

## **Monografia**

**"HABITAÇÃO ECOEFICIENTE PARA O VILA VIVA"**

**Autor: Thatiane Vieira Martins**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> Paula Bamberg**

**Setembro/2012**

THATIANE VIEIRA MARTINS

**"HABITAÇÃO ECOEFICIENTE PARA O VILA VIVA"**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil  
da Escola de Engenharia UFMG

Ênfase: Gestão e Avaliações nas Construções

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Paula Bamberg.

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2012

A minha família, amigos e familiares pelo apoio,  
carinho e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, meus pais, meus irmãos e meu noivo que me deram apoio para que mais este objetivo em minha vida pudesse ser realizado e alcançado com a benção de Deus.

Aos meus familiares de Belo Horizonte que me receberam com carinho e atenção em seus lares durante todo o curso.

Aos professores e amigos que contribuíram para este aprendizado.

## RESUMO

A indústria da construção civil é um dos setores que causa grande impacto no meio ambiente, o que faz necessário estudo e análise de métodos construtivos do ponto de vista da sustentabilidade e da ecoeficiência, para aplicação no processo de produção habitacional. O objetivo deste trabalho é analisar processos, métodos e ou tecnologias construtivas voltadas para a construção de habitações ecoeficientes visando melhorar de forma efetiva a qualidade de vida das comunidades atendidas por um Programa de Urbanização da Prefeitura de Belo Horizonte – o “Vila Viva”. Para tal são apresentados diversos mecanismos e estratégias de projeto para a concepção e produção de edificações sustentáveis, aliados ao conceito de ecoeficiência, e que posteriormente poderão ser desenvolvidos e utilizados em habitações de interesse social. A reflexão sobre o conceito da ecoeficiência aplicada a este tipo de habitação é feita a partir do Programa “Vila Viva” para o qual são feitas várias sugestões de técnicas construtivas, escolha de materiais, implantação de tecnologias alternativas, ferramentas de gerenciamento de projetos e obras como possibilidade de melhoria contínua do processo de construção que tem sido desenvolvido pela Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte – Urbel. Conclui-se com este trabalho que ao aplicar o conceito de ecoeficiência aliado a um modelo de gestão eficaz, obtêm-se grandes benefícios para o meio ambiente, para as obras e para os usuários de maneira efetiva em toda a cadeia produtiva.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, ecoeficiência, habitação de interesse social.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo das falhas do edifício. ....	23
Figura 2: Organograma do Programa Produção mais Limpa .....	28
Figura 3: Sistema de Gestão da Qualidade - ISO 9001 .....	30
Figura 4: Fases do Ciclo PDCA .....	31
Figura 5: Análise do Ciclo de Vida .....	35
Figura 6: Composição de Resíduos na Construção Civil.....	36
Figura 7: Arranjo Institucional PBQP-H .....	40
Figura 8: Etapas de Implementação PBQP-H .....	42
Figura 9: Exigências do Usuário NBR 15575. (adaptado pelo autor) .....	47
Figura 10: Célula Fotovoltaica.....	54
Figura 11: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica .	56
Figura 12: Sistema Isolado em função da carga utilizada .....	58
Figura 13: Sistema Híbrido .....	58
Figura 14: Sistema Conectado à Rede .....	59
Figura 15: Participação dos eletrodomésticos no consumo de eletricidade das residências brasileiras referente a 2005 (ELETROBRAS; PROCEL, 2007). .....	60
Figura 16: Exemplo de Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia - ENCE .....	61
Figura 17: Demanda instantânea para domicílios. ....	62
Figura 18: Aquecedor solar de água. ....	63
Figura 19: Sistema de captação de água de chuva. ....	65
Figura 20: Carta bioclimática de Givoni. ....	71

Figura 21: Estudo da carta bioclimática da cidade de Florianópolis utilizando a metodologia TRY de Givoni.....	75
Figura 22: Estratégias bioclimáticas para condicionamento térmico. ....	77
Figura 23: O Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15220/2005). ....	79
Figura 24: Classificação das cidades quanto ao zoneamento (NBR 15220/2005). .....	80
Figura 25: Estudo da carta bioclimática da cidade de Florianópolis, SC. (NBR 15220/2005). ....	80
Figura 26: Casa feita com tijolo e piso ecológico em Vila Velha (ES). ....	89
Figura 27: Construção com cobertura de telha de fibra vegetal. ....	90
Figura 28: Construção com cobertura de telha de fibra vegetal. ....	91
Figura 29: Corte esquemático de um telhado verde. ....	94
Figura 30: Telhado verde. ....	94
Figura 31: Temperatura de cor Correlata. ....	99
Figura 32: Tipos de Lâmpadas.....	101
Figura 33: Tipos de lâmpadas. (Autora) .....	102
Figura 34: Lâmpadas de Leds. (Light Emitting Diode). ....	104
Figura 35: Organograma do Sistema Municipal de Habitação. ....	107
Figura 36: Fluxograma do processo de atuação do Plano Global Específico - PGE. .....	108
Figura 37: Fluxograma das etapas do Plano Global Específico - PGE.....	108
Figura 38: Área de atuação da Urbel. ....	110
Figura 39: Vilas Integrantes do Aglomerado da Serra. ....	114
Figura 40: Vila Viva – Aglomerado da Serra. ....	115
Figura 41: Vila Viva – Aglomerado da Serra - Obras. ....	118

Figura 42: Vila Nossa Senhora da Conceição. ....	122
Figura 43: Implantação do Conjunto Habitacional da Vila Nossa Senhora da Conceição. ....	123
Figura 44: Tipologia da Unidade Habitacional de dois quartos. ....	125
Figura 45: Tipologia da Unidade Habitacional de três quartos da Urbel. ....	130

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Efeito das Falhas no desempenho .....	49
Tabela 2: Categoria de vida útil de projeto para partes do edifício .....	49
Tabela 3: Custo de manutenção e reposição ao longo da vida útil .....	49
Tabela 4: Exemplos de <i>VUP</i> aplicando os conceitos deste Anexo .....	50
Tabela 5: Estimativa de consumo de água – casa com 5 moradores .....	67
Tabela 6: Gastos mensais – Sem o sistema de captação .....	67
Tabela 7: Gastos mensais – Com o sistema de captação para 10.000 litros .....	67
Tabela 8: Estratégias bioclimáticas para Florianópolis (%) .....	76
Tabela 9: Aberturas para ventilação e sombreamento para a Zona Bioclimática 3 .....	80
Tabela 10: Tipo de vedações externas para a Zona Bioclimática 3 .....	81
Tabela 11: Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3 .....	81
Tabela 12: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico .....	81
Tabela 13: Diretrizes Construtivas .....	82
Tabela 14: Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes .....	84
Tabela 15: Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas .....	85
Tabela 16: Consumo per capita de água e economia das bacias sanitárias .....	96
Tabela 17: Consumo per capita e economia de água das torneiras de lavatórios	96
Tabela 18: Consumo per capita e economia de água das duchas e chuveiros .....	97
Tabela 19: Consumo per capita e economia de água das torneiras .....	98
Tabela 20: Índice de reprodução de cores - IRC .....	100

Tabela 21: Índice de reprodução de cores - Usos.....	100
Tabela 22: Economia de água para bacia sanitária “Dual Flush” .....	125
Tabela 23: Economia de água para chuveiros com redutor de vazão .....	126
Tabela 24: Economia de água para torneiras de lavatórios com redutor de vazão .....	127
Tabela 25: Economia de água para torneiras com redutor de vazão .....	128
Tabela 26: Economia de água para bacia sanitária “Dual Flush” .....	131
Tabela 27: Economia de água para chuveiros com redutor de vazão .....	131
Tabela 28: Economia de água para torneiras de lavatórios.....	132
Tabela 29: Economia de água para torneiras da cozinha e área de serviço .....	133
Tabela 30: Índice pluviométrico de Minas Gerais.....	135
Tabela 31: Tempo de Acionamento das lâmpadas .....	138
Tabela 32: Consumo e economia geral de energia da Tipologia 1 e Tipologia 2	139

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. OBJETIVO</b> .....	<b>15</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
3.1. HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL E DIREITO SOCIAL .....	16
3.2. CENÁRIO ATUAL DA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	18
3.3. DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE .....	19
3.4. PROJETO E PLANEJAMENTO .....	22
3.5. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E CONSTRUÇÃO CIVIL .....	24
3.6. ECOEFICIÊNCIA .....	25
3.7. PRODUÇÃO LIMPA E MAIS LIMPA .....	27
<b>4. PARÂMETROS DE ECOEFICIÊNCIA PARA HABITAÇÕES</b> .....	<b>29</b>
4.1. PROJETO E PLANEJAMENTO SUSTENTÁVEL .....	29
4.2. GESTÃO INTEGRADA DE EMPREENDIMENTOS .....	30
4.3. SELEÇÃO DE MATERIAIS .....	32
4.4. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV) .....	33
4.5. RECICLAGEM; REDUÇÃO DO CONSUMO DE RECURSOS E DESPERDÍCIOS. ....	35
4.6. MELHORIA NO VALOR DO PRODUTO E SERVIÇOS .....	36
4.7. NORMAS; DIRETRIZES E PADRÕES .....	38
4.7.1. SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) .....	38
4.7.2. PBQP-H .....	40
4.7.3. SIAC .....	43
4.7.4. NORMA DE DESEMPENHO – EXTRATO DA NBR 15575 .....	45
4.8. MEDINDO A ECOEFICIÊNCIA .....	51
4.9. TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS E ECOEFICIENTES .....	53

4.9.1.	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	53
4.9.2.	AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA.....	60
4.9.3.	APROVEITAMENTO E REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	64
4.9.4.	CONFORTO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES .....	68
4.9.4.1.	BIOCLIMATOLOGIA APLICADA À ARQUITETURA.....	70
4.9.4.2.	EXTRATOS DA NBR 15220/2005.....	77
4.10.	MATERIAIS ECOEFICIENTES.....	87
4.10.1.	TIJOLO ECOLÓGICO .....	87
4.10.2.	CONCRETO RECICLADO.....	89
4.10.3.	TELHAS DE FIBRAS VEGETAIS .....	91
4.10.4.	TELHA DE CONCRETO .....	92
4.10.5.	TELHADO VERDE.....	93
4.10.6.	USO DE EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA. ....	95
4.10.7.	UTILIZAÇÃO DE LUZ ARTIFICIAL DE BAIXO CONSUMO .....	98
<b>5.</b>	<b>ESTUDO DE CASO E ANÁLISE CRÍTICA.....</b>	<b>105</b>
5.1.	PROGRAMA E PROJETO VILA VIVA .....	105
5.2.	VILA VIVA – IMPLANTAÇÃO E O PROGRAMA.....	106
5.3.	VILA VIVA – FASES DE EXECUÇÃO .....	111
5.4.	VILA VIVA - AGLOMERADO DA SERRA.....	113
5.5.	VILA VIVA – ANÁLISE CRÍTICA .....	118
5.6.	VILA VIVA – ANÁLISE DA VILA NOSSA SENHORA DA CONCEIÇÃO .....	122
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>142</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>143</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A produção habitacional tornou-se um grande problema e desafio a ser superado a partir do final do século XVIII e intensificou-se com o advento da Revolução Industrial no século XX, quando a população humana migrava do meio rural para os centros urbanos a procura de emprego e melhores condições de vida. Porém, este aumento significativo da população urbana transformou as cidades num verdadeiro caos, já que não havia moradias suficientes, tampouco infraestrutura de saneamento básico e higiene, o que causou um aumento desordenado na mortalidade, crescimento informal da cidade, surgindo então os conjuntos de favelas, onde se aglomerava esta parte da população. Ainda, os empregos existentes nas fábricas eram insuficientes frente à demanda, aumentando ainda mais os níveis de pobreza e de miséria.

Em 2008, o déficit habitacional estimado correspondia a 89,6% com renda até três salários mínimos com 4.113.659 milhões de domicílios. <sup>1</sup>

Mais de quatro milhões de moradias precisam ser construídas em todo o País para acabar com o déficit habitacional, segundo dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios (Pnad) 2008, utilizados pelo Ministério das Cidades. A pesquisa mostrou a existência de moradias em condições sub-humanas, com insuficiência de infraestrutura de saneamento e de água potável, onde mais de três pessoas utiliza o mesmo dormitório, a inadequação legal da propriedade da terra e domicílios depreciados, sem condições de uso para a população.

Lançado em 2009 e ampliado em março do ano passado, o programa Minha Casa, Minha Vida tem como objetivo construir ou reformar três milhões de moradias até 2014 para famílias com renda mensal de até dez salários mínimos.

A solução dos problemas gerados pela ocupação desordenada obtém-se pela intervenção do poder público, que procura transformar o meio urbano e criar novas formas de urbanização através de políticas públicas. Para tal, foram criados vários programas habitacionais para atender a demanda de habitações.

Desde o ano de 1937 aos dias atuais, foram criados diversos programas dentre eles o IAPI, BNH, FGTS, COHAB, Cooperativas, Plano Nacional de

---

<sup>1</sup> Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) - 2008.

Habitação de Interesse Social, Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social, entre outros.

Os mecanismos de produção habitacional adotados pelo poder público muitas vezes ficam restritos na política de redução de custo efetivo da construção, com predomínio de projetos e unidades miniaturizadas. Os minúsculos espaços internos não permitem aos usuários conforto ergonômico tanto para a utilização quanto para a circulação entre equipamentos e mobiliários; inexistência de sistemas para conforto térmico. Além disso, podem-se mencionar os conflitos pessoais e problemas de saúde ocasionados pelos espaços confinados com grandes números de habitantes por domicílio, caracterizando a verdadeira degradação da qualidade de vida.

A partir da problemática abordada acima, busca-se neste trabalho, um estudo do conceito de ecoeficiência introduzido pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) em 1992, assim como suas possibilidades e sugestões de aplicabilidade no setor da construção civil em específico na Habitação de Interesse Social.

Este trabalho tem como enfoque o programa de Urbanização “Vila Viva” , criado pela Prefeitura de Belo Horizonte que contempla obras de infraestrutura e a construção de novas habitações para as famílias que serão reassentadas. As primeiras obras tiveram início em 2005 no Aglomerado da Serra e posteriormente em outras regiões onde ocorreram ocupações irregulares, típicas de assentamentos precários.

O Programa Vila Viva prevê obras de urbanização, instalação de equipamentos urbanos; equipamentos comunitários; trabalho técnico social e regularização fundiária, como estratégia de intervenção para revitalização e regularização dos assentamentos precários.

Atualmente a Prefeitura tem utilizado métodos construtivos convencionais para produção habitacional e o que se propõe, neste trabalho, é uma releitura dos métodos e mudança do padrão construtivo em busca de edificações ecoeficientes e que produzam menos impacto ambiental para sua produção.

## 2. OBJETIVO

A habitação com qualidade é uma necessidade que deve ser satisfeita sem comprometimento dos ecossistemas existentes, levando as empresas a assumirem uma postura ética com relação às origens dos materiais empregados, à forma de sua utilização e ao seu reaproveitamento ou reciclagem.

Atualmente, o mercado de construção civil tem buscado alternativas de construção como adoção de parâmetros de sustentabilidade e ecoeficiência com estratégia de marketing, melhoria da qualidade de vida e redução do consumo de matérias-primas. Além de permitir uma real adequação das atividades humanas e do meio ambiente, seja ele interno ou no entorno do empreendimento, tornou-se uma ferramenta estratégica para a competitividade no meio empreendedor.

A urbanização e os conjuntos habitacionais podem não ser suficientes para resolver o problema do déficit habitacional no Brasil, nos quais se tem um perfil de padrões construtivos muito aquém do nível de conforto e funcionalidade necessários, se levado em consideração o perfil populacional das comunidades carentes dos assentamentos atendidos.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar processos, métodos e ou tecnologias construtivas voltadas para a construção de habitações ecoeficientes visando melhorar de forma efetiva a qualidade de vida das comunidades atendidas pelo programa Vila Viva em Belo Horizonte.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Habitação de Interesse Social e Direito Social

O termo Habitação de Interesse Social (HIS) define uma série de soluções de moradia voltada à população de baixa renda. O termo tem prevalecido nos estudos sobre gestão habitacional e vem sendo utilizado por várias instituições e agências, ao lado de outros equivalentes, como apresentado abaixo (ABIKO, 1995):

- Habitação de Baixo Custo (*low-cost housing*): termo utilizado para designar habitação barata sem que isto signifique necessariamente habitação para população de baixa renda;
- Habitação para População de Baixa Renda (*housing for low-income people*): é um termo mais adequado que o anterior, tendo a mesma conotação que habitação de interesse social; estes termos trazem, no entanto a necessidade de se definir a renda máxima das famílias e indivíduos situados nesta faixa de atendimento;
- Habitação Popular: termo genérico envolvendo todas as soluções destinadas ao atendimento de necessidades habitacionais.

A habitação é um instrumento de grande importância para o equilíbrio social, pois a casa representa o abrigo natural e seguro da família, sendo esta célula da estrutura social de um país. É de longa data a questão habitacional no Brasil.

A moradia condigna configura um dos mais importantes direitos do homem e um direito previsto na Declaração Universal dos Direitos Humanos e o acesso a ela constitui uma das mais legítimas aspirações do cidadão. É uma condição básica para a promoção de sua dignidade, o que faz dela um importante fator de estabilidade social e política. Sendo uma necessidade premente do ser humano, caracteriza valores cultuados desde a infância, como segurança, abrigo e status. Uma vez alcançados, esses valores permitem que o indivíduo conquiste novos objetivos. A moradia condigna deve atender às necessidades inerentes ao bem morar, sua cultura e valores.

No Brasil, a Constituição da República reconhece esse direito como social. Assim como a saúde, a educação e a justiça, a moradia é incontestável como essencial para a vida, até porque concretizar cada um desses direitos sem uma habitação confortável e salubre torna-se mais complexo. Desta forma o governo viabilizou a implantação de políticas e programas que visem à melhoria e acesso a moradia para população de baixa renda.

O Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - SNHIS foi instituído pela Lei Federal nº 11.124 de 16 de junho de 2005 e tem como objetivo principal implementar políticas e programas que promovam o acesso à moradia digna para a população de baixa renda, que compõe a quase totalidade do déficit habitacional do País. Além disso, esse Sistema centraliza todos os programas e projetos destinados à habitação de interesse social, sendo integrado pelos seguintes órgãos e entidades: Ministério das Cidades, Conselho Gestor do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social, Caixa Econômica Federal, Conselho das Cidades, Conselhos, Órgãos e Instituições da Administração Pública direta e indireta dos Estados, Distrito Federal e Municípios, relacionados às questões urbanas e habitacionais, entidades privadas que desempenham atividades na área habitacional e agentes financeiros autorizados pelo Conselho Monetário Nacional.

A Lei nº 11.124 também instituiu o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS, que em 2006 centraliza os recursos orçamentários dos programas de Urbanização de Assentamentos Subnormais e de Habitação de Interesse Social, inseridos no SNHIS. O Fundo é composto por recursos do Orçamento Geral da União, do Fundo de Apoio ao Desenvolvimento Social – FAS, dotações, recursos de empréstimos externos e internos, contribuições e doações de pessoas físicas ou jurídicas, entidades e organismos de cooperação nacionais ou internacionais e receitas de operações realizadas com recursos do FNHIS. Esses recursos têm aplicação definida pela Lei, como, por exemplo, a aquisição, construção, conclusão, melhoria, reforma, locação social e arrendamento de unidades habitacionais, a produção de lotes urbanizados para fins habitacionais, a regularização fundiária e urbanística de áreas de interesse social, ou a implantação de saneamento básico, infraestrutura e equipamentos urbanos, complementares aos programas de habitação de interesse social.

O Programa Habitação de Interesse Social, por meio da Ação Apoio do Poder Público para Construção Habitacional para Famílias de Baixa Renda, objetiva viabilizar o acesso à moradia adequada aos segmentos populacionais de renda familiar mensal de até três salários mínimos em localidades urbanas e rurais.

### 3.2.Cenário Atual da Construção Civil

As cidades e paralelamente o setor da construção civil são as grandes responsáveis pelo consumo de materiais, água e energia. Além disso, geram grandes quantidades de resíduos, desde a produção dos insumos utilizados, até a execução da obra e a sua utilização, sendo assim razoável pensar que, em um futuro próximo, continuarão a produzir grandes impactos negativos sobre o meio natural.

No Brasil, muitos destes impactos negativos são gerados pelo setor da construção civil, com o consumo superior a 45% do consumo mundial de energia e por 16% da água utilizada no mundo. De acordo com dados do Worldwatch Institute, a construção de edifícios consome 40% das pedras e areia utilizados no mundo por ano, além de ser responsável por 25% da extração de madeira anualmente. É fundamental que os conceitos de sustentabilidade e ecoeficiência assumam uma posição de destaque neste cenário.

O conceito de construção sustentável baseia-se no desenvolvimento de modelos que permitam à construção civil enfrentar e propor soluções aos principais problemas ambientais de nossa época, sem renunciar as inovações tecnológicas e a criação de edificações que atendam as necessidades de seus usuários.

A ecoeficiência é uma estratégia aplicada por diversas empresas visando aumentar a qualidade de seus produtos e diminuir as perdas de matérias-prima, energia e água, diminuindo assim os seus impactos ambientais, reduzindo custos de produção e levando à melhoria do desempenho econômico das empresas.

As atividades relacionadas com a construção civil possuem enorme impacto ambiental. O setor é o maior consumidor individual de recursos naturais, gera poluição, desperdiça energia para a produção e transporte de materiais e é

responsável pelo grande acúmulo de entulho produzido nos canteiros de obra (JOHN, 2002).

No entanto, pode-se obter uma contribuição significativa para a diminuição dos impactos ambientais através do uso de tecnologias construtivas mais sustentáveis, tais como: materiais feitos com matérias-primas que utilizem resíduos diversos, inclusive os gerados na própria atividade construtiva; substituição de materiais naturais escassos ou poluentes; e utilização de compostos feitos a partir de elementos naturais.

Estima-se que este novo cenário de ecoeficiência seja, num futuro breve, condição fundamental para que as empresas sobrevivam num mercado que, além de competitivo, também seja altamente sustentável.

Há um crescente interesse na redução de impactos ambientais associados ao setor da construção civil, seja na fase de produção de materiais e componentes para edificação, seja na construção, no uso ou na demolição da mesma.

### 3.3. Degradação do Meio Ambiente

A indústria da construção civil produz impactos negativos ao meio, desde a fase da extração de matéria-prima, passando pela fabricação de materiais, execução das obras e até a disposição final de resíduos gerados, que como consequência levam à formação de áreas degradadas.

A retirada de matéria-prima pode resultar na extinção e escassez de fontes e jazidas, alterações na flora e fauna do entorno destes locais de exploração, reconfiguração das superfícies topográficas, aceleração do processo erosivo, modificações de cursos d'água, interceptação do lençol freático, aumento da emissão de gases e partículas em suspensão no ar, aumento de ruídos e propagações de vibrações no solo, tudo isto resultando em áreas degradadas.

A mineração de materiais de uso imediato na construção, como areia, brita e argila, aliada a outras formas de uso e ocupação do solo, vêm gerando uma diminuição das jazidas disponíveis para o atendimento das demandas das principais regiões do país, em especial no Sul e Sudeste.

Segundo John (2000), em São Paulo, por exemplo, o esgotamento das reservas próximas da capital faz com que a areia natural já esteja sendo transportada de distâncias superiores a 100 km, resultando em significativo aumento no consumo de energia e geração de poluição.

A fabricação de materiais de construção também provoca alterações ambientais.

Na produção do cimento, por exemplo, é gerada uma considerável quantidade de CO<sub>2</sub>, que é liberada na atmosfera, causando prejuízos ao meio ambiente e à saúde humana.

Na execução das obras da construção civil ocorre a formação de um tipo de área degradada sazonal, ou seja, seu período de existência é o mesmo do período da construção. O que se observa neste período são transtornos ao tráfego urbano devido à movimentação de caminhões com cargas pesadas e especiais, a depreciação de imóveis vizinhos pelo excesso de ruídos, partículas e gases no ar e alterações que causam impacto visual, depreciando a região. O que deve ser observado também é que o transporte de materiais realizado entre os pontos de extração e fabricação de materiais até as obras pode trazer prejuízos, terminando em impactos e degradação ambiental.

Durante a obra e ao término dela outro problema é gerado, o dos resíduos. Resíduos sólidos da construção civil não se restringem apenas a tijolos quebrados ou argamassa desperdiçada.

Em razão de o conjunto de fases da construção causar uma série de impactos e degradação, a busca por formas de prevenção e até recuperação das áreas torna-se de extrema relevância. Esta busca deve partir das empresas construtoras e responsáveis pela obra, como engenheiros e arquitetos e trabalhadores diretos, os quais devem trabalhar para que ocorra maior controle no consumo de materiais, critérios mais elaborados na escolha, de melhores tecnologias construtivas, objetivando uma maior vida útil à obra, melhor desempenho ambiental, que se aproxime cada vez mais da construção sustentável. Seguindo este raciocínio podem ser utilizadas tecnologias inovadoras que resultam em ganhos no processo de produção, economia, melhor qualidade final do produto e menor desperdício.

Para evitar o problema é preciso que a construção civil se aproxime mais da construção sustentável, adotando formas de exploração de matérias-primas mais conscientes e alternativas ecoeficientes, utilizando materiais e processos construtivos que objetivem a harmonia entre o homem e o meio, sendo produzida com tecnologias limpas, observando os ciclos de vida e dando uma destinação apropriada aos resíduos.

A construção civil é reconhecida como uma das atividades de maior transtorno ecológico em nosso planeta. Segundo dados das Nações Unidas, a construção consome 40% de toda energia, extrai 30% dos materiais do meio natural, gera 25% dos resíduos sólidos, consome 25% da água e ocupa 12% das terras. Quanto às emissões atmosféricas, a construção civil responde por 1/3 do total de emissões de gases de efeito estufa.

Nas edificações, as emissões são prioritariamente provenientes do uso de energia, sendo de 80 a 90% geradas na etapa de uso e operação (aquecimento, condicionamento de ar, ventilação, iluminação e equipamentos). Outros 10 a 20% estão ligados à extração e ao processamento de matérias-primas, à fabricação de produtos e à etapa de construção e demolição.

O Brasil possui uma matriz energética relativamente limpa com relação a outros países: a maior parte da energia é gerada em usinas hidroelétricas, cujas emissões são bem menores se comparadas às das termoelétricas (queima de derivados de petróleo, carvão, gás, etc.). Com essa matriz energética “limpa”, os números apresentados se invertem e as etapas da fabricação de materiais e da construção ganham grande importância.

Dos recursos extraídos da terra, 60% são consumidos nos edifícios, o que tem aumentado o uso de sistemas construtivos ecologicamente apropriados, assim como de materiais ecologicamente corretos e em si só recicláveis e/ou reciclados, incluindo-se uma análise científica dos seus ciclos de vida, cujo conceito inclui todos os custos produzidos desde a fabricação até o descarte de um material específico. (CIMINO, 1992, p.8)

### 3.4. Projeto e Planejamento

O projeto arquitetônico deve levar em consideração diversas variáveis para sua proposição, tais como: as condições climáticas do local, buscando o aproveitamento dos condicionantes naturais, melhor eficiência energética, materiais e mão-de-obra local, e o conhecimento do lote e seu entorno.

Da mesma maneira que se destaca por fatores positivos, no entanto, chama a atenção por apresentar muitos fatores negativos, como processos produtivos ineficientes e ultrapassados (por exemplo, a prática de quebrar os blocos cerâmicos ou de concreto depois de erguidas as paredes com a finalidade de passar as tubulações elétricas e hidráulicas), e o consumo indiscriminado e impensado de materiais (muitas vezes ocasionado pela falta de projetos ou da compatibilização destes, implicando na compra de uma quantidade maior que aquela a ser utilizada ou até de materiais errados ou desnecessários), dos mais variados tipos e quantidades, entre outros fatores, que acabam gerando uma série de impactos ambientais.

O processo de projeto pode ser considerado como um dos “gargalos” na construção civil. É durante esta fase que as principais decisões são tomadas em relação à forma, tamanho, tipo de construção, bem como custos e tempos de construção. Além disso, Souza (1997) destaca que as soluções de projeto têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade do produto final a ser entregue ao cliente.

