

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE
DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Paula Weber Prediger

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE SUSTENTABILIDADE DE UM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL – ESTUDO DE CASO**

Ijuí/RS

2008

Paula Weber Prediger

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE SUSTENTABILIDADE DE UM
CONDOMÍNIO RESIDENCIAL – ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil
apresentado como requisito parcial para obtenção do grau
de Engenheiro Civil.

Ijuí

2008

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelos membros da banca examinadora.

Prof. Raquel Kohler, MSc. - Orientadora

Banca Examinadora

Prof. José Crippa, Esp.
UNIJUÍ/DeTec

Prof. Tiago Stum Marder, MSc.
Unijuí/DeTec

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

À Professora Raquel Kohler, orientadora deste trabalho, pela amizade, orientações e ensinamentos.

Ao Engenheiro Bolívar Correa, pela disponibilização de todos os projetos e dados necessários para a realização deste estudo.

Aos colegas, pela amizade e companheirismo durante esta jornada.

Aos amigos, pela compreensão e auxílio em todos os momentos.

Por fim, agradeço a minha família, pelo amor, exemplos e por, de uma forma ou outra, estar sempre presente.

RESUMO

A sustentabilidade, cada vez mais, influencia profissionais e consumidores preocupados com o futuro do ambiente em que vivem. São muito poucos os empreendimentos sustentáveis no país e o desenvolvimento de pesquisas nesta área é de fundamental importância para que sejam reconhecidas novas técnicas que trarão a construção civil alternativas para minimizar o impacto ambiental.

Esta pesquisa teve como objetivo principal caracterizar o condomínio residencial selecionado como estudo de caso e avaliar o seu grau de sustentabilidade.

Buscou-se conceituar uma habitação sustentável através de revisão bibliográfica e, a seguir foi selecionado um condomínio para servir como estudo de caso. Através dos projetos, memoriais e orçamento da obra, consultando a legislação e realizando medições no local, o empreendimento foi avaliado, utilizando uma planilha eletrônica que considera os padrões ideais de legislação, materiais de construção, localização, projeto, uso e manutenção, conforto ambiental e custos.

Constatou-se que o empreendimento estudado não apresenta nenhum diferencial em relação à sustentabilidade. No entanto, está totalmente de acordo com a legislação, provando que, quanto maiores as exigências e os incentivos por parte dos órgãos públicos, maiores os investimentos em obras sustentáveis.

Palavras - chaves: avaliação, sustentabilidade, condomínio residencial.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição do consumo residencial de água.....	28
Figura 2: Torneira automática.....	29
Figura 3: Torneira eletrônica.....	30
Figura 4: Torneiras com arejador.....	31
Figura 5: Válvula com acionamento duplo.....	32
Figura 6: Filtros.....	33
Figura 7: Dispositivo automático de descarte.....	33
Figura 8: Filtro de material grosseiro e de finos desenvolvido no IPT.....	34
Figura 9: Fontes de águas cinzas.....	35
Figura 10: Fontes de águas negras.....	36
Figura 11: Reuso das águas cinzas para irrigação subterrânea.....	37
Figura 12: Reuso das águas cinzas após tratamento.....	37
Figura 13: Reator anaeróbico.....	38
Figura 14: Destino das águas servidas.....	39
Figura 15: Mini- ETE.....	40
Figura 16: Depósito de RCD.....	41
Figura 17: Painéis fotovoltaicos e coletores de água.....	45
Figura 18: Iluminação natural.....	51
Figura 19: Brises.....	53
Figura 20: Posição das aberturas x áreas pouco ou mal ventiladas.....	54
Figura 21: Obstáculos x mudança de direção do vento.....	55
Figura 22: O efeito de beirais e venezianas na direção do vento.....	55
Figura 23: Forro de lã mineral com recobrimento nos pendurais.....	57
Figura 24: Molas helicoidais.....	57
Figura 25: Sensores de presença.....	58
Figura 26: Bicicletário.....	62
Figura 27: Concregrama.....	62
Figura 28: Forro isotérmico.....	63
Figura 29: Eldorado Buisness Tower.....	65

Figura 30: Localização do edifício Urbano Petrópolis.....	69
Figura 31: Perspectiva da edificação.....	70
Figura 32: Situação atual da obra.....	71
Figura 33: Rua Corte Real.....	76
Figura 34: Planilha do grau de sustentabilidade.....	82

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Valores de Fs para aberturas com diferentes superfícies separadoras.....	97
ANEXO B: Valores de Fs para aberturas com diferentes proteções solares.....	99
ANEXO C: Valores de resistência térmica superficial.....	101
ANEXO D: Valores de transmitância térmica das principais soluções construtivas de uso corrente no Brasil.....	103
ANEXO E: Carta de Entalpia ASHRAE.....	105
ANEXO F: Memorial descritivo do edifício Urbano Petrópolis.....	107
ANEXO G: Valores de referência obtidos no 4º relatório feito pelo SEBRAE – RS para o índice de Circulação.....	116
ANEXO H: Índices de Compacidade de algumas formas geométricas e valores de referência obtidos no 4º relatório feito pelo SEBRAE – RS para o índice de compacidade.....	118
ANEXO I: Valores de referência para Densidade de Paredes obtidos no 4º relatório feito pelo SEBRAE – RS para o índice de Compacidade.....	120
ANEXO J: Série histórica do CUB/RS (versão 2006) de 2008.....	122
ANEXO L: PDDUA - Densidades brutas.....	124
ANEXO M: Índices de aproveitamento, solo criado, quota ideal mínima de terreno por Economia.....	126
ANEXO N: Regime Volumétrico.....	128
ANEXO O: Planilha Projeto Arquitetônico.....	130
ANEXO P: Planilha Carga Térmica.....	132
ANEXO Q: Planta Baixa Pavimento Tipo.....	135

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

A: Área

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

BTU: Unidade Térmica Britânica

CBCS: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

CEEE: Companhia Estadual de Energia Elétrica – Rio Grande do Sul

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CPDS: Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional

CUB: Custo Unitário Básico

dB: Decibéis

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

Dp: Densidade de Paredes

ETE: Estações de Tratamento de Esgoto

FS: Fator Solar

FSC: Forest Stewardship Council

HQE: Haute Qualité Environnementale

HVFC: High Volume Fly Ash Concrete

IA: Índice de Aproveitamento

Icirc: Índice de Circulação

Icomp: Índice de Compacidade

Ig: Índice de Circulação em Garagem

kWh: Quilowatt-hora

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

NBR: Norma Brasileira

P: Perímetro

PDDUA: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

PVC: Poli Cloreto de Vinila

RCD: Resíduos de Construção e Demolição

RS: Rio Grande do Sul

RSE: Resistência Superficial Externa

RSI: Resistência Superficial Interna

SEBRAE: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SINDUSCON: Sindicato das Indústrias da Construção Civil

TO: Taxa de Ocupação

TP: Taxa de Permeabilidade

U: Transmitância Térmica

UVB: Radiação Ultra Violeta de Onda Média

α : Absortividade

ϵ : Emissividade Superficial do Material

λ : Condutividade Térmica

ρ : Refletividade

ζ : Transmissividade

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Tema da Pesquisa.....	13
1.2. Delimitação do Tema.....	13
1.3. Formulação da Questão de Estudo.....	13
1.4. Objetivos.....	13
1.4.1. Objetivo Geral.....	13
1.4.2. Objetivos Específicos.....	13
1.5. Justificativas.....	14
1.6. Sistematização do Trabalho.....	15
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
2.1. Sustentabilidade.....	16
2.2. Certificações.....	20
2.3. Materiais de Construção.....	21
2.4. Projeto Arquitetônico.....	23
2.5. Água.....	26
2.5.1. Água da Chuva.....	32
2.5.2. Águas Servidas.....	35
2.6. Lixo.....	40
2.6.1. Resíduos Provenientes da Construção.....	40
2.6.2. Resíduos Provenientes do Uso da Edificação.....	41
2.7. Eficiência Energética.....	43
2.8. Iluminação.....	50
2.9. Ventilação.....	53
2.10. Conforto Acústico.....	55
2.11. Automação.....	57
2.12. Legislação.....	59
2.13. Medição de Desempenho.....	59
2.14. Exemplos de Edificações Sustentáveis no Brasil.....	62
2.14.1. Supermercado Pão de Açúcar – Indaiatuba/SP.....	62
2.14.2. Eldorado Business Tower – São Paulo/SP.....	64
3. METODOLOGIA.....	66

3.1. Classificação da Pesquisa.....	66
3.2. Planejamento da Pesquisa.....	66
3.2.1. Procedimento de Coleta e Interpretação dos Dados.....	66
3.2.2. Estudo de Caso.....	69
3.2.3. Análise dos Dados.....	72
3.2.4. Indicadores de Qualidade de Projeto.....	73
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	75
4.1. Legislação.....	75
4.2. Materiais de Construção.....	75
4.3. Localização.....	76
4.4. Qualidade de Projeto.....	76
4.4.1. Indicadores.....	77
4.5. Uso e Manutenção.....	78
4.6. Conforto Ambiental.....	80
4.7. Custo.....	80
4.8. Grau de Sustentabilidade da Edificação.....	81
4.8.1. Legislação.....	83
4.8.2. Materiais de Construção.....	83
4.8.3. Localização.....	83
4.8.4. Qualidade de Projeto.....	83
4.8.5. Uso e Manutenção.....	83
4.8.6. Conforto Ambiental.....	84
4.8.7. Custo.....	84
4.9. Comparação com Estudos Anteriores.....	85
4.10. Recomendações Para Aumentar o Grau de Sustentabilidade da Edificação Estudada.....	85
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
5.1. Conclusões.....	88
5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema da pesquisa

O tema da pesquisa é: sustentabilidade.

1.2 Delimitação do tema

Princípios de sustentabilidade relacionados a condomínios residenciais.

1.3 Formulação da questão de estudo

Qual o grau de sustentabilidade do condomínio residencial selecionado como estudo de caso?

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo geral

Caracterizar o condomínio residencial selecionado como estudo de caso e avaliar o seu grau de sustentabilidade.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analisar, a partir dos projetos e memoriais descritivos, a proposta geral do empreendimento;
- Estudar a legislação urbanística aplicada ao caso;
- Avaliar as condições locais do terreno selecionado como estudo de caso e seu entorno;
- Avaliar os níveis de iluminação natural, de ruído e temperatura do local;
- Tecer recomendações para aumentar o índice de sustentabilidade do empreendimento, caso seja necessário.

1.5 Justificativas

A necessidade de construções com menor impacto sobre o meio ambiente é cada vez mais discutida, sendo que as mudanças climáticas e a escassez de recursos naturais estão se agravando.

O impacto ambiental causado pela construção civil é muito importante. Segundo o CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (www.cbcs.org.br, 2008) estes impactos são bastante variáveis, conforme listado abaixo:

- A construção e a manutenção da infra-estrutura do país consomem até 75% dos recursos naturais extraídos, sendo a cadeia produtiva do setor a maior consumidora destes recursos da economia.
- A quantidade de resíduos da construção e demolição é estimada em torno de 450kg/hab.ano ou cerca de 80 milhões de toneladas por ano, impactando o ambiente urbano e as finanças municipais. A este total devem ser somados os outros resíduos industriais formados pela cadeia.
- A construção causa a diminuição da permeabilidade do solo, mudando o regime de drenagem, causando enchentes e reduzindo as reservas de água subterrânea.
- A utilização de madeira extraída ilegalmente, além de comprometer a sustentabilidade das florestas representa séria ameaça ao equilíbrio ecossistêmico.
- A cadeia produtiva da construção contribui para a poluição, inclusive na liberação de gases do efeito estufa, como gás carbônico durante a queima de combustíveis fósseis e a descarbonatação de calcário e de compostos orgânicos voláteis, que afetam também os usuários dos edifícios.
- A operação de edifícios no Brasil é responsável por cerca de 18% do consumo total de energia do país e por cerca de 50% do consumo de energia elétrica.
- Os edifícios brasileiros gastam 21% da água consumida no país, sendo boa parte desperdiçada.

Para que se consiga uma edificação totalmente sustentável é preciso equilibrar diversos fatores, atendendo as necessidades da sociedade de forma economicamente viável e ecologicamente correta. Utilizando os recursos naturais de forma racional e dando os devidos fins aos resíduos é possível tornar o ambiente em que vivemos um meio sustentável.

Existe grande dificuldade em aplicar os materiais e técnicas sustentáveis em residências ou edificações comerciais isolados, principalmente pelo alto custo inicial de alguns elementos necessários. No entanto, em condomínios, o custo inicial é dividido entre várias unidades, possibilitando maiores investimentos e maiores resultados.

O conceito de sustentabilidade ainda é pouco difundido no Brasil. Muitos recursos aplicados com frequência no exterior não são utilizados no Brasil por se pensar que estes aumentam o custo dos imóveis, o que não é verdade, o que acontece é que os profissionais não possuem conhecimento suficiente para aplicar as técnicas de acordo com o local.

Apesar de o tema estar sendo cada vez mais considerado, ainda existem poucos centros de estudos no país e poucos empreendimentos sustentáveis. O desenvolvimento de pesquisas nesta área é de grande importância, pois assim serão reconhecidas novas técnicas que trarão à construção civil alternativas para minimizar os impactos ambientais.

1.6 Sistematização

O trabalho está organizado da seguinte forma:

- 1º Capítulo: apresenta o tema da pesquisa juntamente com sua delimitação, bem como as questões de estudo, o objetivo geral e os objetivos específicos, as justificativas e a sistematização do trabalho.
- 2º Capítulo: apresenta a revisão da literatura, abordando os seguintes temas: sustentabilidade, certificações, materiais de construção, projeto arquitetônico, água, lixo, eficiência energética, conforto ambiental, automação, legislação e medição de desempenho de edificações.
- 3º Capítulo: apresenta a metodologia, abordando temas como classificação do estudo, planejamento da pesquisa e métodos e materiais utilizados.
- 4º Capítulo: apresenta os resultados obtidos, bem como a análise e a discussão dos mesmos.
- 5º Capítulo: apresenta as conclusões, juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

No final do trabalho são apresentadas as referências utilizadas, bem como anexos pertinentes.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Sustentabilidade

De acordo com Gonçalves (2006), a primeira definição de desenvolvimento sustentável foi cunhada pelo Brundtland Report em 1987, afirmando que desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer o atendimento às necessidades das gerações futuras. Nas décadas seguintes, grandes conferências mundiais foram realizadas, como a Rio 92, no Rio de Janeiro, em 1992 e a Rio+10, em Johannesburgo, em 2002. Nessas reuniões protocolos internacionais foram firmados, a fim de rever as metas e elaborar mecanismos sustentáveis.

No final da década de 1980 e início da década de 1990, as questões da sustentabilidade chegaram à agenda da arquitetura e do urbanismo internacional de forma incisiva, trazendo novos paradigmas, com destaque para o contexto europeu. O tema chegou com maior ênfase pela vertente ambiental, como decorrência das discussões internacionais na década de 1970. As atenções estavam voltadas tanto para as conseqüências de uma crise energética de dimensões mundiais como para o impacto ambiental gerado pelo consumo da energia de base fóssil, somados às previsões e alertas a respeito do crescimento das cidades e de suas demandas por todos os tipos de recursos (GONÇALVES, 2006).

De acordo com o site Wikipédia (http://pt.wikipedia.org/wiki/Agenda_21, 2008), a Agenda 21 foi um dos principais resultados da conferência Eco-92, ocorrida no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992. É um documento que estabeleceu a importância de cada país se comprometer a refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais. Cada país desenvolve a sua Agenda 21 e no Brasil as discussões são coordenadas pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional (CPDS). A Agenda 21 se constitui num poderoso instrumento de reconversão da sociedade industrial rumo a um novo paradigma, que exige a reinterpretação do conceito de progresso, contemplando maior harmonia e equilíbrio holístico entre o todo e as partes, promovendo a qualidade, não apenas a quantidade do crescimento.

O tema da sustentabilidade vem influenciando abordagens de projeto na arquitetura contemporânea e conta com iniciativas e exemplos nas mais diversas condições urbanas e ambientais. Extrapolando as questões de conforto ambiental e suas relações com a eficiência energética, recursos para a construção e operação do edifício, como materiais, energia e água, fazem parte das variáveis que vêm sendo exploradas, com especial atenção na formulação de propostas de menor impacto ambiental (GONÇALVES, 2006).

O site Idhea (<http://www.idhea.com.br/>, 2008) define construção sustentável como um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender as necessidades de edificação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

Segundo Sperb (2000 apud. COLE E LARSSON, 1998) a construção, operação e manutenção das edificações exigem uma grande quantidade de recursos renováveis e não-renováveis, dentre os quais se encontram os recursos energéticos, territoriais, hídricos e materiais. Por exemplo, em termos de recursos territoriais observa-se a contínua degradação de terras biologicamente produtivas através da urbanização. Em termos de recursos materiais, a extração, transformação, uso e disposição final dos mesmos possuem um custo ambiental, como a destruição de habitats naturais, exploração de recursos, utilização de energia, poluição do ar, poluição da água e problemas com os resíduos sólidos.

De acordo com Snell e Callahan (2006) para criar construções que atendam os conceitos de sustentabilidade devem ser considerados os seguintes passos:

- Baixo impacto de construção: construção, quase por definição, é inicialmente um ato destrutivo. O solo normalmente tem que ser, no mínimo, limpo e remodelado, buracos precisam ser cavados e os recursos materiais reformulados para servirem à edificação. A construção verde minimiza seu impacto no canteiro de obras e no meio ambiente, utilizando materiais que criam o mínimo de destruição ecológica através de seu uso.
- Eficiência dos recursos durante a vida da edificação: o impacto da construção é apenas a primeira etapa. Uma vez que um edifício é construído, pessoas vêm morar nele e usá-lo. Esse uso humano requer recursos para fins como o aquecimento, refrigeração, água e eletricidade. O edifício verde supre estas necessidades humanas eficientemente, conservando os recursos.
- Longa duração: recursos naturais, na forma de materiais de construção, ferramentas e combustíveis, assim como a energia e talento humanos, vem juntos na criação de uma edificação. Quanto mais tempo a edificação durar, mais tempo levará para que o meio

ambiente tenha que disponibilizar os recursos para substituir o edifício. Então, quanto mais o edifício durar, mais “verde” ele é.

- Não-tóxico: para levarmos vidas saudáveis, precisamos manter o ambiente saudável interna e externamente. Uma construção verde precisa prover um ambiente interno saudável sem causar mal nenhum ao ambiente externo.

Segundo Cichinelli (2008), na construção, ser sustentável é usar materiais com procedência correta, separar e reciclar resíduos, evitar desperdício e economizar recursos naturais.

Casos recentes de projetos vêm construindo uma nova geração de edifícios no mundo, incluindo exemplos brasileiros, pensados para responder aos desafios ambientais e tecnológicos da sustentabilidade. Nesse momento, são necessárias discussões sobre projeto e tecnologia que promovam revisões dos valores ambientais presentes na idealização, no projeto e na construção da arquitetura. A arquitetura sustentável deve fazer síntese entre projeto, ambiente e tecnologia, dentro de um determinado contexto ambiental, cultural e sócio-econômico, apropriando-se de uma visão de médio e longo prazos, em que tanto o idealismo como o pragmatismo são fatores fundamentais (GONÇALVES, 2006).

Muitas empresas perceberam que industrializar e tornar a construção mais inteligente não é bom apenas para a natureza, mas ajuda a empresa também a economizar. Duas medidas contribuíram muito para as construtoras mudarem: a norma ISO 14000 e a Resolução CONAMA 307/2002 (Conselho Nacional do Meio Ambiente). A resolução regulamenta e disciplina a necessidade de as empresas elaborarem um Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Demolição. Quando se faz a demolição, tem que se saber para onde o material será levado (CICHINELLI, 2008).

Takaoka et al (2005) dizem que, principalmente em regiões metropolitanas, os maiores problemas encontrados de impactos ambientais são os seguintes: a remoção da vegetação, com perda da flora e fauna regional típica; redução da permeabilidade do solo, causando inundações nas áreas mais baixas e redução na recarga de água subterrânea; produção de “ilhas de calor”, provindas da energia solar; contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos pela poluição (esgoto urbano e efluentes industriais); contaminação dos recursos hídricos pela água da chuva, que carrega consigo diferentes tipos de resíduos e lixo; escassez de água na superfície e sob o solo, devido a remoção de recursos hídricos mais naturais; poluição do ar, causada pelo transporte aéreo e terrestre; poluição visual devido a urbanização, nem sempre com preocupação paisagística e com a proliferação de favelas;

poluição sonora provinda do tráfego pesado e do constante burburinho das áreas densamente habitadas.

A sustentabilidade está baseada no tripé construção civil, arquitetura e consumidor, se um deles falhar, não é possível um projeto sustentável. E o carro chefe desse tripé é o consumidor. O projeto sustentável deve ser criado com base nas necessidades e expectativas do cliente, que sempre espera que seu sonho seja transformado em realidade (TAKAOKA, apud. CURCI e WEISS, 2008).

Para Belezza (apud. CURCI e WEISS, 2008) os benefícios de se pagar mais por um projeto sustentável ainda estão muito claros para os brasileiros, ainda é pequena a parcela de consumidores que estão dispostos a investir mais para morar em uma casa sustentável.

Segundo Souza (apud. CURCI e WEISS, 2008), o projeto de uma moradia dentro dos padrões sustentáveis gera um aumento de 6% sobre os custos da obra, dos quais 3%, em média, são repassados para o consumidor final, que precisa saber que este é um custo que ele terá de volta em três anos.

Lisboa (apud. CURCI e WEISS, 2008), recomenda cautela com a “onda” da sustentabilidade. Segundo ele, o modismo pode desviar a real importância de projetos sustentáveis e ecoeficientes, que podem ser utilizados apenas como um degrau para alavancar vendas.

Taipale (apud. GARCEZ, 2008) parte do princípio que o caminho em direção a sustentabilidade não pode ficar restrito as questões ambientais. Sua efetividade não começa e termina no edifício em si, mas também – e principalmente – no impacto que ele causará ao entorno durante seu ciclo de vida, nos materiais usados na construção e na mão-de-obra contratada, e toda a mobilização decorrente de sua existência. Segundo a autora, quando se trata de sustentabilidade, o grande ponto é atribuir igual importância aos aspectos ambientais, econômicos e sociais a longo prazo.

Stagno (apud. WEISS e CSILLAG, 2008) explica que existem cinco pontos que funcionam como pilares para obras sustentáveis: troca ou transferência de energia, padrões éticos e igualdade social, qualidade ecológica e conforto ambiental, viabilidade econômica e impactos contextuais e estéticos.

2.2 Certificações

John (2008) afirma que certificações e selos são negócios: organizações vendem este serviço, que, em tese, deve permitir a um leigo identificar produtos que apresentem características desejáveis que os diferenciem dos concorrentes no mercado.

Segundo John (2008), hoje, o mercado de certificação de edifícios no Brasil conta com duas certificações importadas e adaptadas, o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – vendido como “o maior sistema de certificação” de edifícios) e o francês HQE (Haute Qualité Environnementale – no Brasil, AQUA). Para materiais e componentes, existem pelo menos três certificações, sendo que duas são estreitamente ligadas ao LEED, e outras duas certificações de madeira (FSC e Gerflora). Acima disso, e em caráter oficial, existe o selo Procel, que se desdobra em um programa para equipamentos e outro para edifícios – o Procel Edifica.

De acordo com John (2008) uma comparação entre o LEED e o AQUA, no quesito materiais de construção revela a magnitude da diferença entre estes dois sistemas: o primeiro privilegia o teor de resíduos e compostos orgânicos voláteis; o segundo, a existência de declaração ambiental de produto (uma descrição detalhada abrangente dos impactos ambientais do produto ao longo do ciclo de vida) e a durabilidade esperada.

Certificações e normas são parâmetros que devem ser ajustados conforme a evolução do entendimento e da aplicação do conceito de sustentabilidade na construção civil – no Brasil e no mundo – e cada passo dado até aqui pode ser considerado vitorioso para um setor que ficou por muito tempo acomodado como vilão do equilíbrio socioeconômico e ambiental do planeta (CURCI e WEISS, 2008).

Segundo Curci E Weiss (2008), no Brasil existem apenas dois edifícios construídos certificados pelo LEED, o mais disseminado selo do gênero no mundo. As mesmas autoras afirmam que passou a valer, a partir deste ano, no país a proposta de etiquetagem energética para construções comerciais e residenciais. Este sistema foi criado pelo Ministério de Minas e Energia e pela Eletrobrás e apresenta dados como o nível de consumo energético do imóvel para seus compradores; a idéia é que a etiquetagem seja opcional durante cinco anos e, após este período, se torne obrigatória.

2.3 Materiais de Construção

Araújo (2007) diz que material ecológico é todo artigo que, artesanal, manufaturado ou industrializado, de uso pessoal, alimentar, residencial, comercial, agrícola e industrial, seja não-poluente, não-tóxico, notadamente benéfico ao meio ambiente e à saúde, contribuindo para o desenvolvimento de um modelo econômico e social sustentável.

Carlo (2008) afirma que a engenharia sustentável procura responder se as matérias-primas vêm de mineração e processos que respeitam o meio ambiente e as relações sociais; se os processos industriais são de baixo impacto ambiental e social; se os produtos garantirão ao usuário facilidade de uso com baixo impacto ambiental e social durante toda sua vida útil; e se, ao fim da vida útil, será possível reciclar com lixo zero.

Sperb (2000) observou que, durante as primeiras etapas do ciclo de vida dos materiais de construção, representadas pela extração de matérias-primas e pela posterior manufatura dos materiais de construção, há possibilidade de geração de vários impactos ambientais, sendo estes em geral referentes à exploração de recursos naturais, gastos energéticos, geração de emissões aéreas, efluentes líquidos e resíduos sólidos poluentes.

A princípio, os recursos naturais podem ser divididos em recursos naturais renováveis, como a terra e as florestas, caracterizados por possuírem um elevado índice de reposição natural; e recursos naturais não renováveis, como os recursos minerais e fósseis, com um mínimo índice de reposição pela natureza (SPERB, 2000).

Sperb (2000) afirma que, em termos de recursos renováveis, a contínua degradação da biosfera não só reduz sua habilidade de produzir recursos essenciais, mas também sua habilidade de regeneração; quanto aos recursos não renováveis, deve ser maior a restrição quanto a sua utilização quando sua reserva natural for atualmente muito pequena.

