 2003, 180p.

TONETTI et al. Um método sustentável para o tratamento de esgotos de pequenas comunidades. UNICAMP. **In: X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.2004**

TRIGUEIRO, A.(org). **Mundo Sustentável**: abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação. São Paulo. Ed. Globo 2005

TUNDISI, Helena Silvia F. **Usos de energia**. São Paulo: Atual, 1991.

UNEP/ Earthscan. **Global Environmental Outlook3**. London: 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **ANALYSIS BIO**. Programa que auxilia no processo de adequação de edificações ao clima local. Disponível em:

<http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>. Acessado em maio 2004.

US-CANADA Power System Outage Task Force. **Final Report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada**. United States and Canada Government. April 2004

US-DOE. **National Best Practices Manual for Building High Performance Schools**. US-DOE. Washington, 2002

Valaski, A.E. **ETEs Compactas para Tratamento de Esgoto Sanitário**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental. Curitiba. 2004

VERGARA, L.G. **Análise das Condições de Conforto Térmico de Trabalhadores da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Universitário de Florianópolis**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. UFSC, Florianópolis, 2001

WATSON, D., LABS, K. **Climatic Design: energy-efficient building principles and practices**. New York, McGraw-Hill. 1983.

WMO - World Meteorological Organization. **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**. WMO, Genebra, 1997.

WHO - World Health Organization. International Programme on Chemical Safety. **Vinyl Chloride** – Environmental Health Criteria 215. WHO, Genebra, 1999.

XAVIER, A.A **Condições de Conforto Térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, 1999

XAVIER, A.A **Predição de Conforto Térmico em ambientes internos com atividades sedentárias** _ Teoria física aliada a estudos de campo. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC. Florianópolis, 2000

XAVIER, A.A, LAMBERTS, R. Proposta de Zona de Conforto Térmico obtida a partir de Estudos de Campo em Florianópolis. In: **II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, Anais em CD ROM, Fortaleza, 1999.