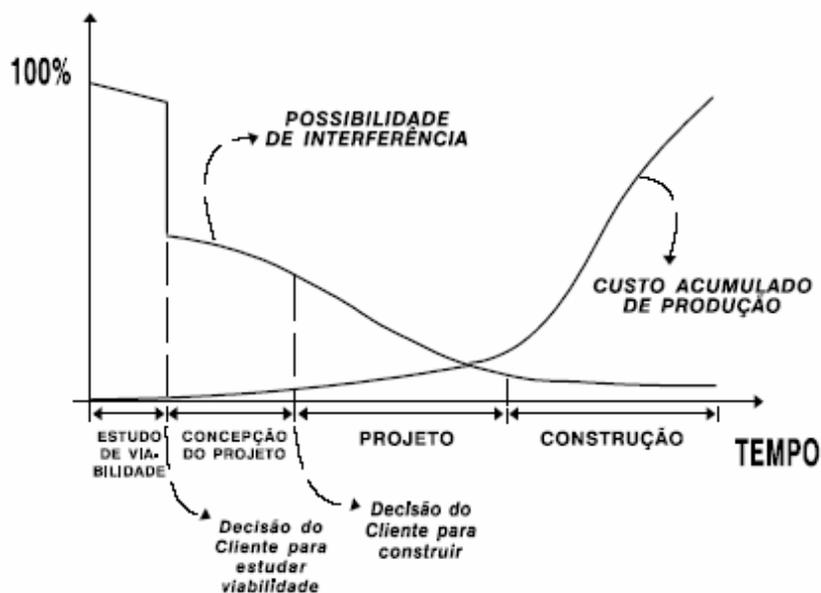
Assim sendo, a qualidade do projeto, além de influenciar a eficiência da obra, é fator determinante na decisão de compra do cliente. Portanto, a concepção e desenvolvimento do produto devem ser baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho e custo.

O fator custo é importante. A diminuição das margens de lucro imposta pelo mercado e a dificuldade em aumentar o preço dos imóveis impõem às empresas a diminuição dos custos de produção. E neste ponto, as decisões de projeto repercutem sobre a produtividade (associada à definição dos tipos e número de operações, condições de transporte e circulação no canteiro de obras, habilidade requerida da mão-de-obra, etc.), sobre os custos de execução e sobre os custos ao longo da vida útil do edifício. Para Souza (1997), na fase de projeto o

empreendedor tem elevada capacidade de intervir sobre os custos totais do empreendimento. Conforme mostra o gráfico da Figura 1, as possibilidades de interferência durante a fase de viabilidade econômica e concepção de projeto são maiores e menos onerosas comparando-se com a fase de uso e operação do edifício.

Qualquer ação que se pretenda desenvolver para reduzir os custos unitários de produção em que a empresa trabalha, deverá estar fundamentada em ações de desenvolvimento do projeto com este objetivo.

Melhado (1994) define projeto para produção como: conjunto de elementos de projeto elaborados de forma simultânea ao detalhamento do projeto executivo, para utilização no âmbito das atividades de produção da obra, contendo as definições de: disposição e sequência das atividades de obra e frentes de serviço; uso de equipamentos; arranjo e evolução do canteiro; dentre outros itens vinculados às características e recursos próprios da empresa construtora. Comenta também que Hammarlund & Josephson (1992) atribuem às fases iniciais a principal participação na redução dos custos de falhas do edifício. Segundo os autores, metade dos custos externos da qualidade, ou seja, aqueles que aparecem após a entrega da obra, são oriundos do projeto e, apenas cerca de 25% derivam da execução do trabalho.



**Figura 1:** O avanço do empreendimento em relação à chance de reduzir o custo das falhas do edifício.

Fonte: Livro; Avaliação de Projetos Habitacionais. p101. (RIFRANO, 2006)

### 3.5. Desenvolvimento Sustentável e Construção Civil

A expressão “desenvolvimento sustentável” foi primeiramente estabelecida em 1987 pelo Relatório Brundtland, tendo sido reafirmada em 1992 na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e pode ser conceituado como:

O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades. Significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais.<sup>2</sup>

A estratégia de ecoeficiência em uma empresa revela que reduzir o impacto da produção não é só ambientalmente correto, mas também mais vantajoso economicamente.

Há uma diversidade de interações aplicáveis em empreendimentos habitacionais de uso social que visam à preservação do meio-ambiente. A falta de acuro se mostra presente em todas as etapas da sua elaboração, desde a fase de planejamento até a fase de manutenção, quando esta é contemplada.

É preciso que se faça uma investigação prévia do passivo ambiental do terreno, analisando os condicionantes físicos e a efetivação de medidas de mitigação de impactos ambientais, entre outros aspectos. Sua ausência tem levado à situações impactantes de degradação ambiental.

O resultado se manifesta através de prejuízos ao próprio empreendimento, acarretando redução da qualidade de vida e elevação dos custos (empreendedores, usuários, população circunvizinhança e Poder Público), propiciando impactos ambientais que geralmente extrapolam a área do projeto.

Medidas corretivas mostram-se onerosas financeiramente e socialmente devido à vultuosidade dos recursos necessários para reverter este quadro, com

---

<sup>2</sup> Relatório “Nosso futuro comum”, também conhecido como Relatório Brundtland, do nome da primeira-ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, que chefiou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada para estudar o desenvolvimento sustentável. Disponível em: <www.un.org>.

obras frequentemente insatisfatórias em nível de desempenho. É necessária a adoção integrada de medidas preventivas, que considerem, além do próprio empreendimento, os impactos ambientais que extrapolam a área de intervenção e os aspectos sociais envolvidos. Tais medidas podem ser efetivadas, para cada fase do empreendimento, por meio de instrumentos de planejamento e gestão ambiental, os quais surgiram e vêm se desenvolvendo no bojo da evolução da abordagem da questão ambiental, e cujos princípios e procedimentos têm sido crescentemente adotados em diversos países.

### 3.6. Ecoeficiência

A Ecoeficiência é um termo que foi introduzido em 1992 pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) – Conselho Mundial de Negócios para o Desenvolvimento Sustentável, por meio da publicação do livro *Changing Course*, sendo difundido oficialmente pela Conferência Rio-92, como uma forma das organizações implementarem a Agenda 21 no setor privado.

Assim como definida pelos WBCSD a ecoeficiência é o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduz progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra. Também se pode dizer que ecoeficiência é saber combinar desempenho econômico e ambiental, reduzindo impactos ambientais, usando mais racionalmente matérias-primas e energia.

Três são os principais pilares da ecoeficiência:

- A redução do consumo de recursos impõe minimizar a utilização de energia, materiais, água e solo, favorecendo a reciclabilidade e a durabilidade do produto.
- A redução do impacto na natureza inclui a minimização das emissões gasosas, descargas líquidas, eliminação de desperdícios e a dispersão de substâncias tóxicas, assim como impulsiona a utilização sustentável de recursos renováveis.

- A melhoria do valor do produto ou serviço significa fornecer mais benefícios aos clientes, por meio do produto ou serviço, agregando seu valor funcional, com menos materiais e menor utilização de recursos, o que aumenta a margem de lucro da empresa/indústria.

No Brasil, este conceito vem ganhando força a partir da criação do Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS, que congrega grandes corporações e tem como missão promover o desenvolvimento sustentável no setor empresarial, por meio do conceito de ecoeficiência. O CEBDS é uma associação civil, sem fins lucrativos, fundada em 1997 para promover o desenvolvimento sustentável entre as empresas que atuam no Brasil. Reunindo os maiores grupos empresariais do país, o CEBDS é o representante no Brasil da rede do World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Dentro do conceito do WBCSD de ecoeficiência, conforme já visto, destaca-se a necessidade de se ofertar bens e serviços a preços competitivos, por meio da redução progressiva do impacto ecológico e da intensidade de utilização de recursos naturais.

Para alcançar tais objetivos, o WBCSD identificou sete elementos que as empresas podem utilizar para melhorar sua ecoeficiência:

- Reduzir o consumo de materiais;
- Reduzir o consumo de energia;
- Reduzir a dispersão de substâncias tóxicas;
- Aumentar a reciclabilidade dos materiais;
- Maximizar o uso de recursos renováveis;
- Aumentar a durabilidade dos produtos;
- Aumentar a intensidade do uso de produtos e serviços.

### 3.7. Produção Limpa e Mais Limpa

A efetivação da sustentabilidade empresarial passa fundamentalmente pela reflexão sobre os processos produtivos adotados pelas empresas. Neste sentido, a busca por soluções voltadas a uma produção mais limpa é uma medida de ecoeficiência importante, que tem se mostrado benéfica e rentável, tanto para a empresa, como para todos os seus *stakeholders*. A Figura 2 mostra o organograma e as etapas para o desenvolvimento de uma produção mais limpa.

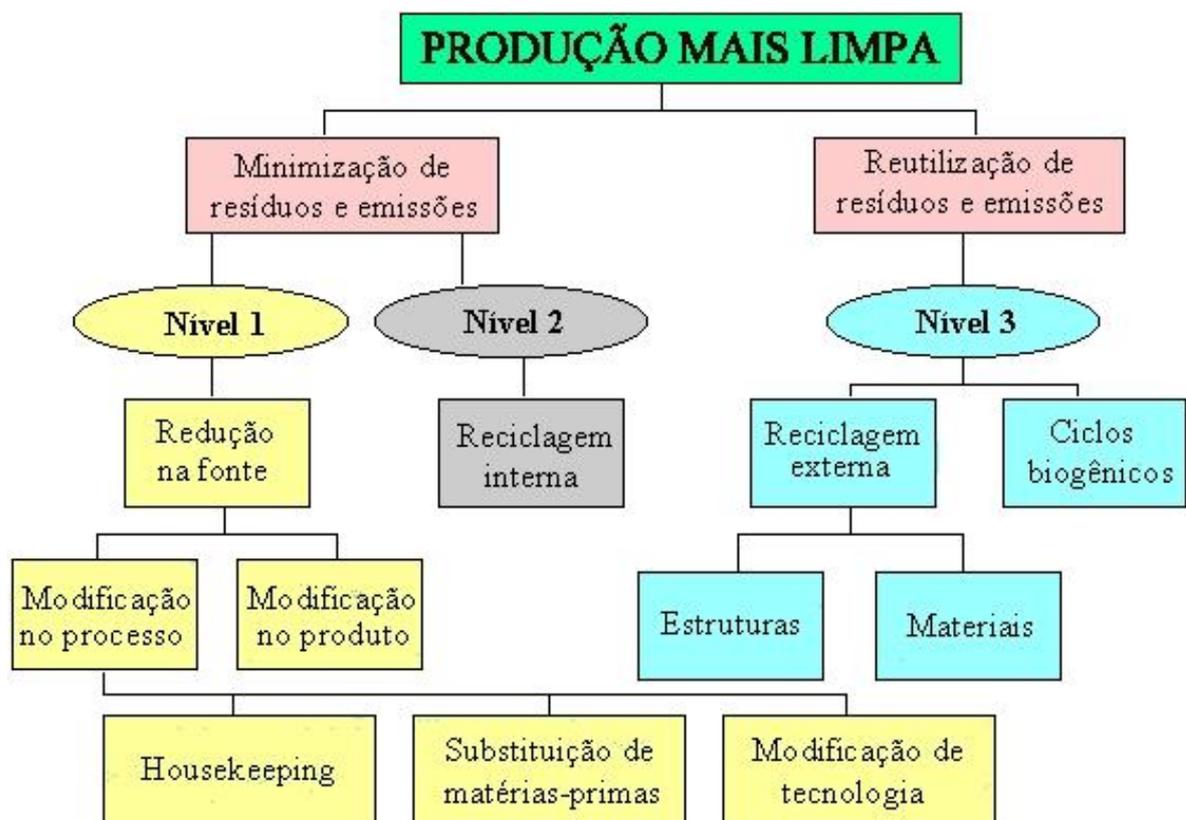
Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável - CEBDS:

... produção mais limpa é a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos...

A aplicação de uma produção mais limpa gera economias dos mais diversos recursos utilizados no processo produtivo de uma empresa. Ela traz benefícios relevantes, sejam eles em função da economia na utilização de água, energia e matéria-prima ou até mesmo no retorno econômico que o desenvolvimento e comercialização de subprodutos podem gerar.

Neste sentido, é importante quantificar e avaliar os resíduos e perdas que são geradas durante o processo de produção. Para que, a partir daí, a empresa possa gerenciar seus resíduos, na busca pela identificação de oportunidades que contribuam para a minimização da utilização de recursos naturais, ou seja, redução do desperdício e, por fim, o aumento de competitividade.

A produção mais limpa exige uma ruptura de paradigmas, como qualquer outra prática de sustentabilidade empresarial. Mas isso deve ser visto com bons olhos pelo empresariado, pois essa nova perspectiva de processo produtivo também poderá proporcionar as empresas uma nova forma de comportamento que será essencial aos negócios num futuro próximo: a conciliação da atividade econômica com a preservação do meio ambiente.



**Figura 2:** Organograma do Programa Produção mais Limpa  
 Fonte: <http://www.fernandaalves.com.br>

## **4. PARÂMETROS DE ECOEFICIÊNCIA PARA HABITAÇÕES**

### **4.1. Projeto e Planejamento Sustentável**

O conceito de ecoeficiência tem despertado grande interesse entre organizações governamentais e não governamentais. Tal conceito pode ser visto como uma estratégia das organizações de negócios como paradigma para o desenvolvimento sustentável e conquista de novos mercados.

A ecoeficiência depende necessariamente de projeto integrado e planejamento. Para que se obtenha a ecoeficiência é fundamental o planejamento de todas as atividades, serviços e matérias-primas a serem utilizadas. É necessário que seja feito um estudo de acordo com os parâmetros da sustentabilidade e ecoeficiência inserindo em seu processo gerencial o conceito de prevenção da poluição e de riscos ocupacionais.

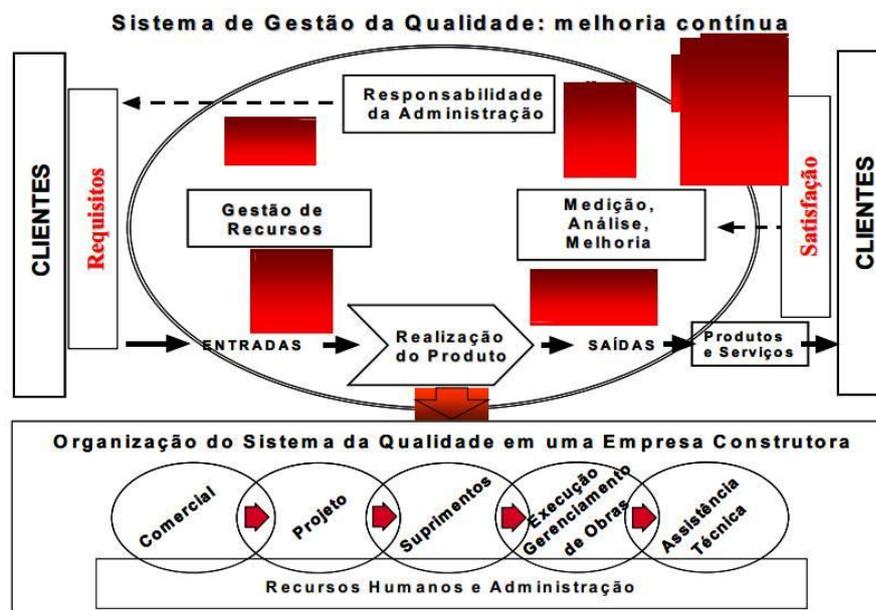
A prática e uso de tecnologias ecoeficientes devem ser estudadas e planejadas logo no início do empreendimento através de estudos de viabilidade econômica, disponibilidade de matérias-primas local, escolha correta da tecnologia visando o uso e preservação do meio ambiente, redução no consumo de insumos, reutilização e destinação correta dos rejeitos na construção civil. Desta forma, tais procedimentos e processos devem ser controlados e monitorados utilizando ferramentas de planejamento para gestão do empreendimento. O projeto deve ser pensado de forma integrada para garantir que o sistema proposto seja efetivo e tenha um ciclo de produção fechado e contínuo, sem furos e falhas durante a produção.

Nas organizações governamentais tais procedimentos muitas vezes podem se tornar obsoletos e mais complexos, visto que, não se têm recursos gerenciais suficientemente disponíveis para concretização e efetivação do planejamento nas mais diversas fases do sistema. Em decorrência disto, tem-se um perfil de administração frágil, onde não há objetivos claros, bem definidos e disseminados; os processos e atividades sem padronização ou controle de mudanças; ausência da forma de medir e avaliar constantemente processos e resultados para poder melhorá-los continuamente e tomar decisões mais adequadas, além da ausência de uma preocupação constante com inovações e mudanças.

## 4.2. Gestão Integrada de Empreendimentos

Entende-se por Sistema de Gestão Integrada (SGI) o conjunto integrado dos sistemas de gestão da qualidade, do meio ambiente e da segurança e saúde no trabalho, incluindo controle de riscos, de custos e de prazos visando a melhoria contínua. (ver figura 3).

Os SGIs são geralmente baseados em certificações como as normas ISO 9001:2000 (Qualidade); ISO 14001:2004 (Meio Ambiente); OHSAS 18.001:1999 (Segurança e Saúde Ocupacional); SA 8000/NBR 16.001 (Responsabilidade Social) e legislação vigente, podendo ainda compreender outras normas.



**Figura 3:** Sistema de Gestão da Qualidade - ISO 9001

Fonte: <http://www.demc.ufmg.br/gestao/Qualidade%2001.Pdf>

A implementação de um modelo de gestão ambiental adequado a um empreendimento habitacional de interesse social requer estudos que devem ser iniciados desde a concepção do projeto, na fase de planejamento, passando pela sua construção e avançando continuamente durante toda a sua ocupação. Os requisitos ambientais normativos e o Sistema de Gestão Ambiental - SGA fornecem alguns fundamentos essenciais para o estabelecimento de um modelo de gestão integrado, aplicável às relações do empreendimento com o meio ao longo da vida útil.

De acordo com SILVA (2006), o PDCA é um método para a prática do controle. Segundo LIMA (2006) o Ciclo PDCA é uma ferramenta utilizada para a aplicação das ações de controle dos processos, tal como estabelecimento da “diretriz de controle”, planejamento da qualidade, manutenção de padrões e alteração da diretriz de controle, ou seja, realizar melhorias de forma contínua. (ver figura 4).

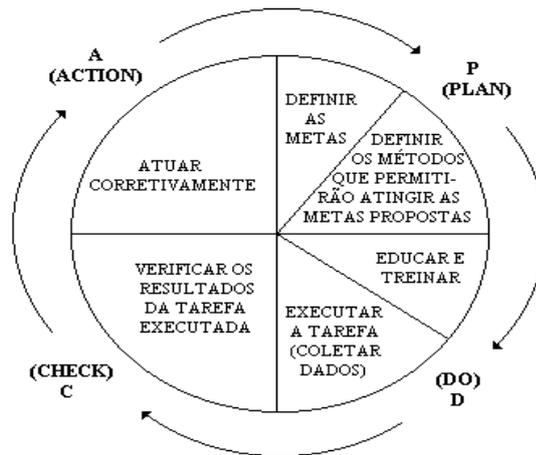


Figura 4: Fases do Ciclo PDCA  
 Fonte: SILVA (2006)

O ciclo do PDCA pode ser descrito da seguinte forma:

**P** - Planejar: estabelecer os objetivos e processos necessários para atingir os resultados, em concordância com a política ambiental da organização.

**D** - Executar: implementar o que foi planejado.

**C** - Verificar: monitorar e medir os processos em conformidade com a política ambiental, objetivos, metas, requisitos legais e outros requisitos e relatar os resultados.

**A** - Agir: implementar ações necessárias para melhorar continuamente o desempenho do sistema de gestão ambiental, podendo atuar sobre o planejamento e, em consequência, sobre outros passos do ciclo.

### 4.3. Seleção de Materiais

A seleção de materiais e componentes para a construção sustentável pode ser então definida como a seleção de produtos com intuito de obter, através de um projeto, a redução dos impactos ambientais e o aumento dos benefícios sociais dentro dos limites da viabilidade econômica do empreendimento. Isso significa que, ao se iniciar uma construção, é importante considerar os tipos de materiais que estão de acordo com o local (como sua geografia, ecossistema, história, etc.) e que podem contribuir para conservar e melhorar o ambiente onde será inserida. Materiais que guardam relação direta com o estilo de vida do local e do usuário devem ser avaliados.

Esse tipo de obra caracteriza-se pelo uso de materiais e tecnologias biocompatíveis, que melhoram a condição de vida do morador ou, no mínimo, não agridem o meio ambiente em seu processo de obtenção e fabricação, nem durante a aplicação e em sua vida útil.

De acordo com John (2005) têm-se, basicamente, quatro critérios para a seleção de materiais, componentes e sistemas para construção civil:

#### - Energia incorporada

Análise de toda a energia consumida para a produção: os melhores materiais são os que consomem menos energia. Existem listas de intensidades de energia consumidas (J/g) para produção de cada material.

#### - Análise do ciclo de vida

Somatória das “cargas ambientais” do material do berço ao túmulo (extração, produção, uso e pós-uso).

#### - Materiais preferenciais

São os materiais que para sua produção “não demandem” uma degradação ambiental e baixo grau de toxicidade. Os materiais reciclados e o reuso de materiais são preferência.

- Critério socioeconômico e ambiental

A dimensão social está relacionada aos impactos sociais causados pela produção, uso e pós-uso de um dado material.

Alguns requisitos propostos pelo LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) para seleção de materiais preferenciais:

- Reuso de edifícios.
- Uso de componentes reciclados.
- Reuso de componentes.
- Materiais locais.
- Materiais rapidamente renováveis.
- Madeira certificada.

Os produtos devem ser duráveis para que não precisem ser brevemente substituídos devido à degradação de materiais que exige dispendiosas atividades de manutenção e limita a vida útil das construções; devem ser avaliados com relação à utilização de recursos naturais, às emissões e resíduos gerados na sua fabricação, os produtos não devem fazer mal à saúde e após a sua vida útil devem ser facilmente reutilizados ou reciclados.

Além dos quesitos apresentados na seleção de materiais deve estabelecer preferências para tecnologias que busquem o aproveitamento da energia solar: células solares, ou células fotovoltaicas; aproveitamento do vento: energia eólica; reuso da água, tratamento de efluentes; arquitetura bioclimática e sistemas naturais de resfriamento das edificações.

#### 4.4. Análise do Ciclo de Vida (ACV)

A crescente conscientização sobre a importância da proteção ambiental e dos possíveis impactos associados a produtos manufaturados e consumidos tem aumentado o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e diminuir estes impactos. Uma das técnicas em desenvolvimento com este propósito é a NBR ISO 14040:2001, metodologia utilizada para a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Esta auxilia na identificação de oportunidades

para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida; na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não governamentais para planejamento estratégico, definição de prioridades, projetos ou reprojeto de produtos ou processos; na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição.

A própria natureza tem mostrado que não se pode continuar realizando avaliações fragmentadas de impactos ambientais causados pela produção industrial. As oportunidades de redução da geração de rejeitos e do consumo de matérias-primas e energia devem ser analisadas de forma sistêmica, visando interligar o destino de materiais e de sua transformação em produto por meio de vários processos.

A Análise do Ciclo de Vida constitui uma ferramenta indispensável para o melhor acompanhamento dos ciclos de produção e a identificação de alternativas de interação entre processos, no qual através do estudo ACV podem se comparar materiais, tecnologias, componentes e serviços utilizados ou prestados. (ver figura 5).

De acordo com a ISO14040, a Análise do Ciclo de Vida deve incluir 4 fases:

- Fase 01 – Objetivo e escopo
- Fase 02 – Análise de inventário
- Fase 03 – Análise de impacto
- Fase 04 – Interpretação e análise de dados

“A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas.” (NBR ISO 14040:2001).



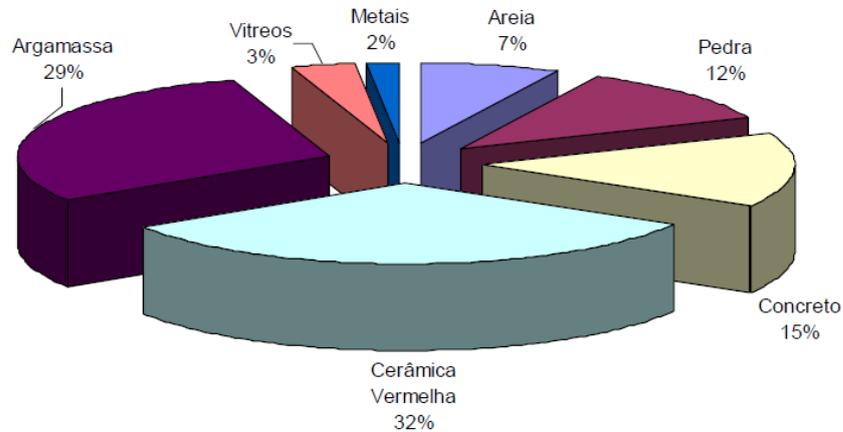
Figura 5: Análise do Ciclo de Vida  
 Fonte: Notas de aulas Prof.<sup>a</sup> Teresa (UFMG)

#### 4.5. Reciclagem; Redução do Consumo de Recursos e Desperdícios.

A reciclagem visa à redução do uso de recursos naturais e permanência da matéria-prima no processo de produção.

Segundo a Resolução 307 do CONAMA, resíduos da construção civil são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solo, rocha, madeira, forro, argamassa, gesso, telha, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulho de obra, calça ou metralha.

O setor da construção é um dos setores mais importantes para o país, além de ser atividade econômica de grande expressão, é também uma das que mais emprega, direta e indiretamente, contribuindo assim para a redução dos indicadores sociais de desemprego. Por outro lado, a construção civil é responsável também por ser uma atividade que traz graves efeitos nocivos para o meio ambiente, uma vez que contribui para a escassez dos recursos naturais, consome muita energia, polui o ar, solo e água e produz resíduo. Na Figura 6, está representado em percentual, o volume de rejeitos produzidos por insumos na construção civil.



**Figura 6:** Composição de Resíduos na Construção Civil  
 Fonte: Notas de aulas Prof.<sup>a</sup> Teresa (UFMG)

Tendo em vista os dados apresentados na Figura 6, uma proposta de gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos deve priorizar sempre a redução da geração de resíduos na fonte. No entanto, quando existir a geração dos resíduos, deve-se buscar a reutilização ou a reciclagem. Somente quando não existir possibilidade de reciclá-los é que os resíduos devem ser incinerados (com recuperação de energia) ou aterrados.

Um processo de reciclagem de qualidade requer um resíduo de qualidade, o que implica segregar os resíduos junto à fonte geradora, ou seja, nos próprios canteiros de obra. Para que o ciclo da reciclagem se estabeleça, é fundamental que o construtor/gerador tenha consciência da importância do seu papel neste processo.

#### 4.6. Melhoria no Valor do Produto e Serviços

Melhoria do valor do produto ou serviço: o que significa fornecer mais benefícios aos clientes, através da funcionalidade, flexibilidade e modulação do produto, fornecendo serviços adicionais e concentrando-se em satisfazer necessidades funcionais que de fato os clientes necessitem o que levanta a possibilidade do cliente receber a mesma solução com menos materiais e menor utilização de recursos.

Do mesmo modo, melhorar as perspectivas de fechar o ciclo dos materiais, porque a responsabilidade e a propriedade e, por conseguinte, a preocupação pela utilização eficiente fica do lado do fornecedor de serviços.

A busca pela melhoria dos produtos e serviços oferecidos pode ser obtida através da reengenharia dos processos, para reduzir o consumo de recursos, a poluição e evitar riscos, ao mesmo tempo, que poupam custos. Todos os colaboradores têm que estar envolvidos na identificação de oportunidades e em fazer as mudanças necessárias. A utilização e reaproveitamento dos subprodutos também podem ser praticados para minimizar os danos causados pelos descartes de materiais ao meio ambiente. Desta forma agregando mais valor ao produto que antes seria dado como descarte. Além disso, a reutilização passa a ser visto como um processo lucrativo para a empresa e geradores de dinheiro do processo produtivo. Objetivos de desperdício zero e sinergias com subprodutos conduzem à utilização mais eficiente de recursos num processo e criam um benefício financeiro adicional. Em resumo, são ecoeficientes, porque permitem a criação de mais valor com menos recursos.

Algumas empresas inovadoras, não só reconceberam o produto, como também encontraram novas formas de ir ao encontro das necessidades dos clientes ou de outras partes interessadas, repensando os mercados e reformulando totalmente a procura e a oferta. Hoje em dia, muitas necessidades dos clientes são satisfeitas com base na utilização intensiva de material e energia. No entanto, há formas diferentes e melhores de fazer, por exemplo, em vez de vender um produto, fornecer um serviço, em que a intensidade total de material e energia pode ser reduzida.

## 4.7. Normas; Diretrizes e Padrões.

### 4.7.1. Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

Desde 1996, as organizações ou as empresas de todos os tipos, portes e nacionalidades têm disponível uma ferramenta, válida e reconhecida em mais de 100 países do mundo, para auxiliá-las a reduzir os impactos ambientais que causam, além de proporcionar conformidade com a legislação ambiental.