Gonçalves (2006) destaca que a questão dos materiais é muito presente nas discussões sobre a arquitetura sustentável. Todavia, ela não está necessariamente ligada àqueles classificados como “alternativos” ou “ecologicamente corretos”. Certamente, o desafio está na escolha do melhor material, para um determinado fim. Além do desempenho térmico, essa escolha deve também incluir uma avaliação, quanto às questões de disponibilidade do material e sua energia incorporada, que são partes integrantes do conceito de ciclo de vida útil do material ou do componente.

O uso de matérias-primas naturais renováveis, obtidas de maneira sustentável ou por biotecnologia não-transgênica, bem como a reciclagem de matérias-primas sintéticas por

processos tecnológicos limpos (sem a emissão de poluentes e sem o uso de insumos agressivos) permitem classificar um produto a partir de critérios ambientais. Como exemplo, tem-se os produtos de limpeza biológicos, tintas a base de silicato de potássio ou caseína de leite, plásticos biodegradáveis, chapas de plástico reciclado, telhas recicladas, combustível vegetal (biodiesel), tijolos de solo cimento, entre muitos outros, que podem ser incorporados ao cotidiano de qualquer cidadão (ARAÚJO, 2007).

Araújo (2007) define como materiais ecológicos aqueles que tenham todos os processos produtivos ambientalmente adequados, tendo sido planejado em todo seu ciclo de vida, atingindo todos os elos da cadeia produtiva, desde seus fornecedores até os consumidores.

A escolha de produtos e materiais para uma obra sustentável deve obedecer a critérios específicos, como origem da matéria-prima, extração, processamento, gastos com energia, emissão de poluentes, biocompatibilidade, entre outros, que permitam classificá-los como sustentáveis e elevar o padrão da obra. Devem também atender parâmetros de inserção, estando de acordo com a geografia circundante, história, tipologias, ecossistema, condições climáticas, resistência, dentre outros fatores (ARAÚJO, 2007).

Araújo (2007) destaca a importância de evitar materiais tradicionais que reconhecidamente acarretam problemas ambientais, como PVC, que gera impactos em sua produção, uso e descarte, e do alumínio, que requer imensos gastos energéticos para sua produção e reciclagem.

Os melhores materiais, segundo Carlo (2008) são aqueles vivos, como é o caso da madeira e os à base de óleos naturais ou água. Carlo (2008) afirma que, em relação aos materiais não-naturais, existem os que exigem muita energia, mas que são fáceis de reciclar, como alumínio, aço e vidro; os que, embora fáceis de reciclar, têm problemas ambientais, como o plástico; e os complexos, como o concreto, complicados de reutilizar.

Gerolla (2006) aponta o uso do concreto rico em cinzas (HVFC – High Volume Fly Ash Concrete), como um importante contribuinte para a redução de emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Pelo uso das cinzas, reduz-se em quase 45% a concentração de cimento na mistura e, proporcionalmente, a emissão de gás carbônico na atmosfera. Além disso, as cinzas produzidas pela queima de carvão em usinas de energia deixam de ser depositadas em lixões ou enterradas, destino que teriam caso não fossem empregadas no preparo do concreto.

Maximizar a durabilidade de uma edificação é uma das principais preocupações para o arquiteto de uma obra sustentável. O metal, o vidro e o concreto são materiais altamente duráveis. Os materiais duráveis permitem o baixo custo de manutenção (WEISS, 2008).

As orientações do Sustainability Technical Review Committee (2002), em relação aos materiais de construção são as seguintes:

- Eliminar o conceito de lixo;
- Utilizar menos;
- Projetar para longevidade, durabilidade e flexibilidade de uso;
- Criar construções saudáveis menos tóxicas, usando materiais que emitam poucas toxinas;
- Avaliar materiais para minimizar o consumo de energia e maximizar o conteúdo reciclado;
- Pensar “do berço ao berço” sendo consciente das oportunidades de reciclagem e seleção dos materiais;
- Encorajar florestas responsáveis maximizando o uso de madeira certificada;
- Utilizar materiais locais ou regionais;
- Adicionar cinzas ao concreto, quando for possível.

Reabilitar edificações com significado histórico ou cultural tem como objetivo dar continuidade e criar uma conexão com o passado, ao mesmo tempo em que se reduz o impacto ambiental causado pela demolição e construção (SUSTAINABILITY TECHNICAL REVIEW COMMITTEE, 2002).

Com o objetivo de reduzir a demanda por extração de matérias-primas, conservar energia e reduzir a poluição e os depósitos de lixo, o Sustainability Technical Review Committee (2002) recomenda reciclar os resíduos de construção e demolição.

2.4 Projeto Arquitetônico

De acordo com Gonçalves (2006) o projeto de um edifício deve incluir o estudo dos seguintes tópicos:

- Orientação solar;
- Forma arquitetônica, arranjos espaciais, zoneamento dos usos internos do edifício e geometria dos espaços internos;
- Características, condicionantes ambientais e tratamento do entorno imediato;
- Materiais da estrutura, das vedações internas e externas, considerando desempenho térmico e cores;

- Tratamento das fachadas e coberturas, de acordo com a necessidade de proteção solar;
- Áreas envidraçadas e de abertura, considerando a proporção quanto à área de envoltória, o posicionamento na fachada e o tipo do fechamento, seja ele vazado, transparente ou translúcido;
- Detalhamento das proteções solares considerando tipo e dimensionamento;
- Detalhamento das esquadrias.

Todos esses aspectos do projeto vistos em conjunto exercem um impacto no desempenho térmico do edifício, por terem um papel determinante no uso das estratégias de ventilação natural, reflexão da radiação solar direta, sombreamento, resfriamento evaporativo, isolamento térmico, inércia térmica e aquecimento passivo. O uso apropriado de uma dessas estratégias, ou de um conjunto delas, por sua vez, vai ser determinado pelas condições climáticas, exigências do uso e ocupação e parâmetros de desempenho. O aproveitamento da iluminação natural também é, indubitavelmente, inerente a muitos desses aspectos de projeto, como a orientação solar, a geometria dos espaços internos, as cores e o projeto das aberturas e das proteções solares (GONÇALVES, 2006).

Quanto aos recursos tecnológicos envolvendo os sistemas prediais, são muitas as opções para minimizar o impacto ambiental dos edifícios, tais como painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas para geração de energia, painéis solares para aquecimento de água, sistemas de reaproveitamento de águas cinzas e outros. Tais adventos da tecnologia, quando apropriados devem fazer parte do desenvolvimento do projeto desde as suas primeiras etapas de concepção, e não serem inseridos como “acessórios”, para que possam contribuir de fato para o resultado arquitetônico e o melhor desempenho do conjunto (GONÇALVES, 2006).

No projeto proposto por Alvarez (2001) as diretrizes principais constituíram-se no uso de materiais construtivos renováveis, aproveitamento dos condicionantes naturais (sol e vento), no tratamento dos resíduos oriundos do uso e na busca de racionalização e eficiência energética. A madeira foi escolhida como matéria-prima fundamental principalmente por ser considerado o único material realmente renovável na construção civil tradicional.

O projeto arquitetônico deve ser acomodado no terreno, procurando, tanto quanto possível, facilitar os escoamentos e a drenagem e, como condicionantes, devem ser consideradas a realidade climática local, as construções vizinhas e sua influência no projeto, os quadrantes de maior radiação, a amplitude térmica local, a média da umidade relativa do ar e a direção e velocidade dos ventos predominantes (NAKAMURA, 2006).

Nakamura (2006) defende que o design do edifício seja o mais flexível possível, para que possa ser reciclado e modificado tantas vezes quanto for necessário.

Segundo Marques e Salgado (2007), todo projeto de edifício, inevitavelmente, vem a causar algum impacto no eco-sistema em que está inserido, ocasionando, no mínimo, gastos de energia e de recursos naturais. Por outro lado, todo projeto de edifício oferece a oportunidade de melhorar seu desempenho ambiental, se obedecer às normas e diretrizes que vêm sendo criadas visando incorporar princípios sustentáveis às edificações.

No Brasil, já se percebe alguma atitude na busca da arquitetura ambientalmente sustentável, uma vez que alguns arquitetos já têm como premissa o alcance de altos níveis de qualidade ambiental em seus projetos. Além disso, alguns concursos de projetos de arquitetura no Brasil vêm exigindo que as questões de sustentabilidade, principalmente nos aspectos ambientais, sejam consideradas (MARQUES e SALGADO, 2007).

Marques e Salgado (2007) relacionam as etapas de um sistema de certificação ao processo de projeto da seguinte forma:

- Estudo preliminar: apresenta o partido arquitetônico adotado, a configuração das edificações e a respectiva implantação no terreno, incorporando as exigências definidas no programa de necessidades do cliente.
- Projeto legal: constitui no projeto arquitetônico proposto considerando todas as exigências contidas no programa de necessidades, no estudo preliminar e no anteprojeto aprovado pelo cliente, nos requisitos legais e nas normas técnicas.
- Anteprojeto: nesta fase o desenho deve apresentar a solução adotada para o projeto, com as respectivas especificações técnicas. São considerados os aspectos de tecnologia construtiva, pré-dimensionamento estrutural e concepção básica das instalações, permitindo uma primeira avaliação de custo e prazo.
- Projeto de execução: constitui a solução desenvolvida já compatibilizada com todos os projetos complementares, com todas as informações necessárias à execução da obra. Estabelece o custo mínimo possível que se pode obter em decorrência da especificação dos materiais, equipamentos e normas de execução dos serviços, tolerâncias, configurações básicas, métodos construtivos e tudo mais relacionado à construção da edificação. Compõe-se dos desenhos de arquitetura devidamente compatibilizados com os projetos complementares, com os respectivos detalhes construtivos, cadernos de especificações de materiais e serviços e do orçamento, estabelecendo o custo provável da obra.

De acordo com o Sustainability Technical Review Committee (2002), é importante que sejam implantadas, no paisagismo da edificação, plantas que não requerem irrigação, dando preferência para as nativas que ajudam a criar habitats e restabelecer os ecossistemas nativos e lembrando que a irrigação não deve ser feita com água potável.

Localizar, orientar e configurar as edificações de modo a otimizar a iluminação e ventilação naturais minimiza o consumo de energia. Para este mesmo fim, é recomendado que se crie diferentes fachadas para norte, sul, leste e oeste, baseadas nos impactos solares, ganho passivo e controle do sol, considerando a adaptação de dispositivos para proteção solar (SUSTAINABILITY TECHNICAL REVIEW COMMITTEE 2002).

2.5 Água

Segundo Jacobi (2003), não é verdade que a água no planeta está se esgotando, a quantidade de água na Terra continua estável nestes últimos milhões de anos. A água pode mudar de estado (líquido, vapor e sólido), migrar de um lado para outro, mas não se perde. A única forma de “acabar” com a água é contaminando-a.

A distribuição de água no planeta é bastante irregular. Isso faz com que existam os “ricos” como o Brasil e o Canadá, e um grande número de países onde a água é realmente escassa. No nosso país, graças às nossas enormes reservas, a falta de água é absolutamente improvável. Ela só irá ocorrer se os governantes falharem totalmente no planejamento, não investindo no setor como deve ser feito e deixando de combater o grande mal, que é a poluição (JACOBI, 2003).

A água poderá faltar se a população consumir acima da capacidade de distribuição. Como nós vivemos em um país pobre, onde os investimentos em áreas infra-estruturais são precários, é importante que haja uma conscientização da população em relação ao consumo de água. As campanhas devem ser constantes e conduzidas pelos governos Federal, Estaduais e Municipais (JACOBI, 2003).

Jacobi (2003) diz ainda que a poluição da água pode ser tão danosa a ponto de inviabilizar os rios, mares, lagos, águas subterrâneas e os nossos grandes aquíferos. Qualquer combate passa por um longo processo que inicia com a conscientização e termina em severas multas. O governo deve dar à água a atenção que ela merece.

Santos (2002) afirma que uma parcela significativa da população brasileira não tem acesso a água potável e que é reconhecida a exaustão dos recursos hídricos naturais, seja pelo

crescente consumo de água, seja também pela crescente deterioração da qualidade dos mesmos.

De acordo com Santos (2002) a Agenda 21 propõe uma série de ações para a promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos, entre elas as citadas a seguir:

- Desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como dessalinização da água, reposição artificial de águas subterrâneas, uso da água de pouca qualidade, aproveitamento de águas residuais e reciclagem de água;
- Promover a conservação da água por meio de planos melhores e mais eficientes de aproveitamento de água e de minimização de desperdício para todos os usuários, incluindo o desenvolvimento de mecanismos de poupança de água.

Santos (2002) destaca que as ações de economia de água podem ser de uso racional e de utilização de fontes alternativas. As de uso racional são basicamente de combate ao desperdício quantitativo. Já a utilização de fontes alternativas consta de utilizar fontes opcionais àquelas normalmente disponibilizadas às habitações.

Santos (2002) destaca as seguintes ações de uso racional de água:

- Utilização de Aparelhos economizadores de água: existe uma série deles disponíveis no mercado, como bacias sanitárias de volume reduzido de descarga, chuveiros e lavatórios de volumes fixos de descarga, arejadores, etc.
- Adoção de medição individualizada: trata-se de um hidrômetro por economia, onde os respectivos moradores arcam com aquilo que consomem.
- Conscientização do usuário: este de fato é um problema complexo. Seriam necessárias intervenções educacionais que realmente despertassem o usuário e o conduzissem a uma revolução comportamental onde, sob um novo paradigma pessoal, motivasse-o a posicionar-se contra o desperdício.

- Controle de perdas de água: é importante considerar a detecção e as ações corretivas.

Santos (2002) aponta as seguintes ações como de utilização de fontes alternativas de água:

- Água subterrânea: podem ter origem em lençóis freáticos ou lençóis artesianos. A água subterrânea tem sua qualidade atrelada às características geológicas e às atividades antrópicas do local.
- Água envasada e caminhões pipa: inicialmente é preciso avaliar se a fonte é segura quanto ao aspecto sanitário. Todavia é no envase que se devem ter maiores cuidados para que

a água não seja contaminada. Os caminhões pipa, normalmente, em várias regiões brasileiras, são utilizados em situações emergenciais.

De acordo com o Manual de Conservação da água, desenvolvido pela empresa Gênese (2008), a distribuição do consumo de água em uma residência (de padrão americano) se dá conforme apresentado na Figura 1.

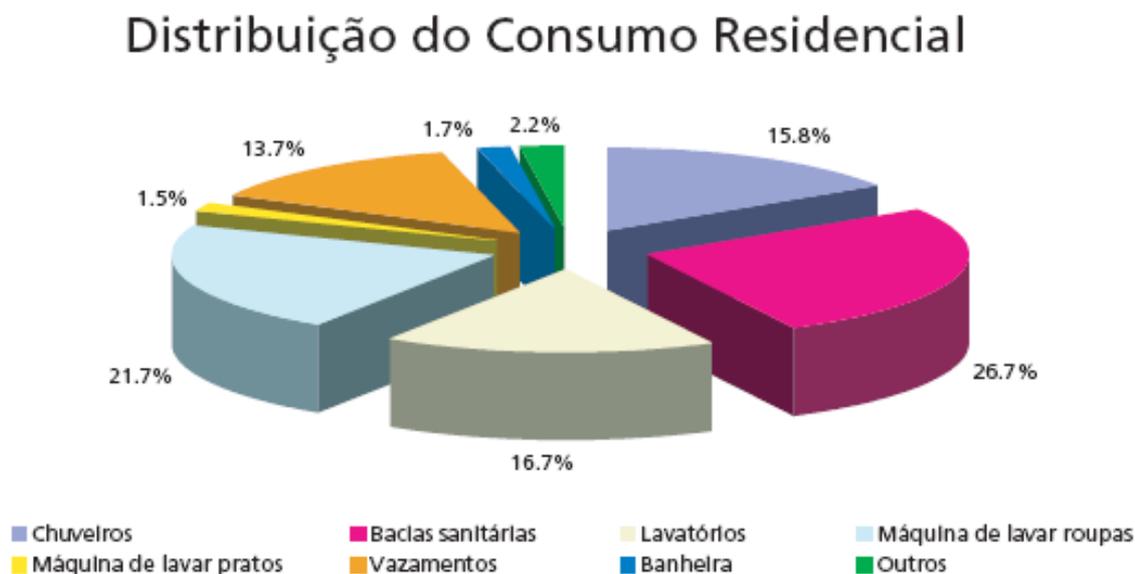


Figura 1: Distribuição do Consumo Residencial de Água.

Fonte: Manual de Conservação da Água (GÊNESIS, 2008).

Pode-se observar que o consumo de água se concentra, principalmente nas bacias sanitárias, lavatórios, máquinas de lavar roupas e nos chuveiros. Também é significativa a parcela consumida por vazamentos.

Este Manual ressalta que uma das ações para a conservação de água é a avaliação criteriosa dos equipamentos hidráulicos a serem instalados, bem como a otimização do projeto de sistemas hidráulicos prediais para facilitar a redução e detecção de vazamentos, além do estabelecimento de rotinas de manutenção preventiva que compõe um sistema de gestão de água. Com relação ao desperdício de água, as ações pertinentes são de base comportamental, cabendo ao usuário final ser informado sobre os impactos gerados pelo mau uso e das formas de combater o desperdício.

Segundo o manual, as ações de conservação de água adotadas em edificações residenciais contemplam, principalmente, as seguintes ações:

- Otimização dos sistemas hidráulicos prediais;

- Adequação de componentes hidráulicos (principalmente bacias sanitárias e mictórios);
- Adequação de controle de vazões;
- Irrigação mais eficiente de áreas de jardins (mangueiras com válvulas automáticas de fechamento, por exemplo);
- Uso de fontes alternativas à água da concessionária, como água de chuva para lavagem de pisos, veículos, entre outros.

O Manual de Conservação de Água da empresa Gênesis (2008) define equipamentos economizadores de água como aqueles mais adequados à função a que se destinam, mesmo que não tenham sido fabricados especificamente para economizar água. Desta forma, a especificação de louças, metais sanitários e equipamentos hidráulicos é um dos fatores que determinam o maior ou menor consumo de água em uma edificação, ao longo de sua vida útil. No mercado brasileiro já existe uma grande variedade de produtos que têm como objetivo atender às necessidades dos usuários e promover o uso racional da água para as atividades a que se destinam. Os produtos economizadores de água nos sistemas prediais apresentam características específicas de instalação, funcionamento, operação e manutenção.

Sistema com acionamento hidromecânico é aquele no qual o usuário aciona o dispositivo de comando manualmente e o fechamento se dá após um determinado tempo de funcionamento. É um sistema automático e temporizado, no qual os tempos de funcionamento podem variar em função da finalidade do equipamento, sendo que o tempo máximo de fechamento, de válvula para mictório é dez segundos, para torneira para lavatório é quinze segundos e registro para chuveiro é cinquenta e cinco segundos (Manual de Conservação de Água). As Figuras 2 e 3 mostram torneiras automáticas.



Figura 2: Torneira automática.

Fonte: www.meber.com.br (2008).

Alguns equipamentos hidráulicos apresentam controle de fluxo de água por meio de sensores de presença, geralmente do tipo infravermelho. Os equipamentos que utilizam este mecanismo de controle apresentam uma unidade anexa eletrônica em que se dá a leitura de informações e a emissão do comando de abertura do fluxo de água. De maneira geral, o sensor emite continuamente um sinal à espera de um usuário; quando este é identificado, inicia-se o ciclo de funcionamento; quando o sensor não identifica mais a presença do usuário em seu raio de ação, o fluxo de água é interrompido (MANUAL DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA, 2008). Um exemplo deste sistema é a torneira com funcionamento acionado por sensor (figura 3).



Figura 3: Torneira eletrônica.

Fonte: www.meber.com.br (2008).

O sistema de mictório sem água não utiliza água na sua operação. A aparência externa deste mictório praticamente não o distingue de um mictório que utiliza água, no entanto, não existem dispositivos de acionamento de descarga e nem a função de descarga e lavagem da bacia. A bacia cerâmica do mictório sem água apresenta um desenho de curvatura da sua parte interna especialmente desenvolvido para permitir o rápido escoamento da urina e impedir que a mesma fique aderida à superfície, garantindo que quantidades suficientes de urina para a propagação de odores não permaneçam nesta parte do mictório (MANUAL DE CONSERVAÇÃO DE ÁGUA GENESIS, 2008).

O arejador é um componente instalado na extremidade da bica de uma torneira para reduzir a seção de passagem de água através de peças perfuradas ou telas finas e possui orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento de água. Os arejadores, de forma geral, podem ser caracterizados por apresentar sucção ou não de ar quando da passagem do fluxo de água. Atua de duas formas: pelo controle da dispersão do jato e pela redução da vazão de escoamento pela bica da torneira, reduzindo, assim, o consumo de água. Os arejadores são indicados para todas as torneiras, exceto as de limpeza e de tanque, nas quais o usuário necessita de maior vazão para reduzir o tempo de realização da

atividade. Em cozinhas, recomenda-se a instalação de arejadores tipo “chuveirinho”, que facilitam ainda mais a realização das atividades nessa área. Existem componentes com dupla função: arejador e chuveirinho, nos quais a modificação da função é feita por meio de giro da peça, permitindo um jato concêntrico ou difundido, como em um chuveiro (Manual de Conservação de Água). Na Figura 4, observa-se uma torneira com arejador.

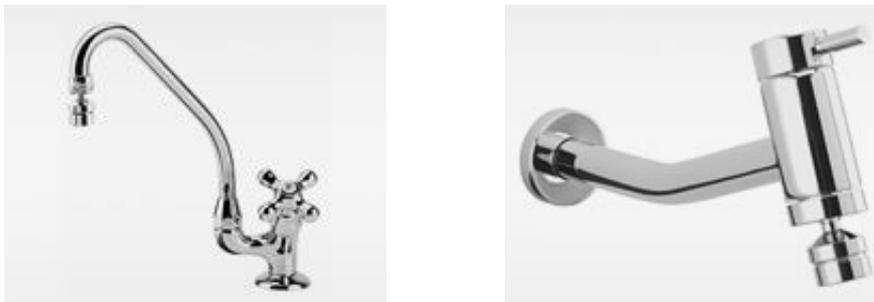


Figura 4: Torneiras com arejador.

Fonte: www.meber.com.br (2008).

As bacias sanitárias se caracterizam pelo uso de um volume significativo de água em um curto espaço de tempo. As opções para a especificação de bacias sanitárias visando à economia de água, de acordo com o Manual de Conservação de Água (GÊNESIS, 2008), são:

- Bacia sanitária com válvula de descarga de ciclo fixo e volume de descarga da ordem de seis litros;
- Bacia sanitária com caixa de descarga externa ou embutida com volume de descarga da ordem de seis litros;
- Bacia sanitária com caixa de descarga pressurizada, cujo princípio de funcionamento é uma câmara onde a água entra pela pressão hidráulica do próprio sistema de distribuição, comprimindo o ar desta câmara. Quando a descarga é acionada, o ar expulsa a água da caixa em alta velocidade. Destaca-se que a pressão mínima de operação é de 140 kPa e que apresenta alto nível de ruído.
- Bacia sanitária com válvula de descarga eletrônica e de ciclo fixo e volume de descarga da ordem de seis litros.
- Bacia sanitária com duplo acionamento.

Como exemplo de bacias sanitárias economizadoras, a Figura 5 mostra a válvula Hydra Duo, que possui acionamento duplo, com opção de descarga de 3 litros e completa (6 litros).



Figura 5: Válvula com acionamento duplo.

Fonte: www.valvulahydra.com.br/hydraduo, 2008.

2.5.1. Água da Chuva

Água da Chuva é uma fonte importante principalmente para as regiões onde o regime pluviométrico é generoso em termos quantitativos e distributivos ao longo do ano. A configuração básica de um sistema de captação de água da chuva consta da área de captação (telhado, laje, piso), dos sistemas de condução de água (calhas, condutores verticais e condutores horizontais), da unidade de tratamento da água (reservatório de auto-limpeza, filtros de desinfecção) e do reservatório de acumulação, sendo que pode ser necessário um sistema de recalque, o reservatório superior e a rede de distribuição (SANTOS, 2002).

Alves, Santos e Zanella (2008) explicam que a quantidade de água pluvial a ser aproveitada é diretamente proporcional à área de captação e a condução das águas precipitadas sobre as coberturas usualmente é feita por meio de calhas, condutores, grelhas, caixas de amortecimento e outros componentes, projetadas da mesma forma que nas instalações de águas pluviais, segundo a norma brasileira NBR 10844/1989.

De maneira genérica, Alves, Santos e Zanella (2008) descrevem a composição do tratamento de águas pluviais escoada de telhados da seguinte forma:

- Filtração e materiais grosseiros;
- Descarte das águas de escoamento inicial;
- Filtração de materiais particulados finos;
- Desinfecção.

A filtração de materiais grosseiros é obtida por meio de grades de barras ou telas metálicas com aberturas da ordem de 2mm a 6mm que são interpostas no fluxo das águas pluviais captadas na cobertura e conduzidas pelos coletores. Soluções alternativas de calhas e condutores verticais incluem filtros de materiais grosseiros, conforme a Figura 6, que

apresenta uma calha dotada de filtro de retenção, um filtro vertical instalado em coletor e um filtro horizontal com grade de barras horizontais.



Figura 6: Filtros.

Fonte: Alves, Santos e Zanella (2008).

O descarte das primeiras águas escoadas de coberturas é altamente recomendado, particularmente após vários dias sem chuva devido a concentração de poluentes e microorganismos. Os dispositivos de descarte podem contar com esvaziamento automático ou manual. Um dispositivo bastante prático, segundo Alves, Santos e Zanella (2008) é apresentado na Figura 7.

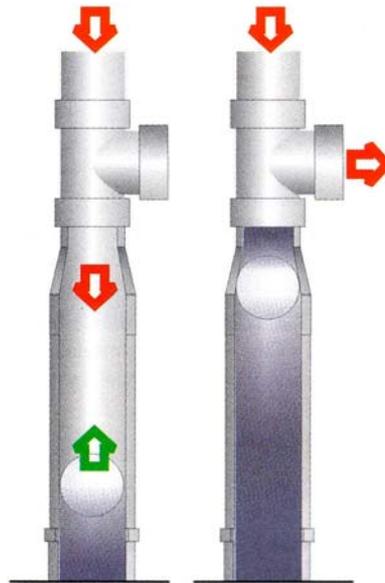


Figura 7: Dispositivo automático de descarte.

Fonte: Alves, Santos e Zanella (2008).

Segundo estes mesmos autores, alguns sistemas de aproveitamento de águas pluviais podem requerer a filtração de material particulado mais fino, como filtros de areia (Figura 8) ou de resina.