O chamado Sistema de Gestão Ambiental refere-se à normalização da ISO 14001, uma norma internacional que determina diretrizes e requisitos para se estabelecer o SGA. Uma vez seguido a norma e estabelecido o SGA, a organização consegue alcançar vários objetivos, como a melhoria contínua de seu desempenho ambiental e da sua produtividade. Com este sistema muitas têm conseguido o conceito de sustentabilidade aliado ao SGA e integrado no sistema existente de gestão do negócio, de forma a impulsionar a abordagem da ecoeficiência.

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é uma forma de assegurar que todos os riscos e oportunidades relacionados com a sustentabilidade são corretamente identificados e eficientemente geridos.

Na medida em que as empresas evoluem em seus sistemas de gestão ambiental, demonstrando que ele está integrado com a proteção ambiental e preocupado com o desenvolvimento sustentável, há um aumento na satisfação dos clientes e um reconhecimento da sociedade (ISO 14000, 1996).

Entre as principais características ou benefícios operacionais da implementação de um Sistema de Gestão Ambiental para as empresas, pode-se destacar a redução da utilização da matéria-prima e demais recursos produtivos, a redução da geração de resíduos e de custos utilizados para a disposição dos mesmos, além do aumento da utilização de recursos renováveis ou recicláveis (LA ROVERE, 2001).

A ISO 14001:2004 especifica os requisitos relativos a um sistema de gestão ambiental (SGA) que uma organização deve levar em conta ao desenvolver e implementar uma política ambiental e cumprir os objetivos ambientais decorrentes.

Os requisitos são parâmetros a ser aplicado para se ter um SGA implementado e funcionando, cumprindo a política ambiental, praticando a prevenção da poluição e comprovando a melhoria contínua do desempenho ambiental. Os requisitos também estão relacionados à regulamentação legal e/ou técnica aplicável aos aspectos ambientais significativos de uma organização. Podem ser obrigatórios, como no caso dos requisitos legais e podem ser de adoção voluntária ou, ainda, refletir as necessidades locais e de mercado.

Na ISO 14001:2004, os requisitos para a organização estabelecer e implementar um SGA são definidos como:

- Estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria contínua do SGA;
- Definição e documentação do escopo do SGA Definição, documentação, comunicação e manutenção de uma Política Ambiental;
- Determinação, implementação e manutenção de procedimentos documentados relativos aos aspectos e impactos ambientais significativos;
- Estabelecimento de objetivos, metas e programas documentados relativos aos aspectos e impactos ambientais significativos;
- Requisitos legais e a outros requisitos, obrigatórios ou voluntários alocação de recursos, materiais, financeiros e humanos;
- Controle operacional;
- Comunicação interna;
- Monitoramento e medições;
- Avaliação dos impactos ambientais.

A finalidade principal de um sistema de gestão ambiental é a de fornecer a uma organização um processo estruturado e um contexto de trabalho com os quais ela possa alcançar e controlar sistematicamente o nível de desempenho ambiental que estabelecer para si. O nível real de desempenho, os sucessos e o resultado em relação a todo o entorno, depende do contexto econômico, da regulamentação e de outras circunstâncias que impactam direta e indiretamente o processo.

#### 4.7.2. PBQP-H

O Programa foi instituído em 18 de dezembro de 1998, com a assinatura da Portaria n. 134, do então Ministério do Planejamento e Orçamento, instituindo o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional - PBQP-H.

No ano 2000 foi estabelecida a necessidade de uma ampliação do escopo do Programa, que passou a integrar o Plano Plurianual (PPA) e a partir de então englobou também as áreas de Saneamento e Infraestrutura Urbana. Assim, o "H" do Programa passou de "Habitação" para "Habitat", conceito mais amplo e que reflete melhor sua nova área de atuação.

O PPA 2004/2007 traz o Programa da Qualidade e Produtividade do Habitat, definindo assim o seu objetivo: “Elevar os patamares da qualidade e produtividade da construção civil, por meio da criação e implantação de mecanismos de modernização tecnológica e gerencial, contribuindo para ampliar o acesso à moradia para a população de menor renda” com enfoque para habitação de interesse social.

### Arranjo institucional

O PBQP-H integra-se à Secretaria Nacional de Habitação, do Ministério das Cidades, e está formalmente inserido como um dos programas do Plano Plurianual (PPA 2008-2011). (ver figura 7).

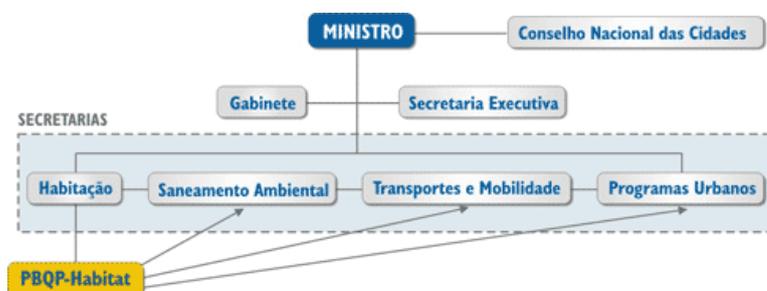


Figura 7: Arranjo Institucional PBQP-H  
Fonte: [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)

Diversas entidades fazem parte do Programa, representando segmentos da cadeia produtiva: construtores, projetistas, fornecedores, fabricantes de materiais e componentes, bem como a comunidade acadêmica e entidades de normalização (INMETRO, ABNT), além do Governo Federal, outras entidades, como por exemplo, CBIC, SEBRAE, Associação Brasileira de COHABS.

O PBQP-H, Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, é um instrumento do Governo Federal para cumprimento dos compromissos firmados pelo Brasil quando da assinatura da Carta de Istambul (Conferência do Habitat II/1996). A sua meta é organizar o setor da construção civil em torno de duas questões principais: a melhoria da qualidade do habitat e a modernização produtiva.

A busca por esses objetivos envolve um conjunto de ações, entre as quais se destacam: avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras, melhoria da qualidade de materiais, formação e requalificação de mão-de-obra, normalização técnica, capacitação de laboratórios, avaliação de tecnologias inovadoras, informação ao consumidor e promoção da comunicação entre os setores envolvidos. Dessa forma, espera-se o aumento da competitividade no setor, a melhoria da qualidade de produtos e serviços, a redução de custos e a otimização do uso dos recursos públicos.

O Programa não se vale de novas linhas de financiamento, mas procura estimular o uso eficiente dos recursos existentes, oriundos de diferentes fontes (OGU, FGTS, Poupança etc.) e aplicados por diferentes entidades (CAIXA, BNDES, FINEP, SEBRAE, SENAI, etc.). Por outro lado, o Programa conta com grande contrapartida privada, sendo os recursos do Governo Federal destinados basicamente para custeio, estruturação de novos projetos e divulgação.

Uma das grandes virtudes do PBQP-H é a criação e a estruturação de um novo ambiente tecnológico e de gestão para o setor, no qual os agentes podem pautar suas ações específicas visando à modernização, não só em medidas ligadas à tecnologia no sentido estrito (desenvolvimento ou compra de tecnologia; desenvolvimento de processos de produção ou de execução; desenvolvimento de procedimentos de controle; desenvolvimento e uso de componentes industrializados), mas também em tecnologias de organização, de métodos e de ferramentas de gestão (gestão e organização de recursos

humanos; gestão da qualidade; gestão de suprimentos; gestão das informações e dos fluxos de produção; gestão de projetos).

O PBQP-Habitat é um programa de adesão voluntária, onde o Estado é um agente indutor e mobilizador da cadeia produtiva da construção civil. A implementação do Programa ocorre basicamente nas etapas descritas abaixo conforme mostrado na figura 8.



Figura 8: Etapas de Implementação PBQP-H  
Fonte: [www.cidades.gov.br](http://www.cidades.gov.br)

**Sensibilização e Adesão:** os diversos segmentos da cadeia produtiva, reunidos por unidade da federação, assistem a uma apresentação do Programa, feita por técnicos da Coordenação Geral do PBQP-H. Essa etapa busca sensibilizar e mobilizar o setor privado e os contratantes públicos estaduais para aderirem ao PBQP-H.

**Programas Setoriais:** em um segundo momento, as entidades do setor se organizam para realizar um diagnóstico do segmento da construção civil na sua unidade da federação, resultando na formulação de um Programa Setorial de Qualidade (PSQ).

**Acordos Setoriais:** o diagnóstico feito na fase anterior fundamenta um Acordo Setorial entre o setor privado, o setor público estadual e a CAIXA, bem como demais agentes financeiros, definindo metas e cronogramas de implantação dos Programas de Qualidade e, com isso, estabelecendo a prática do uso do poder de compra.

### 4.7.3. SIAC

O Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC) do Programa Brasileiro da Qualidade e produtividade do Habitat - PBQP-H tem como objetivo avaliar a conformidade de Sistemas de Gestão da Qualidade em níveis adequados às características específicas das empresas do setor de serviços e obras atuantes na Construção Civil, visando a contribuir para a evolução da qualidade no setor.

O Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil (SIAC) é um dos projetos do PBQP-H. Consiste em um sistema evolutivo de qualidade usando como referencial às normas ISO 9000. Níveis de qualificação D, C, B e A, sendo que o nível A é equivalente a ISO 9000 completa.

A composição de cada nível

#### **Nível "D"**

Auto-declaração de conformidade

#### **Nível "C"**

É o segundo nível de avaliação da conformidade. Aqui são verificadas as cláusulas relacionadas à:

- Requisitos gerais e de documentação (requisitos gerais, manual da qualidade, controle de documentos e registros);
- Responsabilidade da Direção da empresa (comprometimento da direção da empresa, foco no cliente, política da qualidade, objetivos da qualidade, planejamento do sistema de gestão da qualidade, responsabilidades e autoridades, representante da direção, comunicação interna, análise crítica pela direção);
- Provisão de recursos, designação de pessoal, treinamento, conscientização e competência;
- Planejamento da qualidade da obra;
- Identificação de requisitos relacionados à obra;
- Aquisição;

- Controle de operações;
- Identificação e rastreabilidade;
- Preservação de produto;
- Controle de dispositivos de medição e monitoramento;
- Satisfação de clientes;
- Auditorias internas;
- Inspeção e monitoramento de materiais e serviços;
- Controle de materiais e serviços não conformes;
- Análise de dados;
- Melhoria contínua;
- Ações corretivas.

### **Nível "B"**

É o terceiro nível de avaliação da conformidade, onde além das cláusulas auditadas no Nível C, são verificadas de forma evolutiva as cláusulas relacionadas à:

- Infra-estrutura;
- Planejamento da execução da obra;
- Análise crítica dos requisitos relacionados à obra;
- Comunicação com o cliente;
- Controle de alterações de projetos;
- Análise crítica de projetos fornecidos pelo cliente;
- Propriedade do cliente.

### **Nível "A"**

É o quarto e último nível de avaliação da conformidade, quando, além das cláusulas auditadas no Nível B, são verificadas de forma evolutiva as cláusulas relacionadas à:

- Comunicação interna;
- Ambiente de trabalho;
- Planejamento da elaboração do projeto;

- Entradas de projeto;
- Saídas de projeto;
- Análise crítica de projeto;
- Verificação de projeto;
- Validação de projeto;
- Validação de processos;
- Medição e monitoramento de processos;
- Ações preventivas.

O SIAC Construtoras do PBQP-H é uma norma específica para a construção civil, que engloba desde o controle de materiais e serviços, treinamento de mão de obra, controle dos documentos da empresa, preocupação com desperdícios, situação dos empregados da empresa, e em especial com o objetivo maior de qualquer empresa, satisfazer o cliente superando as expectativas em relação ao que ele espera da empresa.

#### 4.7.4. Norma de Desempenho – Extrato da NBR 15575

A Norma de desempenho ABNT NBR 15575 seguiu as diretrizes da ISO 6241 de 1984, que definiram quais são os requisitos de desempenho que devem ser atendidos. Alguns deles são: segurança estrutural, segurança contra incêndio, desempenho térmico, acústico, luminotécnico, manutenibilidade, conforto tátil e antropodinâmico etc.

Normas de desempenho são estabelecidas buscando atender exigências dos usuários, que, no caso desta norma, referem-se a sistemas que compõem edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, independentemente dos seus materiais constituintes e do sistema construtivo utilizado.

Alguns conceitos abordados:

**Inovação Tecnológica:** Aperfeiçoamento tecnológico, resultado de atividades de pesquisa, aplicado ao processo de produção do edifício objetivando a melhoria de desempenho, qualidade e custo do edifício ou de um sistema.

**Exigências do usuário:** Conjunto de necessidades do usuário do edifício habitacional a serem satisfeitas por este (e seus sistemas) de modo a cumprir com suas funções.

**Requisitos de desempenho:** Condições que expressam qualitativamente os atributos que o edifício habitacional e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer às exigências do usuário.

O foco desta norma está nas exigências dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos.

A forma de estabelecimento do desempenho é comum e internacionalmente pensada por meio da definição de requisitos (qualitativos), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação, os quais sempre permitem a mensuração clara do seu cumprimento.

As Normas, assim elaboradas, visam, de um lado, incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas. Traduzem as exigências dos usuários em requisitos e critérios, e não substituem as normas prescritivas, todavia são complementares a estas últimas.

Por sua vez, as normas prescritivas estabelecem requisitos com base no uso consagrado de produtos ou procedimentos, buscando o atendimento às exigências dos usuários de forma indireta. A abordagem desta norma explora conceitos que muitas vezes não são considerados em normas prescritivas específicas como, por exemplo, a durabilidade dos sistemas, a manutenibilidade da edificação, o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários.

A interrelação entre Normas de desempenho e Normas prescritivas deve possibilitar o atendimento às exigências do usuário, com soluções tecnicamente adequadas. Portanto esta norma de desempenho e as normas prescritivas são simultaneamente utilizadas.

As exigências do usuário são relativas à segurança, habitabilidade e sustentabilidade podem ser mostradas no esquema da figura 9.



**Figura 9:** Exigências do Usuário NBR 15575. (adaptado pelo autor)

Esta Norma, sob o título geral de “Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho” contém as seguintes partes:

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

A avaliação do desempenho de edificações ou de sistemas, de acordo com esta norma, deve ser realizada considerando as premissas básicas estabelecidas. A avaliação do desempenho é realizada por instituições de ensino ou pesquisa, laboratórios especializados, empresas de tecnologia, equipes multi-profissionais ou profissionais de reconhecida capacidade técnica.

Os projetos desenvolvidos observando os parâmetros da norma de desempenho devem apresentar justificativas dos fundamentos técnicos com base

em normas brasileiras ABNT, INMETRO, etc. Na ausência, devem se ter como base os eurocódigos<sup>3</sup> ou em ensaios conforme descrito na NBR 75575.

Um das abordagens de grande relevância contida na norma é a questão da durabilidade e manutenibilidade da edificação. A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender as exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

De acordo com a NBR 15575, Para a determinação da (VU) mínima podem-se adotar diversas metodologias. A prevista nesta norma incorpora três conceitos essenciais:

a) o efeito que uma falha no desempenho do subsistema ou elemento acarreta;

b) a maior facilidade ou dificuldade de manutenção e reparação em caso de falha no desempenho;

c) o custo de correção da falha, considerando-se inclusive o custo de correção de outros subsistemas ou elementos afetados (por exemplo, a reparação de uma impermeabilização de piscina pode implicar na substituição de todo o revestimento de piso e paredes, e o custo resultante é muito superior ao custo da própria impermeabilização).

Para parametrização da VUP, com fundamento nestes conceitos, foram utilizados conhecimentos já consolidados internacionalmente, principalmente os da na Norma inglesa BS 7453.

As Tabelas 1, 2, e 3 relacionam os parâmetros adotados para a determinação da VUP.

---

<sup>3</sup> Os Eurocódigos são um conjunto de normas europeias de responsabilidade do Comité Europeu de Normalização (Comité técnico TC 250) que visa unificar critérios e normativas de cálculo e dimensionamento de estruturas. Em Portugal, a tradução dos Eurocódigos e a elaboração dos «anexos nacionais» é, por incumbência do IPQ, coordenada pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), que constituiu uma comissão técnica de normalização, a CT115, que agrupa dez grupos de trabalho, um por Eurocódigo.

**Tabela 1:** Efeito das Falhas no desempenho

<b>Categoria</b>	<b>Efeito no desempenho</b>	<b>Exemplos típicos</b>
A	Perigo a vida (ou de ser ferido)	Colapso repentino da estrutura
B	Risco de ser ferido	Degrau de escada quebrado
C	Perigo à saúde	Séria penetração de umidade
D	Interrupção do uso do edifício	Rompimento de coletor de esgoto
E	Comprometer a segurança de uso	Quebra de fechadura de porta
F	Sem problemas excepcionais	Substituição de uma telha

OBS. Falhas individuais podem ser enquadradas em duas ou mais categorias

**Tabela 2:** Categoria de vida útil de projeto para partes do edifício

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Vida útil</b>	<b>Exemplos típicos</b>
1	Substituível	Vida útil mais curta que o edifício e sua substituição é fácil e prevista na etapa de projeto	Muitos revestimentos de pisos; louças e metais sanitários
2	Manutenível	São duráveis mas necessitam manutenção periódica e são passíveis de substituição ao longo da vida útil do edifício	Revestimentos de fachadas; janelas
3	Não-manutenível	Devem ter a mesma vida útil do edifício por não possibilitarem manutenção	Fundações e muitos elementos estruturais

**Tabela 3:** Custo de manutenção e reposição ao longo da vida útil

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos típicos</b>
A	Baixo custo de manutenção	Vazamentos em metais sanitários
B	Médio custo de manutenção ou reparação	Pintura de revestimentos internos
C	Médio ou alto custo de manutenção ou reparação Custo de reposição (do elemento ou sistema) equivalente ao custo inicial	Pintura de fachadas; esquadrias de portas; pisos internos; telhamento
D	Alto custo de manutenção e ou reparação Custo de reposição superior ao custo inicial Comprometimento da durabilidade afeta outras partes do edifício	Revestimentos de fachada; estrutura de telhados
E	Alto custo de manutenção ou reparação Custo de reposição muito superior ao custo inicial	Impermeabilização de piscinas

Fonte: NBR 75575

A norma recomenda a VUP mínima para as diversas partes do edifício, conforme consta na Tabela 4, adotando o período de 40 anos para a VUP mínima do edifício, de modo a compatibilizar, para a construção de habitações de interesse social (HIS), as limitações quanto ao custo inicial com as exigências do usuário em relação à durabilidade e aos custos de manutenção e de reposição, visando garantir, por um prazo razoável, a utilização em condições aceitáveis do edifício habitacional.

**Tabela 4:** Exemplos de VUP aplicando os conceitos deste Anexo

Parte da edificação	Exemplos	VUP anos	
		Mínimo	Superior
Estrutura principal	Fundações, elementos estruturais (pilares, vigas, lajes, e outros), paredes estruturais, estruturas periféricas, contenções e arrimos	≥ 40	≥ 60
Estruturas auxiliares	Muros divisórios, estrutura de escadas externas	≥ 20	≥ 30
Vedação externa	Paredes de vedação externas, painéis de fachada, fachadas cortina	≥ 40	≥ 60
Vedação interna	Paredes e divisórias leves internas, escadas internas, guardas corpo	≥ 20	≥ 30
Cobertura	Estrutura da cobertura e coletores de águas pluviais embutidos	≥ 20	≥ 30
	Telhamento	≥ 13	≥ 20
	Calhas de beiral e coletores de águas pluviais aparentes, subcoberturas facilmente substituíveis	≥ 4	≥ 6
	Rufos, calhas internas e demais complementos (de ventilação, iluminação, vedação)	≥ 8	≥ 12
Revestimento interno aderido	Revestimento de piso, parede e teto: de argamassa, de gesso, cerâmicos, pétreos, de tacos e assoalhos e sintéticos,	≥ 13	≥ 20
Revestimento interno não-aderido	Revestimentos de pisos: têxteis, laminados ou elevados; lambris; forros falsos	≥ 8	≥ 12
Revestimento de fachada aderido e não aderido	Revestimento, molduras, componentes decorativos, cobre muros	≥ 20	≥ 30
Piso externo	Pétreo, cimentados de concreto, cerâmico	≥ 13	≥ 20
Pintura	Pinturas internas; papel de parede	≥ 3	≥ 4
	Pinturas de fachada, pinturas revestimentos sintéticos texturizados	≥ 8	≥ 12
Impermeabilização manutenível sem quebra de revestimentos	Componentes de juntas e rejuntamentos; mata-juntas, sancas, golas, rodapés e demais componentes de arremate.	≥ 4	≥ 6
	Impermeabilização de caixa d'água, jardineiras, áreas externas com jardins, coberturas não utilizáveis, calhas e outros	≥ 8	≥ 12
Impermeabilização manutenível apenas com a quebra dos revestimentos	Impremeabilizações de áreas internas, de piscina, de áreas externas com pisos, de coberturas utilizáveis, de rampas de garagem, etc.)	≥ 20	≥ 30
Esquadrias externas (de fachada)	Janelas, (componentes fixos e móveis), portas-balcão, gradis, grades de proteção, cobogós, brises. Incluso complementos de acabamento como peitoris, soleiras, pingadeiras e ferragens de manobra e fechamento	≥ 20	≥ 30
Esquadrias internas	Portas e grades internas, janelas para áreas internas, boxes de banho	≥ 8	≥ 12
	Portas externas, portas corta-fogo, portas e gradis de proteção à espaços internos sujeitos a queda >2m	≥ 13	≥ 20
	Complementos de esquadrias internas, como ferragens, fechaduras, trilhos, folhas mosqueiteiras, alisares e demais complementos de arremate e guarnição	≥ 4	≥ 6
Instalações prediais embutidas em vedações e manuteníveis apenas por quebra das vedações ou dos revestimentos (inclusive forros falsos e pisos elevados não-acessíveis).	Tubulações e demais componentes (inclui registros e válvulas) de instalações hidrossanitários, de gás, de combate a incêndio, de águas pluviais, elétricos	≥ 20	≥ 30
	Reservatórios de água não facilmente substituíveis; redes alimentadoras e coletoras; fossas sépticas e negras; sistemas de drenagem não acessíveis e demais elementos e componentes de difícil manutenção e ou substituição.	≥ 13	≥ 20
	Componentes desgastáveis e de substituição periódica, como gaxetas, vedações, guarnições e outros.	≥ 3	≥ 4
instalações aparentes ou em espaços de fácil acesso	Tubulações e demais componentes	≥ 4	≥ 6
	Aparelhos e componentes de instalações facilmente substituíveis como louças, torneiras, sífoes, engates flexíveis e demais metais sanitários; sprinklers, mangueiras; interruptores, tomadas, disjuntores, luminárias, tampas de caixas, fiação e outros.	≥ 3	≥ 4
Equipamentos funcionais e substituíveis	médio custo de manutenção	≥ 8	≥ 12
	alto custo de manutenção	≥ 13	≥ 20

Fonte: NBR 75575

#### 4.8. Medindo a Ecoeficiência

De acordo com o relatório produzido pelo WBCSD, a ecoeficiência pode ser mensurada e medida através de indicadores que servirão de parâmetros de sustentabilidade para as empresas. Todavia, as técnicas de interpretação e de medição diferem de empresa para empresa. O objetivo do WBCSD foi o de encontrar uma abordagem comum que, por um lado, facilitasse às empresas a medição do desempenho e, por outro lado, permitisse às diversas partes interessadas a avaliação do progresso feito. No entanto, foram elaboradas duas vertentes para denominação dos indicadores. Os indicadores denominados “de aplicação genérica” que podem ser utilizados por praticamente todos os negócios, e os denominados “específicos do negócio” que são específicos do negócio ou setor de atividade. A abordagem define os de aplicação geral, fornece diretrizes às empresas para a seleção dos indicadores específicos do negócio e orienta a implementação e a comunicação.

Conceito de Indicadores:

Elemento informativo - composto de termo ou expressão - que possa ser medido, a fim de caracterizar ou expressar efeitos e tendências interativas, de natureza ambiental, econômica e social.

Estes indicadores dividem-se em dois grupos, de acordo com a fórmula da ecoeficiência que reúne as duas ecodimensões - economia e ecologia - para relacionar o valor do produto ou do serviço com a influência ambiental. A ecoeficiência é representada por:

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Influência ambiental}}$$

Os indicadores de aplicação genérica para o valor do produto ou serviço são:

- Quantidade de bens ou serviços produzidos ou fornecidos aos clientes;

- Vendas líquidas;

Os indicadores de aplicação genérica estão relacionados com a influência ambiental na criação do produto ou serviço são:

- Consumo de energia;
- Consumo de materiais;
- Consumo de água;
- Emissões de gases de efeito estufa (GEE);
- Emissões de substâncias deterioradoras da camada de ozono;
- Resíduos totais;
- Emissões gasosas acidificantes.

Os indicadores devem:

- Ser relevantes e significativos na proteção do ambiente e da saúde humana e/ou na melhoria da qualidade de vida;
- Fornecer informação aos órgãos de decisão, com o objetivo de melhorar o desempenho da organização;
- Reconhecer a diversidade inerente a cada negócio;
- Apoiar o benchmarking e monitorar a evolução;
- Ser claramente definidos, mensuráveis, transparentes e verificáveis;
- Basear-se numa avaliação geral da atividade da empresa, produtos e serviços, sobretudo concentrando-se naquelas áreas controladas diretamente pela gestão;
- Levar em consideração questões relevantes e significativas, relacionadas com as atividades da empresa.

Esses indicadores deverão ser acompanhados pela contabilidade de custos, medindo o impacto sobre os custos dos produtos ou serviços da empresa.

## 4.9. Tecnologias Alternativas e Ecoeficientes

A energia alternativa é uma energia sustentável advinda do meio ambiente natural. Algumas fontes de energia são "renováveis" na medida em que são mantidas ou substituídas pela natureza. É obtida através de fontes que são essencialmente inesgotáveis, ao contrário dos combustíveis fósseis, dos quais há uma provisão finita e que não pode ser reposta. As fontes de energia alternativa incluem as energias solar, vento, água, biomassa, geotérmica, entulho, energia termal fotovoltaica, e solar. As fontes de energias não renováveis incluem o carvão, o óleo e o gás natural.

Um dos maiores benefícios da energia alternativa é o seu potencial para fornecer fontes de eletricidade baratas e limpas. Adicionalmente, há custos reduzidos através da poupança de recursos, aumento de receitas através de ecoeficiência e riscos e custos financeiros reduzidos. A energia alternativa também minimiza a poluição e tem um impacto ambiental positivo de diversas formas, assim, as companhias que decidem usar a energia alternativa realçam o seu capital de reputação e passam a ser considerados cidadãos corporativos socialmente responsáveis.

As energias alternativas são recursos de energia sustentáveis o que significa que evitam a depredação de recursos naturais das futuras gerações; evitam e reduzem emissões de óxido de nitrogênio; emissões de óxido de enxofre bem como emissões de dióxido de carbono. Podem evitar e reduzir essas emissões para o ar bem como o consumo de água, poluição termal, resíduos, ruído e impactos adversos do uso de terra.

### 4.9.1. Energia Solar Fotovoltaica

A conversão de energia solar em energia elétrica foi verificada pela primeira vez por Edmond Becquerel, em 1839 onde constatou uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor quando exposto a luz. Em 1876 foi montado o primeiro aparato fotovoltaico resultado de estudos das

estruturas no estado sólido, e apenas em 1956 iniciou-se a produção industrial seguindo o desenvolvimento da microeletrônica.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas possibilitando vários projetos sociais, agropastoris, de irrigação e comunicações. As facilidades de um sistema fotovoltaico tais como: modularidade, baixos custos de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam de grande importância para instalações em lugares desprovidos da rede elétrica.

As células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo. (ver figura 10).

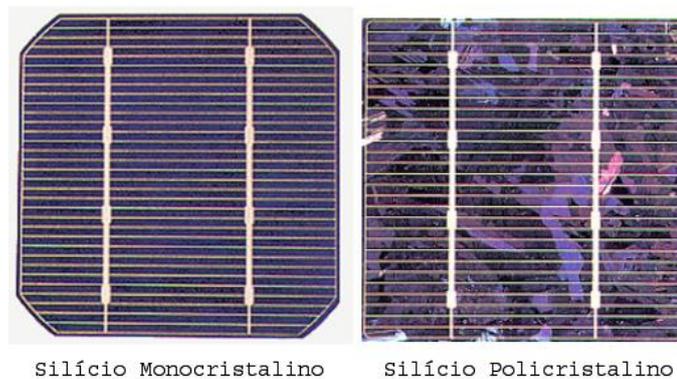


Figura 10: Célula Fotovoltaica  
Fonte: CRESESB. 2000. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)

Dentre as células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências. As fotocélulas comerciais obtidas com o processo descrito atingem uma eficiência de até 15% podendo chegar em 18% em células feitas em laboratórios.

### **Silício Monocristalino**

São historicamente as mais usadas e comercializadas como conversor direto de energia solar em eletricidade e a tecnologia para sua fabricação é um processo básico muito bem constituído.

A fabricação da célula de silício começa com a extração do cristal de dióxido de silício. Este material é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado.

Este processo atinge um grau de pureza em 98 e 99% o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético e custo. Este silício para funcionar como células fotovoltaicas necessitam de outros dispositivos semicondutores e de um grau de pureza maior devendo chegar à faixa de 99,9999%.

### **Silício Policristalino**

As células de silício policristalino são mais baratas que as de silício monocristalino por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso. A eficiência, no entanto, caem um pouco em comparação as células de silício monocristalino. Cada técnica produz cristais com características específicas, incluindo tamanho, morfologia e concentração de impurezas. Ao longo dos anos, o processo de fabricação tem alcançado eficiência máxima de 12,5% em escalas industriais.

### **Silício Amorfo**

Uma célula de silício amorfo difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização de silício amorfo para uso em fotocélulas tem mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Por apresentar uma absorção da radiação solar na faixa do visível e podendo ser fabricado mediante deposição de diversos tipos de substratos, o silício amorfo vem se mostrando uma forte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo. Mesmo apresentando um custo reduzido na produção, o uso de silício amorfo apresenta duas desvantagens: a primeira é a baixa eficiência de conversão comparada às células mono e policristalinas de silício; em segundo, as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil.

Por outro lado, o silício amorfo apresenta vantagens que compensam as deficiências acima citados, são elas:

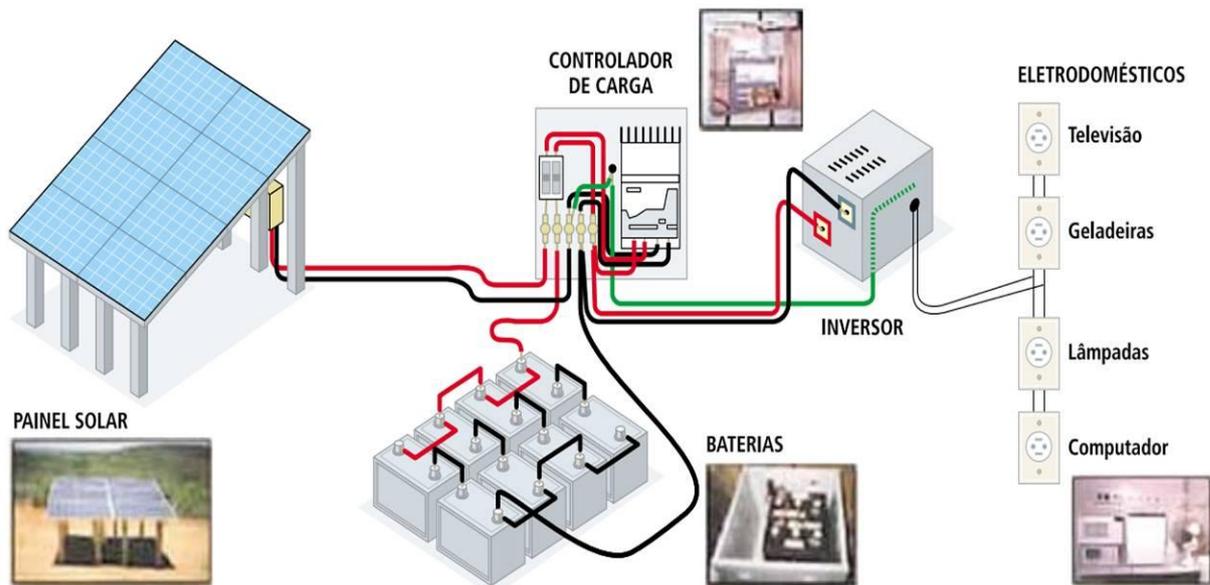
- Processo de fabricação relativamente simples e barato;
- Possibilidade de fabricação de células com grandes áreas;

- Baixo consumo de energia na produção.

Existem muitos pequenos projetos nacionais de geração fotovoltaica de energia elétrica, principalmente para o suprimento de eletricidade em comunidades rurais e/ou isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Esses projetos atuam basicamente com quatro tipos de sistemas:

- Bombeamento de água, para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura.
- Iluminação pública.
- Sistemas de uso coletivo, tais como eletrificação de escolas, postos de saúde e centros comunitários.
- Atendimento domiciliar. Entre outros, estão às estações de telefonia e monitoramento remoto, a eletrificação de cercas, a produção de gelo e a dessalinização de água.

Na figura 11, podemos ver um esquema do sistema de geração fotovoltaica.



**Figura 11:** Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica  
Fonte: CRESESB, 2000. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)

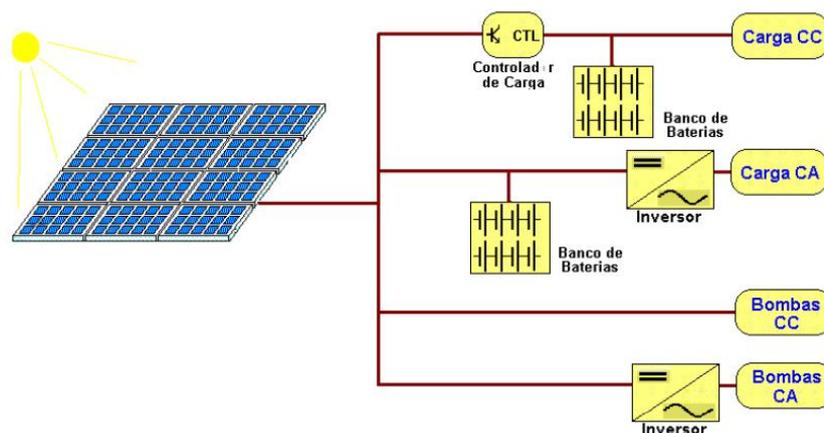
Sistemas fotovoltaicos são instalações destinadas a coletar a energia radiante do sol e transformá-la em energia elétrica. Podem ser classificados em três categorias distintas: sistemas isolados, híbridos e conectados a rede. Os sistemas obedecem a uma configuração básica onde o sistema deverá ter uma unidade de controle de potência e também uma unidade de armazenamento.

### **Sistemas Isolados**

Sistemas isolados, em geral, utilizam-se alguma forma de armazenamento de energia. Este armazenamento pode ser feito através de baterias, quando se deseja utilizar aparelhos elétricos ou armazena-se na forma de energia gravitacional quando se bombeia água para tanques em sistemas de abastecimento. Alguns sistemas isolados não necessitam de armazenamento, o que é o caso da irrigação onde toda a água bombeada é diretamente consumida ou estocadas em reservatórios. (ver figura 12).

Em sistemas que necessitam de armazenamento de energia em baterias, usa-se um dispositivo para controlar a carga e a descarga na bateria. O “controlador de carga” tem como principal função não deixar que haja danos na bateria por sobrecarga ou descarga profunda. O controlador de carga é usado em sistema pequena onde os aparelhos utilizados são de baixa tensão e corrente contínua (CC).

Para alimentação de equipamentos de corrente alternada (CA) é necessário um inversor. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. Este sistema é usado quando se deseja mais conforto na utilização de eletrodomésticos convencionais.



**Figura 12:** Sistema Isolado em função da carga utilizada  
 Fonte: CRESESB. 2000. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)

### Sistemas Híbridos

Sistemas híbridos são aqueles que, desconectado da rede convencional, apresenta várias fontes de geração de energia, como por exemplo, turbinas eólicas, geração diesel, módulos fotovoltaicos entre outras. A utilização de várias formas de geração de energia elétrica torna-se complexo na necessidade de otimização do uso das energias. É necessário um controle de todas as fontes para que haja máxima eficiência na entrega da energia para o usuário. (ver figura 13).



**Figura 13:** Sistema Híbrido  
 Fonte: CRESESB. 2000. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)

Em geral, os sistemas híbridos são empregados para sistemas de médio a grande porte vindo a atender um número maior de usuários. Por trabalhar com

cargas de corrente contínua, sistema híbrido também apresenta um inversor. Devido a grande complexidade de arranjos e multiplicidade de opções, a forma de otimização do sistema torna-se um estudo particular para cada caso.

### Sistemas Interligados à Rede

Estes sistemas utilizam grandes números de painéis fotovoltaicos, e não utilizam armazenamento de energia, pois toda a geração é entregue diretamente na rede. Este sistema representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual esta conectada. Todo o arranjo é conectado em inversores e logo em seguida guiado diretamente na rede. Estes inversores devem satisfazer as exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada. (ver esquema da figura 14).

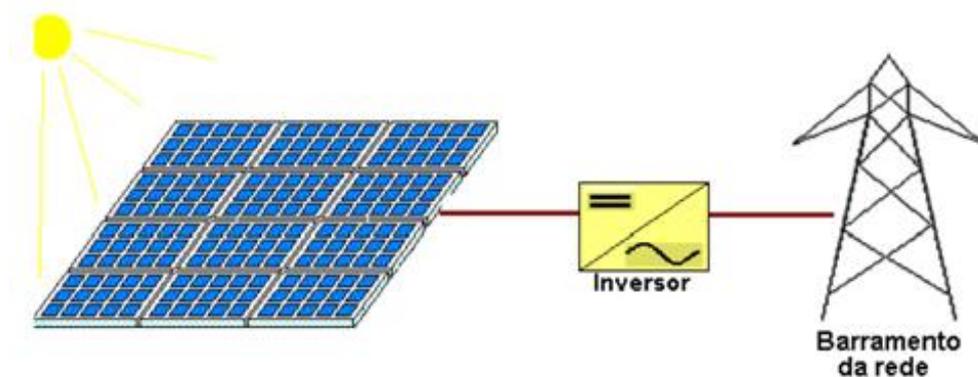
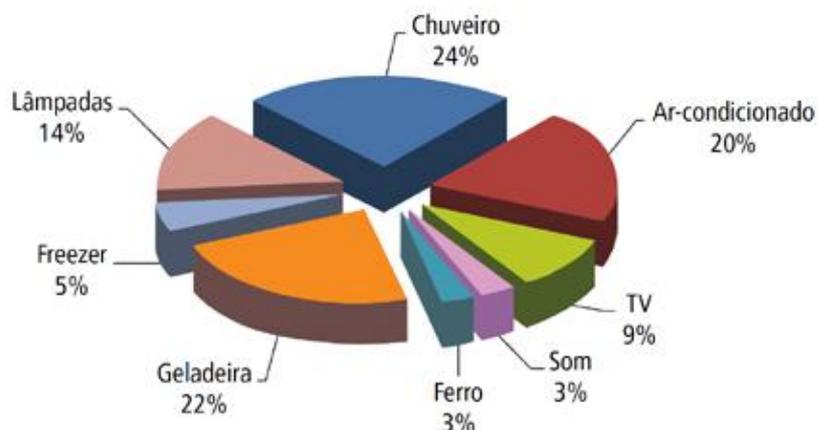


Figura 14: Sistema Conectado à Rede  
Fonte: CRESESB. 2000. Disponível em: [www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)

Hoje no Brasil a aplicação em maior escala da energia solar está no uso de aquecedor solar para substituir o chuveiro elétrico, mas mesmo assim a utilização ainda é pequena perto do potencial oferecido, devido ao custo do sistema de aquecimento ser elevado em comparação ao custo de um chuveiro, chegando a ser 15 vezes maior, levando em conta o seu preço estar na ordem de R\$20,00.

Segundo dados do PROCEL (2007), uma grande parcela da produção de energia do país é utilizada no aquecimento de água, com 24% do consumo doméstico, conforme figura 15 abaixo:



**Figura 15:** Participação dos eletrodomésticos no consumo de eletricidade das residências brasileiras referente a 2005 (ELETROBRAS; PROCEL, 2007).

#### 4.9.2. Aquecedor solar de Água

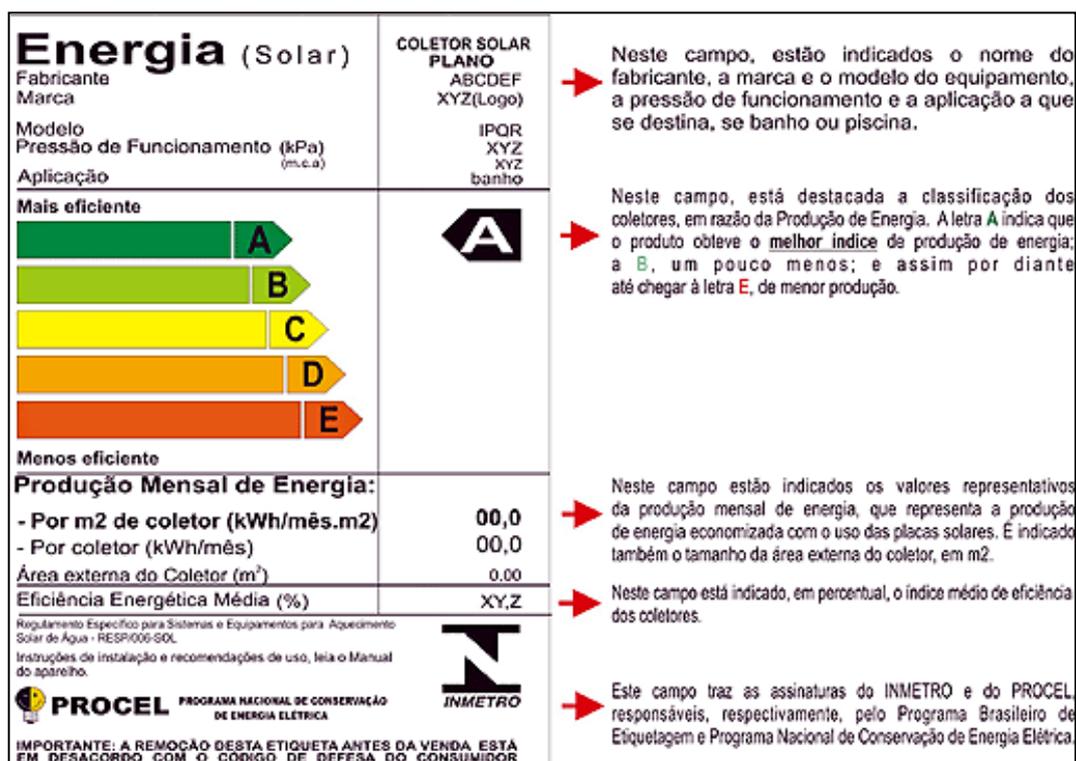
Os estudos sobre potências da energia solar no Brasil iniciaram-se ainda na década de 1950, porém, a instalação efetiva de coletores solares para aquecimento de água foi iniciada de forma incipiente a partir da década de 1970. O desenvolvimento de pesquisas estruturadas sobre a inserção e o desempenho de sistemas de aquecimento solar de água específico para residências no Brasil são relativamente recentes.

De acordo com Fantinelli (2006), uma das primeiras pesquisas realizadas, e cujos resultados foram publicados, teve início em 1989 com um convênio firmado entre a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e a Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, cujo objetivo era o desenvolvimento de um sistema em que o coletor solar fornecesse água pré-aquecida para a utilização de chuveiros de potência reduzida.

Os coletores solares, reservatórios térmicos e sistemas acoplados têm o seu desempenho energético e térmico avaliado e normalizado pelo INMETRO no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem - PEB.

Fazem parte do PBE programas de Avaliação da Conformidade que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação da Energia para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito à sua eficiência energética.

A Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia - ENCE tem por objetivo informar ao consumidor o consumo de energia elétrica e a eficiência de produtos comercializados no País. Para o caso específico do desempenho energético de coletores solares, as etiquetas informam a produção média mensal de energia específica por metro quadrado de área do coletor (KWh/mês.m²). Para os reservatórios térmicos a principal informação disponibilizada é a perda específica de energia mensal (KWh/mês/litro). A classificação da eficiência dos produtos é feita através de uma escala de “A”, mais eficiente, a “E”, menos eficiente. A figura 16 exemplifica o modelo de etiquetagem para um coletor solar para aplicação no banho. Com isso o consumidor pode comparar qual produto consome menos energia. Na etiqueta, o consumidor também poderá encontrar outras informações como marca e modelo, valor do consumo de energia ou do rendimento energético (%), e algumas especificações técnicas que poderão variar segundo o tipo do produto.

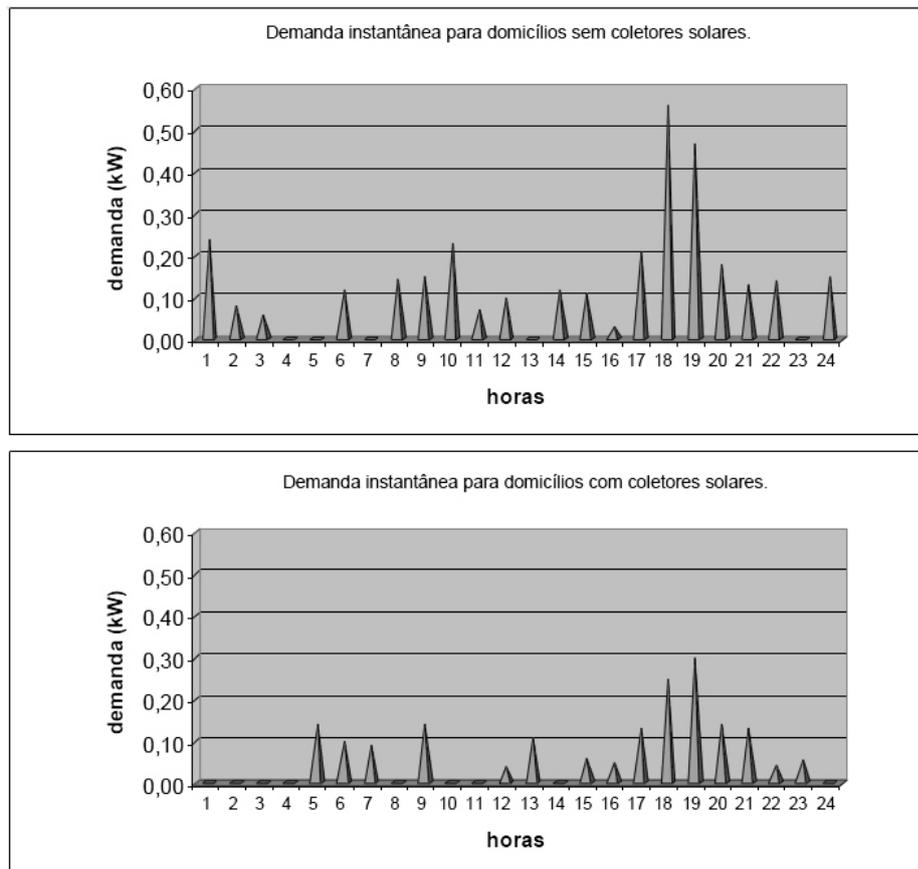


**Figura 16:** Exemplo de Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia - ENCE  
 Fonte: INMETRO. Disponível em: [www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp)

Segundo os resultados dos ensaios realizados pelo GREEN solar em julho de 2009 e editados na tabela disponível no site do INMETRO, na qual foram

analisados 215 modelos de coletores solares, sendo, 139 modelos para aquecimento de água para banho, 2 modelos de coletores acoplados e 74 modelos de aquecedores de água para piscinas. Os coletores solares utilizados para aquecimento de água para banho tem que apresentar Produção de Energia Mensal Específica em  $m^2$  superior a  $77KWh/mês.m^2$ , e uma eficiência energética superior a 54,8%, para terem direito à classificação “A”. Os modelos mais eficientes do mercado apresentam uma Produção de Energia Mensal Específica em  $m^2$  de  $88,6KWh/mês.m^2$ , e uma eficiência energética equivalente a 62,4%. Os coletores solares para aquecimento de água para banho classificados como “A” somam 87 modelos, equivalentes a 62,6% do total.

De acordo com a pesquisa desenvolvida por Colle (2004) sobre eficiência dos aquecedores solares de água os domicílios que possuem aquecedores solares correspondem aproximadamente à metade da energia consumida pelos domicílios que não possuem aquecedores solares. Na figura 17 tem se um gráfico comparativo de consumo dos sistemas analisados.



**Figura 17:** Demanda instantânea para domicílios.  
Fonte: Colle, 2004.

Os equipamentos destinados a coletar o calor solar para aquecimento de água são bastante simples sob o aspecto construtivo como podemos na figura 18.

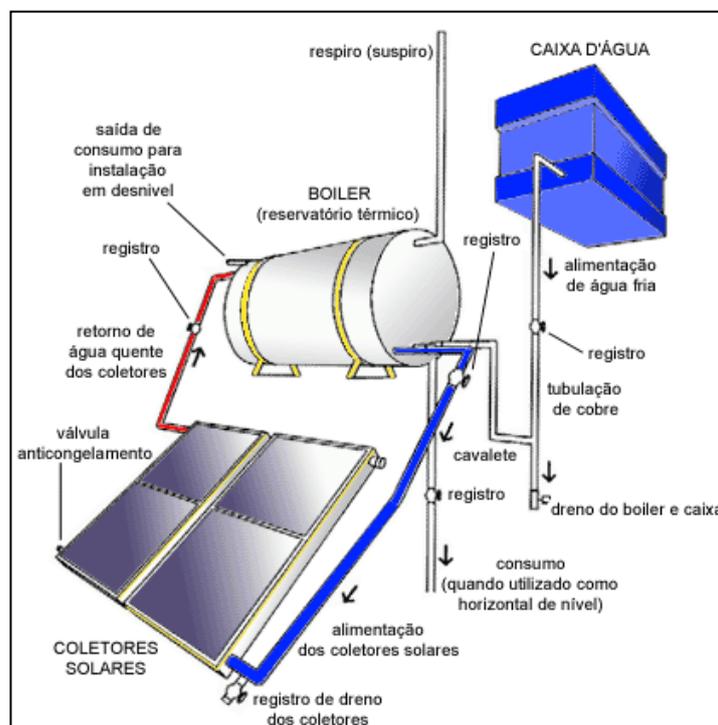


Figura 18: Aquecedor solar de água.  
Fonte: Disponível em: [www.soletrol.com.br](http://www.soletrol.com.br).

O aquecimento da água para ser aproveitada nas residências é feito com uma caixa semelhante a uma estufa, coberta com vidro. A radiação solar incide na parte transparente do coletor. Parte dessa radiação atinge a chapa de alumínio pintada de preto no interior da caixa. A pintura preta aumenta a absorção da energia incidente. A placa coletora deverá ser voltada para o norte (nos países do hemisfério sul) ou para o sul, (quando no hemisfério norte) e com uma inclinação em relação à horizontal equivalente à latitude do local em graus, para melhor aproveitamento da radiação, fixada à placa de alumínio encontra-se a tubulação de água e, pelo processo de condução, parte do aquecimento da placa é transmitido para a água. Uma vez aquecida, a água na tubulação fica menos densa e sobe de volta para o reservatório. Ao mesmo tempo, a água mais fria desce da parte inferior do reservatório. A água quente, pronta para o consumo, é retirada da parte superior do reservatório, e uma nova quantidade de água é introduzida na parte inferior.

#### 4.9.3. Aproveitamento e Reuso de Águas Pluviais

A tecnologia de captação de água da chuva é baseada em um método sustentável para captação e aproveitamento da água que cai em superfícies impermeáveis, como lajes, telhados e pisos das edificações, como casas, prédios residenciais, comerciais entre outros. O sistema consiste em recolher, filtrar, armazenar e disponibilizar esta água para uso em área externa ou interna, de acordo com as recomendações da Norma 15527 da ABNT.

Segundo a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), Norma 15527, esse reservatório não deve ser usado para fins potáveis, como beber, banho ou alimentação, mas pode ser usado:

- Em áreas urbanas: banheiro (descarga de vasos sanitários); regas de hortas e jardins; lavagem de pisos, quintais e automóveis.
- Em áreas rurais: além dos mesmos fins do ambiente urbano, destina-se a irrigação de plantações, lavagem de criatórios de animais e bebedouro.
- Em áreas industriais: além dos usos semelhantes a edificações em ambiente urbano, recomenda-se para resfriamento de caldeira e extrusoras, lavagem de peças, dentre outras aplicações.

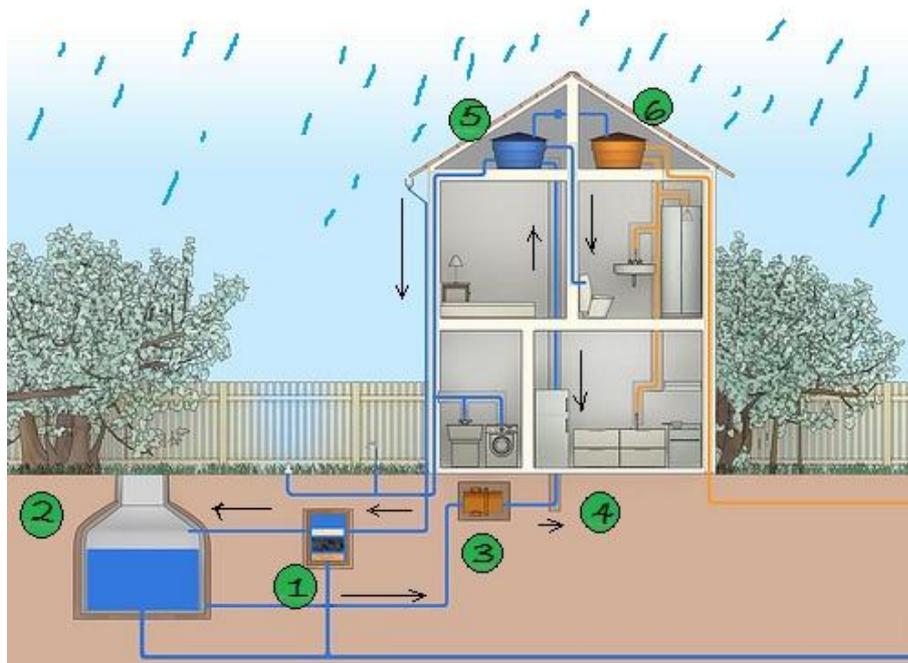
Segundo o Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - PROSAB, em sua pesquisa publicada no manual uso racional de água e energia volume 5, o consumo de água residencial inclui tanto o uso interno quanto o uso externo as residências. As atividades de limpeza e higiene são as principais responsáveis pelo uso interno, enquanto o externo deve-se a irrigação de jardins, lavagem de áreas externas, lavagem de veículos e piscinas, entre outros. Estudos realizados no Brasil e no exterior mostram que dentro de uma residência o maior consumo de água concentra-se na descarga dos vasos sanitários, na lavagem de roupas e nos banhos. Em média, 40% do total de água consumida em uma residência são destinados aos usos não potáveis.

Para efetivar o aproveitamento da água da chuva e desfrutar de seus benefícios, é necessário que se projete adequadamente levando-se em conta:

- Estudo de viabilidade da implantação do sistema para cada demanda;
- Os índices pluviométricos da região e compará-los com o consumo ou a estimativa do consumo do proprietário do imóvel;
- Sistema de coleta da água de chuva que cai no telhado;
- O armazenamento da água de chuva em tanques e reservatórios;
- O abastecimento da água de chuva aos seus locais de uso;
- A drenagem da água de chuva em caso de chuvas intensas.

Visando que essa água não é potável deve-se limitar o uso dela em atividades que não necessitem de água nesse estado. O sistema de captação da água da chuva não deve ser misturado com a água potável a fim de se evitar a contaminação e a primeira água que cai no telhado deve ser descartada, pois apresenta um grau de contaminação bastante elevado. Além disso, a água da chuva deve ser constantemente monitorada para se ter a certeza de que o manuseio da mesma seja seguro para o usuário.

A figura 19 mostra um esquema de como funciona o sistema de captação da água da chuva.



**Figura 19:** Sistema de captação de água de chuva.  
 Fonte: Disponível em: <http://maesso.wordpress.com>

- 1- Filtro bruto: retém as partículas maiores.
- 2- Reservatório.
- 3- Bomba.
- 4- Filtro fino: retém as impurezas menores.
- 5- Caixa-d'água específica para armazenamento de água da chuva.
- 6- Caixa-d'água comum.