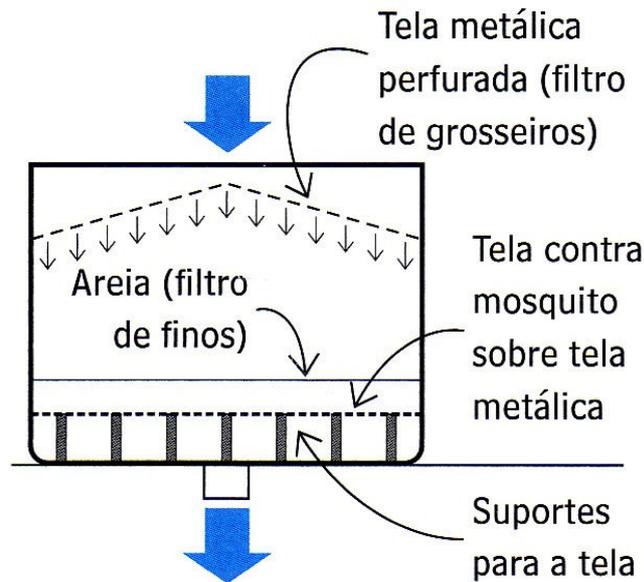


Figura 8: Filtro de material grosseiro e de finos desenvolvido no IPT.

Fonte: Alves, Santos e Zanella (2008).

De acordo com Alves, Santos e Zanella (2008), a ocorrência de microorganismos em águas de chuva escoadas de coberturas recomenda fortemente a desinfecção, sendo que os sistemas mais utilizados para este fim são baseados na aplicação de cloro, ozônio ou raios ultravioleta.

Esta alternativa, segundo o Manual de Conservação de Água (GÊNESIS, 2008), deve ser prevista em projeto e requer alguns cuidados específicos como, por exemplo, reservatório independente para que águas de qualidades diferentes não se misturem. A água da chuva pode ser encaminhada para alimentação de bacias sanitárias, regas de jardim, lavagem de piso, entre outros usos, que consomem pelo menos 24% do total de água destinada ao consumo humano.

Neste manual, um sistema de aproveitamento de águas pluviais é, em geral, composto por reservatórios, sistema de pressurização ou sistema de recalque, torneiras de lavagem específicas para o uso interno e externo, filtros separadores de sólido e líquido, tubos e conexões exclusivos, “by pass” para abastecimento de água a partir do reservatório de água potável para eventual suprimento do sistema e “by pass” para saída do reservatório de água da chuva para extravasamento do excedente para o sistema de águas pluviais. As águas pluviais podem ser coletadas em telhados e também em áreas de piso. A qualidade das águas varia de acordo com a localização da coleta e com a limpeza da área de captação, entre outros.

O manual alerta que para análise da viabilidade de utilização de águas pluviais como fonte abastecedora alternativa, devem ser realizadas simulações que indiquem as possibilidades de captação e reserva, através de séries históricas de dados pluviométricos médios mensais de postos pluviométricos próximos a edificação e da área de captação disponível.

2.5.2. Águas Servidas

O reuso da água consiste em utilizá-la mais de uma vez, partindo do princípio de sempre reutilizar esta água com a qualidade mínima requerida pelos padrões e normas sanitárias (VIGGIANO, 2005).

Viggiano (2005) classifica águas servidas como as águas que já foram utilizadas nas atividades humanas, podendo ser divididas em águas cinzas (provenientes do chuveiro, banheira, lavatório de banheiro e máquina de lavar roupas – são ricas em sabão, sólidos suspensos e matéria orgânica e podem possuir pequenas quantidades de bactérias), Figura 9; e águas negras (provenientes do vaso sanitário e da pia da cozinha – ricas em matéria orgânica e bactérias com potencial patogênico), Figura 10.

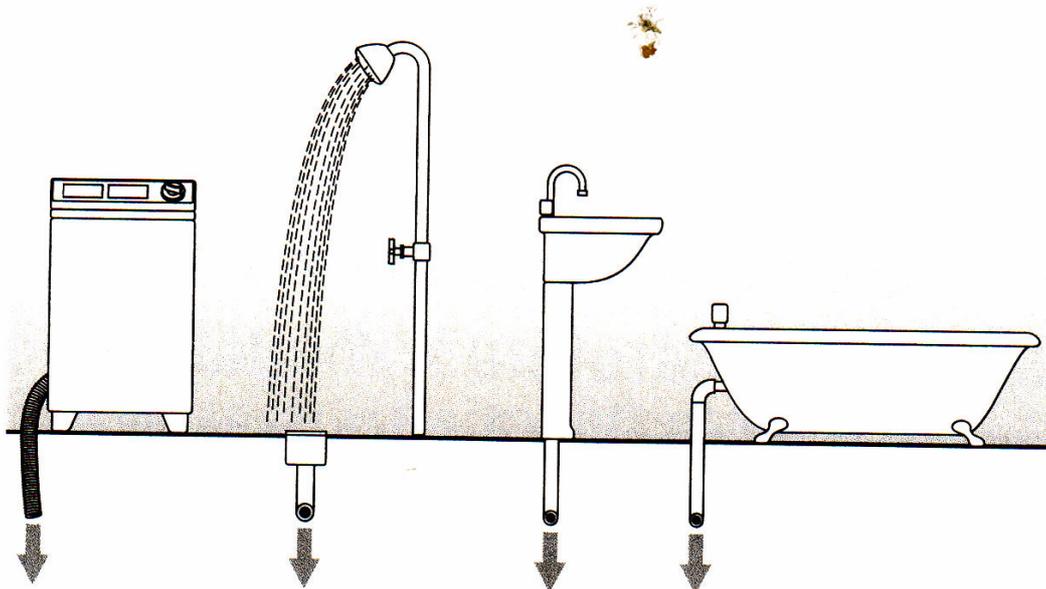


Figura 9: Fontes de Águas Cinzas.

Fonte: Viggiano (2005).

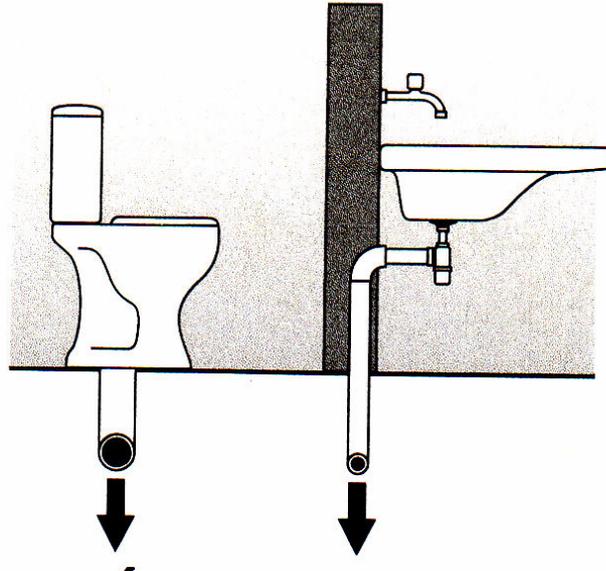


Figura 10: Fontes de Águas Negras.

Fonte: Viggiano (2005).

Conforme a NBR 13969, no caso de esgoto doméstico ou com características similares, o esgoto tratado deve ser reutilizado para fins que exijam qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como irrigação dos jardins, lavagem dos pisos e veículos automotivos, descarga dos vasos sanitários, entre outros.

De acordo com Viggiano (2005) as águas cinzas são as que mais se prestam ao reuso em residências, devido às suas características físicas, possuem índices muito menores de matéria orgânica e bactérias e são tratadas com maior facilidade e, conseqüentemente, o retorno do investimento aplicado nos equipamentos do sistema virá em tempo consideravelmente menor.

Este mesmo autor (2005) afirma que as águas cinzas podem ser usadas em residências a partir de dois processos distintos que variam de acordo com a complexidade do tratamento. Se forem usadas na irrigação por infiltração subterrânea, não necessitam de praticamente nenhum tratamento específico, devendo ser retidos apenas os sólidos suspensos, armazenada de forma correta e bombeada para irrigação, conforme a Figura 11. Se usadas para irrigação superficial ou para lavagem de pátios, as águas cinzas de reuso devem ser necessariamente tratadas com filtragem, retirada de odores e esterilização, conforme a Figura 12.

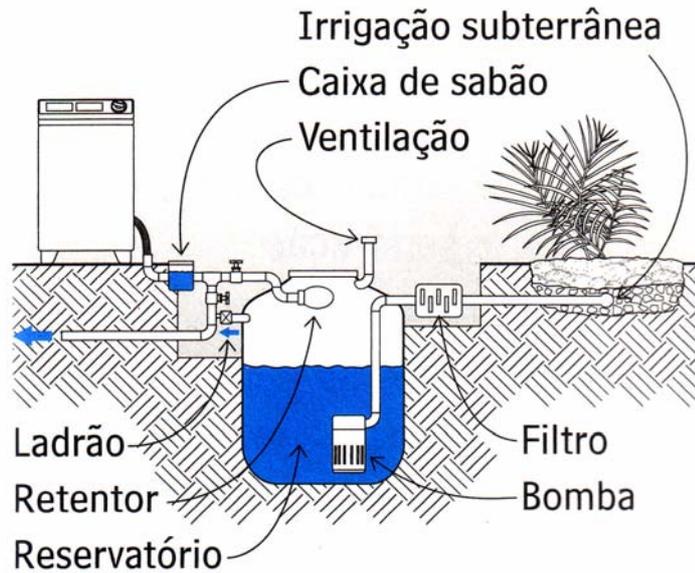


Figura 11: Reuso das águas cinzas para irrigação subterrânea.

Fonte: Viggiano (2005).

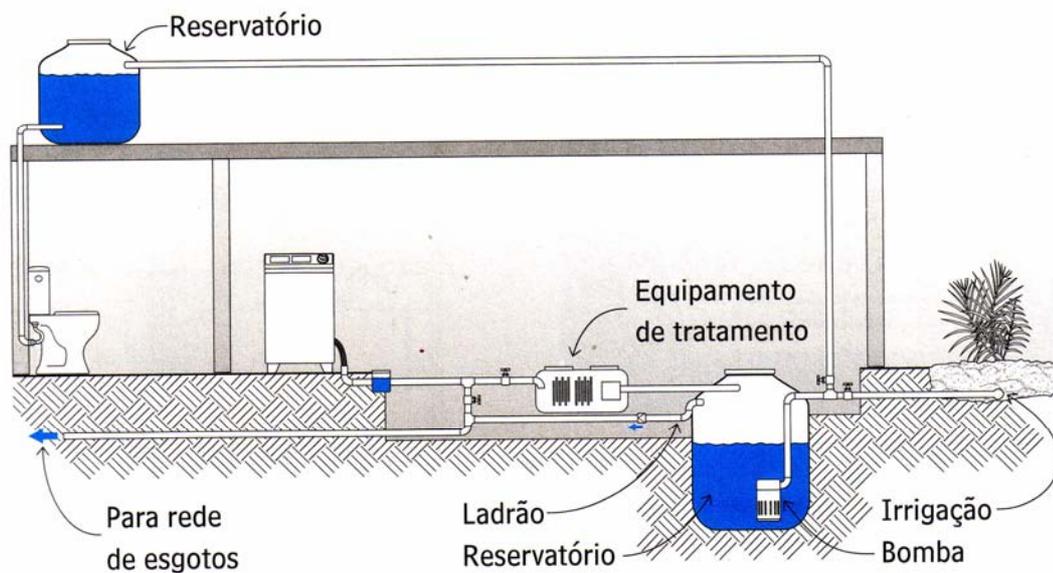


Figura 12: Reuso das águas cinzas após tratamento.

Fonte: Viggiano (2005).

Viggiano (2005) ressalta que o projeto de reúso das águas cinzas com retorno para o vaso sanitário deve prever um sistema auxiliar para a decomposição da matéria orgânica por meio de um reator anaeróbico (Figura 13).

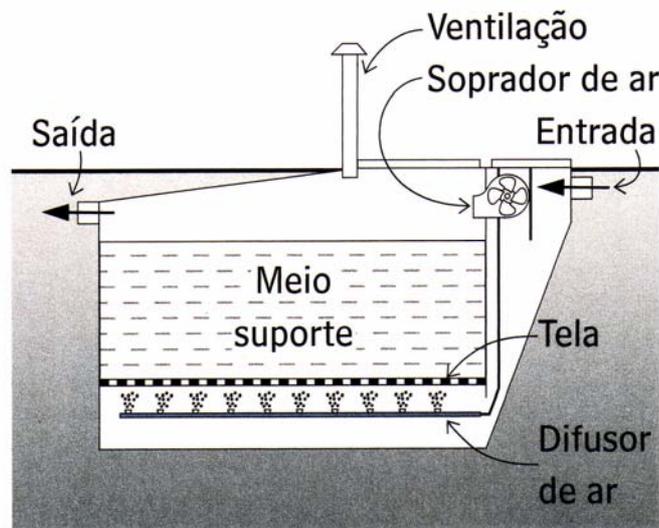


Figura 13: Reator Anaeróbico.

Fonte: Viggiano (2005).

A execução de um sistema de reuso das águas cinzas deve seguir as seguintes etapas, propostas por Viggiano (2005):

- Projeto da rede de esgotos que deve conter, obrigatoriamente, a separação das águas negras e cinzas;
- Projeto do sistema de reuso prevendo os equipamentos e materiais necessários para o aproveitamento em irrigação subterrânea, irrigação superficial, vaso sanitário e/ou lavagens;
- Execução das redes de esgoto sanitário considerando a separação prevista em projeto;
- Execução do sistema de tratamento considerando a qualidade da água e o uso final;
- Execução do sistema de irrigação subterrâneo ou superficial;

A Figura 14 mostra possíveis destinos para as águas servidas.

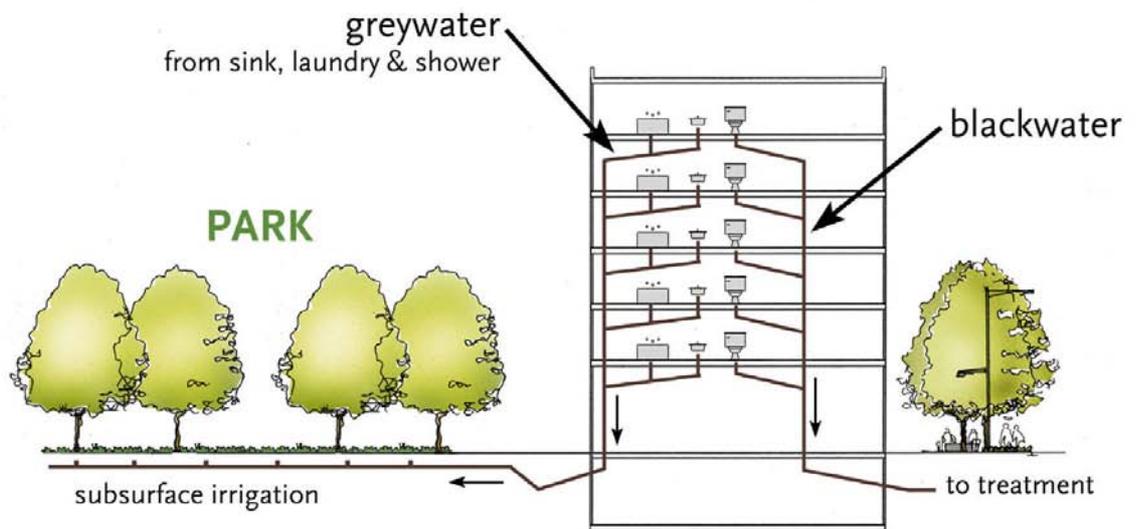


Figura 14: Destino das águas servidas.

Fonte: SLU Technical Manual.

Segundo o site Idhea (www.idhea.com.br, 2008), o sistema de Mini-Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) é indicado para edificações e projetos sustentáveis, em situações que se pretende gerenciar o uso da água e praticar seu reuso. São recomendadas para qualquer edificação cujo efluente seja de origem orgânica, isto é, proveniente de banheiros, cozinhas, lavanderias convencionais, torneiras e outros pontos uso. Podem ser utilizadas praticamente sem limitação de número de usuários (a partir de duas pessoas) em residências, edifícios, condomínios, indústrias (refeitórios e banheiros), etc. O efluente tratado é utilizado para descarga de vasos sanitários, lavagem de piso e automóveis, regas de hortas e jardins. A eficiência é de até 98% de abatimento de DBO5 (demanda bioquímica de oxigênio). Têm ação de caráter biológico, tratando as águas servidas por meio de microorganismos benéficos, que removem a carga orgânica do efluente e reduzem bactérias e coliformes fecais, evitando a contaminação do lençol freático. A solução sustentável para esta água tratada é fazer o reuso na edificação; para isso são necessários complementos, como acessórios para desinfecção do efluente, para garantir a qualidade total do processo. A Figura 15 mostra mini-ETE.



Figura 15: Mini- ETE.

Fonte: IDHEA (2008).

2.6 Lixo

A disposição de resíduos sólidos representa um grande problema para as cidades, pela ausência de espaço físico no meio urbano, onde normalmente são inseridos os depósitos de lixo. Em um contexto maior, isso representa um problema global, pela geração cada vez maior de resíduos (SPERB, 2000).

2.6.1. Resíduos Provenientes da Construção

Sperb (2000) aponta a importância da reciclagem e reutilização de materiais devido a dois fatores básicos, representados pela necessidade de preservar os recursos naturais e pela necessidade de gerenciar os resíduos.

Sperb (2000) salienta que a reciclagem implica em um novo processamento do material enquanto que a reutilização refere-se somente à nova utilização do material, sem envolver qualquer processamento.

Segundo Moretti (2005), os resíduos provenientes da construção civil constituem hoje um sério problema ambiental no Brasil. Deste modo, a racionalização dos sistemas construtivos de forma a reduzir a geração de resíduos durante as obras, a separação das diversas categorias de resíduos e sua reutilização dentro da própria obra são medidas importantes, na ótica da sustentabilidade.

O US Green Building Council (1996) afirma que grande parte dos depósitos de lixo dos Estados Unidos estão encerrando suas atividades por terem atingido seu limite, e outros, cobrando mais para depositar resíduos da construção civil. Uma alternativa para isto é a reciclagem destes resíduos no canteiro de obras. Materiais como o gesso, vidro, aço e tijolos

podem ser reusados, e se não for viável, reciclado. Além disso, a indústria da construção reduz perdas através de reuso e adaptação de edificações ao invés da demolição.

A Figura 16 apresenta um depósito de resíduos de construção e demolição (RCD).



Figura 16: Depósito de RCD.

Fonte: Vasconcelos (2008).

2.6.2. Resíduos Provenientes do Uso da Edificação

De acordo com Lima (2006) o Brasil produz cerca de 100 mil toneladas de lixo por dia, mas recicla menos de 5% do lixo urbano e de tudo que é jogado diariamente no lixo, pelo menos 35% poderia ser reciclado ou reutilizado, e outros 35%, serem transformados em adubo orgânico.

Segundo Vaz e Cabral (2006), a destinação do lixo é um problema constante em quase todos os municípios, apesar de ser mais "visível" nas grandes cidades. Os municípios se defrontam com a escassez de recursos para investimento na coleta e no processamento e disposição final do lixo. Os "lixões" continuam sendo o destino da maior parte dos resíduos urbanos produzidos no Brasil, com graves prejuízos ao meio ambiente, à saúde e à qualidade de vida da população. Mesmo nas cidades que implantaram aterros sanitários, o rápido esgotamento de sua vida útil mantém evidente o problema do destino do lixo urbano. A situação exige soluções para a destinação final do lixo no sentido de reduzir o seu volume. Ou seja: no destino final, é preciso ter menos lixo. De acordo com estes autores a coleta seletiva e a reciclagem de resíduos são uma solução indispensável, por permitir a redução do volume de

lixo para disposição final em aterros e incineradores. Não é a única forma de tratamento e disposição: exige o complemento das demais soluções.

Para implantar um programa de coleta seletiva é preciso ter bastante dedicação e empenho. Todo projeto é compreendido em, pelo menos, três etapas: o planejamento, a implantação e a manutenção. E para que a coleta funcione num condomínio, o programa nunca pode ser desenvolvido por apenas uma pessoa (LIMA, 2006).

Vaz e Cabral (2006) dizem que a coleta seletiva começa com uma experiência piloto e sugerem como primeiro passo a realização de uma campanha informativa junto à população, seguido pela distribuição de recipientes adequados à separação e ao armazenamento dos resíduos recicláveis nas residências. Além disso, indicam a instalação de postos de entrega voluntária em locais estratégicos que possibilitem a realização da coleta seletiva em locais públicos. Segundo eles, é necessária também a instalação de um centro de triagem para a limpeza e separação dos resíduos e acondicionamento para a venda do material a ser reciclado.

Para Vaz e Cabral (2006), os maiores beneficiados por esse sistema são o meio ambiente e a saúde da população. A reciclagem de papéis, vidros, plásticos e metais (em torno de 40% do lixo doméstico) reduz a utilização dos aterros sanitários, prolongando sua vida útil. Se o programa de reciclagem contar, também, com uma usina de compostagem, os benefícios são ainda maiores. Além disso, a reciclagem implica uma redução significativa dos níveis de poluição ambiental e do desperdício de recursos naturais, através da economia de energia e matérias-primas.

Para Lima (2006), antes de começar a coleta seletiva no condomínio, é indispensável conhecer bem o lixo "produzido" no local, sabendo qual é a quantidade gerada, que materiais compõem o lixo e qual é a proporção de cada material (papel, plástico, vidro, alumínio ou orgânico). Além disso, também é necessário se inteirar sobre as características do prédio, como o espaço físico e as rotinas de limpeza. Depois disso deve-se definir que destino tomará o material reciclável, que pode ser doado ou comercializado.

Para redução dos resíduos sólidos gerados na fase de uso do edifício, o projeto deve prever instalações para coleta diferenciada e pode prever também locais para compostagem da fração orgânica, que é usualmente a parcela dominante dos resíduos domésticos e possibilita a obtenção de adubo destinado às atividades de paisagismo produtivo (MORETTI, 2005).

2.7 Eficiência Energética

Olhando para a história da arquitetura e das cidades, foi apenas por um relativo curto espaço de tempo que as considerações sobre as premissas fundamentais de projeto e seu impacto nas condições de conforto ambiental e no consumo de energia não eram tidas como determinantes. Por isso, a arquitetura bioclimática ganhou importância dentro do conceito de sustentabilidade. Isso se deu pela estreita relação entre o conforto ambiental e o consumo de energia, que está presente na utilização dos sistemas de condicionamento ambiental artificial e de iluminação artificial (GONÇALVES, 2006).

Segundo o US Green Building Council (1996), aproximadamente 50% da energia utilizada em edifícios é destinada ao clima do ambiente interno através de aquecimento, refrigeração, ventilação e iluminação. Os gastos com energia elétrica em uma edificação típica norte-americana constitui cerca de 25% do custo total de operação.

Várias tecnologias avançadas estão disponíveis para a composição dos sistemas de climatização artificial das edificações residenciais, comerciais e industriais, que são responsáveis por cerca de 50% do dispêndio de energia utilizada nos edifícios. Dentre as tecnologias disponíveis, algumas delas são extremamente atrativas não só quanto ao aspecto econômico, como também quanto às características de beneficiamento da qualidade do ar e dos impactos causados ao meio ambiente. A reutilização da energia (emprego de energia de menor qualidade, a exemplo dos gases quentes da combustão na geração em termoelétricas) e a opção pelo uso de fontes renováveis são marcos importantes para a vida das gerações futuras, para a preservação ecológica do planeta e assim uma nova economia possível-sustentável, porque equilibrada (DANTAS, 2007).

Equipamentos energeticamente eficientes, não-poluentes, que utilizem tecnologias limpas ou renováveis (como sistemas de energia eólica, solar, para conversão de biomassa em energia e micro usinas) são sustentáveis, uma vez que são capazes de atender a demanda por energia, sem esgotar os recursos naturais ou alterar drasticamente a geografia dos ecossistemas (ARAÚJO, 2007).

Por seu desempenho térmico, podem ser especificados para os fechamentos das edificações painéis pré-moldados de concreto celular nas paredes e painéis pré-moldados de concreto nas coberturas, ganhando em conforto interno e na redução do consumo de energia pelo ar condicionado (MARZOCCA, 2006).

Marzocca (2006) aponta o sistema de aquecimento de água por meio de energia solar e bombas de calor como sistemas capazes de evitar desperdícios e proporcionar notável economia de energia.

Segundo Lamberts et al (1997), o aquecimento de água pode representar uma grande parte do consumo de eletricidade nas edificações. Os sistemas mais comuns são o chuveiro elétrico, o aquecedor elétrico de passagem ou acumulação, aquecedor a gás de passagem ou de acumulação e o aquecedor solar de acumulação com backup elétrico. A grande maioria das residências brasileiras utiliza chuveiro elétrico, que apresenta grande consumo energético e pequeno conforto, porém baixo preço do equipamento e facilidade de manutenção. O ideal é que seja prevista em projeto a instalação de canalizações para água quente, permitindo, com isso, o emprego de sistemas de aquecimento a gás ou solar. Estas instalações devem ser bem isoladas termicamente, assim como o depósito de água em sistemas de acumulação. No caso de aquecimento solar, devem-se orientar as superfícies coletoras de calor de forma a aproveitar ao máximo a radiação do sol, normalmente deixando o coletor orientado ao norte (para o hemisfério sul), sendo que a inclinação depende da disponibilidade de sol da região e do período do ano, sendo normalmente um valor próximo ao da latitude do local.

Painéis solares para aquecimento da água (Figura 13), de acordo com Faria (2008), aquecem a água para funções como abastecer as instalações sanitárias e de calefação por pisos radiantes e manter em funcionamento os equipamentos de ar-condicionado, técnica conhecida como refrigeração solar. Esta técnica consiste no uso da energia térmica da água quente para a ativação da bomba de absorção que irá refrigerar o ar do sistema. Com este tipo de refrigeração, há coincidência dos picos de demanda e produção de ar frio no ambiente. As tubulações que conduzem o ar até as unidades de tratamento são enterradas e isoladas, dificultando trocas de calor com o ambiente, assim o ar chega mais frio aos equipamentos, possibilitando maior economia de energia.



Figura 17: Painéis fotovoltaicos e coletores de água.

Fonte: Faria, 2008.

Segundo Weiss (2008) fachadas e coberturas protegidas da radiação solar por lonas tensionadas que impedem a passagem de luz direta, somadas a ventilação cruzada, tornam possível uma redução drástica no gasto de energia, minimizando a necessidade do sistema de refrigeração. Além disso, a presença de janelas e persianas operadas pelos usuários permite que os ocupantes de um prédio regulem a ventilação e a iluminação de acordo com o seu conforto.