### **Alguns Benefícios**

- Permite aproveitar um recurso disponível, que contribui para economizar na conta da água, além de servir como reserva em épocas de seca ou de falta d'água.
- Contribui para reduzir a necessidade de água para fins não-potáveis dentro da edificação (regas de jardins, lavagem de automóveis, descarga de vasos sanitários).
- Contribui para reduzir enchentes nas grandes cidades, que têm o solo impermeabilizado pelo asfalto.
- Educa ambientalmente quem tem contato com o sistema.

A título de exemplo podemos ver nas tabelas 5, 6 e 7 alguns dados comparativos de consumo de água elaboradas pela Companhia de Saneamento Básico de São Paulo – SABESP. De acordo com a Tabela 1 pode-se observar o consumo de água mensal numa residência com cinco moradores que é de aproximadamente 29.000 litros de água. De acordo com as tarifas da SABESP, a conta de água dessa residência será de aproximadamente R\$50,00. Podem-se observar na Tabela 2 os gastos mensais com a conta de água sem o sistema de tratamento de água de chuva e em seguida na Tabela 3 é possível observar a redução de custos após a implantação do sistema de captação de água de chuva para armazenamento de 10.000 litros de água, a redução é de quase R\$ 30,00. O custo de implantação do sistema de captação de água de chuva para armazenamento de 1.000 litros de água varia de R\$ 1800,00 a R\$ 2000,00, ou seja, com a redução dos gastos em R\$ 30,00 o retorno do investimento será de até cinco anos.

**Tabela 5:** Estimativa de consumo de água – casa com 5 moradores

Local	Serviço	Consumo Diário (Litros por dia)	Consumo Mensal (Litros por mês)
Quintal	Limpeza com água	20	80
Cozinha	Lavagem de louça	15	750
Banheiro	Lavagem das mãos	5	1.250
Banheiro	Banho	120	18.000
Banheiro	Sanitário	50	7.500
Lavanderia	Lavagem usando a pia	80	640
Lavanderia	Lavagem na máquina	100	800
TOTAL		390	29.020

Fonte: SABESP, 2010.

**Tabela 6:** Gastos mensais – Sem o sistema de captação

Faixas de Consumo (Litros)	Valor (R\$)	Consumo (Litros)	Valor Pago (R\$)
De 0 a 10.000	0,48	10.000	4,8
De 10.000 a 15.000	0,83	5.000	4,15
De 15.000 a 30.000	2,93	14.000	41,02
Valor Total			49,97

Fonte: SABESP, 2010.

**Tabela 7:** Gastos mensais – Com o sistema de captação para 10.000 litros

Faixas de Consumo (Litros)	Valor (R\$)	Consumo (Litros)	Valor Pago (R\$)
De 0 a 10.000	0,48	10.000	4,8
De 10.000 a 15.000	0,83	5.000	4,15
De 15.000 a 30.000	2,93	4.000	11,72
Valor Total			20,67

Fonte: SABESP, 2010.

Após a realização de pesquisas sobre o sistema de captação de água de chuva e a comprovação de bons resultados através das tabelas, fica concluído que: o sistema de captação de água de chuva é viável. Esta tecnologia também pode ser implantada em edifícios de grande porte. Em São Paulo, existem iniciativas de lei que obrigam edifícios acima de 500 m<sup>2</sup> a coletarem a água da chuva, justamente para diminuir a quantidade de água que é jogada nas ruas da cidade.

Em condomínios, a água de chuva armazenada significa uma expressiva economia no gasto de água nas áreas comuns. Ela pode ser utilizada para

lavagem das calçadas, do playground, de carros, na irrigação dos canteiros e jardins, na reserva para casos de incêndio e até mesmo em banheiros das áreas comuns.

#### 4.9.4. Conforto Térmico das Edificações

O desempenho energético adequado pode ser obtido através de uma arquitetura projetada adequadamente, na qual se devem respeitar as condições climáticas de cada local, além das demais necessidades dos seus usuários e os requisitos ambientais. A forma e a função não são mais os únicos objetivos de uma edificação. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004, p. 51), o projeto eficiente sob o ponto de vista energético deve garantir uma perfeita interação entre o homem e o meio em todas as escalas da cidade: global, regional e local. Além desses parâmetros podemos citar como balizadores para a compreensão e aplicabilidade de estratégias de conforto térmico a NBR 15220/2005 - Desempenho térmico de edificações - que apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Esta norma foi adaptada a partir de uma Carta Bioclimática sugerida por Givoni em 1976 e revisada em 1992 com objetivo de selecionar uma metodologia bioclimática a ser adotada em países em desenvolvimento sendo assim mais adequado às condições brasileiras.

A norma foi dividida em cinco partes:

Parte 1: Definições, símbolos e unidades;

Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;

Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;

Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.

As condições climáticas de cada região fornecem os subsídios para as decisões sobre a forma arquitetônica a ser projetada, os materiais utilizados e a distribuição funcional dos espaços em relação à orientação solar mais favorável para cada ambiente. As estratégias são utilizadas para minimizar o uso de recursos artificiais, diminuindo gastos com a conta de energia elétrica, tanto nas edificações residenciais, como nas comerciais e industriais. Entretanto, algumas das principais soluções para diminuir os gastos energéticos das edificações podem ser empregadas ainda na fase de planejamento do empreendimento imobiliário, por meio da adequação climática da forma, da função e dos materiais utilizados.

As variações climáticas afetam o desempenho térmico do edifício. Os ganhos e perdas de calor da edificação também dependem de algumas variáveis arquitetônicas. Segundo (MASCARÓ, 1991; LAMBERTS, 2004) alguns elementos arquitetônicos podem exercer grande influência térmica nas edificações:

- As características dos materiais das fachadas externas (expostas às condições climáticas);
- A cor utilizada nas fachadas externas;
- A orientação solar;
- A forma e a altura da edificação devem respeitar a orientação solar mais favorável ao local;
- A orientação e o tamanho das vedações transparentes;
- As características do entorno da edificação;
- A orientação em relação à ventilação;
- O desempenho das aberturas, quanto às possibilidades de iluminação natural, bem como suas devidas proteções à insolação inadequada;
- A localização estratégica dos condicionadores de ar artificiais.

Cada região tem estratégias específicas para as soluções arquitetônicas a serem adotadas nas edificações, já que as cidades brasileiras apresentam características climáticas bem diferenciadas entre elas.

Em relação às estratégias para ventilação Lamberts, Dutra e Pereira (2004) sugere como soluções arquitetônicas:

- Ventilação da Cobertura;
- Promover a ventilação cruzada - o ar quente tende a subir, por isso a abertura de entrada de ar deve estar situada mais baixa que a de saída;
- As aberturas de entrada de ar devem ser localizadas nas zonas dos ventos predominantes favoráveis;

Prover conforto térmico ao usuário para que ele possa desempenhar plenamente suas atividades é uma condição inerente à boa arquitetura, independente do tipo de construção ou do local onde se situa.

#### 4.9.4.1. Bioclimatologia Aplicada à Arquitetura

Arquitetura Bioclimática é o estudo que visa harmonizar as construções ao clima e características locais, pensando no homem que habitará ou trabalhará nelas, e tirando partido da energia solar, através de correntes convectivas naturais e de microclimas criados por vegetação apropriada. É a adoção de soluções arquitetônicas e urbanísticas adaptadas às condições específicas (clima e hábitos de consumo) de cada lugar, utilizando, para isso, a energia que pode ser diretamente obtida das condições locais.

A NBR 15220/2005 adaptou-se uma Carta Bioclimática a partir da carta sugerida por Givoni em 1976. A carta é construída sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo-se os valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, o projetista poderá ter indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício. Os dados de temperatura e

umidade relativa do ar exterior podem ser plotados diretamente sobre a carta, onde são identificadas nove zonas de atuação. (ver figura 20).

- |  |   |
|--|---|
| 1. Zona de conforto                        | 6. Zona de umidificação                   |
| 2. Zona de ventilação                      | 7. Zona de massa térmica para aquecimento |
| 3. Zona de resfriamento evaporativo        | 8. Zona de aquecimento solar passivo      |
| 4. Zona de massa térmica para resfriamento | 9. Zona de aquecimento artificial         |
| 5. Zona de ar-condicionado                 |   |

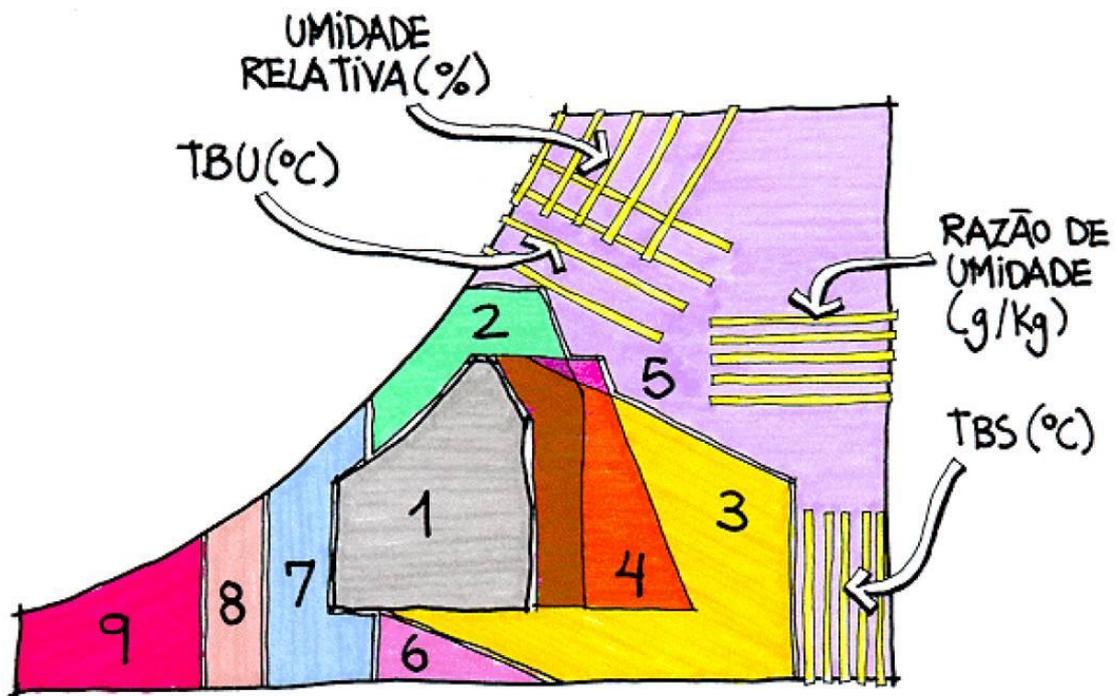


Figura 20: Carta bioclimática de Givoni.  
Fonte: LAMBERTS, 2004.

### 1. Zona de conforto

Zona com grande probabilidade de sensação de conforto térmico no interior do ambiente.

20% a 80% de umidade relativa

18°C a 29°C de temperatura

## **2. Zona de ventilação**

Se a temperatura ultrapassa 29°C e a umidade for superior a 80%, a ventilação pode melhorar a sensação térmica. A partir dos 32°C a ventilação passa a não ser mais uma estratégia adequada. Para que esta estratégia seja bem sucedida ambientes interiores devem ser amplos evitando barreiras que evitem a distribuição do ar. É conveniente utilizar a ventilação noturna, evitando a entrada de calor na construção durante o dia, e aproveitando o ar fresco da noite.

Estratégias:

- Ventilação de cobertura;
- Ventilação Cruzada;
- Ventilação sob a casa;
- Captadores de vento;

## **3. Zona de resfriamento evaporativo**

A evaporação da água diminui a temperatura e aumenta a umidade relativa do ar. Requer boa taxa de ventilação nos ambientes internos.

Estratégias:

- Evaporação Vegetal;
- Fontes de água;
- Qualquer recurso que gere evaporação de água;

## **4. Zona de massa térmica para resfriamento**

Uso da inércia térmica de uma construção para controlar a amplitude térmica do ambiente.

Estratégias:

- Aproveitar o calor armazenado na estrutura durante o dia, para ser devolvido durante a noite quando as temperaturas são mais amenas;
- Aproveitar o esfriamento noturno para deixar o ambiente mais fresco durante o dia;

## **5. Ar Condicionado**

Uso de climatização artificial com ar condicionado em regiões onde o clima é severo, ocasionando temperaturas e umidade que inviabilizam qualquer sistema passivo de resfriamento.

Pode ser aplicado junto com estratégias de resfriamento passivo a fim de economizar energia.

## **6. Zona de umidificação**

Em situações que a temperatura é inferior a 27°C e a umidade muito baixa, é possível que haja desconforto térmico. Desconforto devido à secura do ar.

Estratégias:

- Devem-se utilizar fontes de água para melhorar a umidade do ar, mesmo que isso desfavoreça o aquecimento;
- Presença de Vegetais;
- Hermeticidade das aberturas;

## **7. Massa térmica com aquecimento solar**

Na região situada entre 14°C e 20°C, pode ser utilizar duas estratégias:

Com ganho térmico: Armazena o calor do sol que fica retido nas paredes da edificação.

Com isolamento térmico: evitasse perda de calor pro meio externo, podendo aproveitar de produção interna de calor.

## **8. Aquecimento solar passivo**

Na região situada entre 10,5°C e 14°C aconselha-se o uso de aquecimento solar passivo e isolamento térmico mais rigoroso.

Estratégias:

- Superfícies envidraçadas orientadas ao sol;
- Aberturas reduzidas nas orientações menos favoráveis;

- Adequada orientação, cor e aberturas zenitais controláveis;
- Aproveitamento máximo do sol no inverno;

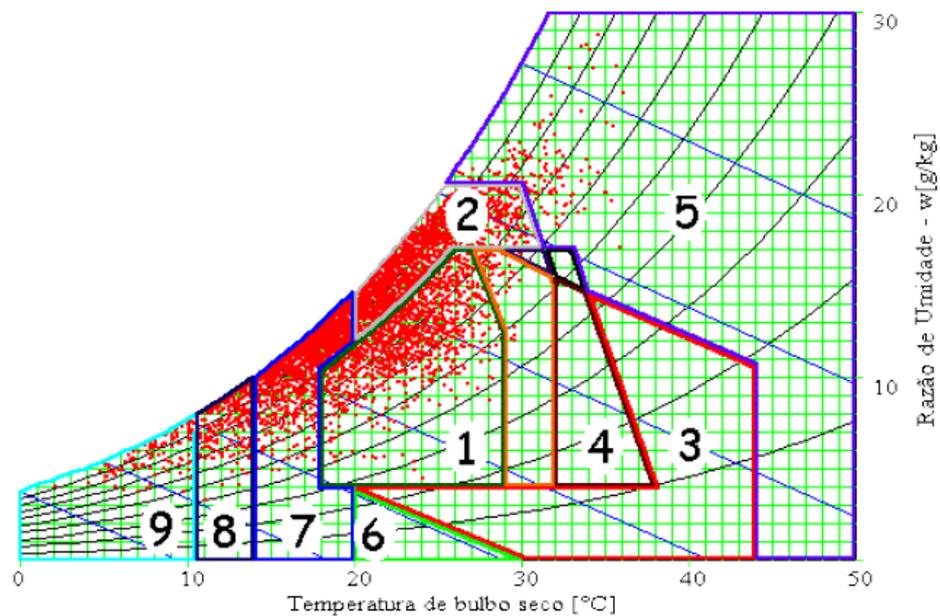
## **9. Aquecimento artificial**

Locais muito frios, temperaturas inferiores a 10,5° faz-se necessário o uso de aquecimento artificial. O uso simultâneo de estratégias de aquecimento pode simbolizar economia de energia despendida no aquecedor artificial.

Com o zoneamento bioclimático pode se ter uma visão panorâmica sobre o clima brasileiro, porém não é suficiente para aplicação de estratégias bioclimáticas em projetos para uma determinada localidade, é necessário fazer a análise bioclimática do local a partir dos dados climáticos disponíveis. O ideal é utilizar o Ano Climático de Referência (TRY), que possui valores horários. Caso não se disponha do TRY, pode-se também usar normais climatológicas, que possuem valores médios para várias localidades do Brasil. Para visualizar essas indicações de forma prática têm-se duas metodologias. A metodologia utilizada por LAMBERTS, (2004) através da (TRY) da carta de Givoni e a metodologia das normais climatológicas exemplificadas na norma NBR 15220/2005.

Na TRY cada ponto representa uma época e hora do ano e o percentual é obtido através de quantidade de pontos em uma determinada área. (ver figura 24).

Nas normais climatológicas os dados são representados por linhas retas e o percentual de cada estratégia bioclimática é encontrado pela medição linear das retas. (ver figura 21).



**Figura 21:** Estudo da carta bioclimática da cidade de Florianópolis utilizando a metodologia TRY de Givoni.  
 Fonte: LAMBERTS, 2004.

A carta bioclimática para Florianópolis possui pontos que representam as horas do ano distribuídas na forma de uma mancha alongada entre as zonas de aquecimento artificial e ar condicionado. Há conforto térmico em 20,8% das horas do ano. As estratégias mais adequadas para os períodos de desconforto (79,1% das horas do ano) são:

**Zona 2** - Ventilação com 35%;

**Zona 7** - Massa térmica para aquecimento e aquecimento térmico com 35,4%.

Abaixo na tabela 8 está relacionado o quadro geral de estratégias a ser adotado para a cidade de Florianópolis.

**Tabela 8:** Estratégias bioclimáticas para Florianópolis (%)

CONFORTO				20,8
DESCONFORTO	Calor	V	35,5	38,3
		RE	0	
		MR	0	
		AC	1,7	
		U	0	
		V, MR	0	
	Frio	V, MR, RE	0,9	40,7
		MR, RE	0	
		MA, AS	35,4	
		AS	3,8	
	AA	1,5		

Fonte: LAMBERTS, 2004.

( V ) Zona de ventilação

( RE ) Zona de resfriamento evaporativo

( MR ) Zona de massa térmica para resfriamento

( AC ) Zona de ar-condicionado

( U ) Zona de umidificação

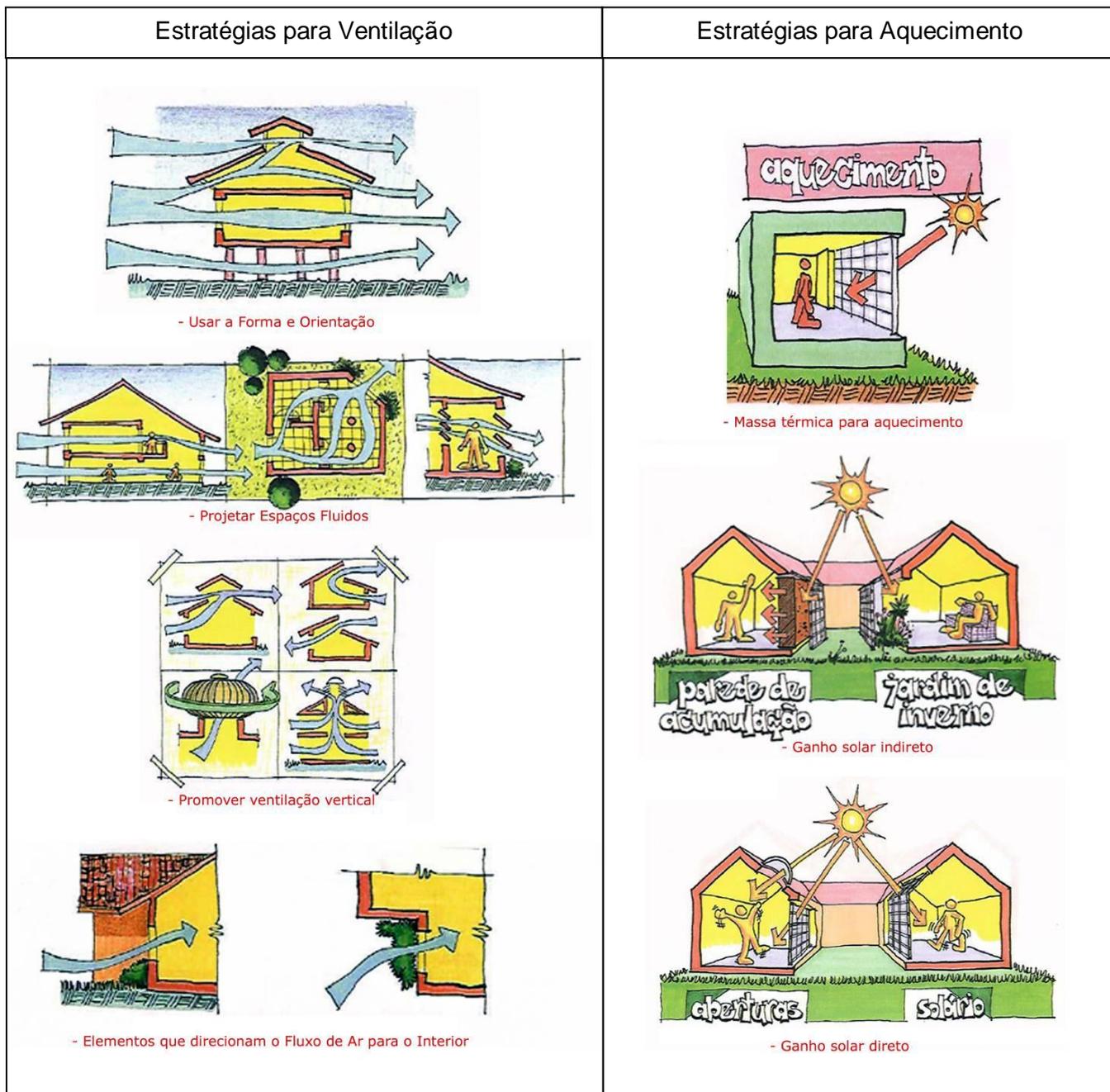
( MA ) Zona de massa térmica para aquecimento

( AS ) Zona de aquecimento solar passivo

( AA ) Zona de aquecimento artificial

Através desses dados têm-se a necessidade de ventilação nos períodos quentes e de massa térmica e aquecimento solar nos períodos frios. Deve explorar o máximo possível da ventilação nos períodos de calor, proporcionando aberturas amplas e sombreadas e incluindo soluções de projeto como a possibilidade de ventilação cruzada. O uso de massa térmica para aquecimento traz a necessidade de instalar as aberturas de forma a usufruir o sol nos períodos frios, com a incorporação de isolamento térmico para evitar perdas de calor à noite.

Segundo LAMBERTS (2004) várias estratégias para ventilação e aquecimento de ambientes podem ser usadas, conforme ilustrado na figura 22.



**Figura 22:** Estratégias bioclimáticas para condicionamento térmico.  
 Fonte: LAMBERTS, 2004.

#### 4.9.4.2. Extratos da NBR 15220/2005

Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;

A avaliação de desempenho térmico de uma edificação pode ser feita tanto na fase de projeto, quanto após a construção.

Em relação à edificação construída, a avaliação pode ser feita através de medições in-loco de variáveis representativas do desempenho, enquanto que na fase de projeto esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

Esta parte da NBR apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo em que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixado.

Propôs-se, então, a divisão do território brasileiro em oito zonas, relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que otimizam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática, conforme figura 23.

Esta parte da NBR estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas, sem caráter normativo, para adequação climática de habitações unifamiliares de interesse social, com até três pavimentos.

Para caracterização e delimitação de cada zona, foram observados os seguintes dados:

- a) Médias mensais das temperaturas máximas e mínimas;
- b) Médias mensais das umidades relativas do ar.
- c) Dados das Normais Climatológicas medidos desde 1961 a 1990 em 206 cidades e outras fontes medidas desde 1931 a 1960 em 124 cidades;
- e) Carta Bioclimática de Givoni.

Para a formulação das diretrizes construtivas - para cada Zona Bioclimática Brasileira - e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo foram considerados os parâmetros e condições de contorno seguintes:

- a) tamanho das aberturas para ventilação;
- b) proteção das aberturas;
- c) vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- d) estratégias de condicionamento térmico passivo.

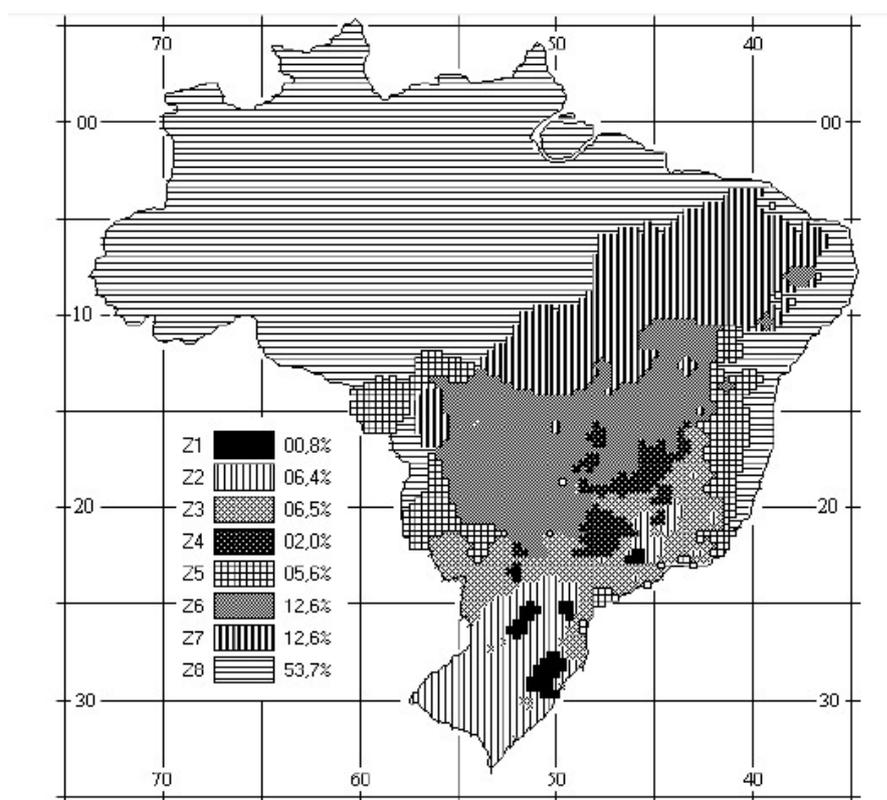


Figura 23: O Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15220/2005).

Para exemplificar a metodologia adotada na norma de desempenho térmico de edificações NBR 15220/2005 foi escolhida a carta bioclimática da cidade de Florianópolis, pois está inserida na mesma que a cidade de Belo Horizonte, onde se desenvolve o programa de urbanização “Vila Viva” da Prefeitura de Belo Horizonte. Ambas as cidades estão inseridas e classificadas na zona bioclimática 3. (ver figura 24).

A figura 24 apresenta um segmento do anexo A da norma onde os climas foram classificados. A primeira coluna (UF) indica a Unidade Federativa a que a

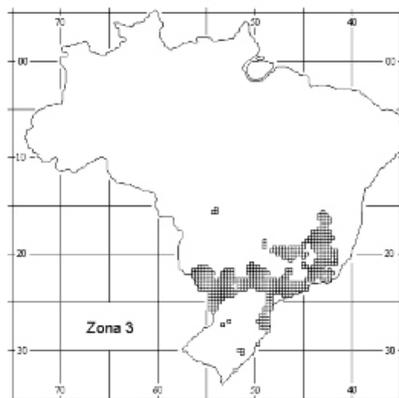
cidade pertence e a quarta coluna (Zona) indica a Zona Bioclimática na qual a cidade está inserida. Os estados e as cidades são apresentados em ordem alfabética. A terceira coluna apresenta as estratégias bioclimáticas recomendadas, de acordo com a metodologia utilizada.

UF	Cidade	Estrat.	Zona
MG	BambuÍ	BCFIJ	3
MG	Barbacena	BCFI	3
MG	Belo Horizonte	BCFI	3
MG	Caparaó	ABCFI	2
MG	Capinópolis	CFIJ	5
SC	Araranguá	ABCFI	2
SC	Camboriu	BCFIJ	3
SC	Chapecó	BCFI	3
SC	Florianópolis	BCFIJ	3
SC	Indaial	BCFIJ	3

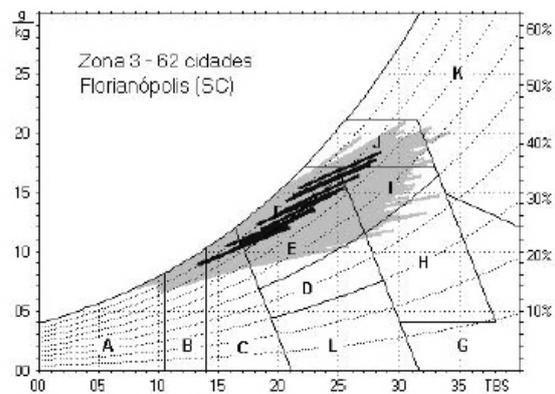
Figura 24: Classificação das cidades quanto ao zoneamento (NBR 15220/2005).