Lamberts et al (1997) definem fator solar (F_s) de uma abertura como a razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela pelo que nela incide, sendo que este valor é característico para cada tipo de abertura e varia com o ângulo de incidência da radiação solar. Este mesmo autor explica que, para o vidro simples, com incidência direta da radiação solar normal à superfície, o fator solar é aproximadamente 0,87; isto significa que 87% da radiação solar incidente sobre a janela com vidro simples e sem proteção penetra no interior. Segundo Lamberts et al (1997), utilizando sistemas de aberturas com fatores solares baixos, controla-se a entrada de calor para o interior, no entanto, a iluminação natural não pode ser reduzida na mesma proporção da entrada de calor; podem ser utilizadas outras formas de aproveitamento de luz natural (zenital ou indiretas) ou mesmo empregar algum tipo de proteção que bloqueie o calor mas permita o ingresso da luz (vidro especial, brise tipo light shelf, etc.). No Anexo A encontram-se os fatores solares para alguns tipos de vidro e no Anexo B, proteções solares externas e internas mais comuns, respectivamente.

Segundo Dantas (2007) o emprego de vidros energeticamente eficientes que maximizam a transmissão de luz visível e filtram os raios não visíveis de baixo comprimento de onda (ultravioleta) e de longo comprimento de onda (infravermelhos), são medidas que maximizam o conforto ambiental e a eficiência dos sistemas. Esse espectro constitui, em média, 53% da irradiação solar e transmite apenas calor. Os vidros que filtram os raios com comprimento de onda entre $0,78 \mu$ e $2,0 \mu$ já estão disponíveis e são altamente indicados para o clima tropical e de alta incidência solar da maior parcela do território brasileiro. São caracterizados por terem alto coeficiente de transmissão luminosa e baixo coeficiente de sombreamento. Promovem a iluminação natural sem transferir cargas térmicas inúteis ao sistema de climatização.

Áreas envidraçadas funcionam como coletores de calor no inverno, porém no verão, para não prejudicar o desempenho térmico, a área deve ser bem protegida do sol (FERNANDES, 2008).

Segundo Lamberts et al (1997) a radiação solar, nas escalas meso e microclimáticas, pode ser interceptada pelos elementos vegetais e topográficos do local; a vegetação é diferente de outras possíveis obstruções no bloqueio da radiação solar; as árvores caducas por exemplo, podem sombrear a edificação no verão, enquanto que no inverno permitem a passagem do sol. Em locais arborizados, a vegetação pode interceptar entre 60% e 90% da radiação solar, causando uma redução substancial da temperatura da superfície do solo.

Lamberts et al (1997) explicam que existem radiações solares de ondas curtas e longas. A radiação solar de onda curta que entra por uma abertura no edifício incide nos corpos que se aquecem e emitem radiação de onda longa. O vidro, sendo praticamente opaco à radiação de onda longa, não permite que o calor encontre passagem para o exterior, superaquecendo o ambiente interno. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa e é o maior transformador da radiação solar em calor no interior de uma edificação.

Em um fechamento opaco, a transmissão de calor acontece quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior. O sentido do fluxo de calor será sempre da superfície mais quente para a mais fria. A radiação incidente no fechamento opaco terá uma parcela refletida e outra absorvida, cujo valor dependerá respectivamente da refletividade (ρ) e da absorvidade (α) do material (Lamberts et al, 1997). Lamberts et al (1997) explicam que analisando a absorvidade pode-se dizer que os materiais de construção são seletivos à radiação de onda curta (radiação solar) e a principal determinante desta capacidade é sua cor superficial. A Tabela 1 apresenta a absorvidade em função das cores.

CORES	α
ESCURAS	0,7 a 0,9
MÉDIAS (TIJOLOS)	0,5 a 0,7
CLARAS	0,2 a 0,5

Tabela 1: Absortividade em função da cor.

Fonte: Lamberts et al (1997).

Segundo Lamberts et al (1997), quando a temperatura externa for maior que a interna, a superfície externa irá receber calor por meio de convecção e radiação e, haverá o incremento da temperatura desta superfície, em uma proporção que dependerá da sua resistência superficial externa (R_{se}), cujo valor é uma função da velocidade do vento e, de forma simplificada, é adotado $0,04\text{m}^2\text{K/W}$.

Em seguida, com a elevação da temperatura da superfície externa do fechamento, havendo um diferencial entre esta e a temperatura da superfície interna, existirá uma troca de calor entre as duas. Nesta fase a troca térmica será por condução e a intensidade do fluxo de calor pelo material dependerá da condutividade térmica (λ) – propriedade que depende da densidade do material e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo (LAMBERTS et al, 1997). A Tabela 2 apresenta a condutividade térmica de alguns materiais.

MATERIAL	$\lambda(\text{W/Mk})$
Concreto	1,5
Tijolo	0,65
Madeira	0,14
Isopor	0,03

Tabela 2: Condutividade térmica de alguns materiais.

Fonte: Lamberts et al (1997).

Segundo o mesmo autor, outro fator importante é a espessura do fechamento, que influencia na capacidade do material em resistir à passagem de calor. Podem-se reduzir consideravelmente as trocas de calor em um fechamento opaco empregando materiais com condutividades mais baixas ou até construindo fechamentos com múltiplas camadas, podendo uma das quais ser uma câmara de ar (LAMBERTS et al, 1997).

Na fase seguinte as trocas térmicas voltam a ser por convecção e por radiação. Com a chegada do calor, a temperatura da superfície interna do fechamento irá aumentar em relação

à temperatura do ar. As perdas de calor por convecção dependerão da resistência superficial interna (R_{si}) do fechamento e as perdas por radiação da emissividade superficial do material (ϵ). O valor de R_{si} depende da direção do fluxo de calor e pode ser obtido no Anexo C.

Lamberts et al (1997) explica que a transmitância térmica (U) é o inverso da resistência total do fechamento (que inclui a resistência das duas superfícies: R_{si} e R_{se}). É através da transmitância térmica que se pode avaliar o comportamento de um fechamento opaco frente à transmissão de calor. No Anexo D encontram-se valores de transmitância térmica para os principais fechamentos utilizados na construção civil.

Uma parede de blocos cerâmicos de dois furos, com dimensões 14,0 x 29,5 x 19,0 cm (com 1,0 cm de argamassa de assentamento; 2,5cm de argamassa de emboço; totalizando 19,0 cm de espessura) apresenta transmitância térmica de 2,45W/[m².K] (CB-02, 1998).

Segundo Lamberts et al (1997), as principais trocas térmicas em uma edificação acontecem geralmente nos fechamentos transparentes: janelas, clarabóias e qualquer outro elemento transparente na arquitetura. Nestes fechamentos podem ocorrer trocas por condução, convecção e radiação. Com relação as duas primeiras, o comportamento é semelhante ao dos fechamentos opacos, acrescentando aos transparentes a possibilidade do controle das trocas de ar entre interior e exterior, basicamente ao abri-los ou fechá-los. A radiação é que se torna o principal fator devido à sua parcela diretamente transmitida para o interior, que depende da transmissividade do vidro (ζ).

No projeto arquitetônico, as principais variáveis que podem alterar o aporte de calor pela abertura são: a orientação e o tamanho da abertura; o tipo de vidro; o uso de proteções solares internas e externas (Lamberts et al, 1997). O autor explica que a orientação e o tamanho da abertura irão determinar sua exposição ao sol e, quanto maior uma abertura, maior a quantidade de calor que pode entrar ou sair de um ambiente. A orientação da fachada pode expor as aberturas de dimensões idênticas a quantidades de calor solar e iluminação distintas, pois a trajetória do sol na abóbada celeste é diferente para cada orientação e para cada latitude.

Lamberts et al (1997) apontam o uso de proteções solares em uma abertura como um recurso importante para reduzir os ganhos térmicos, tomando os devidos cuidados com a iluminação natural, que não deve ser prejudicada. As proteções solares internas são, basicamente, a cortina e a persiana, que são bastante flexíveis sob o ponto de vista de operação, bastando abri-las ou fechá-las conforme a necessidade. Porém, as proteções internas não evitam o efeito estufa, pois o calor solar que as atinge se transforma em radiação de onda

longa, permanecendo na sua maior parte no ambiente interior. A opção por uma proteção externa pode ser a mais adequada se houver um dimensionamento que garanta a redução da incidência da radiação solar, quando necessária, sem interferir na luz natural. A proteção tipo “light shelf” tem este objetivo, sendo um elemento que divide a abertura em duas porções horizontais, onde a superior é destinada à iluminação e a inferior à visão e ventilação. Intercepta a radiação direta do sol e redireciona a luz para o forro, reduzindo, desta forma, o ganho de calor solar e uniformiza a distribuição e luz natural nos interiores. A proteção externa bloqueia a radiação direta antes de esta penetrar no vidro, evitando o efeito estufa. As proteções externas podem ser fixas ou móveis e devem ser pensadas como elemento compositivo da fachada, tirando partido desta idéia para conceber, inclusive, a linguagem arquitetônica do edifício.

Para aquecer um ambiente de forma passiva se utilizam basicamente dois princípios: evitar perdas de calor e incrementar os ganhos térmicos do exterior, porém, nem sempre estes são suficientes, causando a necessidade de aquecimento artificial do interior (LAMBERTS et al, 1997).

Lamberts et al (1997) afirmam que conhecendo as variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, é possível saber a quantidade de calor total que deverá ser extraída ou fornecida ao ar do ambiente para mantê-lo em condições desejáveis de temperatura e umidade, sendo possível dimensionar um sistema para resfriamento ou para aquecimento do ambiente interior. O autor define que os principais fatores ou fontes térmicas a considerar no levantamento da carga térmica são: climáticas – insolação (dependente da orientação e do tipo de janela e respectivas proteções solares utilizadas), temperatura e umidade do ar externo; humanas – ocupantes (o calor gerado pelos ocupantes depende da sua atividade física e do número de ocupantes); arquitetônicas – fechamentos opacos, fechamentos transparentes, iluminação artificial, outras fontes como computadores e máquinas e infiltração e renovação (as condições de temperatura e umidade do ar externo podem significar um acréscimo razoável de carga térmica do ambiente por infiltração por frestas ou renovação, principalmente se forem muito diferentes das condições do ar interno).

De acordo com o site Wikipédia (www.wikipedia.com.br, 2008), entalpia é a grandeza física que descreve a energia interna total de um sistema. É definida com base nos dados de temperatura e umidade relativa do ar na edificação.

2.8 Iluminação

Se não bastasse a economia de energia elétrica, temos motivos de sobra para abusar da iluminação natural, pois no Brasil o sol brilha forte quase o ano inteiro (Revista Consulte Arte e Decoração, 2007).

Lamberts et al (1997) afirmam que conforto visual é o principal determinante da necessidade de iluminação em um edifício. A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento. A luz natural possui uma variabilidade e qualidades mais agradáveis e apreciadas que o ambiente proporcionado pela iluminação artificial (Revista Consulte, Arte e Decoração, 2007). O melhor resultado da iluminação artificial, por sua vez, depende de vários fatores, que vão desde a topografia do terreno até o material utilizado no piso (o carpete absorve a luz e os com acabamento brilhante refletem a iluminação ao redor do espaço).

Lamberts et al (1997) definem conforto visual como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzido risco de acidentes. Estas condições são as seguintes:

- Iluminância suficiente;
- Boa distribuição de iluminâncias;
- Contrastes adequados;
- Bom padrão e direção de sombras.

No conceito de iluminação natural o vidro tem um papel importante. Há vidros com graus diversos de película e perfil de alumínio, que permitem a entrada da luz, mas impedem a penetração de radiações que aqueçam o ambiente ou que sejam prejudiciais a saúde como o raio UVB (Revista Consulte, Arte e Decoração, 2007). Na Figura 18 pode-se observar um ambiente com boa iluminação natural, com grandes vãos com vidros, cores claras e piso que reflete a luminosidade.



Figura 18: Iluminação natural.

Fonte: Revista Consulte, Arte e Decoração (2007)

Segundo Lamberts et al (1997), o tipo de vidro pode ser escolhido de acordo com vários propósitos, como o controle da radiação solar, que pode ser resumido em: admitir ou bloquear a luz natural, admitir ou bloquear o calor solar, permitir ou bloquear as perdas de calor do interior e permitir o contato visual entre interior e exterior. Existem vidros dos mais diferentes tipos, que possuem capacidades distintas em absorver, refletir ou transmitir a radiação solar.

Lamberts et al (1997) classificam os tipos de vidro mais usados na construção civil basicamente em cinco categorias. Vidros simples (transparentes) são os de emprego mais comum em edificações no Brasil, em virtude de seu baixo custo e disponibilidade no mercado; entretanto, são altamente transparentes a ondas curtas e opacos a ondas longas, o que significa boa visibilidade, porém alta transmissividade da radiação solar para o interior. O fato de ser opaco a onda longa causa o fenômeno efeito estufa, uma vez transmitido para dentro, o calor encontra dificuldades em sair pelo vidro, sendo, então, acumulado no ambiente.

Vidros verdes são também conhecidos como absorventes. Levemente pigmentados, diminuem a transmissão da onda curta com somente um pequeno aumento na absorção da parte visível (LAMBERTS et al, 1997).

Películas e vidros absorventes (fumês) têm como objetivo diminuir a transmissão da onda curta, contudo, isto é feito com o aumento da absorção nesse comprimento de onda, que diminui bastante a transmissividade visível (visibilidade), o que pode implicar gastos

desnecessários de energia para iluminação artificial. As películas reflexivas são compostas por uma camada metálica em um substrato transparente, produzindo uma aparência de espelho. As películas reflexivas à onda curta reduzem o ingresso de calor ao interior e as reflexivas à ondas longas reduzem as perdas de calor para o exterior. Este tipo de película ou vidro também tem reduções na sua capacidade de transmitir a radiação visível (LAMBERTS et al, 1997).

Atualmente, alguns materiais plásticos como o policarbonato e o acrílico começam a entrar no mercado dos fechamentos transparentes. São altamente transparentes à radiação de onda longa, reduzindo o efeito estufa por aumentar a perda de calor para o exterior. A resposta espectral de múltiplas camadas de um mesmo material difere um pouco da utilização de uma só camada, entretanto, combinando dois ou mais tipos, como em um sanduíche, pode-se produzir uma resposta totalmente diferente (LAMBERTS et al, 1997).

Lacerda (2008) destaca que apesar do tipo do vidro influenciar no desempenho energético de uma edificação, este ainda não garante que a entrada de calor seja evitada, por isso, para o nosso clima, o mais apropriado é a proteção externa, a exemplo de brises.

Segundo o site Wikipédia (www.wikipedia.com.br, 2008), brise é um dispositivo arquitetônico utilizado para impedir a incidência direta de radiação solar nos interiores de um edifício, de forma a evitar aí a manifestação de um calor excessivo. Os brises podem ser compostos de materiais diversos, sendo comum o concreto, a madeira e o alumínio. Normalmente caracterizam-se como lâminas, móveis ou não, localizadas em frente às aberturas dos edifícios. No caso de serem móveis, permitem que sejam regulados conforme a necessidade e a conveniência, para aumentar ou diminuir a insolação no recinto em questão.

No entanto, para Lacerda (2008), esta alternativa ainda encontra resistência entre os arquitetos, uma vez que interfere diretamente na linguagem da fachada, e entre construtoras e administradoras de edifício, por serem de difícil manutenção (limpeza). A Figura 19 apresenta exemplos de brises diversos.

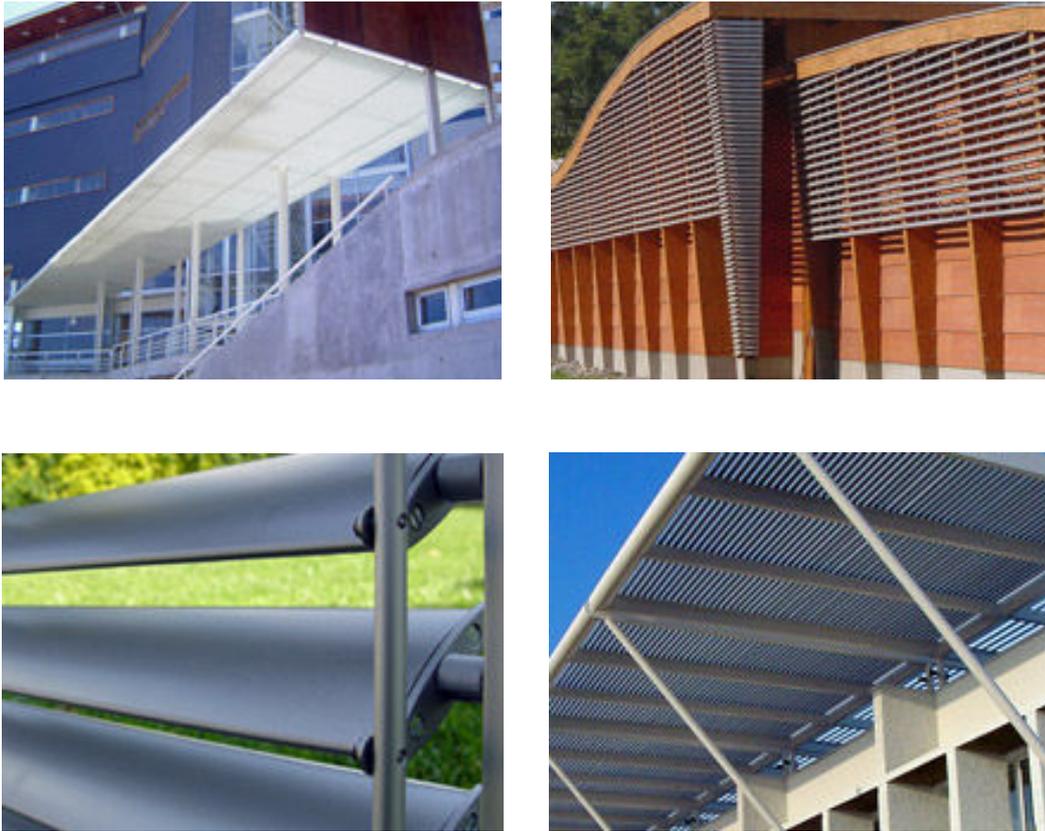


Figura 19: Brises.

Fonte: www.hunterdouglas.com.br, 2008.

2.9 Ventilação

De acordo com Lamberts et al (1997) pode-se conhecer as probabilidades de ocorrência de vento para as principais orientações e sua velocidade através de diagramas do tipo “rosados-ventos”, instrumento que pode auxiliar o projetista na colocação de aberturas, de forma a aproveitar o vento fresco no período quente e evitar o vento forte no período frio.

As condições do vento local podem ser alteradas com a presença de vegetação, edificações e outros anteparos naturais ou artificiais. Pode-se tirar partido do perfil topográfico de um terreno para canalizar os ventos, desviando-os ou trazendo-os para a edificação (LAMBERTS et al, 1997).

Sistemas especiais podem ser utilizados para a circulação de ar quente e frio. Segundo Gerolla (2006) devem ser projetados pé-direito alto e posicionar estrategicamente, próximas ao chão, as portas e janelas, para que o ar frio entre, e outras janelas no alto das paredes, para que o ar quente saia.

O efeito chaminé é um sistema no qual o vento remove a carga térmica do ambiente, levando a temperatura interna do ar a valores mais próximos da externa. No verão, aberturas próximas ao piso possibilitam a entrada do ar fresco, e aberturas próximas ao forro são uma saída para o ar quente que sobe. No inverno, fecham-se as aberturas para impedir que o ar quente saia do ambiente (FERNANDES, 2008).

Os sistemas de ventilação mecânica são basicamente de dois tipos: os exaustores e os ventiladores. A exaustão é normalmente utilizada em ambientes onde há alguma fonte de contaminação do ar (cozinhas, banheiros, laboratórios, etc.) e criam uma pressão negativa que suga o ar quente ou impuro, arremessando-o para fora do ambiente. A ventilação mecânica de um ambiente pode ser feita com ventiladores móveis ou fixos no teto, este último, além de circular, refresca o ar. Este sistema tem como vantagens a economia de energia, o baixo custo, a facilidade de instalação e o fato de refrescar o usuário sem alterar a temperatura do ar. Isto acontece porque a convecção criada pelo ventilador ajuda na evaporação do suor e na remoção do calor da pele, aumentando a sensação de conforto do usuário (LAMBERTS et al, 1997).

O planejamento da ventilação de uma edificação deve aproveitar ao máximo os ventos dominantes do local, verificando primeiramente a influência do posicionamento das aberturas nas fachadas e, posteriormente a posição relativa desta edificação no terreno (CB-02, 1998), como pode ser visto nas Figuras 20, 21 e 22.

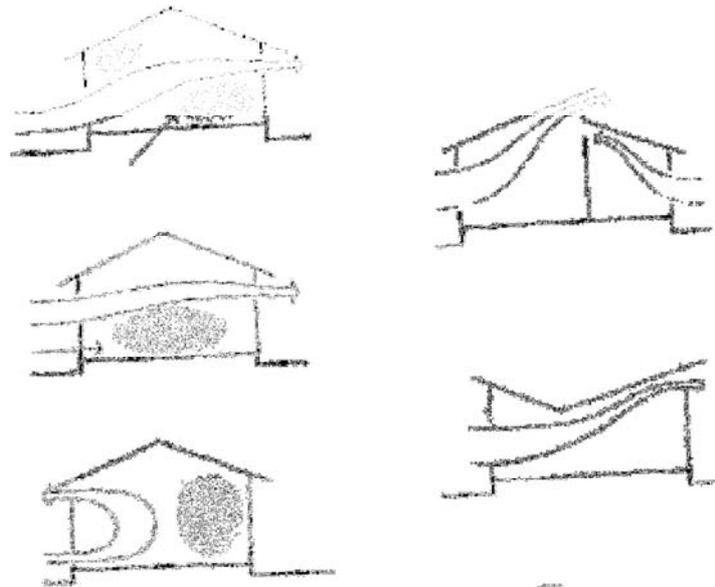


Figura 20: Posição das aberturas x áreas pouco ou mal ventiladas.

Fonte: CB – 02 (1998).

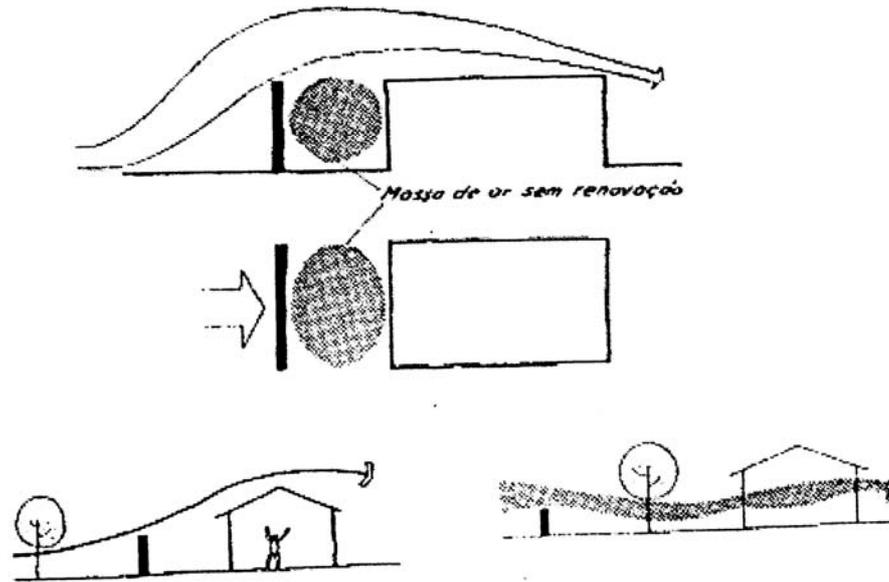


Figura 21: Obstáculos x mudança de direção do vento.

Fonte: CB – 02 (1998).

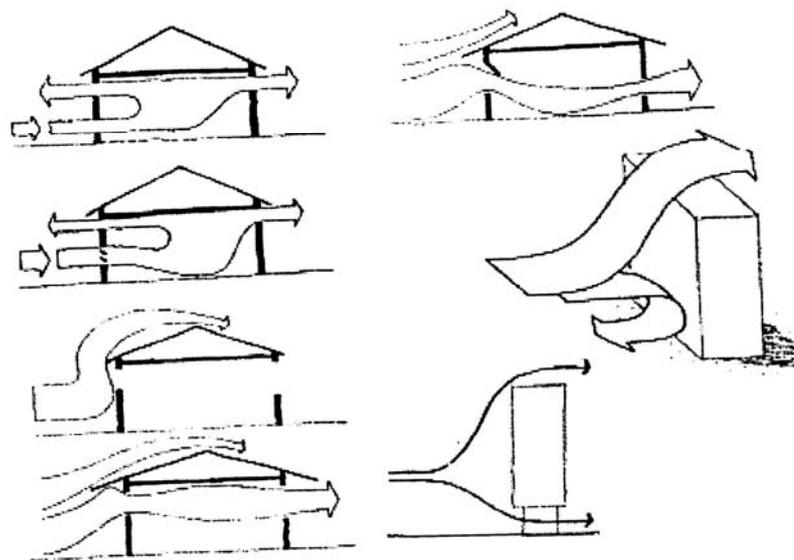


Figura 22: O efeito de beirais e venezianas na direção do vento.

Fonte: CB – 02 (1998).

2.10 Conforto Acústico

O nível de ruído admissível depende não só de valores físicos objetivos, mas também de fatores subjetivos psicológicos. Como hábitos e expectativas dependem do ambiente sócio-cultural, a tolerância ao ruído pode variar com o tipo e sociedade da qual se faz parte (CB-02, 1998).

Quase sempre a origem do barulho é o próprio edifício. Assim, é de responsabilidade da construtora prever e providenciar soluções para situações de descontrole acústico, tarefa a ser executada por arquitetos, construtores e projetistas (LOTURCO, 2005).

Loturco (2005) classifica os ruídos como aéreos e de impacto – internos ou externos. São aéreos quando a transmissão não depende de contato com a estrutura e de impacto quando o canal transmissor é a laje, as paredes ou os pilares.

Segundo Loturco (2005) os elementos empregados para reduzir a transmissão sonora podem ser isolantes ou absorventes. O primeiro apenas evita que o ruído gerado em um ambiente passe para outro, podendo refletir nos revestimentos e causar reverberação. Os absorventes reduzem a transmissão entre ambientes e a reflexão.

O desconforto que os ruídos causam depende do volume, em decibéis, da quantidade de ocorrência ao longo do tempo e da frequência da onda (LOTURCO, 2005).