Estudo da carta bioclimática da cidade de Florianópolis utilizando a metodologia das normais climatológicas. Diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 3.

Na zona bioclimática 3 (ver figuras 25a e 25b) devem ser atendidas as diretrizes apresentadas nas tabelas 9, 10 e 11).



a) Zona Bioclimática.



b) Carta Bioclimática normais climatológicas da cidade de Florianópolis, SC.

Figura 25: Estudo da carta bioclimática da cidade de Florianópolis, SC. (NBR 15220/2005).

Tabela 9: Aberturas para ventilação e sombreamento para a Zona Bioclimática 3

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: NBR 15220/2005.

**Tabela 10:** Tipo de vedações externas para a Zona Bioclimática 3

Vedações externas
Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220/2005.

**Tabela 11:** Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 3

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)
Nota: Os códigos J, B e C são os mesmos adotados na metodologia utilizada para definir o Zoneamento Bioclimático do Brasil (ver anexo B).	

Fonte: NBR 15220/2005.

A partir do estudo da carta bioclimática ilustrado na figura 29, pode-se concluir que para a cidade de Florianópolis e Belo Horizonte poderia utilizar de estratégias de condicionamento térmico BCJ. (ver tabela 12). Para as diretrizes e recomendações construtivas. (ver tabela 13a e 13b).

**Tabela 12:** Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico

Estratégia	Detalhamento
A	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
D	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
E	Caracteriza a zona de conforto térmico.
F	As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.
G e H	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
H e I	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.
K	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.
L	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

Fonte: (NBR 15220/2005).

As tabelas 13a e 13b apresentam as Recomendações e Diretrizes construtivas para adequação da edificação ao clima local conforme a norma NBR 15220/2005.

A tabela 13a apresenta diretrizes construtivas relativas às aberturas para a ventilação e a tabela 13b, diretrizes construtivas relativas à transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para paredes externas e coberturas.

Tabela 13: Diretrizes Construtivas

a) Aberturas para ventilação

Aberturas para ventilação	A (em % da área de piso)
Pequenas	10% < A < 15%
Médias	15% < A < 25%
Grandes	A > 40%

Fonte: (NBR 15220/2005).

b) Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m <sup>2</sup> .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS <sub>o</sub> %
Paredes	Leve	U ≤ 3,00	φ ≤ 4,3	FS <sub>o</sub> ≤ 5,0
	Leve refletora	U ≤ 3,60	φ ≤ 4,3	FS <sub>o</sub> ≤ 4,0
	Pesada	U ≤ 2,20	φ ≥ 6,5	FS <sub>o</sub> ≤ 3,5
Coberturas	Leve isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FS <sub>o</sub> ≤ 6,5
	Leve refletora	U ≤ 2,30.FT	φ ≤ 3,3	FS <sub>o</sub> ≤ 6,5
	Pesada	U ≤ 2,00	φ ≥ 6,5	FS <sub>o</sub> ≤ 6,5

NOTAS  
1 Transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (ver 02:135.07-001/2)  
2 Aberturas efetivas para ventilação são dadas em percentagem da área de piso em ambientes de longa permanência (cozinha, dormitório, sala de estar).  
3 No caso de coberturas (este termo deve ser entendido como o conjunto telhado mais ático mais forro), a transmitância térmica deve ser verificada para fluxo descendente.  
4 O termo "ático" refere-se à câmara de ar existente entre o telhado e o forro.

Fonte: (NBR 15220/2005).

**Transmitância térmica (U)** é uma propriedade dos componentes construtivos relacionada à permissão da passagem de energia, medida em W/m<sup>2</sup>K. Está relacionada à espessura do componente e à condutividade térmica dos seus materiais constituintes, e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de energia por unidade de área e de diferença de temperatura.

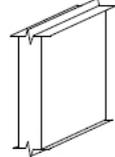
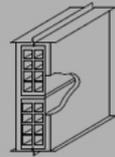
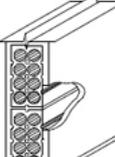
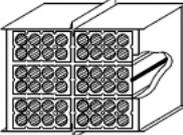
**Atraso térmico ( $\phi$ )** indica o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio, e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo. Por exemplo: o tempo transcorrido entre o pico de temperatura máxima do ar externo e a temperatura máxima do ar em um ambiente interno.

**Fator Solar ( $FS_0$ )** é um importante conceito para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação. Expressa uma relação entre a radiação solar incidente sobre a superfície da envoltória, e a quantidade dessa energia que passa ao interior da edificação.

**Capacidade térmica ( $Ct$ )** é uma propriedade dos componentes construtivos que indica a quantidade de calor necessária para elevar sua temperatura em uma unidade, por cada unidade de área. Quanto maior a capacidade térmica dos componentes de uma edificação (paredes e cobertura), maior sua inércia térmica e, por conseguinte, maior o amortecimento dos picos de temperatura internos em relação aos valores correspondentes no ambiente externo.

De acordo com as especificações da norma e os dados apresentados para cada componente. A tabela 14 traz um recorte da tabela D.3 da norma referente a algumas paredes e a tabela 15 para algumas coberturas com suas respectivas Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico.

**Tabela 14:** Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas paredes

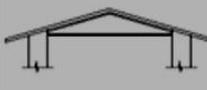
Parede	Descrição	U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m <sup>2</sup> .K)]	φ [horas]
	Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 5,0 cm	5,04	120	1,3
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 9,0x19,0x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 14,0 cm	2,49	158	3,3
	Parede de tijolos de 8 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0 cm	2,24	167	3,7
	Parede de blocos cerâmicos de 2 furos Dimensões do bloco: 14,0x29,5x19,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 19,0 cm	2,45	203	4,0
	Parede dupla de tijolos de 8 furos circulares, assentados na maior dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x20,0x20,0 cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 46,0 cm	0,98	368	10,8

Fonte: NBR 15220/2005.

Nota-se que, para componente parede:

- 1) Parede de concreto maciço: Inadequada ( $U > 3,60$ ) ( $\phi < 4,3$ ).
- 2) Parede de tijolos de 8 furos quadrados: Adequada ( $U < 3,60$ ) ( $\phi < 4,3$ ).  
Escolha: Tijolo mais usual 9,0 x 19,0 x 19,0
- 3) Parede de tijolos de 8 furos circulares: Adequada ( $U < 3,60$ ) ( $\phi < 4,3$ ). Tijolo menos usual 10,0 x 20,0 x 20,0
- 4) Parede de blocos cerâmicos de 2 furos circulares: Adequada ( $U < 3,60$ ) ( $\phi < 4,3$ ).  
Escolha: Parede mais espessa e menor valor de U, proporcionando melhor isolamento.
- 5) Parede dupla de tijolos de 2 furos circulares: Inadequada ( $U < 3,60$ ) ( $\phi > 4,3$ ).

**Tabela 15:** Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico para algumas coberturas

Cobertura	Descrição	U [W/(m² K)]	C <sub>T</sub> [kJ/(m² K)]	φ [horas]
	Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,11	32	2,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira Espessura da telha: 0,7 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	1,16	25	2,0
	Cobertura de telha de fibro-cimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25 cm Espessura da telha: 0,7 cm	1,03	561	13,4
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33	2,3
	Cobertura de telha de barro com 5,0 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,62	34	3,1
<p>NOTAS:</p> <p>1 As transmitâncias térmicas e os atrasos térmicos das coberturas são calculados para condições de verão (fluxo térmico descendente).</p> <p>2 Deve-se atentar que, apesar da semelhança entre a transmitância térmica da cobertura com telhas de barro e aquela com telhas de fibrocimento, o desempenho térmico proporcionado por estas duas coberturas é significativamente diferente pois as telhas de barro são porosas e permitem a absorção de água (de chuva ou de condensação). Este fenômeno contribui para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipado no aquecimento e evaporação da água contida nos poros da telha. Desta forma, sugere-se a utilização de telhas de barro em seu estado natural, ou seja, isentas de quaisquer tratamentos que impeçam a absorção de água.</p>				

Fonte: NBR 15220/2005.

Nota-se que, para componente cobertura:

- 1) Cobertura de telha de barro, lâmina de alumínio polido e forro de madeira:  
Adequada ( $U < 2,00$ ) ( $\varphi < 3,3$ ).  
Escolha: Apresenta um dos menores valores U e a telha de barro tem potencial de absorção de água contribuindo para redução do fluxo de calor.
- 2) Cobertura de telha fibrocimento, lâmina de alumínio polido e forro de madeira:  
Adequada ( $U < 2,00$ ) ( $\varphi < 3,3$ ).
- 3) Cobertura de telha fibrocimento, lâmina de alumínio polido e laje de concreto de 25cm forro de madeira: Inadequada ( $U < 2,00$ ) ( $\varphi > 3,3$ ).
- 4) Cobertura de telha de barro com 2,5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira:  
Adequada ( $U < 2,00$ ) ( $\varphi < 3,3$ ).
- 5) Cobertura de telha de barro com 5cm de lã de vidro sobre o forro de madeira:  
Adequada ( $U < 2,00$ ) ( $\varphi < 3,3$ ).  
Escolha: Apresenta máxima eficiência de isolamento térmico.

No entanto, através das normas ABNT NBR 15220/2005 e ABNT NBR 15575 e os princípios da carta de Givoni, apresentados anteriormente podem ser traçadas diretrizes construtivas que visem o melhor desempenho térmico das edificações, porém para uma análise mais completa deverá ser feito um estudo das características climáticas da região específica, como por exemplo, os índices de radiação incidente, orientação e forma do edifício e cores das fachadas. A partir de todos os dados levantados tem se um perfil do tipo de construção mais adequado, tamanho de aberturas, ventilação cruzada e sistema construtivo. Logo, o estudo apresentado da norma 15220/2005 traz como referencial as habitações unifamiliares de interesse social, mas que partindo dos princípios expostos podem ser transportados para as habitações multifamiliares.

## 4.10. Materiais Ecoeficientes

### 4.10.1. Tijolo Ecológico

O tijolo é matéria-prima básica da construção civil, independente do tipo de construção ou mesmo local, pois ele está presente na maioria das edificações. Mas para que possa ser fabricado o tijolo convencional (alvenaria) ele precisa ser cozido em fornos nas olarias e dessa forma é necessário queimar muita lenha. Além de poluir a atmosfera e aumentar os desmatamentos, os tijolos convencionais agravam o efeito estufa.

O tijolo ecológico é diferente do tijolo convencional porque não precisa ser cozido em fornos, eliminando assim a utilização de lenha e a derrubada de dez árvores para a fabricação de mil tijolos. Sem lenha também não há fumaça e, por consequência, não há emissão de gases de efeito estufa. Além disso, sua composição é formada por solo, água e cimento, só precisam ser umedecidos para se tornar resistentes e com excelente aspecto. Também podem ser incorporados na composição os resíduos das construções o que viabiliza a prática da sustentabilidade. Podem ser produzidos tijolos maciços, tijolos modulares com encaixe, canaletas, placas de revestimento e até elementos decorativos.

Segundo estudos realizados em todo o Brasil, o sistema construtivo dos Tijolos Ecológicos traz para a obra, de 20 até 40% de economia com relação ao sistema construtivo convencional. (ver figura 26).

#### Vantagens:

- Auto-encaixável e com dois furos no meio, tornando desnecessário quebrar a parede para fazer instalação elétrica e hidráulica.
- Economia de 70% do concreto e argamassa de assentamento;
- Economia de 50% de ferro;
- Os Tijolos Ecológicos são curados com água e sombra;
- Durabilidade maior do que o tijolo comum, pois chega a ser até 6 x mais resistente;

- Fácil acabamento. Se preferir não precisa rebocar e pintar, economizando mais ainda.
- O assentamento dos azulejos é direto sobre os tijolos;
- Acústica Como o tijolo ecológico possui dois furos, as paredes formam um isolamento acústico, diminuindo os ruídos provocados na rua para o interior da casa;
- Isolamento Térmico (calor) – O furo dos tijolos é importante, pois formam câmaras térmicas evitando com isso que o calor que esta do lado de fora penetre no interior da residência. Com isso a temperatura interna é inferior a externa;
- Isolamento Térmico (frio) – Com o Frio acontece ao contrario, pois a temperatura da casa fica mais quente do que a externa;
- Proteção de Umidade - Esses furos também propiciam a evaporação do ar, evitando com isso, a formação de umidade nas paredes e interior da construção, que causa danos à saúde e danos materiais;
- Instalações Hidráulicas - Toda a tubulação é embutida em seus furos dispensando a quebra de paredes, como na alvenaria convencional;
- Instalações Elétricas - Como as instalações hidráulicas, também são embutidas nos furos, dispensando conduites e caixas de luz, podendo os interruptores e tomadas serem fixados, diretamente sobre os tijolos.



a) Amarração



b) Concretagem



c) Vista da casa

**Figura 26:** Casa feita com tijolo e piso ecológico em Vila Velha (ES).

#### 4.10.2. Concreto Reciclado

Com a reciclagem de resíduos da construção incluindo o concreto é possível obter agregados com características bastante semelhantes ao produto original, a partir de matérias-primas com custo muito baixo. Dentre algumas vantagens econômicas e ecológicas, o reaproveitamento garante benefício técnico: pode substituir até 25% dos agregados convencionais por reciclados sem alterar as propriedades mecânicas.

Segundo Arnaldo Battagin, engenheiro responsável pelos laboratórios da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), é necessário esclarecer que não é o concreto e sim o agregado que entra na composição da nova concretagem que é reciclado. Esse agregado é adquirido por meio dos resíduos de construção e demolição (RCD), tais como fragmentos de concretos, argamassas, cerâmicas, tijolos, blocos e outros, obtidos por meio da britagem, operações de separação ou beneficiamento.

A maior parte dos resíduos provenientes das construções podem ser reaproveitados, desde que seja escolhido o uso adequado e se respeitem as limitações técnicas. Agregados reciclados provenientes de concretos estruturais apresentam melhor qualidade em relação aos agregados provenientes de tijolos cerâmicos e argamassas. Na figura 27 estão representados os possíveis usos dos resíduos quando reciclados.

Segundo Tarcísio de Paula Pinto, consultor de gestão de resíduos da construção "Uma adição de até 25% de agregado reciclado no agregado normal não influencia a qualidade do produto". "Deve-se atentar para não deixar gesso, madeira, metal, cimento e amianto no entulho. O cuidado é uma forma de preservar a qualidade do material reciclado".

Existem dois tipos de concreto que podem ser reciclados: resíduos de concreto das centrais dosadoras e, mais comum na reciclagem, resíduos de concreto provenientes de RCD (Resíduos de Construção e Demolição).

No Brasil, concreto reciclado é utilizado como sub-base de pavimentos de concreto ou asfalto, embora em pequena escala.

#### USOS RECOMENDADOS PARA RESÍDUOS RECICLADOS

Imagem	Produto	Características	Uso recomendado
	<b>Areia reciclada</b>	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
	<b>Pedrisco reciclado</b>	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
	<b>Brita reciclada</b>	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
	<b>Bica corrida</b>	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
	<b>Rachão</b>	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

**Figura 27:** Construção com cobertura de telha de fibra vegetal.  
Fonte: Urbem Tecnologia Ambiental

#### 4.10.3. Telhas de Fibras Vegetais

As telhas de fibras vegetais são fabricadas por processos inovadores e alta tecnologia, monocamada de fibras vegetais (orgânicas), impregnada de betume sob pressão e calor intenso, não possuindo componentes que possam agredir o meio ambiente. (ver figura 28).

As principais vantagens na sua utilização são:

- Redução do custo de mão-de-obra;
- Resistência a grandes impactos;
- Utilização de menos madeiramento;
- Baixa transmissão térmica e acústica (ONDULINE);
- Durabilidade média de 30 anos garantia de 15 anos de impermeabilização.



**Figura 28:** Construção com cobertura de telha de fibra vegetal.  
Fonte: [www.onduline.com.br](http://www.onduline.com.br)

#### 4.10.4. Telha de Concreto

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Telhas Certificadas de Concreto (Anfatecco) juntamente com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) as telhas de concreto apresentam vantagens com relação às telhas cerâmicas, como o fato de possuírem valor mais acessível e serem produzidas sem queima.

De acordo a Anfatecco, as telhas de concreto com coloração mais clara que as telhas cerâmicas obtêm melhor desempenho térmico, uma vez que a absorção de energia solar será menor, podendo atingir até 5°C a menos que uma telha cerâmica.

A seguir apresentam-se as vantagens das telhas de concreto:

- Cobrem mais área e são fáceis de montar;
- Maior conforto térmico e menor peso;
- Alta impermeabilidade e resistência à maresia e granizo.

Para a avaliação do desempenho térmico, é importante saber a cor das telhas. As cores vermelhas, tanto para o concreto como para a cerâmica, possuem os mesmos índices de absorção térmica. Mas, quando se usam cores mais claras, como a branca, este índice tende a se tornar muito menor, o que é uma vantagem significativa nas regiões mais quentes do país. Em alguns casos, há até economia significativa de ar condicionado.

Um dos mitos mais comuns é o de que as telhas de concreto são muito caras. Mais uma vez o comparativo de preço não é o milheiro mais sim o m<sup>2</sup> de telhado. Quando avaliada desta maneira as telhas de concreto natural (sem pigmento) possuem preço compatível com as telhas cerâmicas. Os fabricantes explicam que o milheiro da telha de concreto custa cerca de R\$ 1000,00 contra cerca de R\$ 450,00 a R\$ 500,00 pelo milheiro das peças cerâmicas. No entanto, para uma área que necessite de 1.000 telhas de concreto serão necessárias 2.000 telhas cerâmicas, explicam os fabricantes. Por metro quadrado de telhado são necessárias 10,4 telhas de concreto e de 15 a 26 peças de cerâmica,

dependendo do tipo. Os fabricantes brasileiros insistem em que a telha de concreto pode ser acessível a qualquer classe social.

#### 4.10.5. Telhado verde

As coberturas verdes leves, denominadas ecoteto, aproveitam a água das chuvas através da evaporação das mesmas. Sendo assim uma quantidade menor de água chega às ruas colaborando num sistema útil contra enchentes. Além disso, segundo ROCHA (2008) esse tipo de cobertura proporciona melhor isolamento térmico mantendo uma temperatura agradável dentro dos ambientes.

O telhado verde consiste na aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações, melhora as condições termo acústicas e contribui no combate do efeito estufa e ilhas de calor. O sistema é composto por uma camada de impermeabilização, drenagem, solo e vegetação compatível com o local. Este sistema é de fácil instalação e manutenção além de ser adaptável a praticamente todos os tipos de cobertura existentes como telhas cerâmicas, metálicas ou lajes. (ver figura 29 e 30).

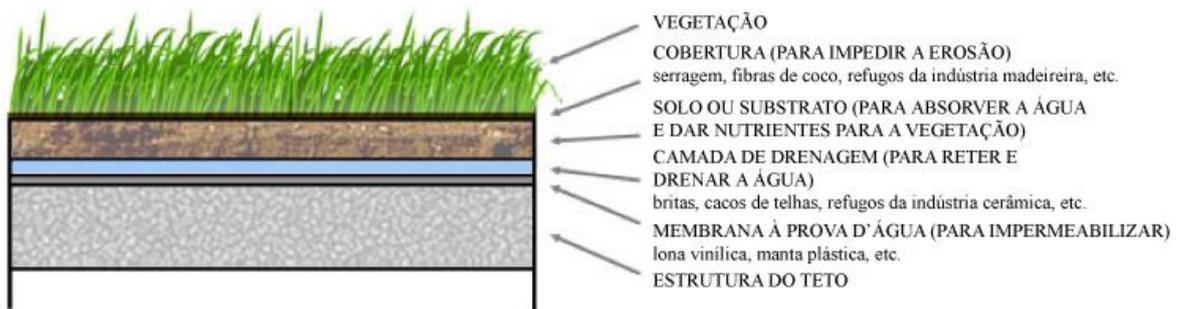
Sendo assim, por aproveitar a água da chuva, possibilitar um melhor conforto térmico no interior dos ambientes diminuindo assim o uso da energia elétrica o uso de coberturas verdes é considerado um método construtivo dentro dos princípios de sustentabilidade.

Benefícios de ter um ecoteto:

- Mantém boa a umidade relativa do ar;
- Enriquece a biodiversidade ao atrair animais como pássaros, borboletas e joaninhas;
- Minimiza o problema da impermeabilidade do solo;
- Valoriza e embeleza o projeto do imóvel;
- Garante sensação térmica agradável (5 graus a mais no inverno e 5 graus a menos no verão);
- Diminui em até 30% o valor da conta de luz;

- Melhora o conforto termo-acústico;
- Mantém a umidade relativa do ar constante no entorno das edificações;
- Contribui no combate ao efeito estufa, pois ajuda na absorção de carbono da atmosfera;

A longo prazo, a economia compensa os gastos iniciais: enquanto um revestimento de cerâmica sai por até 100 reais o metro quadrado, o telhado sustentável custa a partir de 120 reais.



**Figura 29:** Corte esquemático de um telhado verde.  
 Fonte: Auckland, Nova Zelândia, 1998.



**Figura 30:** Telhado verde.  
 Fonte: <http://www.jardinaria.com.br/site/2011/08/telhado-verde/>

#### 4.10.6. Uso de Equipamentos Economizadores de Água.

Utilização de válvulas redutoras de pressão, com manómetro associado. Em alguns casos verifica-se excesso de pressão nos sistemas de distribuição de água o que contribui para um maior consumo, quer na utilização de qualquer dispositivo, quer através de roturas existentes no sistema. A aplicação de válvulas redutoras de pressão, com manómetro associado para controlo da mesma permite uma potencial redução do consumo e perdas de água reais, com boa relação custo - benefício.

A seguir são apresentadas algumas tabelas elaboradas pelo GRUPO TAKAOKA, preocupado com a sustentabilidade de seus empreendimentos desenvolveu um Manual de práticas aplicáveis às residências do empreendimento “GÊNESIS I” para a Conservação de Água. Cujas finalidades foram de subsidiar o proprietário no concernente à escolha de um Projeto de Sistemas Hidráulicos Prediais sob a ótica da Conservação de água.

#### **Bacias Sanitárias**

A quantidade de água utilizada para a descarga dos vasos sanitários representa uma parcela significativa da água usada nas residências, condomínios e empresas. Os modelos mais antigos onde a válvula de descarga era afixada na parede consumiam em média de 12 a 15 litros de água por descarga. O modelo com caixa acoplada possui um gasto fixo de 6 litros por descarga, normatizado pela NBR 15.097/04, permitindo uma economia sensível de água em relação aos modelos mais antigos. Existem modelos de vasos sanitários ainda mais econômicos em relação ao consumo de água, como os vasos sanitários de descarga dupla (3 litros para dejetos líquidos e 6 litros para dejetos sólidos). A tabela 16 mostra uma tabela comparativa de consumo per capita e economia utilizando diferentes sistemas para acionamento de bacias sanitárias.

**Tabela 16:** Consumo per capita de água e economia das bacias sanitárias

	Descrição	Tipo de Bacia sanitária		Economia (6L)		Economia (dual flush)	
		6L	"Dual flush"	12L	9L	12L	9L
	Volume por descarga	6	6 ou 3	6	3	6	3
	Uso per capita diário (L)	24	15	24	12	33	21
	Valor estimado (R\$)	170		50,0%	33,3%	68,8%	58,3%

Base: maio/2004

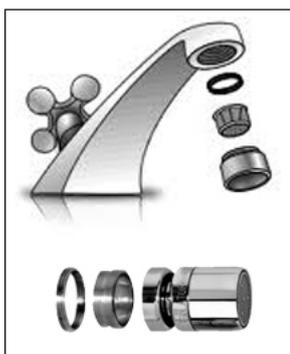
Fonte: Gênese, Manual de Conservação de Água, São Paulo. (ES).

## Torneiras

As torneiras de lavatórios podem ser convencionais sem arejador, com arejador, hidromecânicas ou com sensor de presença. O arejador é um componente instalado na extremidade da bica de uma torneira que reduz a seção de passagem da água através de peças perfuradas ou telas finas e possui orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento de água.

De acordo com o manual de conservação de água, para o cálculo da redução do consumo de água em torneiras, foram considerados 4 acionamentos por usuário durante o dia, com tempo de funcionamento de 30s (hidromecânicas) e 15s (com sensor) e 2 acionamentos destas torneiras por utilização (um para molhar as mãos e outro para enxaguar o sabonete). (ver tabela 17).

**Tabela 17:** Consumo per capita e economia de água das torneiras de lavatórios

	Dados	Torneiras			Economia			
		Convencional	Arejador	Hidromecânica	Sensor	c/ Arejador	Hidromecânica	Sensor
	Vazão por acionamento (L/min)	12	6	6	6	6	6	6
	Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	8	8	4	2	0	4	6
	Uso diário per capita (L)	96	48	24	12	48	72	72
	Valor estimado (R\$)	69	93	234	598	50,0%	75,0%	87,5%

Fonte: Gênese, Manual de Conservação de Água, São Paulo. (ES).

## Chuveiros

Os chuveiros (duchas) devem possuir dispositivos para reduzir o consumo de água. Estes dispositivos mantêm a vazão constante, a uma faixa de pressão de 10 a 40 mca, e podem ser de 6, 8, 10, 12 e 14 l/min.

O uso de misturadores termostáticos garante o fornecimento de água pré-misturada. Neste sistema, é regulada a temperatura desejada e o equipamento faz a mistura, segundo a disponibilidade de água quente e fria existente na tubulação. Caso haja alguma oscilação na temperatura de entrada da água quente e fria no dispositivo, o mesmo faz o balanceamento da mistura, garantindo o fornecimento da água sempre à mesma temperatura. Dessa forma, evita-se o desperdício de água até que seja feita a mistura adequada pelo usuário.

Reguladores de vazão para chuveiro ou ducha são dispositivos para serem instalados na tubulação entre a conexão da parede e o chuveiro ou a ducha. Esse dispositivo é ideal para quem mora em prédio ou usa aquecedores a gás, de acumulação ou solar. A grande vantagem desse dispositivo, além de ser fácil de instalar é que ele possui uma regulagem por intermédio de um parafuso lateral. Depois de regulado, não precisa se preocupar com a vazão máxima do seu chuveiro ou ducha.

As reduções de consumo geradas, considerando um tempo de uso de 10 minutos por banho e reguladores de vazão de 14 e 8 l/min, estão apresentadas na tabela 18.

**Tabela 18:** Consumo per capita e economia de água das duchas e chuveiros

Dados	Ducha	Com redutor de vazão		Economia	
		14L/min	8L/min	14L/min	8L/min
Vazão (L/min)	20	14	8	6	12
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	10	10	10	0	0
Consumo diário per capita (L)	200	140	80	60	120
Valor estimado (R\$)	188	198	198	30,0%	60,0%

Fonte: Gênese, Manual de Conservação de Água, São Paulo. (ES).

## Cozinha

As torneiras de cozinha devem possuir arejadores para redução do consumo. A tabela 19 apresenta uma tabela comparando o desempenho de torneiras sem e com arejador e com misturador (para regulação de temperatura):

As máquinas de lavar louças convencionais existentes no mercado nacional utilizam entre 30 e 55 litros de água para uma lavagem. Nos EUA, já existem máquinas de lavar louças mais eficientes, ou seja, que utilizam menor volume d'água.

Nota-se: As torneiras utilizadas em áreas de serviço têm as mesmas características do consumo das torneiras da cozinha.

As máquinas de lavar roupas tradicionais consomem aproximadamente 155 litros de água por lavagem. Existem máquinas mais eficientes na questão relativa ao consumo de água: consomem 90 litros por lavagem.

**Tabela 19:** Consumo per capita e economia de água das torneiras

Dados	Convencional	Com Arejador
vazão por acionamento (L/min)	12	6
tempo de acionamento (min/pessoa dia)	2	2
uso diário per capita (L)	24	12

Fonte: Gênese, Manual de Conservação de Água, São Paulo. (ES).

### 4.10.7. Utilização de luz artificial de baixo consumo

Pode-se reduzir consideravelmente a energia gasta com iluminação artificial substituindo lâmpadas incandescentes por fluorescentes comuns ou compactas. A utilização de luminárias mais eficientes e de reatores eletrônicos também é aconselhável. Em edifícios residenciais, a energia consumida a noite pelas lâmpadas que permanecem acesas nas escadas e circulações pode ser reduzida com a adoção de sensores de presença. Assim, o tempo que as lâmpadas

permanecem acesas é apenas o necessário para que os usuários alcancem a saída ou o seu apartamento, desligando-se automaticamente o circuito em alguns minutos. A melhoria do sistema de iluminação pode representar uma economia de energia de até 40%. Economizar energia elétrica é 102 vezes mais barato que gerá-la.

As fontes de luz podem emitir luz de aparência de cor entre “quente” e “fria”. As cores “quentes” possuem uma aparência avermelhada ou amarelada e as cores “frias” são azuladas. No entanto, as aparências “quente” e “fria” têm sentido inverso ao da TCC, pois quanto mais alta a TCC, mais fria é a sua aparência e quanto mais baixa a TCC, mais quente é a sua aparência. A temperatura de cor correlata é expressa em kelvin (K). (ver figura 31).

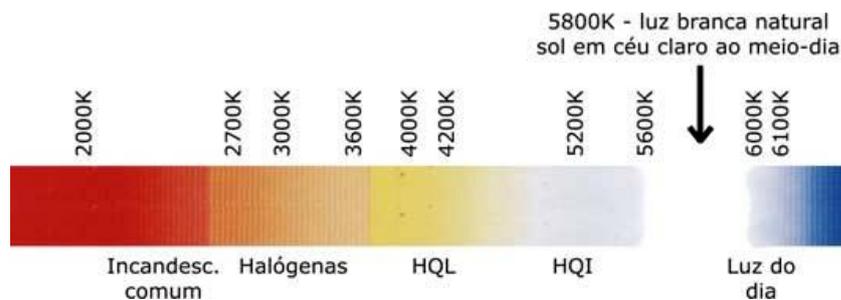
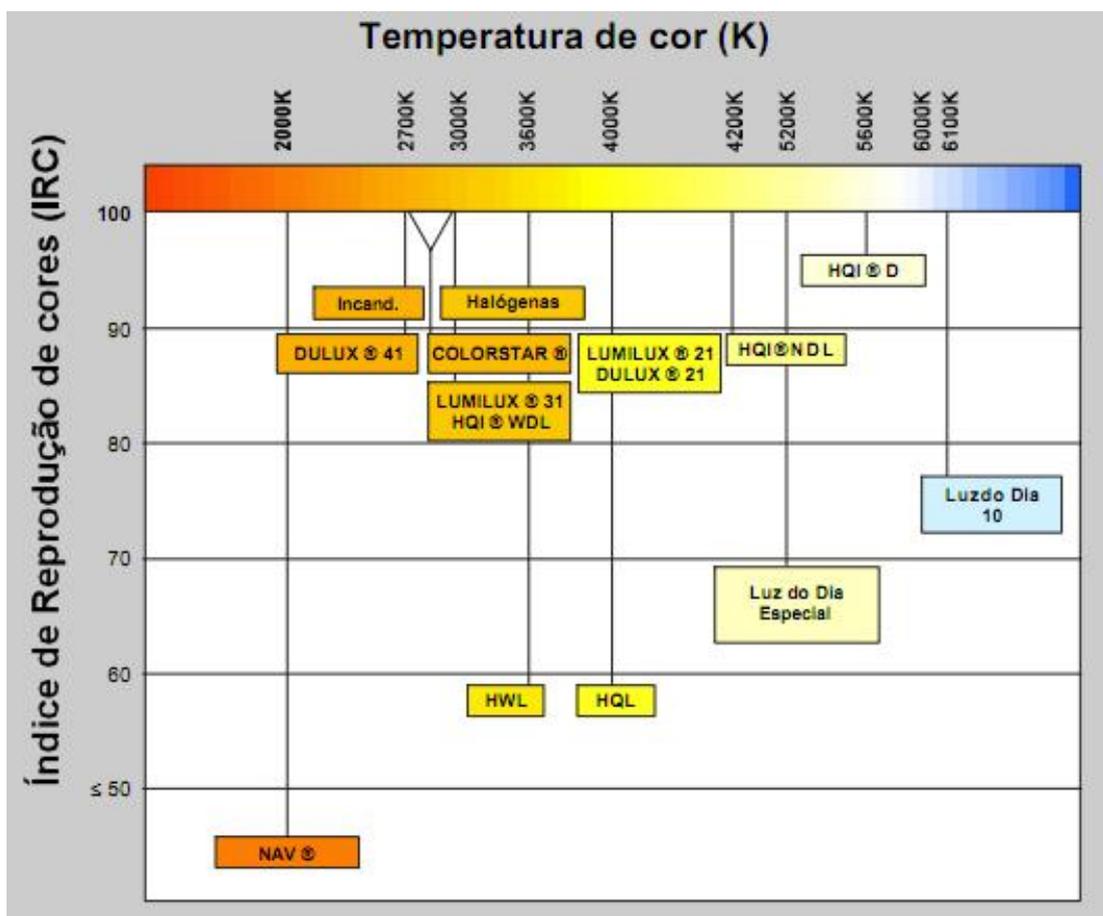


Figura 31: Temperatura de cor Correlata.  
Fonte: Labcon, UFRGS.

O IRC mede quanto a luz artificial se aproxima da natural. Quanto maior o IRC, melhor, sendo este um fator preponderante para comparação de fontes de luz com a mesma TCC, ou para a escolha da lâmpada. O índice de reprodução significa a medida de correspondência entre a cor real e sua aparência diante de uma fonte de luz. (ver tabelas 20 e 21).

**Tabela 20:** Índice de reprodução de cores - IRC



Fonte: Labcon, UFRGS.

**Tabela 21:** Índice de reprodução de cores - Usos

IRC	Qualidade	Usos
100	excelente/muito bom	testes de cor, lojas, residências, escritórios
80	bom/razoável	áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios
60	regular	depósitos, postos de gasolina, indústrias
40	ruim	vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos

Fonte: Labcon, UFRGS.

### Eficiência energética ( $\eta_w$ )

É calculada pela divisão entre o Fluxo Luminoso emitido (lm) e a Potência consumida pela lâmpada (W). É dada em lúmen por watt (lm/W). No entanto, uma lâmpada incandescente standard clara produz de 10 a 15 lm/w; uma fluorescente

compacta DULUX®, de 50 a 80 lm/w; e uma vapor de sódio NAV®, de 80 a 140 lm/w. (ver figura 32).

As lâmpadas elétricas podem classificar-se em lâmpadas de incandescência e lâmpadas de descarga. São lâmpadas incandescentes as tradicionais, as refletoras e as Halógenas. São lâmpadas descarga as fluorescente, vapor de sódio, vapor de mercúrio ou multi-vapor metálico são caracterizadas pelo fluxo luminoso gerado pela passagem de corrente através de um gás, ou de uma mistura de gases ou vapores, sem a existência de filamento. Os modelos de lâmpadas são mostrados na figura 33.

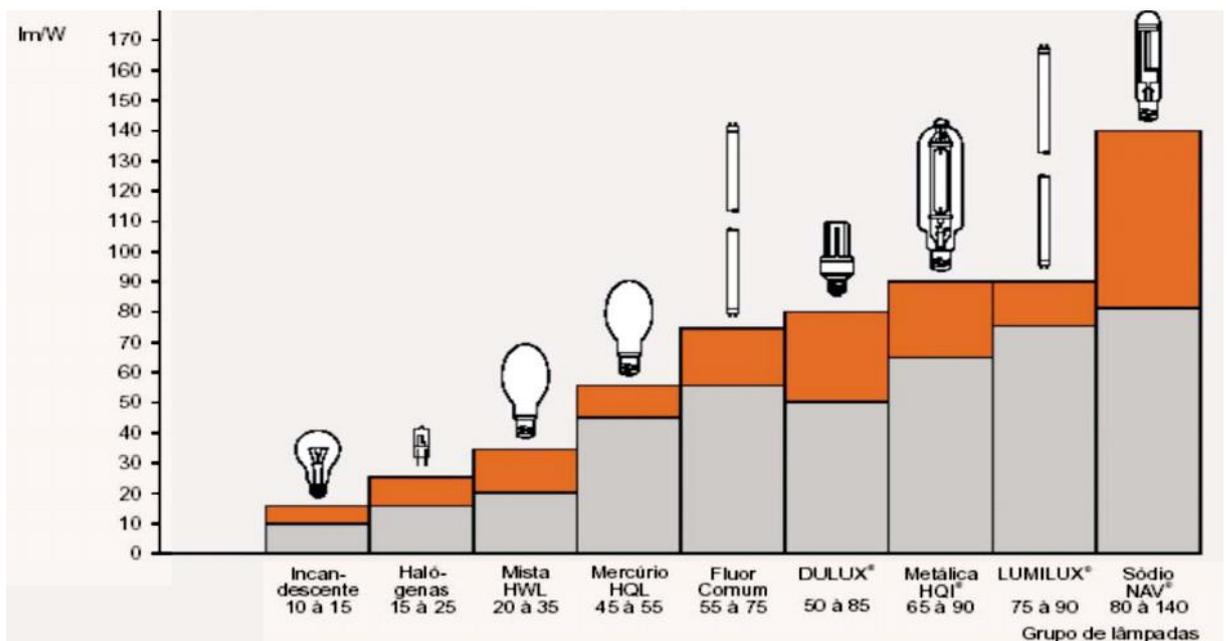


Figura 32: Tipos de Lâmpadas.  
Fonte: Labcon, UFRGS.



Figura 33: Tipos de lâmpadas. (Autora)

## Lâmpadas Incandescentes

### Vantagens:

- Tamanho reduzido;
- Funcionamento imediato;
- IRC 100;
- Baixo custo inicial;
- Podem ser facilmente controladas por “dimmers”.

### Desvantagens:

- Baixa eficiência luminosa (muita dissipação de calor);
- Possibilidade de ofuscamento;
- Curta vida útil quando comparadas às fluorescentes;
- Sensíveis a choques e vibrações;
- Custo de operação elevado;
- Sofrem com variação da tensão da rede.

## **Lâmpadas Fluorescentes**

As lâmpadas fluorescentes, em uma temperatura de 25°, onde possuem melhor rendimento, convertem 30% da potência aplicada em radiação visível.

As fluorescentes tubulares apresentam diâmetros de 16 a 33,5 mm; IRC de aproximadamente 70; eficiência luminosa 4 a 6 vezes maior que as incandescentes; vida média de 6.000 a 9.000 horas; baixa luminância (menor possibilidade de ofuscamento).

As fluorescentes compactas têm um funcionamento similar ao das fluorescentes tubulares, mas de pequenas dimensões. Alta eficiência energética, longa durabilidade (até quinze vezes mais), diversificação capaz de atender as mais diferentes necessidades de aplicação. As denominadas compactas integradas apresentam bulbo compacto de diversos formatos; dispositivos de partida integrados; alta eficiência luminosa; IRC maior que 80; vida média entre 5.000 e 6.000 horas. As denominadas compactas não integradas com conexão com 2 ou 4 pinos; são recomendadas para áreas comerciais onde a iluminação permanece ligada por períodos longos; alta eficiência luminosa; IRC maior que 80; vida média de 5.000 a 6.000 horas.

As lâmpadas de vapor de sódio são amplamente utilizadas em espaços abertos. Essas lâmpadas necessitam equipamento auxiliar (reator e ignitor) e possuem longa vida útil (6.000 a 9.000 horas). Este tipo de lâmpada se apresenta em duas versões: de baixa e de alta pressão.

As lâmpadas de vapor de mercúrio não exigem equipamentos auxiliares para seu funcionamento. Possuem eficiência luminosa de 55lm/W, IRC de 40 a 48%, cor branca-azulada e vida média entre 6.000 e 9.000 horas. Possuem custo inicial elevado e necessitam de longo tempo para seu acendimento.

## **Díodos Emissores de Luz (LEDs)**

A redução do consumo de energia elétrica na iluminação passa indiscutivelmente pela utilização de LEDs. Atualmente já existem LEDs com potências equivalentes às lâmpadas incandescentes. Estas lâmpadas têm um

preço mais elevado que as lâmpadas fluorescentes compactas, mas têm um período de vida muito superior (20 a 45 mil horas em oposição a 6 a 15 mil horas).

No entanto, dê preferência às lâmpadas com máxima eficiência energética (classe A), que correspondem geralmente às lâmpadas fluorescentes compactas e aos díodos emissores de luz (LED).

A substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas permite uma poupança até 75%, que pode chegar aos 90% se substituir antes por uma lâmpada LED, compensando em pouco o tempo o custo mais elevado destas lâmpadas. (ver figura 34).



**Figura 34:** Lâmpadas de Leds. (Light Emitting Diode).

## 5. ESTUDO DE CASO E ANÁLISE CRÍTICA

### 5.1. Programa e Projeto Vila Viva

A origem do Programa Vila Viva, cujas primeiras obras tiveram início em 2005 no Aglomerado da Serra, está diretamente relacionada com o Plano Global Específico (PGE) de cada vila atendida. O plano é um estudo aprofundado da realidade das vilas e favelas de Belo Horizonte, com participação direta da comunidade. Este projeto é realizado em três etapas: levantamento de dados, elaboração de um diagnóstico integrado dos principais problemas da área em estudo e, por último, definição das prioridades locais e das ações necessárias para atendê-las.

O Programa Vila Viva engloba obras de saneamento, remoção de famílias, construção de unidades habitacionais, erradicação de áreas de risco, reestruturação do sistema viário, urbanização de becos, implantação de parques e equipamentos para a prática de esportes e lazer. Após o término da urbanização, a área será legalizada com a emissão das escrituras dos lotes aos ocupantes.

As intervenções do programa estão melhorando a qualidade de vida de cerca de 193 mil moradores, dos aglomerados da Serra, Morro das Pedras e Santa Lúcia; das vilas Califórnia, São José, Pedreira Prado Lopes, Taquaril, São Tomás, Aeroporto, Cemig, Alto das Antenas; além dos moradores do entorno da avenida Belém e do Córrego Santa Terezinha, e do Complexo Várzea da Palma, o que representa 38% do total da população de vilas e favelas. O montante dos recursos para as obras do programa Vila Viva - R\$1,15 bilhões - foi obtido junto ao PAC (Plano de Aceleração do Crescimento) do governo federal e por meio de financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES) e Caixa Econômica Federal.

O Programa Vila Viva também engloba ações de promoção social e desenvolvimento comunitário, educação sanitária e ambiental e criação de alternativas de geração de trabalho e renda.

## 5.2.Vila Viva – Implantação e o Programa

A Companhia Urbanizadora e de Habitação de Belo Horizonte - Urbel - é o órgão municipal responsável pela implementação e execução da Política Municipal de Habitação Popular que foi criada em 1993, no que se refere aos assentamentos já existentes ZEIS - Zonas de Especial Interesse Social, ou seja, vilas, favelas e conjuntos habitacionais. O Sistema é constituído por um órgão executor, que é a URBEL; pela Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura (SMOBI), responsável pelo gerenciamento do Fundo Municipal de Habitação Popular; e por instâncias participativas e deliberativas como o Conselho Municipal de Habitação e a Conferência Municipal de Habitação.

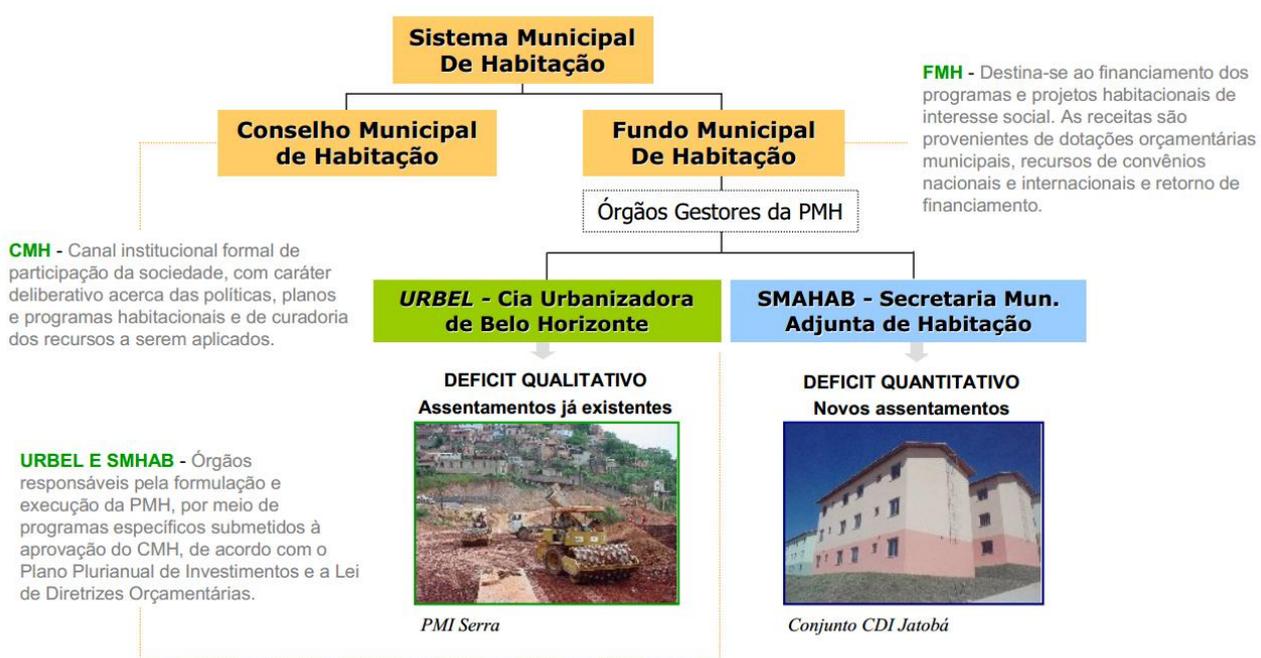
O Sistema de Habitação tornou-se um instrumento vital para consolidar a política pública habitacional, que visa à solução do déficit habitacional quantitativo - produção de novas moradias, e do déficit habitacional qualitativo - intervenções de urbanização nas vilas e favelas. A figura 35 representa o organograma do Sistema Municipal de Habitação, Lei Municipal 6.508/1994.

A Política Habitacional, que tem como diretriz geral a promoção do acesso à terra e à moradia digna, com prioridade para o atendimento das famílias de baixa renda - até 5 salários mínimos - tem duas linhas de atuações básicas:

- Intervenção em assentamentos existentes (favelas), visando criar melhores condições de vida e elevar o padrão de habitabilidade desta população;
- Produção de novos assentamentos para a população sem-casa, com atendimento prioritário às demandas coletivas e organizadas.

Entre os vários programas e tipos de intervenção previstos na política habitacional, destaca-se a Intervenção Estrutural, que promove profundas transformações num determinado núcleo habitacional, consistindo na implantação de infra-estrutura e acesso a serviços urbanos, melhorias habitacionais, reparcelamento do solo, consolidações geotécnicas, regularização fundiária e programas de desenvolvimento comunitário.

A Intervenção Estrutural recupera áreas degradadas para a cidade, com padrões urbanísticos adequados. Não se restringe a atendimentos pontuais ou emergenciais, mas antes à elevação do padrão de vida da população das áreas como um todo, visando à integração socioeconômica, físico-ambiental e jurídico-legal das vilas e favelas ao contexto da cidade. Para isso, invariavelmente, é necessário proceder a relocações, remanejamentos e até mesmo a remoções de moradias, em volume diretamente proporcional à precariedade das condições de habitabilidade do assentamento.



**Figura 35:** Organograma do Sistema Municipal de Habitação.  
Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte.

Como forma de um planejamento integrado das ações, a Urbel criou o Plano Global Específico – PGE que passou a ser o instrumento de planejamento da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Este plano orienta a intervenção do Poder Público e das comunidades nas favelas, aponta os caminhos e soluções para transformar cada favela num lugar adequado para morar e estabelece ordens de prioridades para a execução das ações e obras nas Vilas, favelas e conjuntos habitacionais populares. Assim, as intervenções nas favelas, e principalmente a intervenção estrutural, são precedidas da elaboração de um Plano Global Específico para cada área. (ver figuras 36 e 37).



**Figura 36:** Fluxograma do processo de atuação do Plano Global Específico - PGE.  
 Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte.



**Figura 37:** Fluxograma das etapas do Plano Global Específico - PGE.  
 Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte.

Neste contexto, o planejamento do município vem sendo repensado em seus raios de abrangência, sendo que áreas denominadas na Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo do Município, como Zonas de Especial Interesse Social

(ZEIS 1-3, sendo ZEIS 1 para favelas e ZEIS 3 para conjuntos, e ZEIS 2), compõem o universo de trabalho da Secretaria Municipal de Habitação - SMHAB.

O Programa de Planos Globais Específicos se apresenta, então, como um instrumento de planejamento, com o objetivo de auxiliar o poder público e a comunidade na tomada de decisões de como, quando e onde investir. Este planejamento também possibilita o monitoramento e a avaliação da dinâmica de evolução dos núcleos mais carentes, além de facilitar a captação de recursos por meio de fontes externas à Prefeitura de Belo Horizonte - PBH. Este instrumento composto por textos, planilhas e gráficos, mapas e fotos, traz como possibilidade de um maior controle das potencialidades e fragilidades da realidade urbana.

As áreas de atuação da Urbel se restringem às regiões do município definidas, de acordo com o Plano Diretor de Belo Horizonte, como ZEIS-1 e ZEIS-3 (Zonas de Especial Interesse Social). (ver figura 38).

As ZEIS-1 correspondem às vilas e favelas. São constituídas pelos espaços ocupados de forma desordenada por população de baixa renda nos quais existe o interesse do poder público em promover programas habitacionais, intervenções de urbanização e ações de regularização fundiária, com o objetivo de requalificar as comunidades e melhorar a qualidade de vida de seus moradores, integrando-os à cidade.

As ZEIS-3 correspondem às áreas edificadas nas quais a Prefeitura tenha implantado conjuntos habitacionais populares com a finalidade de efetivar os processos de regularização urbanística e fundiária em favor dos ocupantes, adequando a propriedade do solo à sua função social e exercer efetivamente o controle da terra urbana.

Segundo dados obtidos no site da Prefeitura de Belo Horizonte e fornecidos pela Urbel, a cidade hoje, tem aproximadamente 2.412.937 habitantes, ocupando uma área de 331km<sup>2</sup>. Desta população, 19% (aproximadamente 451.395 habitantes) vivem distribuídas em 215 favelas, vilas e conjuntos habitacionais favelizados. Somados, eles ocupam uma área de 16,4Km<sup>2</sup> equivalente a 4,95% da área em relação ao município.



Figura 38: Área de atuação da Urbel.  
 Fonte: Diretoria de Planejamento da Urbel / Maio 2012.

A Urbel tem se mostrado de grande valia na captação de recursos junto à União e a organismos financeiros com a finalidade de viabilizar intervenções de revitalização urbanística, ambiental, social e de regularização fundiária nas áreas de interesse social.

Podemos citar como exemplos:

**O PEAR – Programa Estrutural Para Áreas de Risco.** Ele tem caráter preventivo e visa diagnosticar, controlar e eliminar situações de risco geológico (deslizamento de encostas e de inundações) nas vilas, favelas e conjuntos habitacionais populares.

**Orçamento Participativo/Vilas –** Com a elaboração de projetos e obras de urbanização nas vilas.

**O Programa de Regularização Fundiária -** Que consiste na legalização urbanística e jurídica das áreas de interesse social ocupadas irregularmente.

**O PGE - Plano Global Específico.** Por meio dele é feito um estudo aprofundado da realidade social, econômica, física, ambiental e da situação da propriedade da terra em cada comunidade.

**Controle Urbano** - Ele tem por atribuição apoiar outros órgãos da Prefeitura nas ações de fiscalização nas vilas, favelas e conjuntos habitacionais populares implantados pelo poder público.

**O Programa Vila Viva** - modelo de intervenção urbanística integrada aliando o desenvolvimento social e regularização dos assentamentos precários existentes (vilas e favelas), que é o objeto de estudo deste trabalho.

### 5.3. Vila Viva – Fases de Execução

As ações executadas pelo programa “Vila Viva” compreendem três fases muito importantes.

#### **1ª Etapa: Planejamento**

Consiste na elaboração do Plano Global Específico (PGE) com a participação da comunidade através do Orçamento Participativo, conforme visto anteriormente.

#### **2ª Etapa: Intervenções**

Na etapa de intervenção temos três eixos de trabalhos: execução das obras; apoio técnico social e a regularização fundiária.

Para a execução das obras é necessário a elaboração de um projeto executivo, no qual se prevê e detalha as obras que serão realizadas e as remoções que deverão ser feitas em função da urbanização, do risco geológico

ou da necessidade de desocupação de áreas de preservação. Esse projeto é baseado no PGE, e também é discutido com a comunidade, que é convidada a participar das discussões sobre as intervenções necessárias para a urbanização do local. Terminado o projeto executivo, começam as obras na vila que se inicia com os processos de remoções e indenizações que acontecem de acordo com a prioridade da obra e são feitas à medida que a obra vai avançando. Durante este período são realizadas várias reuniões com a comunidade para que ela esteja sempre informada de todo o processo.

O apoio técnico social é realizado durante todo o período de urbanização da vila. A Urbel realiza ações de acompanhamento social com a população local. Equipes técnicas fazem o chamado Pré-morar, que é um trabalho que dura cerca de seis meses e visa preparar as famílias para uma melhor adaptação à nova vida, principalmente para os que vão morar nas unidades habitacionais construídas para o reassentamento. E depois da mudança, os técnicos sociais continuam esse acompanhamento no Pós-morar, que dura em torno de dois anos. Também são realizadas atividades voltadas para a geração de emprego e renda, além de um trabalho de educação sanitária e ambiental.

Com a conclusão das obras, o local passa por um processo de Regularização Fundiária e as famílias passam a ter o título de propriedade e a escritura de seus imóveis.

### **3ª Etapa: Monitoramento**

Nesta fase são pesquisados indicadores para avaliar as melhorias obtidas após a execução das intervenções. Através do monitoramento da qualidade da água, de indicadores sociais como nível de criminalidade, emprego e renda, e de indicadores urbanísticos como número de domicílios em risco geológico, acessibilidade e outros é possível avaliar os resultados da implantação do Programa Vila Viva na comunidade.

Ações que visem à educação patrimonial e a preservação das melhorias que foram implantadas na vila, também são realizadas através de Controle Urbano e

apoio social, que trabalham com a comunidade a importância de respeitar as leis e de cuidar dos locais públicos.

As intervenções previstas pelo programa “Vila Viva” já alcançam 12 locais: Aglomerado da Serra, Aglomerado Morro das Pedras, Taquaril, Pedreira Prado Lopes, Vila São José, Vila Belém, Vilas São Tomás/Aeroporto, Aglomerado Várzea da Palma, Vila Califórnia, Vilas Cemig/Alto das Antenas, Alto Vera Cruz/Córrego Santa Terezinha, Aglomerado Santa Lúcia.

A previsão é de que 13.167 famílias sejam removidas nas 12 comunidades beneficiadas. Até o fim das obras, serão construídos 6.894 apartamentos para o reassentamento dessas famílias nas próprias comunidades. Existe ainda a opção de receber o valor da indenização pela benfeitoria da residência ou participar do reassentamento monitorado pelo Proas.

Os objetivos do Programa Vila Viva são, portanto, a redução de parcela do déficit habitacional, a melhoria e recuperação de um estoque de moradias já existentes através da reestruturação física e ambiental dos assentamentos, o desenvolvimento social e econômico e a melhoria das condições de vida da população, através do acompanhamento constante da comunidade e o exercício da cidadania. Tais objetivos situam-se no escopo da Política Municipal de Habitação enfrentando os problemas habitacionais, no qual parte das pessoas não possui condições financeiras para adquirir moradias ou pagar aluguéis, ou, ainda, residem em situação precária.

#### 5.4. Vila Viva - Aglomerado da Serra

Situado na região Centro-Sul de Belo Horizonte, na encosta da Serra do Curral, o Aglomerado da Serra faz limite com os terrenos da Fundação Benjamin Guimarães (Hospital da Baleia), Parque das Mangabeiras e com os bairros Paraíso, Santa Efigênia São Lucas e Serra.

As vilas que integram o Aglomerado da Serra são: Marçola, Nossa Senhora de Fátima, Nossa Senhora Aparecida, Nossa Senhora da Conceição, Novo São Lucas e Santana do Cafezal. (ver figura 39).

Atualmente tem uma população de 50 mil moradores, distribuídos em 13.462 moradias, numa área de 1.470.483 m<sup>2</sup>. As vilas do Aglomerado estão localizadas em terreno de acentuada declividade. A região é cortada por nascentes e córregos em encostas íngremes e algumas áreas apresentam risco geológico em grau alto e muito alto.



**Figura 39:** Vilas Integrantes do Aglomerado da Serra.  
Fonte: <http://www.veracidade.salvador.ba.gov.br>

Para a implantação do programa, a Prefeitura de Belo Horizonte conta com recursos assegurados de R\$171,2 milhões. Deste montante, R\$113 milhões financiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), com contrapartida de 25% pela Prefeitura, e R\$58,2 milhões pelo governo federal através do Programa Saneamento para Todos da Caixa Econômica Federal, com contrapartida de 10% do município.