De acordo com a NBR 10151, o nível de ruído adequado para residências, nos dormitórios é de 35dB(A) a 45 dB(A) e, em salas de estar, de 40dB(A) a 50dB(A).

Loturco (2005) afirma que o aumento da espessura das lajes reduz o problema do ruído, mas que um resultado significativo só pode ser obtido com espessuras muito acima dos padrões atuais. Já os forros atuam como isolantes, mas não impedem que a energia do impacto seja conduzida pelos pilares. A solução mais adequada é a adoção de elementos amortecedores, como lajes flutuantes ou carpetes.

As alternativas para as instalações hidráulicas têm aumentado. Os próprios fabricantes investem em sistemas menos ruidosos. Outro recurso é adotar a utilização de “shafts”, que confinam os ruídos em um único local. As paredes dos dutos podem ser revestidas com isolantes e absorventes e os próprios dutos envolvidos com lã de rocha ou vidro, uma camada de ligação e, em seguida, gesso (LOTURCO, 2005). A Figura 23 apresenta um forro de lã mineral (atua no ruído aéreo) com recobrimento nos pendurais (minimiza a transmissão dos ruídos de impacto) e a Figura 24 mostra molas helicoidais, que evita que as vibrações atinjam a estrutura



Figura 23: Forro de lã mineral com recobrimento nos pendurais.

Fonte: Loturco (2005).



Figura 24: Molas helicoidais.

Fonte: Loturco (2005).

2.11 Automação

Através da automação é possível controlar luzes, ar condicionado, sistemas de áudio e vídeo, abertura de janelas, irrigação de jardins, câmeras e equipamentos de segurança, entre diversos outros, integrando comandos em uma residência, que pode ser transformada em uma casa inteligente.

Segundo Lamberts et al (1997) a função de um sistema de controle de luz é fornecer a quantidade adequada de luz onde e quando ela é necessária, enquanto minimiza o consumo de energia elétrica. O controle de luz elétrica pode ser feito através de vários dispositivos, como por exemplo:

- Sensores de ocupação: são dispositivos de controle que respondem à presença e à ausência de pessoas no campo de ação do sensor. O sistema consiste em um detector de movimento, uma unidade de controle eletrônica e um interruptor controlável (relé). O detector de movimento sente o movimento e envia o sinal para a unidade de controle, que processa o sinal de entrada para fechar ou abrir o relé que controla a potência da luz.

- Sistema por controle fotoelétrico: possui sensores que identificam a presença de luz natural, fazendo a devida diminuição ou até mesmo o bloqueio da luz artificial através de “dimers” controlados automaticamente. Quanto maior a quantidade de luz natural disponível no ambiente, menor será a potência elétrica fornecida às lâmpadas e vice-versa;

- Sistema de programação de tempo: são projetados para reduzir o desperdício de luz, gerenciando eficientemente o ligar e desligar dos sistemas de iluminação em edifícios. Funcionam através do desligamento ou diminuição da luz durante os horários quando não há ocupantes ou quando as tarefas executadas não requerem níveis mais altos de luz.

Estão apresentados, na Figura 25, exemplos de sensores de presença para acionamento automático do sistema de iluminação.



Figura 25: Sensores de presença.

Fonte: <http://www.bticino.com.br/wattstoppx.pdf> (2008).

2.12 Legislação

Para Pippi, Afonso e Santiago (2003) o desafio para arquitetos, engenheiros, urbanistas, paisagistas e administradores de hoje é de desenvolver uma cidade auto-sustentável com qualidade de vida. Para obter esta qualidade é preciso respeitar o meio ambiente e organizar nossas cidades de maneira saudável, para evitar os problemas futuros, como: escassez de abastecimento e recursos, doenças, aumento do custo, poluição, etc.

Sala (2006) afirma que uma cidade, para ter um desenvolvimento urbano ordenado deve ser planejada, principalmente com relação às construções de edificações. Cada município deve ter uma legislação que trate da execução e uso das edificações, do uso e ocupação do solo, do seu parcelamento, do meio ambiente e posturas dos cidadãos nos diferentes ambientes.

De acordo com Pippi, Afonso e Santiago (2003) a desorganização urbana tem desencadeado um círculo vicioso envolvendo o crescimento urbano desarticulado, resíduos urbanos, aumento da densidade populacional, exclusão social e territorial, poluição, desmatamentos, falta de saneamento, entre outros problemas.

Para combater as patologias urbanas, precisamos de um planejamento adequado às questões ambientais com enfoque na sustentabilidade, de maneira que tanto as cidades, como a paisagem e seus ecossistemas, tornam-se fatores a serem considerados, garantindo assim o equilíbrio e a sobrevivência de todos os ecossistemas existentes na Terra (PIPPI, AFONSO e SANTIAGO, 2003).

A legislação vigente na União Européia exige que, pelo menos 12% da energia total consumida nas edificações seja obtida a partir da energia solar, através do emprego de painéis solares fotovoltaicos que captam e transformam a energia solar em energia elétrica, podendo operar em paralelo com a rede de distribuição que vem da concessionária de energia elétrica (DANTAS, 2007).

2.13 Medição de Desempenho

Brandli, Kohler e Kotlinki (2007) afirmam que definir indicadores de sustentabilidade é imprescindível para avaliar o desempenho atual do estoque habitacional e subsidiar as decisões sobre as novas edificações a serem incorporadas a este estoque.

Em termos de atuais avanços ambientais relacionados ao setor da construção civil, observa-se que já existem alguns métodos de análise de impactos ambientais relacionados a uma edificação, sendo que a maioria deles baseia-se no conceito análise do ciclo de vida. Esse tipo de análise caracteriza-se basicamente por analisar um produto desde a concepção, passando pelo projeto, construção, utilização, manutenção, recuperação e chegando até sua disposição final, pois todos os estágios de vida de um produto podem gerar impactos ambientais e devem então ser analisados (SPERB, 2000).

Segundo Brandli, Kohler e Kotlinski (2007) a medição do desempenho de uma edificação é fundamental para o desenvolvimento sustentável. As medições fornecem aos arquitetos e engenheiros as informações necessárias à tomada de decisões e ao desenvolvimento de ações de melhoria no desenvolvimento sustentável do ambiente construído.

Para Carlo (2008) nenhum edifício atingiu ainda a sustentabilidade, mas eles podem ser avaliados pela economia de água, uso de água da chuva, uso de materiais de menor impacto, facilidade de reciclagem e manutenção.

Brandli, Kohler e Kotlinki (2007) apud Halac e Marchisio (2006) apresentam cinco indicadores que contemplam os conceitos básicos do desenvolvimento sustentável: desenvolvimento econômico, social e ambiental.

1-Salto quântico e transferibilidade: este indicador se refere ao caráter inovador que as futuras intervenções devem ter em termos de sustentabilidade. O salto quântico significa uma mudança substancial em comparação com enfoques tradicionais e a caracterização de tendências transferíveis e reaplicáveis em outras áreas de intervenção.

2-Ética e igualdade social: este indicador se refere à necessidade de se considerar as normas éticas e a justiça social em diferentes tipos de intervenções arquitetônicas e urbanistas e nas previsões para projetos futuros.

3-Qualidade ecológica e conservação de energia: este indicador se refere à necessidade do uso responsável dos recursos naturais ao longo do ciclo de vida das intervenções arquitetônicas e urbanistas.

4-Rendimento econômico e competitividade: este indicador se refere à necessidade do melhoramento sustentável ser factível em relação às condições reais e ser compatível as exigências e demandas ao longo do ciclo de vida do projeto.

5-Resposta contextual e impacto estético: este indicador se refere à necessidade de se expressar um impacto estético positivo e duradouro, assim como o uso inovador do espaço e das formas.

Os atributos de sustentabilidade considerados por Brandli, Kohler e Kotlinski (2007) foram:

- **Legislação:** relaciona-se ao Plano Diretor (leis de uso e ocupação do solo urbano da cidade). Os dados dos indicadores estão relacionados com o projeto arquitetônico dos edifícios em estudo;
- **Materiais de Construção:** que corresponde a algumas etapas da construção. Os materiais utilizados na execução devem ser os mais utilizados no mercado local, com objetivo de oferecer maior conforto acústico, térmico e lumínico ao usuário;
- **Localização:** avaliação realizada “in loco”, verificando-se as condições de implantação da edificação;
- **Qualidade de Projeto:** o item “flexibilidade de uso / funcionalidade” deve ser avaliado de acordo com a planta baixa da edificação. Os resultados correspondem à comparação dos valores ideais, com os valores executados;
- **Uso e Manutenção:** diz respeito ao consumo ideal de água e energia por morador (dados fornecidos pelas companhias responsáveis pelo abastecimento da cidade de Ijuí). A energia consumida no edifício deve ser calculada através das contas de luz de um apartamento, relacionado com o número de moradores do mesmo. O consumo “per capita” de água deve ser calculado de acordo com os dados coletados juntamente com a empresa responsável pela contabilidade do edifício, pelo consumo de água total por mês, e este dividido pelo número total de moradores da edificação. Os detritos sólidos e líquidos devem ser avaliados de acordo com o seu destino, baseados nos projetos hidrossanitários. Os indicadores avaliados “in loco” são: facilidade de reparo, durabilidade e segurança;
- **Conforto Ambiental:** os indicadores de iluminação natural e ventilação devem ser avaliados de acordo com o código de obras da cidade. O indicador de acústica está relacionado de acordo com a NBR 10152, que fixa os níveis de ruídos compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos, no entanto o conforto higrotérmico é avaliado pelo cálculo de carga térmica;
- **Custo:** os dados dos indicadores de Projeto e Construção baseiam-se nos valores (CUB) do mês e ano que a edificação foi finalizada. O custo da utilização da edificação relaciona-se ao custo mensal das despesas da edificação.

2.14 Exemplos de Edificações Sustentáveis no Brasil

2.14.1. Supermercado Pão de Açúcar – Indaiatuba/SP

Este supermercado é considerado o primeiro supermercado verde da América Latina. Entre seus diferenciais está a preocupação social.

Possui vagas para estacionamento de bicicletas (Figura 26) e o piso do estacionamento foi confeccionado com concregrama (piso de concreto vazado para plantação de grama, mostrado na figura 27).



Figura 26: Bicicletário.

Fonte: <http://www.grupopaodeacucar.com.br> (2008).



Figura 27: Concregrama.

Fonte: <http://www.grupopaodeacucar.com.br> (2008).

No estabelecimento também está instalada uma estação de reciclagem. Além da coleta seletiva de plásticos, vidros, papéis e metais, são coletados o óleo de cozinha, pilhas e baterias.

O paisagismo foi pensado para preservar a vegetação nativa, além de incorporar espécies típicas da região.

A topografia do terreno escolhido para implantação foi outro ponto favorável, pois exigiu baixa intervenção de sistemas de terraplenagem. Outro exemplo de qualidade ambiental está no ar condicionado que utiliza gás ecologicamente correto. Outros exemplos são: a utilização de cobertura zenital para garantir iluminação natural; cobertura com alto índice de reflectância para diminuir a ilha de calor; forro isotérmico que colabora com o conforto térmico interno (Figura 28); utilização de sistemas de automação na iluminação e escolha de equipamentos de alto desempenho; aquecimento de água pelo calor excedente da casa de máquinas (o abastecimento de energia é proveniente 100% de fontes renováveis); instalação de torneiras com melhor rendimento e vasos sanitários com possibilidade de escolha de vazão.



Figura 28: Forro isotérmico.

Fonte: <http://www.grupopaodeacucar.com.br> (2008).

Durante a construção foi realizado o gerenciamento de entulho, com descarte inteligente, que foi descartado em caçambas, dividido por espécie, sendo que parte do entulho foi reaproveitada na própria obra e a outra parte reprocessada por empresas da região. Além disso, 40% de todo o material utilizado na construção são provenientes de fornecedores localizados numa distância próxima, evitando os fretes de longa distância.

2.14.2. Eldorado Business Tower – São Paulo/SP

Este edifício comercial (Figura 29) foi certificado como “Triple A”, uma classificação americana para edifícios que utilizam sistemas de inteligência predial e acabamentos de alto padrão, para obtenção do selo LEED, tendo a avaliação “platina”, a mais elevada do Green Building (MOURA, 2008).

MOURA (2008) explica que a empresa cumpriu todas as exigências, como destinação de resíduos para reciclagem, uso de madeira reciclada e de materiais produzidos na região, vagas para carros de combustível menos poluente e para bicicletas, entre outros.

A fachada envidraçada apresenta grande facilidade de limpeza, pois os vidros foram polimerizados, ou seja, receberam, ainda na fábrica, um tratamento que faz desaparecer toda a microrrugosidade de sua superfície, reduzindo a penetração de sujeira e facilitando a manutenção. Mesmo com a pouca transmissão de calor do vidro branco, as áreas opacas da fachada receberam fechamento interno de painel “drywall” (MOURA, 2008).

As janelas, com esquadrias estanques, não se abrem para evitar perdas térmicas e entrada de poluição, o que aumenta a eficiência energética do ar condicionado. As janelas foram instaladas sem que qualquer operário subisse na fachada. Todo o material foi transportado por equipamentos. O vidro esverdeado é constituído por uma única camada, com espessura de 11mm a 15mm e permite a passagem de 70% da luminosidade. Seu espelhamento reduz a reflexão do calor no meio ambiente e permite a entrada de apenas 30%, o calor fica retido na sua massa e só é liberado para o exterior quando o ar começa a esfriar (MOURA, 2008).

Segundo Moura (2008), a preocupação com o uso racional da água acompanhou o Eldorado Business Tower desde sua construção. Logo no início das obras, o empreendimento passou a contar com um sistema de tratamento da água do subsolo. Foi desenvolvido, também, sistema de aproveitamento e tratamento da água da chuva e da água resultante da condensação do ar condicionado. Estas águas são utilizadas na irrigação das áreas verdes, no espelho d’água, nos vasos sanitários do térreo e dos subsolos e na lavagem dos pisos das garagens. A empresa responsável pelo desenvolvimento destes sistemas é ainda responsável por um sistema que recolhe o excesso de água pluvial em bacias coletoras, onde parte dos seus contaminantes é retirada, para que ela possa seguir tanto para um rio quanto para a rede pública.



Figura 29: Eldorado Business Tower.

Fonte: Moura (2008).

3. METODOLOGIA

3.1. Classificação da Pesquisa

Esta pesquisa pode ser classificada como estudo de caso.

Quanto aos procedimentos é uma pesquisa de campo, com observação e coleta de dados no local de estudo, e de fonte de papel, com pesquisa bibliográfica e documental.

Do ponto de vista da forma de abordagem a pesquisa pode ser classificada como quantitativa e qualitativa.

3.2. Planejamento da Pesquisa

3.2.1. Procedimento de Coleta e Interpretação dos Dados

Inicialmente, pela revisão bibliográfica, pretendeu-se definir conceitualmente uma habitação sustentável. A partir disso selecionou-se um condomínio para servir como estudo de caso. Esta seleção foi feita através de pesquisas na internet, jornais e folhetos, procurando edificações com algum diferencial em relação à sustentabilidade. Foram selecionados diversos empreendimentos. Por telefone e e-mail, as empresas responsáveis foram contatadas, sendo solicitada a possibilidade de realizar o trabalho nos seus empreendimentos. Duas construtoras responderam positivamente a solicitação. A escolha foi feita a partir das características de cada uma, sendo selecionada a edificação mais adequada ao estudo.

Após a definição da edificação ocorreu um encontro com o engenheiro responsável para esclarecimentos sobre o trabalho a ser realizado. Em seguida, este engenheiro disponibilizou os projetos da edificação: arquitetônico, elétrico, hidrossanitário e de modulação de alvenaria. O memorial descritivo foi obtido no site da construtora, conforme orientação do engenheiro.

Com isto, passou-se a fase de análise dos projetos e do memorial descritivo da edificação, de onde foram retirados os dados necessários para a avaliação de qualidade de projeto, materiais de construção, legislação e alguns itens necessários para avaliação do conforto ambiental. O PDDUA (Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental) de Porto Alegre, assim como o mapa da cidade, foi obtido no site da prefeitura municipal.

Visitas no local da obra auxiliaram a análise das características do local e do entorno.

Os dados sobre custos de projeto e de construção da edificação foram disponibilizados pelo engenheiro responsável pela obra através do orçamento completo da edificação.

Na obra também foram realizadas medições de temperatura, umidade relativa do ar e níveis de ruído utilizando.

As medições referentes ao nível de pressão sonora foram realizadas com um decibelímetro marca Minipa MSL – 1351C com LCD de quatro dígitos, de acordo com a norma IEC651 Tipo II com registro de máximo e mínimo, resposta rápida (fast) e lenta (slow), microfone de eletreto de ½”, faixa dinâmica de 50dB, precisão de +/- 1.5dB (94dB/1kHz), ponderação A e C em frequência e faixa de medida de 30dB a 130dB em três escalas (Lo, Med e Hi).

As medições de temperatura umidade relativa do ar foram realizadas com um termohigrômetro marca Minipa.

Estas medições foram realizadas no interior da edificação (no primeiro e no oitavo pavimentos tipo), no apartamento orientado para oeste, com as janelas fechadas e abertas; também foram realizadas na frente da obra, à rua Corte Real. Na Avenida Protásio Alves, foi realizada a medição do nível de pressão sonora. Ao total, foram seis medidas de temperatura e umidade do ar e sete medições do nível de pressão sonora.

Foram realizadas todas as análises e comparações necessárias para definir as características desta edificação, que foram incorporadas a planilha eletrônica.

A planilha utilizada foi incorporada do trabalho de Brandli, Kohler e Kotlinski (2007) e está formulada no programa Excel. Esta planilha é articulada em três partes: uma sobre o projeto arquitetônico, uma sobre a carga térmica e outra sobre as despesas (esta não foi utilizada devido ao fato de o empreendimento ainda não estar sendo habitado). Estas planilhas estão ligadas por meio de links. À medida que as planilhas foram preenchidas, a avaliação dos itens foi realizada. A planilha simplificada e resumida (Tabela 3) apresenta os aspectos e características a serem analisados e as fontes de coleta de dados utilizadas.

ATRIBUTO		AVALIAÇÃO		PESO	TOTAL DO ITEM
Legislação	taxa de ocupação; índice de aproveitamento; taxa de permeabilidade; recuo frontal; afastamento esquerdo e direito.	Previsto na legislação municipal – plano diretor	10		
				1	
Materiais construção	Paredes; Piso; Acab. interno e externo; Esquadrias; Cobertura.	Memoriais e levantamento “in loco”, descrição dos acabamentos.	10		
				2	
Localização	Características entorno; Condições de tráfego; Comunicações; Efeitos na vizinhança.	Baixa; media; leve; Leve, moderado, intenso; Razoável, bom, excelente; Leve, moderado, intenso.			
				1	
Qualidade projeto	Índice de circulação; Índice de compacidade; Índice de circ. Garagens; Densidade de paredes; Flexibilidade de uso; Funcionalidade	Projeto arquitetônico Levantamento “in loco”. Considerados valores de benchmarking para cada índice	10		
			4	1	
Qualidade uso/manutenção	Consumo de energia; Consumo de água; Detritos líquidos; Detritos sólidos; Facilidade de reparo; Durabilidade; Segurança.	Extrato contas; Levantamento “in loco” .	10		
			$\Sigma/4$	2	
Conforto ambiental	Iluminação natural e Iluminação artificial Conforto higrotérmico; Ventilação	Levantamento “in loco” , calcula da carga térmica para cada dependência, NBR 10552	10		
			$\Sigma/3$	1	
Custo	Custos inerentes a cada etapa do ciclo de vida:Projeto; Construção; Utilização	Dados do mercado, coletados na construtora (CUB) e no condomínio (gastos mensais de operação)			
				2	
				Σ	100%

Tabela 3: Estrutura para avaliação da sustentabilidade das edificações.

Fonte: Brandli, Kohler e Kotlinski (2007).

Através do preenchimento da planilha, pode-se calcular e definir o índice de sustentabilidade da edificação. De posse deste índice, foram feitas pesquisas, em revistas, sites de empresas e livros, buscando alternativas que possam agregar mais “valor” à edificação estudada.

- Central de gás;
- Posicionamento no terreno buscando as condições ideais de insolação, ventilação e vista da cidade.

Na Figura 31 pode-se ver a perspectiva da edificação e na Figura 32, a situação atual da obra.



Figura 31: Perspectiva da Edificação.

Fonte: http://www.rcorrea.com.br/em_obras/urbano, 2008.



Figura 32: Situação atual da obra.

Fonte: Foto do autor.

O prazo previsto para conclusão e entrega da edificação é outubro de 2009.

Foram analisados os projetos do edifício, que foram disponibilizados pela empresa responsável. Também foi estudado o plano diretor e o código de obras da cidade de Porto Alegre, para que pudesse ser feita a avaliação do projeto de acordo com a legislação. Os itens considerados nesta etapa foram os seguintes:

- Taxa de ocupação;
- Índice de aproveitamento;
- Taxa de permeabilidade;
- Recuo frontal;
- Afastamento esquerdo e direito.

Foram analisados os memoriais descritivos e realizadas visitas “in loco”, para caracterização dos materiais de construção, condições climáticas e níveis de ruídos do local, características do entorno e as mudanças que este possa estar sofrendo por consequência da construção.

A qualidade do projeto foi avaliada, em comparação com dados do SEBRAE-RS (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – Rio Grande do Sul), de acordo com:

- Índice de circulação;
- Índice de compactidade;
- Índice de circulação em garagens;
- Densidade de paredes;
- Flexibilidade de uso;
- Funcionalidade.

O conforto ambiental foi avaliado de acordo com as áreas de ventilação e iluminação, determinadas nos projetos, em função da carga térmica (medida com termo-higrômetro) e da insolação no local. Também foi medido o nível de ruídos do local para avaliação da especificação das esquadrias e fechamento opaco.

As medições foram feitas com o equipamento 1,2 metros acima do solo e 1,5 metros distante de paredes, edifícios e outras superfícies refletoras.

Foi analisado o custo da edificação, através do orçamento detalhado fornecido pela empresa responsável. A qualidade de uso e a facilidade de manutenção foram avaliadas com base em simulações e comparação com outras edificações de mesmo padrão, pois a edificação ainda se encontra em construção, não sendo possível obter estes dados.

O grau de sustentabilidade foi medido com base na Tabela 3, formulada por Brandli, Kohler e Kotlinski (2007), que teve que sofrer ajustes em função de alguns equívocos em alguns valores adotados.

Os dados obtidos na etapa de análise foram avaliados de acordo com os padrões ideais. Estes padrões já estavam definidos e incorporados na planilha eletrônica. Desta avaliação resultou uma nota que é o indicador do grau de sustentabilidade da edificação.

3.2.3. Análise dos Dados

Para analisar os dados gráficos projeto arquitetônico e projetos complementares foi utilizado o software AutoCad. Para a análise dos dados quantitativos foram utilizadas planilhas desenvolvidas no Software Excel.

3.2.4. Indicadores de Qualidade de Projeto

A avaliação dos indicadores tem como objetivo determinar a qualidade do projeto em relação ao índice de circulação, ao índice de compacidade, ao índice de circulação em garagens, à densidade de paredes, à flexibilidade de uso e à funcionalidade.

O índice de circulação (I_{circ}) verifica o grau de otimização das áreas de circulação no pavimento tipo. O cálculo do índice de circulação considera a área do pavimento tipo (medida em planta pela face externa da parede), a área de circulação (área de uso comum no pavimento tipo – caixa de elevador, escada, corredor e hall – sendo medida pela face externa quando na divisa com exterior e pela face interna quando está na divisa com unidade autônoma) e a área de floreiras. A fórmula utilizada para calcular o índice foi a seguinte:

$$I_{circ} = \frac{A_{circ} * 100}{A_{pavto} + A_{sf}}$$

Equação 1: Cálculo do índice de circulação.

O índice de compacidade (I_{comp}) indica o quanto o projeto se afasta da forma plana mais econômica, que é o círculo. O cálculo do índice considera a área do pavimento tipo (medida em planta pela face externa das paredes) e o perímetro das paredes externas (medido em planta pelo eixo das paredes do pavimento tipo, não considerando proteções de sacadas e floreiras e sem descontar os vãos de janelas e portas). A fórmula para calcular o índice de compacidade é a seguinte:

$$I_{comp} = \frac{2 * \sqrt{3,14 * A_{pavto}}}{Pp} * 100$$

Equação 2: Cálculo do Índice de Compacidade.

A densidade de paredes (Dp) verifica o grau de otimização da compartimentação do pavimento tipo. O cálculo considera a área do pavimento tipo (medida em planta pela face externa das paredes) e a área de projeção das paredes (perímetro das paredes, medido no pavimento tipo, multiplicado pela espessura das respectivas paredes, sem descontar vãos de janelas e portas).

$$Dp = \frac{A_{paredes}}{A_{pavto}}$$

Equação 3: Cálculo da Densidade de Paredes.

O índice de circulação em relação à área de garagens (I_g) é calculado considerando a área de circulação e a área de garagens. O cálculo é o seguinte:

$$I_g = \frac{A_{circ}}{A_{garagem}} * 100$$

Equação 4: Cálculo do Índice de Circulação em Garagem.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Legislação

No quesito legislação a edificação atende plenamente às especificações e exigências do PDDUA de Porto Alegre. A taxa de ocupação (TO) máxima é 75% sendo que na edificação estudada, a taxa é de 18%.

O índice de aproveitamento (IA), segundo o PDDUA, para o terreno em questão, deveria ser menor ou igual a 3 (considerando a possibilidade de solo criado). Na proposta da edificação IA é 2,88.

A taxa de permeabilidade (TP) exigida para o local onde o prédio está localizado é de 15%. No terreno em estudo, que mantém parte de sua área ocupada por mata nativa (sendo que apenas algumas das árvores foram removidas ou transplantadas) a taxa de permeabilidade é 39,35%.

O recuo frontal exigido pela legislação é de 4 metros, exatamente o que foi adotado para esta edificação.

Os afastamentos laterais, segundo o PDDUA de Porto Alegre deve ser igual ou maior a 18% da altura da edificação. A altura da edificação é de 42,30 metros, portanto, os afastamentos devem ser de 7,61 metros. Os afastamentos laterais da edificação são de, 8,50 metros.

4.2 Materiais de Construção

No que se refere a materiais de construção:

- As paredes estão sendo construídas com bloco estrutural cerâmico;
- As esquadrias são de alumínio;
- A cobertura está sendo construída com telhas de fibrocimento;
- O piso cerâmico e as paredes internas e externas são revestidos com reboco e pintura em cor média;

4.3 Localização

A respeito da localização:

- As edificações localizadas no entorno são predominantemente baixas e residenciais;
- A rua onde está sendo construído o edifício é pouco movimentada e apresenta tráfego leve (Figura 33), no entanto, bem próximo a ele existe uma avenida bastante movimentada (Avenida Protásio Alves);
- A qualidade das comunicações é determinada pela existência ou não de elementos de infra-estrutura. No caso, a edificação dispõe de telefonia aérea, televisão a cabo e televisão coletiva e sistema de câmeras de segurança;
- Com a incorporação deste empreendimento no local, aproximadamente 350 (trezentos e cinquenta) pessoas passarão a habitar este edifício, tendo em torno de 140 (cento e quarenta carros) a mais circulando por aquela via;



Figura 33: Rua Corte Real.

Fonte: Foto do autor.

4.4 Qualidade de Projeto

O projeto arquitetônico foi analisado em relação a diversos fatores e os resultados foram comparados com padrões pré-definidos.

4.4.1. Indicadores

Para o cálculo dos indicadores, foram utilizados os seguintes dados:

- Área do Pavimento Tipo = 680,40m²;
- Área Circulação apart. = 22,55m²;
- Área Circulação comum = 57,40m²;
- Área de Sacadas e Floeiras = 0,00m²;
- Perímetro das paredes externas = 158,24m.
- As medidas das paredes (P) de cada espessura e suas áreas (A) estão listadas a

seguir:

- P_{37cm} = 11,59m $A = 11,59 * 0,37 = 4,29m^2$
- P_{32cm} = 1,40m $A = 1,40 * 0,32 = 0,45m^2$
- P_{29cm} = 8,78m $A = 8,78 * 0,29 = 2,55m^2$
- P_{27cm} = 6,06m $A = 6,06 * 0,27 = 1,64m^2$
- P_{23cm} = 138,90m $A = 138,90 * 0,23 = 31,95m^2$
- P_{22cm} = 12,92m $A = 12,92 * 0,22 = 2,84m^2$
- P_{21cm} = 48,31m $A = 48,31 * 0,21 = 10,15m^2$
- P_{18cm} = 17,63m $A = 17,63 * 0,18 = 3,17m^2$
- P_{17cm} = 76,0m $A = 76,00 * 0,17 = 12,92m^2$
- P_{16cm} = 39,21m $A = 39,21 * 0,16 = 6,27m^2$
- P_{15cm} = 33,0m $A = 33,00 * 0,15 = 4,95m^2$
- P_{13cm} = 7,88m $A = 7,88 * 0,13 = 1,02m^2$
- P_{12cm} = 17,78m $A = 17,78 * 0,12 = 2,13m^2$
- P_{11cm} = 134,18m $A = 134,18 * 0,11 = 14,76m^2$
- A área total de projeção de paredes encontrada foi de 99,09m².

$$I_{circ} = \frac{57,40 * 100}{680,40 + 0,00} = 8,44$$

Equação 5: Cálculo do índice de circulação.

- O índice de circulação encontrado para a edificação estudada foi de 8,44%.

Considerando que a edificação estudada é um edifício residencial com 14 pavimentos tipo, foi

feita uma comparação com as Tabelas do Anexo G, de acordo com o tipo de ocupação, e o resultado ficou abaixo da média, porém acima do mínimo.

$$I_{comp} = \frac{2 * \sqrt{3,14 * 680,40}}{158,24} * 100 = 58,42$$

Equação 6: Cálculo do Índice de Compacidade.

▪ O índice de compacidade obtido foi $I_{comp} = 58,42\%$. Considerando que a edificação estudada é um edifício residencial, foi feita uma comparação com as tabelas do Anexo H, de acordo com o tipo de ocupação, e o resultado ficou abaixo da média, porém acima do mínimo.

$$Dp = \frac{99,09}{680,40} = 0,15$$

Equação 7: Cálculo da Densidade de Paredes.

▪ A densidade das paredes, neste caso, foi de 15%. Comparando o resultado encontrado com o Anexo I, considerando que se trata de um edifício residencial, notou-se que este se encontra acima da média e abaixo do máximo.

$$I_g = \frac{57,40}{3455,07} * 100 = 1,66\%$$

Equação 8: Cálculo do Índice de Circulação em Garagem.

▪ O índice de circulação em garagem, neste caso, foi de 1,66%.

4.5 Uso e Manutenção

Considerando que a edificação ainda se encontra em fase de construção, não seria possível analisar todos os pontos deste item, pois alguns dependem de valores ainda não existentes.

É possível observar, analisando os projetos elétrico e hidrossanitário da edificação, que esta não dispõe de nenhum tipo de sistema de economia ou reaproveitamento, no entanto, existe de rede de esgoto cloacal e características que apontam provável durabilidade e segurança da edificação.

Para que fosse possível avaliar a edificação considerando todos os itens, foi adotado um valor estimado para o uso deste tipo de edificação.

Foi realizada uma simulação do consumo de energia através do site da CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica – Rio Grande do Sul) utilizando um simulador de consumo, onde são preenchidos espaços referentes aos equipamentos eletrônicos mais usuais,

com a quantidade de equipamentos e o tempo que este é utilizado por dia. O cálculo foi realizado para um apartamento de dois dormitórios, com quatro pessoas.

Os aparelhos considerados para o cálculo foram: ar condicionado de 7500 BTU (dois aparelhos, duas horas por dia, a cada dois dias), chuveiro (25 minutos por dia, metade dos dias na posição inverno e a outra metade na posição verão), computador (seis horas por dia), ferro de passar roupa (uma hora e meia por semana), freezer (um aparelho, vinte e quatro horas por dia), lâmpadas incandescentes (três unidades, nos dormitórios e na sala de estar, foi adotada uma média de duas horas por dia em cada ambiente), lâmpadas fluorescentes (três unidades, na circulação, no banheiro e na cozinha, uma hora por dia nos primeiros e duas horas na cozinha), lavadora de roupas (uma máquina, quatro horas por semana), microondas (um equipamento, dez minutos por dia), refrigerador (um equipamento, ligado vinte e quatro horas por dia), televisão (um aparelho, quatro minutos por dia) e ventilador (dois aparelhos, duas horas por dia, dez dias por mês).

O consumo total considerando estes equipamentos em um apartamento com quatro pessoas seria de 386,31 kWh, tendo um custo de R\$139,79. Dividido entre os quatro moradores, o consumo seria aproximadamente 97kWh por pessoa, correspondentes a R\$34,95.

O consumo de água foi definido considerando os resultados obtidos para outra edificação do mesmo padrão na pesquisa de Brandli, Kohler e Kotlinski (2007). O consumo per capita seria de 5m³ por pessoa por mês.

As tubulações hidráulicas se encontram embutidas em “shafts”, o esgoto é embutido no piso de concreto e as tubulações elétricas nos blocos cerâmicos das paredes.

Todas as paredes estão sendo executadas com blocos cerâmicos, rebocadas e pintadas. Além disso, todos os materiais previstos são de boa qualidade.

Não existem apartamentos no andar térreo além do apartamento do zelador; existe guarita junto à entrada da edificação e cerca elétrica e tubulação com esperas para futura instalação de câmeras de segurança.

A flexibilidade de uso corresponde à facilidade de serem executadas mudanças no edifício já construído. No caso, as paredes são construídas com blocos estruturais cerâmicos sem função estrutural.

A funcionalidade está relacionada à qualidade do projeto arquitetônico e define se o espaço foi bem aproveitado de acordo com o programa de necessidades.

4.6 Conforto Ambiental

Foram realizadas medições de ruído (utilizando o decibelímetro), temperatura e umidade do ar no local (utilizando o termo-higrômetro), dentro e fora da edificação. As medições foram realizadas no apartamento com a orientação para oeste (pior orientação solar) e mais próximo da Avenida Protásio Alves (maior fonte de ruído). Elas foram realizadas no dia 30 de outubro de 2008, entre 9 horas e 10 horas da manhã.

No oitavo pavimento, com as janelas abertas, foram medidos 18,8°C com umidade relativa do ar em 53,7%, nível máximo de ruídos 63dB(A) e mínimo de 58,4dB(A).

No primeiro pavimento tipo, com as janelas abertas, foram medidos: temperatura de 19°C, umidade do ar de 52,7%, nível máximo de ruído em torno de 65,4dB(A) e mínimo de 58,6dB(A). Com as janelas fechadas a temperatura aumentou para 20,1°C, e a umidade para 60%, os níveis de ruído diminuíram, tendo um mínimo de 39,3dB(A) e um máximo de 43,1dB(A).

A medição foi realizada, também, na frente da edificação. A temperatura encontrada foi de 18,6°C, a umidade do ar 55,1%, o nível mínimo de ruído 60,4dB(A) e máximo 78,3dB(A).

Na avenida, onde o tráfego é intenso e constante, foram medidos apenas os níveis de ruído. O nível mínimo foi de 74,1dB(A) e o máximo de 85,4dB(A).

A planilha eletrônica realiza os cálculos de carga térmica com base nos dados acima relacionados, além de características térmicas dos materiais empregados, características do local, equipamentos presentes do ambiente (foi considerado uma lâmpada e um televisor) e a área do ambiente.

A entalpia foi determinada utilizando carta desenvolvida pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), em função da temperatura e umidade relativa do ar no ambiente (CB – 02, 1998). A carta pode ser vista no Anexo E.

4.7 Custo

Os custos de projetos e construção foram avaliados com base em informações disponibilizadas pelo engenheiro responsável pela obra. Foi analisado o orçamento completo da obra, com o qual foi possível calcular o custo total de projetos e o custo total de construção (materiais, mão-de-obra, equipamentos). Conhecendo a área total a ser construída, foi calculado o custo por unidade de área, tanto de projetos como de construção. Como os dados foram adquiridos no mês de outubro deste ano e não se tem informação da data exata em que

estes foram definidos, o custo foi adaptado para o CUB (Custo Unitário Básico) fazendo uma média dos índices de todos os meses do ano de 2008. O custo de construção total do edifício é estimado em R\$8.389.612,06 e o custo de projetos em R\$262.145,23, que divididos pela área total (12.128,24 m²), resultando, respectivamente, em R\$686,65/m² e R\$21,45/m².

A série histórica do CUB/RS (versão 2006) deste ano de 2008, para edificações residenciais multifamiliares de padrão normal com até 16 andares, até o mês de outubro, de acordo com os dados do SINDUSCON-RS se encontra no Anexo J.

Considerando o valor do CUB R\$737,485 foi realizada a adaptação do custo da edificação, sendo que o custo por unidade de área do projeto foi de 0,02 CUB e de construção de 0,93 CUB.

O custo de utilização não pode ser medido, pelo fato da edificação ainda estar em fase de construção. Para não deixar a planilha incompleta, foi feita uma comparação desta edificação com outra já analisada, do mesmo padrão, por Brandli, Kohler e Kotlinski (2007), sendo adotado o mesmo valor por unidade de área.

4.8 Grau de Sustentabilidade da Edificação

Após a análise dos projetos, memoriais, legislação e do local, foi possível preencher a planilha eletrônica (Figura 34) e definir o grau de sustentabilidade da edificação.

ATRIBUTOS	INDICADORES	PREVISTO NA LEGISLAÇÃO / IDEAL	EXECUTADO	VALOR	PESO	TOTAL	
LEGISLAÇÃO	TAXA DE OCUPAÇÃO	≤ 75 %	18,2 %	10,00			
	ÍNDICE DE APROVEITAMENTO	3,0 (solo criado)	2,88	10,00			
	TAXA DE PERMEABILIDADE	≥ 15 %	39,35 %	10,00			
	RECUO FRONTAL	≥ 4,00m	4,00 m	10,00			
	AFASTAMENTO ESQUERDO C/ ABERTURA	7,61	8,50 m	10,00			
	AFASTAMENTO DIREITO C/ ABERTURA	7,61	8,50 m	10,00			
				Σ / 6	60,00	1	10,000
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	PAREDES		BLOCO EST. CER.	5,00			
	PISO		CERÂMICA	10,00			
	ACABAMENTO INTERNO		REB. PINT. MÉD	10,00			
	ACABAMENTO EXTERNO		REB. PINT. MÉDIA	10,00			
	ESQUADRIAS		ALUMÍNIO	7,50			
	COBERTURA		CM. FIB. SINT.	5,00			
				Σ / 6	47,50	2	15,833
LOCALIZAÇÃO	CARACTERÍSTICAS DO ENTORNO	Baixa	100,00 %	10,00			
	CONDIÇÕES DE TRÁFEGO	Leve	100,00 %	10,00			
	COMUNICAÇÕES	Bom	66,00 %	6,60			
	EFEITOS NA VIZINHANÇA	Intenso	33,00 %	3,30			
				Σ / 4	29,90	1	7,475
QUALIDADE DE PROJETO	ÍNDICE DE CIRCULAÇÃO / N° PAV. TIPO	13 a 16	15,80	8,44 %	5,339		
	ÍNDICE DE COMPACIDADE / UNID. P/ PAV.	100 % (ideal)	58,42	58,42 %	5,842		
	ÍNDICE DE CIRCULAÇÃO DA GARAGEM	5,6 % (ideal)	1,66	2,967 %	2,967		
	DENSIDADE DAS PAREDES / UNID. P/ PAV.	22,00 % (ideal)	14,56	6,620 %	6,620		
	FLEXIBILIDADE DE USO	100 % (ideal)	60,00	6,000 %	6,000		
	FUNCIONALIDADE	100 % (ideal)	85,00	8,500 %	8,500		
				Σ / 6	35,2678	1	5,878
USO E MANUTENÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA	C CONSUMO	kWh/percapita	< 77,65	61,00 kWh	10,00	
		SISTEMA	Tradicional	5,00	5,00 %	5,00	
	CONSUMO DE ÁGUA	C CONSUMO	m³/percapita	< 4,00	5,00 m³	8,00	
		SISTEMA	Tradicional	5,00	5,00 %	5,00	
	DETRITOS LÍQUIDOS / reproveitamento	Sem reapro. água cinza e pluvial	25,00	2,50 %	2,50		
	DETRITOS SÓLIDOS	Rede doocal c/ estação de tratamento	100,00	10,00 %	10,00		
	FACILIDADE DE REPARO	Médio	66,00	6,60 %	6,60		
	DURABILIDADE	Alta	100,00	10,00 %	10,00		
	SEGURANÇA	Alta	100,00	10,00 %	10,00		
				Σ / 9	67,10	2	14,911
CONFORTO AMBIENTAL	ILUMINAÇÃO NATURAL	Lavanderia	0,260	0,663	10,00		
	ACÚSTICA (db)	Dormitório	35,00 - 45,00	63,00	8,00		
	CONFORTO HIGROTÉRMICO	Dormitório	80	130,21	2,00		
	VENTILAÇÃO	Lavanderia	0,173	0,663	10,00		
				Σ / 4	30,00	1	7,500
CUSTO	PROJETO (CUB/m²)	0,10 - 0,29	0,10 - 0,29	0,0291	6,00		
	CONSTRUÇÃO (CUB/m²)	0,80 - 0,99	0,80 - 0,99	0,9311	8,00		
	UTILIZAÇÃO (CUB/m²)	= 0,0057	≤ 0,0057	0,0062	8,00		
				Σ / 3	22,00	2	14,667
				Σ			75,764

Figura 34: Planilha do Grau de Sustentabilidade.

O grau de sustentabilidade alcançado pela edificação estudada, calculado por este método já definido, foi 75,76%.

4.8.1. Legislação

A obra está inteiramente de acordo com as exigências da legislação.

4.8.2. Materiais de Construção

Os acabamentos de piso e parede foram especificados de maneira adequada, pois o piso cerâmico e as paredes internas e externas revestidas com reboco e pintura de cor média são as melhores opções.

4.8.3. Localização

A respeito da localização, as características do entorno existente são boas e pouco impactantes para a edificação, no entanto, esta tende a causar grande impacto ao entorno, que deverá sofrer com o aumento no tráfego de veículos e pessoas, além da diferença de altura da edificação nova comparado às existentes (hoje o local tem predominância de prédios baixos).

Pontos negativos em relação à localização do empreendimento são a falta de alguns itens de comunicação diferenciados (novas tecnologias).

4.8.4. Qualidade de Projeto

Os índices de qualidade de projeto ficaram, todos, abaixo do valor indicado como ideal. A pior situação seria se estes ficassem acima do valor, no entanto, os índices seriam melhores quanto mais se aproximassem deste ideal. A flexibilidade da edificação poderia ser maior apresentando materiais mais facilmente removíveis e reaproveitáveis.

4.8.5. Uso e Manutenção

O fato de não possuir sistema de reaproveitamento de águas servidas e água de chuva contribuiu significativamente para a avaliação ruim neste aspecto, assim como a falta de sistemas econômicos para consumo de água e de energia elétrica.

A facilidade de manutenção foi considerada média, sendo que as tubulações hidráulicas embutidas em “shafts” facilitam a manutenção por evitar a quebra de paredes, porém, o esgoto embutido no piso de concreto e as tubulações elétricas nos blocos cerâmicos das paredes dificultam a manutenção.

A segurança foi considerada alta, por não existirem apartamentos no andar térreo além do apartamento do zelador; pela existência de guarita junto à entrada da edificação, cerca elétrica e tubulação com esperas para futura instalação de câmeras de segurança.

As paredes construídas com blocos estruturais cerâmicos sem função estrutural podem ser removidas sem causar danos à estrutura da edificação. Sendo assim, existe possibilidade de modificar paredes.

A durabilidade da edificação deve ser alta, pelo fato de todas as paredes serem executadas com blocos cerâmicos, serem rebocadas e pintadas. Além disso, todos os materiais previstos são de boa qualidade.

No caso, o espaço foi bem aproveitado, não existem desperdícios com áreas de circulação desnecessárias, as unidades foram bem distribuídas no pavimento e a área privativa foi bem aproveitada com os aposentos bem distribuídos.

4.8.6. Conforto Ambiental

A edificação tem ótimas iluminação e ventilação naturais, garantidas por aberturas de bom tamanho, o que pôde ser verificado a partir da análise do projeto arquitetônico. A acústica também é satisfatória, considerando que a edificação situa-se próxima a uma avenida bastante movimentada responsável por alto nível de ruído, e, no interior da edificação, o nível é relativamente baixo, diminuindo com as aberturas fechadas.

O conforto higrotérmico foi o único item não satisfatório, pois foram verificadas temperaturas internas maiores do que as externas. A maior temperatura no apartamento com as janelas fechadas é justificada pelo fato de este ser o apartamento modelo (decorado) e ter suas janelas fechadas há vários dias.

4.8.7. Custo

Os custos dos projetos demonstraram falta de aplicação de novos conhecimentos à edificação, porém projetos de qualidade. Os custos de construção foram mais altos, o que permite assegurar que foram utilizados materiais, técnicas e equipamentos de qualidade.

4.9 Comparação com Estudos Anteriores

Foi realizada uma comparação entre o resultado do indicador de sustentabilidade obtido neste estudo com os indicadores obtidos em avaliações realizadas nas cidades de Ijuí e Passo Fundo por Brandli, Kohler e Kotlinski (2007). Na Tabela 1 encontram-se os índices de sustentabilidade encontrados nestas edificações.

EDIFICAÇÃO	Valor obtido do indicador
EDIFICAÇÃO A	55,22%
EDIFICAÇÃO B	58,00%
EDIFICAÇÃO C	65,86%
EDIFICAÇÃO D	68,88%

Tabela 1: Índice de Sustentabilidade de Edificações em Ijuí e Passo Fundo.

Fonte: Brandli, Kohler e Kotlinski (2007).

Alguns fatores responsáveis pelo baixo índice obtido nas edificações são:

- Não atendimento à legislação;
- Especificação de materiais sem preocupação ambiental.
- Baixa qualidade de projeto: índices e flexibilidade não satisfatórios.
- Baixo conforto ambiental: pouca iluminação e ventilação naturais, altos índices de ruído, grande carga térmica.
- Não aproveitamento ou tratamento de detritos.

Pôde-se perceber, analisando as edificações que podem ser consideradas “padrões” para as cidades de Ijuí e Passo Fundo, que o índice de sustentabilidade para este tipo de edificação residencial multifamiliar situa-se dentro de uma faixa de valores que varia de 50 a 70%. A edificação analisada neste estudo obteve um índice de 75,76%, valor superior que se justifica, principalmente, pelo completo atendimento às exigências da legislação, pelo uso de materiais adequados e por uma boa localização e aproveitamento de iluminação e ventilação naturais.

4.10 Recomendações Para Aumentar o Grau de Sustentabilidade da Edificação Estudada

Em relação à legislação, não seria necessário realizar nenhuma mudança, já que todos os itens se enquadram nos ideais.

Para aumentar o grau de sustentabilidade, considerando os materiais de construção, as seguintes especificações poderiam ser feitas:

- Esquadrias com vidros duplos, com tecnologia que aumenta a proteção contra a entrada de calor ao mesmo tempo em que permite o máximo de entrada da iluminação;
- Utilização de madeira certificada para construção;
- Madeira plástica para ripas de telhado feita de plástico reciclado e fibras vegetais;
- Paredes divisórias internas de Gesso "Drywall";
- Tintas a base de água;
- Pisos drenantes nas áreas descobertas;
- Reutilização de sobras de materiais na obra (o que não for possível reutilizar deve ser encaminhado para reciclagem);
- Coleta seletiva de lixo.

Não se tem muita escolha em relação a materiais para esquadrias e fechamentos verticais, pois até agora não existem materiais que atendam a todos os requisitos de sustentabilidade. Para as paredes, os materiais disponíveis são os tijolos maciços, os blocos cerâmicos furados e os blocos estruturais cerâmicos e de concreto. Os materiais que podem ser utilizados para a fabricação de esquadrias são o ferro, o alumínio, o PVC e a madeira. A decisão deve ser tomada após estudar cada caso e considerando os aspectos regionais.

Em relação à localização, os efeitos causados pela implantação desta edificação ao local não podem ser minimizados sem modificar o conceito do prédio. No entanto, a avaliação deste quesito poderia melhorar aumentando a qualidade e diversidade da infra-estrutura de comunicações, especificando rede de cabeamento de dados, com internet, interfonos, vídeo-porteiro, entre outros.

A qualidade de projeto poderia ser aumentada dando mais importância aos índices, que deveriam estar próximos ao valor ideal. O valor da flexibilidade do projeto aumentaria se fossem especificadas paredes divisórias em drywall, mais facilmente removíveis e reutilizadas.

A avaliação do uso e manutenção da edificação poderia ter melhores resultados se fossem utilizados sistemas econômicos de consumo de água e energia elétrica e reaproveitamento de águas servidas e aproveitamento de água de chuva. Alguns equipamentos que podem ser instalados para garantir a economia de água na edificação são:

- Torneiras com fechamento automático ou restritor de vazão;
- Bacia sanitária com dois botões de acionamento, de três e seis litros.
- Hidrômetros individuais;

Para economia de energia podem ser especificados:

- “Dimer” para controlar a variação do fluxo de luminosidade das lâmpadas, além de prolongar a vida útil do produto;
- Sistemas de automação com sensores de presença para áreas de circulação e com sensores fotovoltaicos para áreas externas.

Os vidros especiais e as esquadrias com melhor vedação seriam responsáveis por controlar a entrada de calor no ambiente interno, melhorando o nível de conforto ambiental, tanto acústico quanto térmico.

Certamente, um projeto com estas preocupações teria maior custo que um projeto tradicional, no entanto, se algumas destas recomendações estivessem aplicadas no projeto desta edificação, o seu grau de sustentabilidade poderia se elevar acima de 85% sem necessidade de modificações no projeto arquitetônico.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as conclusões desta pesquisa, que teve como objetivo geral avaliar o grau de sustentabilidade da edificação selecionada como estudo de caso. Também são feitas sugestões para trabalhos futuros.

5.1. Conclusões

A partir da revisão bibliográfica e das análises realizadas foi possível chegar às seguintes conclusões:

- Quanto aos objetivos:
 - Os objetivos propostos no início deste relatório foram alcançados. Foi possível, através da revisão bibliográfica e das análises realizadas, avaliar o grau de sustentabilidade da edificação estudada.
- Quanto à metodologia:
 - A planilha criada por Brandli, Kohler e Kotlinski (2007), formulada há três anos, se mostrou defasada em relação aos materiais de construção.
 - A avaliação do grau de sustentabilidade do empreendimento estudado poderia ter apresentado resultados mais exatos se a planilha tivesse sido adaptada com os materiais atuais e com a realidade da região, sendo que esta planilha foi desenvolvida considerando os padrões para as cidades de Ijuí e Passo Fundo e a edificação estudada situa-se na cidade de Porto Alegre.
- Quanto ao mercado da construção civil:
 - Constatou-se que, no mercado imobiliário brasileiro, existem poucos empreendimentos sustentáveis, no entanto, cada vez mais existe a busca por este tipo de edificação.
 - Pôde-se perceber que o mercado da construção civil, embora lentamente, está se adaptando a necessidade de se pensar um ambiente mais sustentável, sendo que a cada ano surgem novas técnicas e materiais construtivos, como vidros (duplos, com películas de proteção, coloridos, etc.), madeiras certificadas, tintas a base de água, torneiras automáticas e eletrônicas (com sensores de utilização), dispositivos economizadores de água, sistemas de iluminação automáticos entre outros.

- Considerando a velocidade com que o mercado está se adaptando a essa demanda de produtos sustentáveis, é provável que em pouco tempo sejam desenvolvidos diversos novos materiais e técnicas e que estes materiais se tornem mais acessíveis para todos os tipos de edificações.

- Como os sistemas e materiais aplicados a um edifício sustentável agregam valor ao imóvel, muitas vezes a proposta de marketing do empreendimento o apresenta como sustentável, “verde”, ou “em harmonia com a natureza”, por apresentarem pequenos diferenciais. A edificação estudada, por exemplo, apresentou como estratégia de marketing uma grande área verde preservada por exigência dos órgãos públicos.

- Existem diversos empreendimentos sendo apresentados no mercado imobiliário como “green building”, que realmente incorporam sistemas sustentáveis.

- Quanto ao grau de sustentabilidade da edificação estudada:

- Constatou-se que a obra estudada não apresenta nenhum diferencial em relação à sustentabilidade, no entanto, está totalmente de acordo com a legislação. No estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre é a primeira cidade cujo plano diretor exige cisternas para amortecimento de água de chuva, porém, ainda precisa evoluir muito na área de incentivos para que práticas sustentáveis sejam adotadas com mais frequência.

- As obras que apresentam preocupação com as questões ambientais deveriam ser beneficiadas no que se refere à cobrança de taxas, uma vez que sua implementação tem maior custo inicial e que esta contribui mais para o meio ambiente. Conclui-se que, quanto maiores as exigências e os incentivos por parte dos órgãos públicos, maiores os investimentos em obras sustentáveis.

- O alto grau de sustentabilidade da edificação estudada (75,76%) foi devido, principalmente, a defasagem da tabela em relação às técnicas e materiais construtivos e também ao fato de o projeto estar inteiramente de acordo com a legislação urbanística.

- Para agregar valor de modo significativo à edificação, novas tecnologias deveriam ser incorporadas, como sistemas de reaproveitamento de águas servidas, aproveitamento de águas pluviais, dispositivos economizadores de água e energia.

5.2. Sugestões para Trabalhos Futuros

Com a finalidade de melhorar e dar continuidade a este estudo sugere-se:

- Estudar, minuciosamente, o instrumento de cálculo do índice de sustentabilidade utilizado neste trabalho, incorporando atributos contemplados pelos atuais sistemas de certificações das edificações verdes.
- Analisar a relação custo benefício de um empreendimento sustentável e compará-la a uma edificação semelhante construída por métodos tradicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agenda 21. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Agenda_21> Acesso em: 02/04/08.

ALVAREZ, C. E., **A Casa Ecológica: Uma proposta que Reúne Tecnologia, Conforto e Coerência com os Princípios Ambientais.** Disponível em: <www.planetaorganico.com.br> Acesso em: 20/04/2008.

ALVES, W.C, SANTOS, M.F.L., ZANELLA, L., **Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais Para Usos Não Potáveis.** Revista Técnica. São Paulo, n.133, p. 99 – 104, abr./2008.

ARAÚJO, M. A., **A moderna construção sustentável.** Disponível em: <<http://www.idhea.com.br/artigos1.asp>>. Acesso em: 15/04/2008.

ARAÚJO, M. A., **Produtos ecológicos para uma sociedade sustentável.** Disponível em: <www.idhea.com.br/pdf/sociedade.pdf> Acesso em: 19.03.2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152 – Nível de Ruído para Conforto Acústico.** Rio de Janeiro, 2000.

BRANDLI, L.; KOHLER R.; KOTLINSKI J. **Avaliação do Indicador de Sustentabilidade em Edificações nas Cidades de Passo Fundo e Ijuí, RS.** Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2007, Campinas.

Brises Hunter Douglas. Disponível em: www.hunterdouglas.com.br Acesso em: 20/10/2008.

CARLO, U. **Cultura Sustentável.** Revista Técnica. São Paulo, n.133, p. 22 – 28, abr./2008.

CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil. **Desempenho Térmico de Edificações. CE – 02:135.07-001.** Dezembro, 1998.

CICHINELLI, G., **Sustentabilidade: Você Já Ouviu Isso.** Revista Equipe de Obra. São Paulo, ano 4, n. 16, p.24-25, mar./abr. 2008.

Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/pdf/construcao_sustentavel.pdf> Acesso em: 12/04/08.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Disponível em: www.cbcs.org.br. Acesso em: 15/04/2008.

CURCI, Rita, WEISS, Ana. **Quem sustenta a sustentabilidade?** Revista Sustentação, São Paulo, p. 9-12./set. 2008.

DANTAS, F., **Otimização do uso da energia em edificações.** Revista Sistemas Prediais. São Paulo, ano 1, n.1, jul/2007.

Edifício Urbano Petrópolis. Disponível em: <http://www.rcorrea.com.br/em_obras/urbano> Acesso em: 20/03/2008.

FARIA, R., **Frio Solar.** Revista Técnica, São Paulo, n.133, p. 30-31, abr. 2008.

FERNANDES, A., **Aberturas Para o Ar.** Revista AU, São Paulo, ano 23, n.169, p. 24-25, abr. 2008 .

GARCEZ, Julia. **Muito Além do Verde** Revista Sustentação, São Paulo, p. 14-12-17./set. 2008.

GRUPO TAKAOKA. **Manual de Conservação da Água.** Manual do Proprietário Gênese. Disponível em: <www.takaoka.eng.br>. Acesso em: 20/09/2008.

GEROLLA, G., **Estrutura Reciclada**. Revista AU, São Paulo, ano 21, n.142, p.34-39, jan. 2006.

GONÇALVES, J. C. S., DUARTE, D. H. S., **Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Disponível em: < www.antac.org.br>. Acesso em: 05/04/2008.

IDHEA. **Mini Estação de Tratamento de Água e Esgoto**. Disponível em: < www.idhea.com.br/mini_estacao.asp> Acesso em: 11/11/08.

Iluminação Free. Revista Consulte, Arte e Decoração. São Paulo, ano 16, n. 44, p. 48 – 53, jan./fev./mar. 2007.

JACOBI, P., **A água na terra está se esgotando? É verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água?** Disponível em: <www.geologo.com.br> Acesso em: 06/04/2008.

JACOBI, P., **Futura escassez de água é um quadro possível, mas como efeito da poluição e não por esgotamento das reservas**. Disponível em: <www.geologo.com.br> Acesso em: 05/04/08.

JOHN, V. M. **O que Significam as Certificações**. Revista Sustentação, São Paulo, p. 28-29./set. 2008.

LACERDA, M., **Folha de Rosto**. Revista Arc Design, São Paulo, n.59, p. 40-44. Abr/mai – 2008.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. R., **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo, PW Editores, 1997.

LIMA, B., **Reciclagem de lixo: Exercício de Cidadania**. – Revista Direcional Condomínios. Disponível em: <<http://www.guiarh.com.br/pp117.html>> Acesso em: 06/04/2008.

LOTURCO, B., **Barulho Domado**. Revista Técnica, São Paulo, n. 96, p. 36-41, mar. 2005.

MARQUES, F. M. SALGADO, M. S., **Padrões de Sustentabilidade Aplicados ao Processo de Projeto**. - In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios – Curitiba, 2007.

MARZOCCA, L. **Construção Sustentável**. Revista Consulte, Arte e Decoração. São Paulo, ano 15, n. 40, p.60-63, 2006.

MEBER. **Linha de Metais Meber**. Disponível em: <www.meber.com.br>. Acesso em: 20/10/2008.

MORETTI, R. S., **Habitação Popular e Sustentabilidade**. Revista Técnica, São Paulo, ano 13, n. 95, p. 44-47, fev. 2005.

MOURA, E., **Eldorado Business Tower – Fachada Inteligente**. Revista Técnica, São Paulo, n. 133, p. 34-38, out. 2008.

NAKAMURA, J. A., **Respeito do Meio Ambiente**. Revista AU, São Paulo, ano 21, n. 142, p.40-49, jan. 2006.

PIPPI, L. G. A., AFONSO, S., SANTIAGO, A., **A Aplicação da Sustentabilidade no Meio Ambiente Urbano**. – In: III ENECS – Encontro Nacional sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis – São Carlos, 2003.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental**. Disponível em: <http://www.portoalegre.rs.gov.br/planeja/spm/default.htm>. Acesso em: 20/07/2008.

SALA, L. G., **Proposta de Habitação Sustentável Para Estudantes Universitários**. 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SANTOS, Daniel C. **Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.2,n.4,p. 7-18./dez. 2002.

Sensores de Presença Bticino. Disponível em: <<http://www.bticino.com.br/wattstoppx.pdf>> Acesso em: 12/10/2008.

SINDUSCON-RS. **Série Histórica do CUB/RS 2008**. Disponível em <<http://www.sinduscon-rs.com.br/site/imagesdin/226serie%20historica%202008.pdf>> Acesso em 03/11/2008.

SNELL, C., CALLAHAN, T., **Building Green. A complete How-to Guide to Alternative Building Methods**. Lark Books, 2006. 615 p.

SPERB, M. R., **Proposta de Habitação Sustentável Para Estudantes Universitários**. 2000. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

Supermercado Pão de Açúcar – Indaiatuba/SP. Disponível em: <<http://www.grupopaodeacucar.com.br>> Acesso em: 15/11/2008.

TAKAOKA, M. V., SALATI, E., FELDMANN, F., AMATO, F., LIMA Jr., J. R., JOHN, V.M., **Uma Área Residencial com Mais Sustentabilidade. Um Estudo de Caso do Projeto Gênesis**. In: SB05, 2005, Tóquio.

URBAN ENVIRONMENTAL INSTITUTE. **Resource Guide for Sustainable Development**. EUA – 2002.

US GREEN BUILDING COUNCIL, **Sustainable Building Technical Manual**. EUA – 1996.

Válvula Hydra Duo. Disponível em: < www.valvulahydra.com.br/hydraduo> Acesso em: 20/10/2008

VASCONCELOS, S. **Mercado dos RCD “precisa de tempo” para funcionar.** Disponível em: <<http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=6018&print=1>> Acesso em: 24/11/2008.

VAZ, J. C., CABRAL, C. C., **Coleta Seletiva e Reciclagem do Lixo.** Disponível em: <<http://www.federativo.bndes.gov.br>> Acesso em: 23/04/2008.

VIGGIANO, M. H. S., **Sistema de Reuso de Águas Cinzas.** Revista Técnica, São Paulo, ano 13, n. 98, p. 76-79, mai. 2005.

WEISS, Ana, GARCEZ, Julia, PELEIAS, Deborah S. **Luz, Sombra e Água fresca.** Revista Sustentação, São Paulo, p. 18-21./set. 2008.

ANEXO A

VALORES DE FS PARA ABERTURAS COM DIFERENTES SUPERFÍCIES SEPARADORAS.

VALORES DE FS (FATOR SOLAR) PARA ABERTURAS COM DIFERENTES SUPERFÍCIES SEPARADORAS.

SUPERFÍCIES SEPARADORAS		Fs
VIDROS	Transparente Simples 3mm	0,87
	Transparente Simples 6mm	0,83
	Transparente Duplo 3mm	0,75
	Cinza Fumê 3mm	0,72
	Cinza Fumê 6mm	0,6
	Verde 3mm	0,72
	Verde 6mm	0,6
	Reflexivo 3mm	0,26-0,37
PELÍCULAS	Reflexiva	0,25-0,50
	Absorvente	0,40-0,50
ACRÍLICO	Claro	0,85
	Cinza ou Bronze	0,64
	Refletido	0,18
POLICARBONATO	Claro	0,85
	Cinza ou Bronze	0,64
DOMOS	Claro	0,7
	Translúcido	0,4
TIJOLO DE VIDRO		0,56

Fonte: Lamberts et al (1997).

ANEXO B

VALORES DE FS PARA ABERTURAS COM DIFERENTES PROTEÇÕES SOLARES.

VALORES DE FS (FATOR SOLAR) PARA ABERTURAS COM DIFERENTES
PROTEÇÕES SOLARES.

PROTEÇÕES SOLARES		Fs
INTERNAS	Cortina Translúcida	0,50-0,75
	Cortina Semitranslúcida	0,40-0,60
	Cortina Opaca	0,35-0,60
	Persiana Inclinada 45°	0,64
	Persiana Fechada	0,54
EXTERNAS	Toldo 45° Translúcido	0,36
	Toldo 45° Opaco	0,2
	Venezianas (mad./plást.)	0,09
	Esteira de Madeira	0,09
	Venezianas Horizontais	0,19
	Brise Horizontal	0,25
	Light Shelf (espelhada)	0,58
	"Tampão" de Madeira	0,7

Fonte: Lamberts et al (1997).

ANEXO C

VALORES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL.

RESISTÊNCIA TÉRMICA SUPERFICIAL.

Rsi [m ² .K/W]			Rse [m ² .K/W]		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,1	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: Lamberts et al (1997).

ANEXO D

**VALORES DE TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DAS PRINCIPAIS
SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS DE USO CORRENTE NO BRASIL.**

TRANSMITÂNCIA TÉRMICA DAS PRINCIPAIS SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
DE USO CORRENTE NO BRASIL.

Elemento	Tipo	U (W/m ² K)
Paredes	Tijolo 6 furos espessura 12,5 cm	2,39
	Tijolo 6 furos espessura 17 cm (deitado)	2,08
	Tijolo 8 furos rebocado 12,5 cm	2,49
	Tijolo 4 furos rebocado 12,5 cm	2,59
	Tijolo maciço aparente 9 cm	4,04
	Tijolo maciço rebocado 12 cm	3,57
	Tijolo maciço rebocado 26 cm	2,45
Janelas	Vidro comum 3mm	5,79
Cobertura	Laje concreto 10cm + fibrocimento	
	Verão - não ventilado	2,04
	Verão - bem ventilado	2,04
	Inverno - não ventilado	2,86
	Inverno - bem ventilado	3,89
	Laje concreto 10cm + cerâmica	
	Verão - não ventilado	2,04
	Verão - bem ventilado	2,04
	Inverno - não ventilado	2,87
	Inverno - bem ventilado	3,89
	Forro Pinus 1cm + fibrocimento	
	Verão - não ventilado	2
	Verão - bem ventilado	2
	Inverno - não ventilado	2,79
	Inverno - bem ventilado	3,75
	Forro Pinus 1cm + cerâmica	
	Verão - não ventilado	2,01
	Verão - bem ventilado	2,01
	Inverno - não ventilado	2,79
	Inverno - bem ventilado	3,75
	Forro Pinus 1cm + fibrocimento + alumínio polido	
	Verão - não ventilado	1,11
	Verão - bem ventilado	1,11
	Inverno - não ventilado	2,04
Inverno - bem ventilado	3,75	

Fonte: Lamberts et al (1997).

ANEXO E

CARTA DE ENTALPIA ASHRAE.

CARTA DE ENTALPIA ASHRAE.

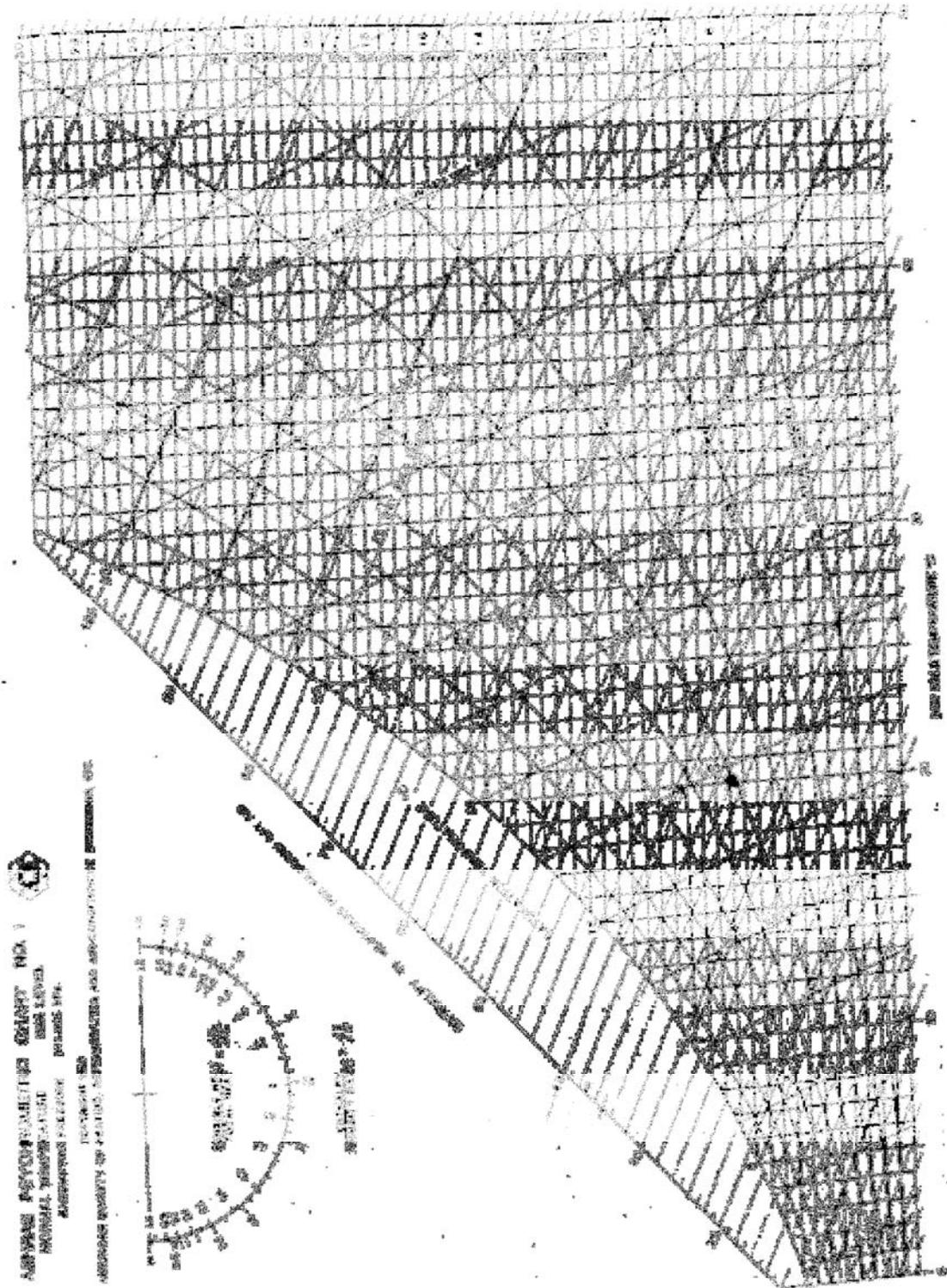


Fig. 1 ASHRAE Psychrometric Chart No. 1

Fonte: (CB – 02, 1998).

ANEXO F

MEMORIAL DESCRITIVO DO EDIFÍCIO URBANO PETRÓPOLIS.

MEMORIAL DESCRITIVO DOS ACABAMENTOS

EDIFÍCIO URBANO PETRÓPOLIS

RUA CORONEL CORTE REAL, 82

PORTO ALEGRE - RS

ÍNDICE

1. APRESENTAÇÃO
2. O PROJETO
 - 2.1 LOCALIZAÇÃO
 - 2.2 O EMPREENDIMENTO
3. ACABAMENTOS
 - 3.1 ÁREAS DE USO COMUM
 - 3.2 ÁREAS PRIVATIVAS
 - 3.3 ESPECIFICAÇÕES GERAIS

1. APRESENTAÇÃO.

Tem por finalidade o presente memorial descritivo determinar os detalhes de acabamento, o tipo e a qualidade dos materiais que serão utilizados na construção do edifício residencial Urbano Petrópolis.

2. O PROJETO.

2.1 LOCALIZAÇÃO.

O empreendimento localiza-se na Rua Corte Real, 82 e 94 - Porto Alegre/RS.

2.2 O EMPREENDIMENTO.

O empreendimento constitui-se de um bloco arquitetônico formado por um subsolo, pavimento térreo, catorze pavimentos tipo (2º ao 15º pavimento), casa de máquinas e reservatório superior.

O subsolo é constituído de depósito de lixo, subestação, reservatório inferior, reservatório de amortecimento de águas pluviais, circulação de veículos, escadas e 67 (sessenta e sete) boxes de estacionamento.

No pavimento térreo do bloco residencial, localizam-se área coberta, hall de entrada, sala de ginástica, apartamento do zelador, medidores, sanitários, sanitários/vestiários de serviço, escada e 20 (vinte) boxes de estacionamento cobertos. No pavimento térreo externo ao bloco, localizam-se central de gás, guarita e 58 (cinquenta e oito) boxes de estacionamento descobertos.

Os pavimentos tipo do bloco residencial (2º ao 15º pavimento) são constituídos de dois halls de elevadores, antecâmara, escada e 10 (dez) apartamentos (dois de 3 dormitórios, quatro de 2 dormitórios e quatro de um dormitório).

Totaliza o empreendimento, portanto, 140 apartamentos (28 de três dormitórios, 56 de dois dormitórios, 56 de um dormitório) e 145 boxes de estacionamento, sendo 58 descobertos e 87 cobertos.

O acesso vertical será realizado através de escadaria e de dois elevadores, marca OTIS, THYSSEN SUR, ATLAS SCHINDLER ou KONE, instalados conforme normas da ABNT, que atenderão do subsolo ao 15º pavimento.

O empreendimento contará com instalações de prevenção de incêndio; conforme normas da “ABNT” e órgãos fiscais competentes, iluminação de emergência e escadas enclausuradas protegida conforme L.C. 420/98.

O empreendimento contará, também, com sistema de porteiro eletrônico e sistema de segurança, constituído por guarita, cerca elétrica e tubulação com esperas para futura colocação de câmeras, as quais não serão fornecidas pela construtora/incorporadora.

3. ACABAMENTOS.

3. ACABAMENTOS.

3.1 ÁREAS DE USO COMUM.

3.1.1 SUBSOLO

3.1.1.1 DEPÓSITO DE LIXO.

O piso será revestido com cerâmica. As paredes serão revestidas com azulejos lisos.

O forro será em concreto aparente, acabamento em pintura látex PVA ou acrílica.

3.1.1.2 SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA.

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes serão revestidas com massa mista acabamento em pintura látex acrílica ou PVA.

O forro será em concreto aparente, acabamento em pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.1.3 RESERVATÓRIOS INFERIORES.

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural.

O espaço destinado aos reservatórios inferiores será cercado por tela de proteção.

3.1.1.4 SUBESTAÇÃO TRANSFORMADORA.

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes serão revestidas com massa mista acabamento em pintura PVA. O forro será em concreto aparente, acabamento em pintura PVA.

3.1.1.4. CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS E ESTACIONAMENTO

O piso será constituído de contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes, pilares e forro serão em concreto aparente com pintura PVA.

3.1.1.5 ESCADA

Os pisos serão revestidos com cimento desempenado, acabamento em pintura acrílica. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. O forro será em concreto aparente com pintura PVA.

3.1.1.6 RESERVATÓRIOS DE AMORTECIMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. O espaço para os reservatórios de amortecimento será descoberto.

3.1.2 PAVIMENTO TÉRREO

3.1.2.1 ÁREA COBERTA.

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento texturizado com pintura acrílica. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica.

3.1.2.2 GUARITA.

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento pintura látex acrílica ou PVA.

O forro será revestido com massa mista, acabamento pintura látex acrílica ou PVA. Os vidros da guarita serão blindados.

3.1.2.3 HALL DE ENTRADA.

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento em calfino com pintura acrílica ou PVA. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.2.4 SALA DE GINÁSTICA.

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.2.5 APARTAMENTO DO ZELADOR.

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.2.6 BANHEIRO DO ZELADOR

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com azulejos lisos de primeira qualidade. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica. As louças serão das marcas Celite, Deca ou Ideal Standard. A bacia sanitária será com caixa de descarga acoplada. Lavatório com coluna. Serão deixadas esperas para chuveiro elétrico, que não será fornecido pela empresa construtora/incorporadora. Os metais serão cromados das marcas Deca, Meber ou Fabrimar.

3.1.2.7 CIRCULAÇÃO DE VEÍCULOS E ESTAC. DESCOBERTOS.

O piso será constituído de blocos de concreto intertravados, tipo blokret.

3.1.2.8 ESTACIONAMENTOS COBERTOS.

O piso será constituído de blocos de concreto intertravados, tipo blokret. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento texturizado com pintura acrílica. O forro dos boxes localizados no bloco residencial será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.2.9 SANITÁRIO/VESTIÁRIO DE SERVIÇO

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com azulejos lisos de primeira qualidade. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica. As louças serão das marcas Celite, Deca ou Ideal Standard. A bacia sanitária será com caixa de descarga acoplada. Lavatório com coluna. Serão deixadas esperas para chuveiro elétrico, que não será fornecido pela empresa construtora/incorporadora. Os metais serão cromados das marcas Deca, Meber ou Fabrimar.

3.1.2.10 PAISAGISMO E AJARDINAMENTO.

O edifício será dotado de canteiros gramados, floreiras e folhagens ornamentais, conforme projeto específico.

3.1.2.11 CALÇADAS E ACESSOS.

O piso do acesso social, acesso de veículos e passeio público será revestido com basalto regular, rejuntado, conforme detalhamento específico.

3.1.2.12 CENTRAL DE GÁS

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes serão revestidas com massa mista acabamento em pintura látex acrílica.

3.1.2.13 ESCADA

Os pisos serão revestidos com cimento desempenado, acabamento em pintura acrílica. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. O forro será em concreto aparente com pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.2.14 MEDIDORES

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento em pintura látex acrílica ou PVA. O forro será em concreto aparente, acabamento em pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.3 2° AO 15° PAVIMENTO

3.1.3.1 CIRCULAÇÃO/HALLS DOS ELEVADORES

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.3.2 ANTE-CÂMARAS

Os pisos serão revestidos com cimento desempenado, acabamento em pintura acrílica. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino com pintura acrílica ou PVA. O forro será revestido com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.3.3 ESCADARIA

Os pisos serão revestidos com cimento desempenado, acabamento em pintura acrílica. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino com pintura acrílica ou PVA. O forro será revestido com massa mista com pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.4 PAVIMENTO CASAS DE MÁQUINAS.

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes serão revestidas com massa mista acabamento em pintura látex acrílica ou PVA. O forro será em concreto aparente, acabamento em pintura látex acrílica ou PVA.

3.1.5 PAVIMENTO RESERVATÓRIOS SUPERIORES

O piso será revestido com contrapiso de cimento alisado, acabamento natural. As paredes serão revestidas com massa mista acabamento em pintura látex acrílica ou PVA. O forro será em concreto aparente, acabamento em pintura látex acrílica ou PVA.

3.2 ÁREAS PRIVATIVAS.

3.2.1 APARTAMENTOS.

3.2.1.1 SALA DE ESTAR/JANTAR.

O piso será constituído do contrapiso em argamassa desempenada, preparado para receber forração, cerâmica ou laminado, que não será fornecido pela construtora/incorporadora. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino

e pintura látex acrílica ou PVA. Os forros serão revestidos com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA.

3.2.1.2 CIRCULAÇÃO ÍNTIMA.

O piso será constituído do contrapiso em argamassa desempenada, preparado para receber forração, cerâmica ou laminado, que não será fornecido pela construtora/incorporadora. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. O forro será revestido com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA.

3.2.1.3 DORMITÓRIOS.

O piso será constituído do contrapiso em argamassa desempenada, preparado para receber forração, cerâmica ou laminado, que não será fornecido pela construtora/incorporadora. As paredes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA. Os forros serão revestidos com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica ou PVA.

3.2.1.4 BANHEIROS

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. As paredes serão revestidas com azulejos de primeira qualidade. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica. As louças serão das marcas Celite, Deca ou Ideal Standard. Bacia sanitária com caixa acoplada. Os metais serão cromados das marcas Deca, Meber ou Fabrimar. Os banheiros possuirão tubulação para água quente em Polipropileno termo-fusão, que atenderá o lavatório e o chuveiro. O chuveiro não será fornecido pela empresa construtora/incorporadora.

3.2.1.5 COZINHA/ÁREA DE SERVIÇO.

O piso será revestido com cerâmica de primeira qualidade. A parede onde localizam-se os aparelhos e os metais será revestida com azulejos de primeira qualidade. As paredes restantes serão revestidas com massa mista, acabamento calfino e pintura látex acrílica. O forro será rebaixado em gesso, acabamento massa corrida e pintura látex acrílica. Os registros e a torneira do tanque serão cromados das marcas Deca, Meber ou Fabrimar. Serão deixadas esperas de água e esgoto no local indicado em planta, para o tampo com pia e torneira da cozinha, que não serão fornecidos pela empresa construtora/incorporadora. A cozinha possuirá tubulação para água quente em Polipropileno termo-fusão, que atenderá a pia. O tanque será de louça das marcas Celite, Deca ou Ideal Standard, com coluna. Na área de

serviço estarão localizadas as esperas para o aquecedor, do tipo de passagem, a gás, que não será fornecido pela empresa construtora/ incorporadora.

3.3 ESPECIFICAÇÕES GERAIS.

3.3.1 PAREDES

As paredes serão de blocos cerâmicos, assentados com argamassa de cimento e areia.

3.3.2 ESQUADRIAS.

3.3.2.1 MADEIRA.

As portas externas de entrada social dos apartamentos serão do tipo semi-ocas, com encabeçamento maciço, laminadas em madeira ou melamina, com acabamento em selador, apresentando marcos e guarnições com o mesmo acabamento.

As portas internas dos apartamentos serão do tipo semi-ocas, laminadas em madeira ou melamina, com acabamento em selador, possuindo marcos e guarnições de madeira, com o mesmo acabamento.

A porta externa do apartamento do zelador será do tipo semi-oca, com encabeçamento maciço, laminada em madeira ou melamina, acabamento em selador, com marcos e guarnições também neste acabamento.

As portas internas do apartamento do zelador e sanitários serão do tipo semi-ocas, laminadas em madeira ou melamina, com acabamento em selador, possuindo marcos e guarnições de madeira, também neste acabamento.

3.3.2.2 ALUMÍNIO

Os caixilhos das janelas dos dormitórios dos apartamentos serão em alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, com vidros de correr e persianas de PVC.

Os caixilhos das janelas dos banheiros e áreas de serviço dos apartamentos serão em alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, do tipo maxim-ar, envidraçados.

As janelas das salas dos apartamentos serão em caixilhos de alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, de correr, envidraçados.

Os caixilhos da janela do dormitório do apartamento do zelador serão em alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, com vidros de correr e persianas de PVC.

Os demais caixilhos das janelas do apartamento do zelador e os caixilhos da sala de ginástica serão em alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, do tipo maxim-ar, envidraçados.

As esquadrias do hall de entrada serão em alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, envidraçadas.

As janelas de ventilação das ante-câmaras serão em alumínio com acabamento pintura eletrostática cor branca, venezianas fixas.

3.3.2.3 METALON.

As esquadrias da sala dos medidores, subestação, central de gás, depósito de lixo e depósito condominial serão metálicas do tipo venezianas. O portão dos estacionamentos será metálico, do tipo com contrapeso, com movimentador eletrônico. As grades do jardim serão metálicas, com fundo anti-ferruginoso e acabamento pintura esmalte. As esquadrias metálicas terão tratamento anti-ferruginoso, e acabamento em pintura esmalte.

3.3.3 COBERTURAS

A cobertura do prédio será executada com telhas de fibrocimento 6mm, sobre tesouras e terças de madeira.

3.3.4 VIDROS.

Serão utilizados vidros lisos transparentes para os caixilhos dos dormitórios, salas, cozinhas e hall social e sala de ginástica do edifício, e fantasia do tipo mini-boreal para os banheiros. As espessuras dos vidros deverão obedecer às normas da “ABNT”.

3.3.5 FERRAGENS.

As ferragens serão das marcas Papaiz, La Fonte ou Brasil, sendo o modelo e o acabamento definidos pelo detalhamento das esquadrias.

3.3.6 FACHADAS.

As fachadas serão revestidas com massa mista, com acabamento em textura e pintura acrílica em cores compostas conforme detalhamento específico. Os muros serão revestidos com massa mista, acabamento em pintura acrílica.

ANEXO G

VALORES DE REFERÊNCIA OBTIDOS NO 4º RELATÓRIO DE 1996
FEITO PELO SEBRAE – RS PARA O ÍNDICE DE CIRCULAÇÃO.

VALORES DE REFERÊNCIA PARA O ÍNDICE DE CIRCULAÇÃO.

Tipo de Ocupação	COM ELEVADOR				SEM ELEVADOR			
	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV
Residencial	9,8	4,1	16,4	27,8	8	4,5	13,6	38
Comercial	18,1	7,2	25,4	41,7	–	–	–	–
Misto	12,6	7,8	24,3	41,7	8,8	5,6	11,9	32,7

Número de pavimentos tipo residencial	COM ELEVADOR				SEM ELEVADOR			
	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV
1 a 4	8,1	4,1	11,1	35	7,2	4,5	13,4	34,3
5 a 8	9,6	5,8	15,5	27,8	–	–	–	–
9 a 12	10,4	6,9	16,4	24,8	–	–	–	–
13 a 16	11,2	6,8	15,8	30,6	–	–	–	–
>16	9,3	6,7	12	21,4	–	–	–	–

ANEXO H

ÍNDICES DE COMPACIDADE DE ALGUMAS FORMAS GEOMÉTRICAS
E VALORES DE REFERÊNCIA OBTIDOS NO 4º RELATÓRIO DE 1996
FEITO PELO SEBRAE – RS PARA O ÍNDICE DE COMPACIDADE.

ÍNDICE DE COMPACIDADE PARA DIFERENTES FORMAS GEOMÉTRICAS.

FORMA	ÁREA (m ²)	PERÍMETRO (m)	Ic
	100	35,42	100%
	100	40,00	88,6%
	100	44,24	80,1%
	100	53,64	66,1%

VALORES DE REFERÊNCIA PARA O ÍNDICE DE COMPACIDADE.

TIPO DE OCUPAÇÃO	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV
RESIDENCIAL	64,6	37,5	93,5	17,5
COMERCIAL	65,7	45,5	75,4	16,1
MISTO	68,3	54,1	84,7	13,8

ANEXO I

**VALORES DE REFERÊNCIA PARA DENSIDADE DE PAREDES OBTIDOS
NO 4º RELATÓRIO DE 1996 FEITO PELO SEBRAE – RS.**

VALORES DE REFERÊNCIA PARA DENSIDADE DE PAREDES.

TIPO DE OCUPAÇÃO	MÉDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	CV
RESIDENCIAL	12,5	6,8	22	19,5
COMERCIAL	12,7	8,3	18	26,5
MISTO	13	10	16,5	12,4

ANEXO J

SÉRIE HISTÓRICA DO CUB/RS (VERSÃO 2006) DE 2008.



PROJETOS	Padrão de acabamento	Código	2008											
			JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
RESIDENCIAIS														
R - 1 (Res. Unifamiliar)	Baixo	R 1-B	687,84	692,18	696,37	698,60	708,20	736,50	744,42	758,40	764,37	766,85		
	Normal	R 1-N	850,02	853,42	858,55	859,57	870,29	809,31	917,25	929,21	934,51	936,61		
	Alto	R 1-A	1.098,28	1.100,55	1.108,06	1.109,49	1.121,27	1.164,66	1.174,34	1.186,69	1.193,74	1.195,99		
PP (Prédio Popular)	Baixo	PP 4-B	656,06	659,50	662,83	666,56	676,76	702,78	713,65	727,62	732,59	734,99		
	Normal	PP 4-N	821,69	826,86	831,78	833,48	844,57	881,18	891,79	907,93	911,64	913,00		
R - 8 (Res. Multifamiliar)	Baixo	R 8-B	623,20	627,78	630,36	633,95	644,13	670,14	680,86	697,19	701,93	703,95		
	Normal	R 8-N	718,55	723,00	726,53	728,39	738,70	772,18	782,04	796,29	800,11	801,19		
	Alto	R 8-A	906,61	911,07	916,36	919,12	930,75	967,60	978,75	994,21	998,67	999,43		
R - 16 (Res. Multifamiliar)	Normal	R 16-N	698,78	703,00	706,47	708,35	718,21	750,52	759,68	773,91	777,56	778,37		
	Alto	R 16-A	913,77	923,03	927,10	930,17	945,88	980,83	1.005,18	1.025,79	1.030,72	1.031,64		
PIS (Projeto Inter. Social)		PIS	494,42	496,33	498,86	501,76	507,30	526,06	531,22	537,43	539,91	541,21		
RPQI (Residência Popular)		RPQI	681,91	685,23	688,09	689,18	697,84	734,38	739,68	747,07	751,64	753,58		
COMERCIAIS														
CAL - 8 (Com. Andar Livres)	Normal	CAL 8-N	844,23	851,27	855,08	857,26	869,12	907,94	919,67	938,96	941,72	941,07		
	Alto	CAL 8-A	934,62	941,57	946,21	949,30	961,81	1.002,46	1.014,45	1.034,00	1.036,40	1.035,33		
CSL - 8 (Com. Salas e Lojas)	Normal	CSL 8-N	706,84	713,83	716,83	718,96	730,42	764,96	777,02	794,67	798,35	798,79		
	Alto	CSL 8-A	814,20	821,85	825,98	829,63	842,04	878,56	891,50	910,08	914,58	915,27		
CSL - 16 (Com. Salas e Lojas)	Normal	CSL 16-N	950,66	959,27	963,32	966,61	982,12	1.028,47	1.045,04	1.067,93	1.073,10	1.073,53		
	Alto	CSL 16-A	1.091,53	1.100,95	1.106,43	1.111,45	1.128,18	1.177,18	1.194,72	1.218,84	1.224,91	1.225,63		
GI (Galpão Industrial)		GI	380,86	385,02	385,61	386,74	392,92	413,86	419,14	428,88	431,99	432,37		

ANEXO L

PDDUA - DENSIDADES BRUTAS.

PDDUA		DENSIDADES BRUTAS						ANEXO 4	
ÁREA DE OCUPAÇÃO	CÓDIGO	ZONA	DENSIDADE BRUTA - 85% DE CONSOLIDAÇÃO						
			SOLO PRIVADO		SOLO CRIADO		TOTAL		
			hab/ha (moradores + empregados)	econ./ha	hab/ha	econ./ha	hab/ha	econ./ha	
INTENSIVA	01	Predom. Residencial, Mistas	140	40	-	-	140	40	
	03	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	140	40	-	-	140	40	
	05	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	280	80	70	20	350	100	
	07	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	280	80	70	20	350	100	
	09	Corredor de Centralidade e de Urbanidade	280	80	105	30	385	110	
	11	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	315	90	70	20	385	110	
	13	Corredor de Centralidade e de Urbanidade	315	90	105	30	420	120	
	15	Predom. Residencial, Mistas 1 a 11, Predom. Produtiva	385	110	70	20	455	130	
	17	Corredor de Centralidade e de Urbanidade	385	110	105	30	490	140	
	19	Predom. Residencial, Mistas, Centro Histórico, Corredor de Urbanidade e de Centralidade	525	150	-	-	525	150	
	21	Mista Especial	350	100	105	30	455	130	
	23	Área Especial de Interesse Institucional	conforme projeto específico						
	25	Área Especial	conforme projeto específico						
RAREFEITA	31	Área de Produção Primária	2	0,5	-	-	2	0,5	
	33	Área de Proteção ao Amb.Nat.	7	2	-	-	7	2	
	35	Área de Des. Diversificado	17	5	-	-	17	5	
	37	Corredor Agro-Industrial	10	3	-	-	10	3	
	39	Área Especial	conforme projeto específico						
INT./RAR.	41	Área Especial	conforme projeto específico						

ANEXO M

**ÍNDICES DE APROVEITAMENTO, SOLO CRIADO, QUOTA IDEAL MÍNIMA DE
TERRENO POR ECONOMIA.**

PDDUA		ÍNDICES DE APROVEITAMENTO			ANEXO 6^(NR)
ÁREA DE OCUPAÇÃO	CÓDIGO	ÍNDICES DE APROVEITAMENTO (IA)		IA máximo por terreno (índice de aprov. + índice alienável adens.) (IA + IAA)	Quota Ideal (QI)
		ZONA	IA		
INTENSIVA	01 (1)	Predominantemente Residencial, Mistas	1,0	1,0 + índice de ajuste (5)	75m ² (4)
	03 (1)	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	1,3	1,3 + índice de ajuste (5)	75m ² (4)
	05 (1)	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	1,3	2,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	07 (1)	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	1,3	3,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	09 (1)	Corredor de Centralidade e de Urbanidade	1,3	3,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	11 (1)	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	1,6	3,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	13 (1)	Corredor de Centralidade e de Urbanidade	1,6	3,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	15 (1)	Predom. Residencial, Mistas, Predom. Produtiva	1,9	3,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	17 (1)	Corredor de Centralidade e de Urbanidade	1,9	3,0 + índice de ajuste	75m ² (4)
	19 (1)	Predom. Residencial, Centro Histórico, Corredor de Urbanidade e de Centralidade	2,4	2,4 + índice de ajuste (5)	75m ² (4)
	21 (1)	Mista Especial	0,65	2,0 + índice de ajuste	
	23 (1)	Área Especial de Interesse Institucional	(2)regime urbanístico próprio a critério do SMGP		
	25 (1)	Área Especial	(2) regime urbanístico próprio		
RAREFEITA	31	Área de Produção Primária	0,1	-	20.000,00 m ²
	33	Área de Proteção do Ambiente Natural	0,1	-	5.000,00 m ²
	35	Área de Desenvolvimento Diversificado	0,2 (3)	-	2.000,00 m ²
	37	Corredor Agro-industrial	0,5	-	-
	39	Área Especial	regime urbanístico próprio		-
INT / RAR	41	Área Especial	regime urbanístico próprio definido por Lei Específica		-

^(NR) Acrescenta dispositivos da nova redação do art.111 dados pela Lei Complementar nº 463

ANEXO N**REGIME VOLUMÉTRICO.**

PDDUA**REGIME VOLUMÉTRICO EM FUNÇÃO DAS UEU's****ANEXO
7.1**

ÁREA DE OCUPAÇÃO	CÓDIGO	USOS	ALTURAS			TAXA DE OCUPAÇÃO
			MÁXIMA (m)	DIVISA(m)	BASE(m)	
INTENSIVA	01	Predominantemente Residencial	9,00	9,00	-	66,6%
	03	Eixo Estruturador	12,50	12,50	-	75%
	05 ⁽¹⁾	Predom. Residencial / Mistas	18,00	12,50	4,00	75%
	07	Predominantemente Produtiva	18,00	18,00	-	75%
	09 ⁽²⁾	Predom. Residencial/ Mistas/Corredor de Centralidade	42,00	12,50 e 18,00 ⁽²⁾	4,00 e 9,00 ⁽²⁾	75% e 90% ⁽²⁾
	11 ⁽²⁾	Predom. Residencial / Mistas	52,00	12,50 e 18,00 ⁽²⁾	4,00 e 9,00 ⁽²⁾	75% e 90% ⁽²⁾
	13	Corredor de Centralidade e Urb.	52,00	18,00	6,00 e 9,00 ⁽²⁾	75% e 90% ⁽²⁾
	15	Predom. Resid./mistas/cor. Centr.	33,00	12,50 e 18,00 ⁽²⁾	4,00 e 9,00 ⁽²⁾	75% e 90% ⁽²⁾
	17	Corredor de Centralidade - Mistas	27,00	12,50 e 18,00 ⁽²⁾	4,00 e 9,00 ⁽²⁾	75% e 90% ⁽²⁾
19 ⁽³⁾	Mista 2 (Centro Histórico)	(3)	(3)	9,00	75% e 90% ⁽²⁾	
INTENSIVA / RAREFEITA	21	Área de Proteção do Ambiente Natural Área de Desenvolvimento Diversificado Área de Produção Primária	9,00	9,00	-	20%
	23	Corredor Agro-Industrial	9,00	9,00	-	50%
	25	Especial	Regime urbanístico próprio .			

ANEXO O

PLANILHA PROJETO ARQUITETÔNICO.

DADOS SOBRE O PROJETO ARQUITETÔNICO									
EDIFÍCIO:		IBANO PETRÓPO			ENDEREÇO:		RUA CORTE REAL, 82		
ÁREA DO TERRENO:		4242,42 m ²			ZONEAMENTO:		NÚCLEO CENTRALIZONA MI		
ÁREA TOTAL DA EDIFICAÇ.		12.218,24 m ²			OCUPAÇÃO:		RESIDENCIAL		
Nº PAVIMENTOS:		14			ANO DE CONSTRUÇÃO:		2008		
Forma do terreno:		PLANO			MÉS		Média		
Dimensões do terreno:		Larg.: 38 m Profund.: 111 m			ÁREA TOTAL (uso comum)		CUB 737,49		
Área do terreno:		4242,42 m ²			ÁREA TOTAL		CUB/m ² (%) 3 21,46		
Área total da Edificação:		12.218,24 m ²					PROJETO		
Projeção Horizontal:		772,17 m					MÉS		
Altura do Edifício:		42,30 m					Média		
Espessura da parede:					0,2 m		CUB 737,49		
Número de pavimentos:					14 pav.		CUB/m ² (%) 93 686,67		
Descrição de Áreas:		QUANTIDADE			ÁREA		CONSTRUÇÃO		
Área Apto:					50,91 m ²		Área das aberturas		
Área Comercial:									
Área Garagem:					3455,07 m ²				
Área serviço:					2,08 m ²		1,38		
Banheiro:					2,92 m ²		0,49		
Cozinha:					7,80 m ²		1,38		
Quarto:					10,87 m ²		2,10		
Sacada:					0,00 m ²				
Sala de Estar:					17,69 m ²		3,84		
Apavt. (face externa, exceto sacada e floreira):					680,40 m ²				
Área da projeção das paredes (Ap):					99,09 m ²				
Asf. (área sacada e floreira):					0,00 m ²		frente/ruído		
Pp. (eixo das paredes do pav. Tipo, sem sacadas e terraços):					158,24 m		Dormitório 63,00		
Área de circulação vert.					7,12 m ²		Sala 63,00		
Área de circulação horiz. (elev., escada, corredor, hall):					57,40 m ²				
Índice de circulação (I):					8,44 %				
Índice de compacidade (Ic):					58,42 %				
Densidade das paredes. (Dp):					14,56 %				
Índice circ. Garagem (I _g):					1,66 %				
Índice de Aproveitamento:					2,88				
Taxa de Ocupação:					18,20 %				
Taxa de Permeabilidade:					39,35 %				
Recuo frontal:					4,00 m				
AFASTAMENTO ESQUERDO C/ ABERTURA					8,50 m				
AFASTAMENTO DIREITO C/ ABERTURA					8,50 m				
							Janeiro 698,78		
							Fevereiro 703,00		
							Março 706,47		
							Abril 708,35		
							Maio 718,21		
							Junho 750,52		
							Julho 759,68		
							Agosto 773,91		
							Setembro 777,56		
							Outubro 778,37		
							Média 737,49		
							MÉS		
							Média		
							CUB 737,49		
							CUB/m ² (%) 0,19 1,41		
							UTILIZAÇÃO		

ANEXO P**PLANILHA CARGA TÉRMICA.**

Dados necessários para o cálculo da carga térmica			
Pé direito:	2,65	m	
Janelas localizadas na direção oeste			
infiltração (com persiana fechada)	10	%	0,10
infiltração (com persiana aberta)	35	%	0,35
Parede (espessura total da parede):	25	cm	
Cor externa:	amarelo claro		
Vidro:	3	mm	
Data do cálculo:	30/10/2008		
Latitude:	30°01'58"		
Radiação solar (I):	715	W/m ²	
Densidade do ar (ρ):	1,20	Kg/m ³	
Calor específico do ar (c):	1000	J/Kg	
Resistência superficial externa (Rse):	0,04	m ² K/W	(adotada)
TE:	18,6	°C	
Ti:	19	°C	
Área fechamento opaco:	6,60	m ²	
Área janela:	2,1	m ²	dimensões janela:
Ocupantes:	2		1 1,4 1,5
Equipamentos:			
Computador	0	350	0 W
televisor	1	200	200 W
lâmpada	1	60	60 W
Área sala:	11,29	m ²	
Transmitância térmica (U):	2,45	W/m ² K	PAREDE
Absorvidade da superfície externa do fechamento (α):	0,35		
Fator Solar - persiana aberta(FS):	0,87		
Fator Solar - persiana fechada(FS):	0,54		
Volume trocado (V) - janela fechada:	0,000831	m ³ /s	
Volume trocado (V) - janela aberta:	0,002909	m ³ /s	
JANELA FECHADA			

1 CONDUÇÃO PELO FECHAMENTO OPACO (Qfo)	
$Q_{fo} =$	$q_{fo} \times A_{fo}$
$q_{fo} = U(\alpha R_{se} + \Delta t)$	23,54 W/m ² (fluxo térmico)
$A_{fo} =$	4,50 m ²
$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$	105,95 W

2 CONDUÇÃO PELA ABERTURA (QA)	
Transmitância (U)=	4,79 W/m ² K
$Q_A = q_A \times A_A$	-4,02 W
$q_A = U (t_e - t_i)$	-1,92 W/m ²
$q_A =$ ganho térmico da abertura	

3 Ganho solar pelo vidro (QS) - com a persiana aberta	
$Q_s = q_s \times A_A$	1306,31 W
$q_s = FS \times I$	622,05
$q_s =$ ganho térmico	

Ganho solar pelo vidro (QS) - com a persiana fechada	
$Q_s = q_s \times A_A$	810,81 W
$q_s = FS \times I$	386,10
$q_s =$ ganho térmico	

4 Ganho de calor dos ocupantes (QO)	
Atividade	150 w de calor
$Q_o = \text{ativ.} \times \text{ocup.}$	300 W

5 Iluminação artificial (Qi)	
$Q_i = Q_{\text{lâmpada}}$	
$Q_{\text{lâmpada}} = n \times W$	60 W

JANELA FECHADA				
Diferença de entalpia ($\Delta \epsilon$)	37500	39800	-2300	J/Kg
Ar externo (TE): 18,6°C				
UR= 55,1%				
Entalpia =	37,50			KJ/Kg
Ar interno (TI): 19°C				
UR = 52,7%				
Entalpia =	39,80			KJ/Kg
JANELA ABERTA				
Diferença de entalpia ($\Delta \epsilon$)	74000	39000	35000	J/Kg
Ar externo (TE): 18,6°C				
UR acima de 50 %				
Entalpia =	74,00			KJ/Kg
Ar interno (TI): 19°C				
UR acima de 50%				
Entalpia =	39,00			KJ/Kg

6 Ganho de calor por infiltração de ar (Q_{iA})

Com a persiana fechada

Calor sensível

$$Q_{SE} = \rho c V \Delta t \quad -0,399 \text{ W}$$

Calor latente

$$Q_{LA} = \Delta \epsilon V p \quad -2,294 \text{ W}$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA} \quad -2,693 \text{ W}$$

Com a persiana aberta

Calor sensível

$$Q_{SE} = \rho c V \Delta t \quad -1,396 \text{ W}$$

Calor latente

$$Q_{LA} = \Delta \epsilon V p \quad 122,167 \text{ W}$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA} \quad 120,771 \text{ W}$$

7 Ganho de calor por equipamento (Q_E)

$$Q_E = PC + TV \quad 200 \text{ W}$$

Com a persiana fechada

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{ra} + Q_A + Q_S + Q_{ra} + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$CT = 130,208 \text{ W/m}^2$$

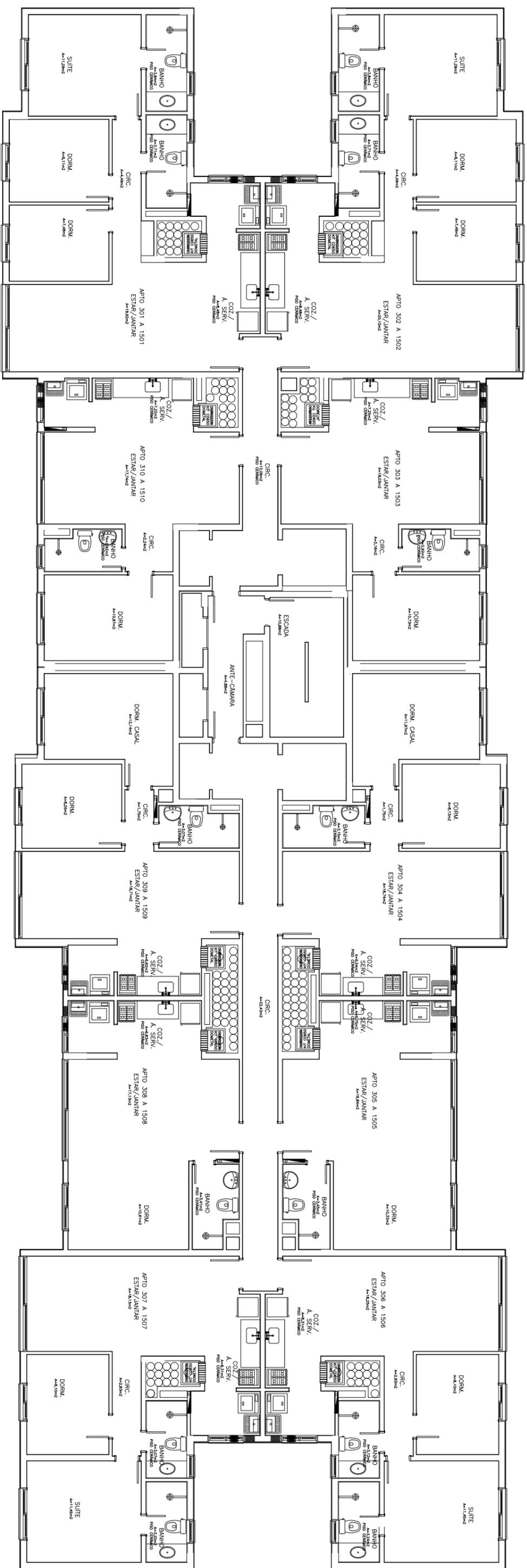
Com a persiana aberta

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{ra} + Q_A + Q_S + Q_{ra} + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$CT = 185,031 \text{ W/m}^2$$

ANEXO Q

PLANTA BAIXA PAVIMENTO TIPO.



PAVIMENTO TIPO