No período de 1998 a 2000, foi realizado o Plano Global Específico –PGE do aglomerado, que apontou os principais problemas encontrados no local e norteou a elaboração do projeto do Vila Viva. Os pontos mais críticos apontados foram à educação deficiente, violência, degradação ambiental, infra-estrutura básica insuficiente, habitações precárias, falta de atendimento adequado à saúde e dificuldade de acesso à propriedade.

Através do levantamento de dados apresentados no PGE foram previstas obras como a reestruturação do sistema viário e a melhoria da acessibilidade do aglomerado; a ampliação e melhoria das redes de água, esgoto e drenagem; a recuperação ambiental dos fundos de vale, transformando as áreas nas margens dos córregos em parques com equipamentos de lazer; a reestruturação habitacional com a construção de unidades habitacionais para o reassentamento de famílias retiradas das áreas de risco e em função das obras. Além disso, serão desenvolvidas ações de educação, formação profissional, organização sócio-comunitária, culturas e de segurança, com regularização fundiária após as intervenções.

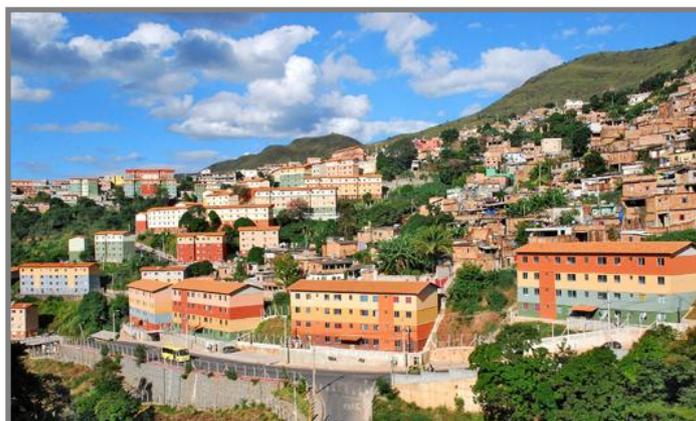


Figura 40: Vila Viva – Aglomerado da Serra.  
Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte.

### **1) Obras realizadas**

A primeira etapa do Vila Viva, que começou no final de 2005, foi entregue em abril de 2007. Foram construídos 48 apartamentos e parte da Avenida Cardoso. No início da Avenida Mem de Sá foram construídas duas barragens de contenção para controlar a vazão das águas de chuva e evitar as enchentes na região. Para essa obra, foram removidas e reassentadas 220 famílias, que moravam em situação subumana e de risco, às margens do Córrego Cardoso. Vários becos também foram urbanizados nesta fase.

Na segunda etapa, foi entregue à população, em dezembro de 2007, o Complexo Esportivo do Aglomerado da Serra Mário Guimarães, 104 apartamentos e a sede da Cooperativa de Costureiras. O complexo foi construído em um terreno de 20 mil m<sup>2</sup> cedido pela Fundação Benjamin Guimarães, e é composto por um campo de futebol gramado com dimensão oficial, alambrados, vestiários, arquibancadas, iluminação para jogos noturnos, quadra poliesportiva e estacionamento.

Em dezembro de 2008, foi inaugurada a avenida do Cardoso, que tem 16 metros de largura e 1.660 metros de extensão. Ela corta o Aglomerado, ligando a Avenida Mem de Sá, em Santa Efigênia, à Rua Caraça, no Bairro Serra. Por causa do terreno acidentado, dois trechos da avenida do Cardoso são de viaduto, sendo o primeiro trecho de 128m e o segundo de 64m. A construção de um viaduto em vilas e favelas é pioneira no Brasil. Também foram entregues à população apartamentos destinados ao reassentamento de famílias removidas do aglomerado.

Em julho de 2009, foram concluídos mais 168 apartamentos. Até o momento foram finalizadas 528 unidades habitacionais no Aglomerado da Serra. A urbanização da Rua da Amizade, que inclui contenções de encosta, pavimentação, implantação de redes de drenagem e esgoto, também está finalizada. Além da Praça da Bandoneon, que possui uma área de lazer com quadra de esportes, três duchas, equipamento lúdico, espaço para eventos e Academia da Cidade.

## **2) Obras em andamento no Aglomerado da Serra**

- Urbanização de becos e ruas

As obras de pavimentação, esgoto e drenagem, construção de escadarias e contenções em becos estão sendo feitas em todo o aglomerado. O Programa contempla urbanização em aproximadamente 23,8 mil metros lineares de becos, além de urbanização e abertura de ruas.

- Coleta de esgoto

Todo esgoto do Aglomerado será coletado pela Copasa. Estão sendo construídos interceptores ao longo dos córregos e no entorno dos parques para o recolhimento de resíduos que serão direcionados à Estação de Tratamento Arrudas.

- Remoção de Famílias

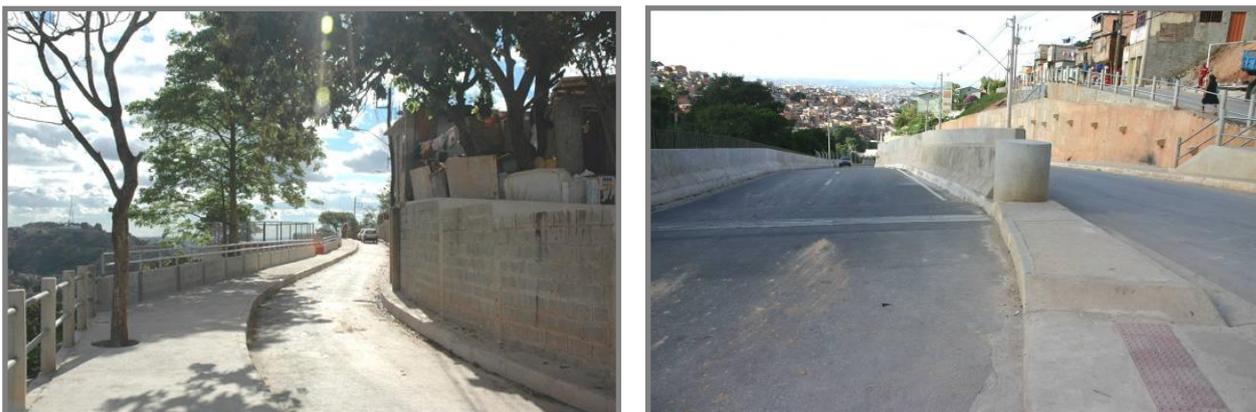
Até julho de 2009, foram removidas 2.100 famílias para viabilização das obras ou em função de risco geológico. Dessas 75% foram reassentadas no próprio aglomerado ou no seu entorno.

- Implantação de conjuntos habitacionais

Já foram entregues 528 unidades habitacionais aos moradores da Serra. Outras 328 estão em andamento. Até o seu término, o Vila Viva prevê a construção de cerca de 1.000 unidades habitacionais em várias áreas do aglomerado para as famílias removidas em função das obras ou retiradas de áreas de risco geológico. Os conjuntos possuem apartamentos de dois e três quartos, em prédios de quatro andares, com oito unidades por bloco.

- Construção de cinco parques

Parque do Cardoso, Parque da Terceira Água, Parque da Segunda Água, Parque da Primeira Água e Parque do Pocinho. Em todos os parques, os córregos estão sendo saneados e mantidos em seu leito natural, já que o esgoto será retirado. Os parques estão sendo cercados, iluminados e a população está ganhando equipamentos de lazer, com pista de skate e parkour.



**Figura 41:** Vila Viva – Aglomerado da Serra - Obras.  
Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte.

### 5.5. Vila Viva – Análise Crítica

A partir de pesquisas feitas e dados levantados sobre o programa de reestruturação urbana da cidade de Belo Horizonte denominado assim “Vila Viva” se faz necessário algumas reflexões:

Em relação à parte de planejamento do programa as estratégias de intervenção tem se mostrado bem articulada e eficiente com a implantação do Plano Global Específico – PGE criado pela URBEL para intervenção em assentamentos precários existentes, onde são planejadas ações para desenvolvimento sócio-econômico das comunidades e reestruturação das vilas atendidas. Com este instrumento de planejamento têm-se um panorama geral das situações de risco de cada vila a ser atendida e a partir desses dados coletados propõem-se então várias ações integradas para melhoria urbana e promoção social garantindo o acesso à habitação digna e infraestrutura básica, equipamentos comunitários e serviços para o desenvolvimento das comunidades.

No requisito das intervenções relativas às obras podemos ver grandes evoluções urbanísticas sejam elas diretamente ligadas às obras de infraestrutura viária, projetos de erradicação e controle das áreas de risco geológico, como a alocação de recursos e investimentos direcionados para recuperação ambiental de áreas degradadas pela ocupação irregular dos topos de morros promovendo

ações e projetos para preservação ambiental, proteção ambiental e patrimônio paisagístico.

Outro eixo de atuação constitui-se pelo trabalho técnico social, fundamental para qualquer tipo de intervenção urbana e deve ser iniciado antes mesmo das obras. Com isso o que se pretende é a mobilização da população para apoio aos trabalhos que serão desenvolvidos posteriormente. Dentre os trabalhos desenvolvidos podemos mencionar o cadastro social das famílias que serão atendidas, orientação em geral para manter a população informada sobre todo o processo de urbanização. Atividades e temas com o objetivo de geração emprego e renda, resgate cultural, educação ambiental e apoio psicológico são trabalhadas nas comunidades atingidas como forma de inserção pessoal destas na sociedade e no mercado de trabalho.

A fase de monitoramento também tem um papel importante, pois nesta etapa é possível avaliar os resultados da implantação do Programa Vila Viva na comunidade sob diversos aspectos seja ele urbanístico e social. Ações como acompanhamento das famílias reassentadas também são realizadas como meio de auxiliar na adaptação deste novo espaço e a preservação das melhorias urbanísticas, tais atividades são desenvolvidas pelo controle urbano.

Com base nas informações apresentadas e as devidas observações, pode-se verificar que a implantação das intervenções do programa “Vila Viva” de Belo Horizonte – MG, nos assentamentos precários se dá de modo eficiente no quesito déficit habitacional, melhoria urbana e desenvolvimento social, porém a nossa ênfase será sob o ponto de vista da unidade habitacional propriamente dita, um fator bastante relevante e preocupante até então não mencionado e proposto é a produção de moradia condigna e com qualidade.

As unidades habitacionais produzidas pelo programa “Vila Viva” são as tipologias características de blocos de apartamentos verticalizados até quatro pavimentos. Percebe-se que os espaços de circulação interna são bem limitados e sem a possibilidade de integração da área interna dos edifícios com a parte externa e jardins internos. Estes blocos podem conter dois e quatro apartamentos por pavimento constituído por sala, cozinha, banheiro, área de serviço e dois ou três quartos dependendo do número de membros constituintes na família.

No que diz respeito ao termo moradia condigna, vale esclarecer que seria aquela com espaços mais amplos, com possibilidades de maiores aberturas de janelas e com espaços abertos que possam comunicar entre si. A habitação é apenas para residir e proteção contra intempéries. Então temos paredes e teto que abrigam as funções domésticas básicas definidos por quartos, salas cozinhas e banheiros. E tudo isso precisa caber num apartamento ou numa casa para uma família ideal de cinco pessoas. Sabem-se através de estudos, que as características das famílias residentes em assentamentos precários possuem números maiores de filhos, alguns moram com pais, filhos e netos onde o módulo mínimo não é suficiente para atender às necessidades funcionais das famílias.

De maneira geral não é apenas uma habitação que se deseja, mas uma morada que comporte os costumes e a cultura que se afirmou na reconstrução diária das situações de exclusão dos favelados. Diferente disso parece ser mais comum a padronização da habitação popular que desconsidera estas especificidades e que se revela, em novo formato de exclusão, pois dificilmente estas pessoas conseguiriam voltar ao mercado para adquirir outro imóvel, sem que haja algum amparo do poder público.

No que se refere à qualidade das habitações devemos entender como ecoeficiência, eficiência energética, arquitetura bioclimática e estratégias que visem redução do consumo de água, utilização de produtos e materiais que produzem menos impacto ambiental, utilização racional de energia e tecnologias alternativas.

Em última análise o que pretendemos ressaltar é o modo como os edifícios são produzidos em termos de projetos, tecnologias construtivas, redução de desperdício, incorporação de tecnologia limpa e principalmente ao atendimento das necessidades dos usuários. Visto que seria inviável a adoção de topologias de construção para unidades unifamiliares se considerado o impacto ambiental, o relevo da região, a utilização de grande parcela de terra para suprir o déficit de habitações do município que chega a um déficit de 88.022 de domicílios dos assentamentos precários. Quando nos referimos ao déficit estão assim denominadas inadequação de domicílios sob aspecto de carência de infraestrutura (44.562 domicílios), adensamento excessivo (33.423 domicílios) e

domicílios sem banheiro (10.037 domicílios). Portanto o padrão multifamiliar assim implantado pelo “Vila Viva” é eficiente ao propósito a que se destina.

Uma vez alcançados os objetivos de urbanização, reintegração destas famílias na sociedade e a construção do maior número de unidades, devemos pensar em um novo parâmetro para a produção habitacional ecoeficiente e mais aproximado ao perfil da população garantindo efetivamente o acesso a terra urbanizada a população de baixa renda e qualidade de vida.

À medida que se alcançam objetivos primordiais para subsistência humana, torna-se oportuno o pensamento crítico e o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para aprimoramento do ciclo de produção, senão retomamos a estagnação do processo sem perspectiva de melhoria. Nestes termos, é necessário que haja esforços por parte de todos os órgãos envolvidos para a mudança do paradigma do módulo mínimo padronizado, maior número possível de habitação por m<sup>2</sup>, menor custo de produção por unidade sendo a única estratégia e critério de produção habitacional para relocação de famílias de baixa renda.

Através da revisão da literatura, podemos concluir que atualmente já existem ferramentas de gestão, produção, monitoramento e tecnologias construtivas que podem incorporar melhorias contínuas no processo sob o ponto de vista da sustentabilidade e do conceito de ecoeficiência.

Assim como, para que a implantação do programa e projeto “Vila Viva” pudesse se concretizar antes de tudo foi criado o Plano Global Específico – PGE instrumento muito importante e determinante para o planejamento das futuras intervenções em cada vila. Aliado a este poderoso instrumento criado pela Urbel, sugere-se que sejam implementadas também outras ferramentas eficazes que auxiliarão no gerenciamento, na busca da qualidade, melhoria contínua dos empreendimentos e ao atendimento dos usuários, como por exemplo: a aplicação do conceito de Produção Limpa e mais Limpa; Sistema de Gestão Integrada – SGI; aplicação do método Ciclo PDCA; Seleção de Materiais; Análise do Ciclo de Vida – ACV; Reciclagem de Materiais; incorporação de procedimentos relacionados ao PBQP-H e ao SIAC; Norma de Desempenho (NBR-15575:2008) e a adoção de tecnologias alternativas para produção das habitações como uso de aquecedor solar fotovoltaico, aquecedor solar de água, reuso de águas cinza,

materiais ecológicos, materiais que visem o conforto térmico das edificações e uso racional de energia.

### 5.6. Vila Viva – Análise da Vila Nossa Senhora da Conceição

A título de exemplificação será apresentada a seguir uma análise de duas tipologias das habitações executadas no Aglomerado da Serra em específico na Vila Nossa Senhora da Conceição. Esta análise será feita sobre o enfoque do conceito da ecoeficiência sugerindo possibilidades de uso de tecnologias alternativas e o emprego de materiais ecoeficientes nestas habitações.

A Vila Nossa Senhora da Conceição, de acordo com informações do Plano, teve seu processo de ocupação na década de 20 no século passado, os primeiros moradores vieram do interior do estado principalmente das cidades de Raul Soares, São Pedro dos Ferros, Rio Casca, Montes Claros, Teófilo Otoni. Os primeiros barracões eram de zinco, tábuas e papelão. Mais tarde começaram a surgir os primeiros barracos de adobe e somente por volta dos anos 70 surgiram os de alvenaria. A Vila tem uma área aproximada de 180.054m<sup>2</sup> com uma população de 7.828 habitantes e 2.217 domicílios.

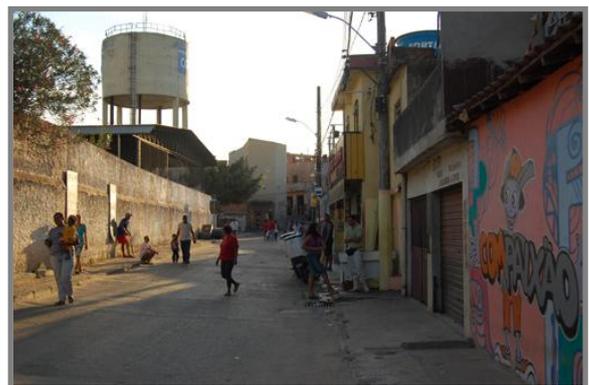
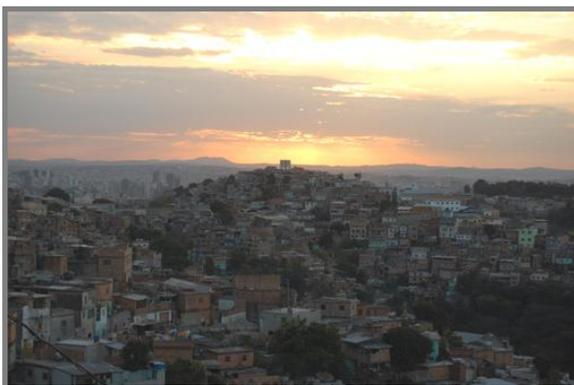


Figura 42: Vila Nossa Senhora da Conceição.  
Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte.

O conjunto habitacional da Vila Nossa Senhora da Conceição localiza-se no encontro das ruas Herval e União, no limite com o bairro Serra onde predominam edifícios multifamiliares. O condomínio é composto por quatro edifícios com apartamentos de três quartos e um edifício com apartamentos de dois quartos,

totalizando 40 unidades em um terreno de aproximadamente 1.800m<sup>2</sup>. (ver figura 43).



**Figura 43:** Implantação do Conjunto Habitacional da Vila Nossa Senhora da Conceição.  
Fonte: Urbel.

Para análise da ecoeficiência das tipologias utilizadas no conjunto habitacional da Vila Nossa Senhora da Conceição, serão apresentados dois projetos das unidades habitacionais, sendo um de dois quartos e outro de três quartos. Como parâmetro para análise quantitativa e qualitativa é necessário que se estabeleça alguns critérios.

Na impossibilidade de quantificar o número de moradores por domicílio, visto que as famílias possuem números de membros bastante irregulares e seria inviável a disponibilização de quartos independentes, vamos estabelecer como parâmetro quantitativo o número de quartos e camas conforme o *layout* do apartamento disponibilizado. Assim como quantidade de moradores, as instalações hidráulicas e elétricas serão contabilizadas conforme o *layout*. Não será contabilizado o consumo relativo aos eletrodomésticos e aos equipamentos eletrônicos.

Quanto à análise qualitativa serão propostas algumas sugestões de tecnologias construtivas como tipo de revestimento, cobertura, utilização de

sistemas economizadores de água, captação e reuso de águas pluviais, energia solar fotovoltaica, aquecimento de água e utilização de luz artificial de baixo consumo, ou seja, sistemas voltados para eficiência energética e produção de habitação mais sustentável que podem melhorar a qualidade de vida dos moradores.

Não será considerado neste estudo o fator custo de implantação dos sistemas propostos, pois a ideia é sugerir possibilidades de se produzir edificações ecoeficientes que satisfaçam as necessidades humanas, e assim, promover a redução dos impactos ambientais e de consumo de recursos naturais.

### **TIPOLOGIA 1 – Urbel**

- 01 Edifício de quatro pavimentos com 02 unidades por pavimento totalizando 08 unidades de dois quartos.

- Considerou-se área de cobertura com aproximadamente 110,00 m<sup>2</sup>.

#### **\* Características**

- Área do apartamento 45,84 m<sup>2</sup>.

- Dois quartos, banheiro social, sala, cozinha e área de serviço.

- Bloco de concreto estrutural.

- Telha cerâmica.

#### **\* Parâmetros**

- Pontos de instalações elétricas (06 unidades).

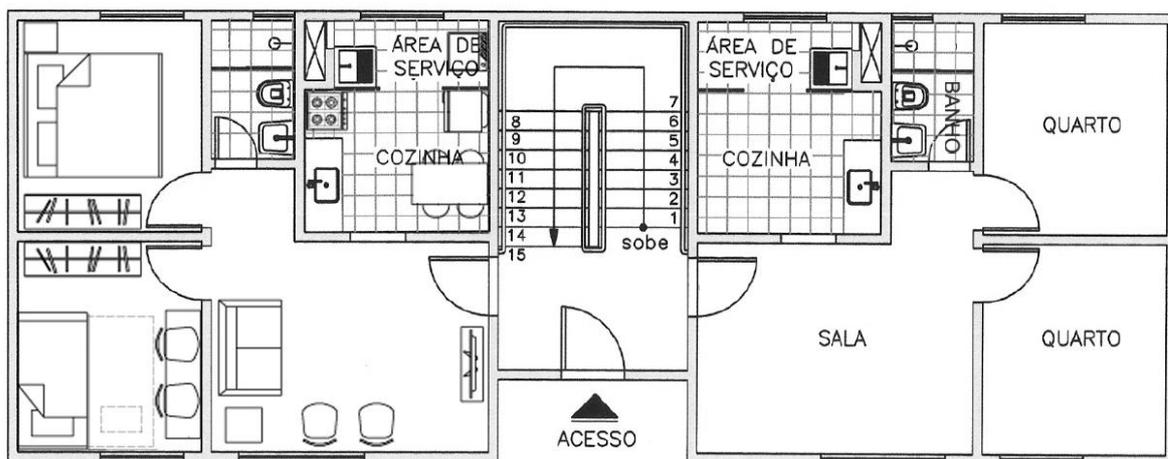
- Lâmpadas incandescentes.

- Pontos de instalações hidráulicas (05 unidades).

- Torneiras simples sem arejador.

- Bacia sanitária sem a caixa acoplada.

- Chuveiro ou ducha sem o redutor de vazão.



ÁREA DE CADA APARTAMENTO 45,84m<sup>2</sup>

PLANTA - TIPOLOGIA 2 QUARTOS  
Sem Escala

**Figura 44:** Tipologia da Unidade Habitacional de dois quartos.

Fonte: Urbel.

## PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO PARA TIPOLOGIA 1

- Considerou-se uma família composta por 04 membros.

### I - Dispositivos economizadores de água

#### a) Bacia Sanitária

01 Acionamento per capita por dia para resíduo sólido.

04 Acionamentos per capita por dia para resíduos líquidos.

Foi considerado o consumo de água per capita para bacia de 12 litros; bacia de 6 litros e a bacia com duplo acionamento "Dual Flush" 6 e 3 litros.

**Tabela 22:** Economia de água para bacia sanitária "Dual Flush"

DESCRIÇÃO	Tipo de Bacia Sanitária				Economia			
	Bacia sanitária 12 Litros	Bacia sanitária 6 Litros	Bacia sanitária Dual Flush		Bacia sanitária 12 Litros	Bacia sanitária 6 Litros	Bacia sanitária Dual Flush	
			6 Litros	3 Litros			6 Litros	3 Litros
Volume por descarga	12	6	6	3	12	6	3	
Uso diário per capita (L)	60	30	6	12	60	30	42	
Uso diário total (L)	240	120	24	48	240	120	168	
Economia de água (%)					-	50%	70%	

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização da bacia sanitária com acionamento duplo “Dual Flush” se mostrou mais eficiente em relação ao consumo de água do que as bacias sanitárias convencionais de 12 litros. Com uma economia de 168 litros diários contra os 240 litros de água consumidos da bacia de 12 litros e 120 da bacia de 6 litros gerando uma economia de 70% no consumo de água para descarga.

Conclusão: 04 membros por apartamento x 08 apartamentos de dois quartos = 32 moradores por edifício, juntos consumiriam 1.920 litros de água por dia se adotasse a bacia de 12 litros e 576 litros de água adotando a bacia “Dual Flush” com uma diferença de 1.344 litros a menos.

#### b) Chuveiro

01 Acionamento per capita por dia.

Tempo limite por acionamento 10 minutos.

Foi considerada um chuveiro com vazão de 15 L/min para cada banho.

**Tabela 23:** Economia de água para chuveiros com redutor de vazão

DADOS	Tipo de Chuveiro			Economia	
	Chuveiro	Com Redutor de Vazão		Com Redutor de Vazão	
		9 L/min	5 L/min	9 L/min	5 L/min
Vazão (L/min)	15	9	5	6	10
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	10	10	10	0	0
Consumo diário per capita (L)	150	90	50	60	100
Consumo diário total (L)	600	360	200	240	400
Economia de água (%)				40%	66,66%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização de redutor de vazão para chuveiros teve um ótimo desempenho apresentando uma economia de 66,66% para redutor de vazão de 5L/min. com 400 litros a menos que o chuveiro de 15L/min.

Conclusão: 04 membros por apartamento x 08 apartamentos de dois quartos = 32 moradores por edifício, juntos consumiriam 4.800 litros de água por dia se adotasse o chuveiro com vazão 15L/min e 1.600 litros de água instalando um redutor de vazão de 5L/min com uma diferença de 3.200 litros a menos.

### c) Torneira de Lavatório

04 Acionamentos por usuário durante um dia, com tempo de funcionamento de dois minutos.

Foi considerada uma torneira convencional com vazão de 12 L/min.

**Tabela 24:** Economia de água para torneiras de lavatórios com redutor de vazão

DADOS	Torneiras		Economia
	Convencional	Arejador	Arejador
Vazão por acionamento (L/min)	12	6	6
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	8	8	0
Consumo diário per capita (L)	96	48	48
Consumo diário total (L)	384	192	192
Economia de água (%)			50%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização de arejador na torneira proporcionou um benefício de 50% de economia de água. Com 192 litros a menos que a torneira convencional.

Conclusão: 04 membros por apartamento x 08 apartamentos de dois quartos = 32 moradores por edifício, juntos consumiriam 3.072 litros de água por dia se adotasse a torneira convencional com vazão 12L/min. e 1.536 litros utilizando um arejador na torneira. Com uma diferença de 1.536 litros a menos.

#### d) Torneira de Cozinha e Área de Serviço

Acionamento por usuário durante um dia, com tempo de funcionamento de dois minutos.

Foi considerada uma torneira convencional com vazão de 12 L/min. para torneiras da cozinha e área de serviço.

**Tabela 25:** Economia de água para torneiras com redutor de vazão

DADOS	Torneiras		Torneiras		Economia	
	Cozinha		Área de Serviço		Cozinha	Área de Serviço
	Convencional	Arejador	Convencional	Arejador	Arejador	Arejador
Vazão por acionamento (L/min)	12	6	12	6	6	6
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	2	2	2	2	0	0
Consumo diário per capita (L)	24	12	24	12	12	12
Consumo diário total (L)	96	48	96	48	48	48
Economia de água (%)					50%	50%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização de arejador nas torneiras proporcionou um benefício de 50% de economia de água para cada torneira. Com 48 litros a menos que a torneira convencional.

Conclusão: 04 membros por apartamento x 08 apartamentos de dois quartos = 32 moradores por edifício, juntos consumiriam 1.536 litros de água por dia se adotasse a torneira convencional com vazão 12L/min. e 768 litros utilizando um arejador na torneira com uma diferença de 768 litros a menos, considerando-se duas torneiras.

#### **Benefício total**

Somando-se todos os consumos de água utilizando-se dispositivos convencionais de acordo com as tabelas apresentadas teria-se um consumo de 11.328 litros de água para atender um edifício com 32 moradores. E utilizando-se

dispositivos economizadores de água teria-se um consumo de 4.480 litros de água para a mesma demanda. Apresentando um ganho considerável de 6.848 litros de água utilizando-se sistemas mais eficientes.

Consumo de água por edifício = 11.328 litros x 01 edifício = 11.328 litros para uma demanda de 32 pessoas.(projetado)

Consumo de água por edifício = 4.480 litros x 01 edifício = 4.480 litros para uma demanda de 32 pessoas.(proposto pela autora).

## **TIPOLOGIA 2 – Urbel**

- 04 Edifícios de quatro pavimentos com 02 unidades por pavimento totalizando 32 unidades de três quartos.

- Considerou-se área de cobertura com aproximadamente 183,00 m<sup>2</sup>.

### **\* Características**

- Área do apartamento 48,03 m<sup>2</sup>.

- Três quartos, banheiro social, sala, cozinha e área de serviço.

- Bloco de concreto estrutural.

- Telha cerâmica.

### **\* Parâmetros**

- Pontos de instalações elétricas (07 unidades).

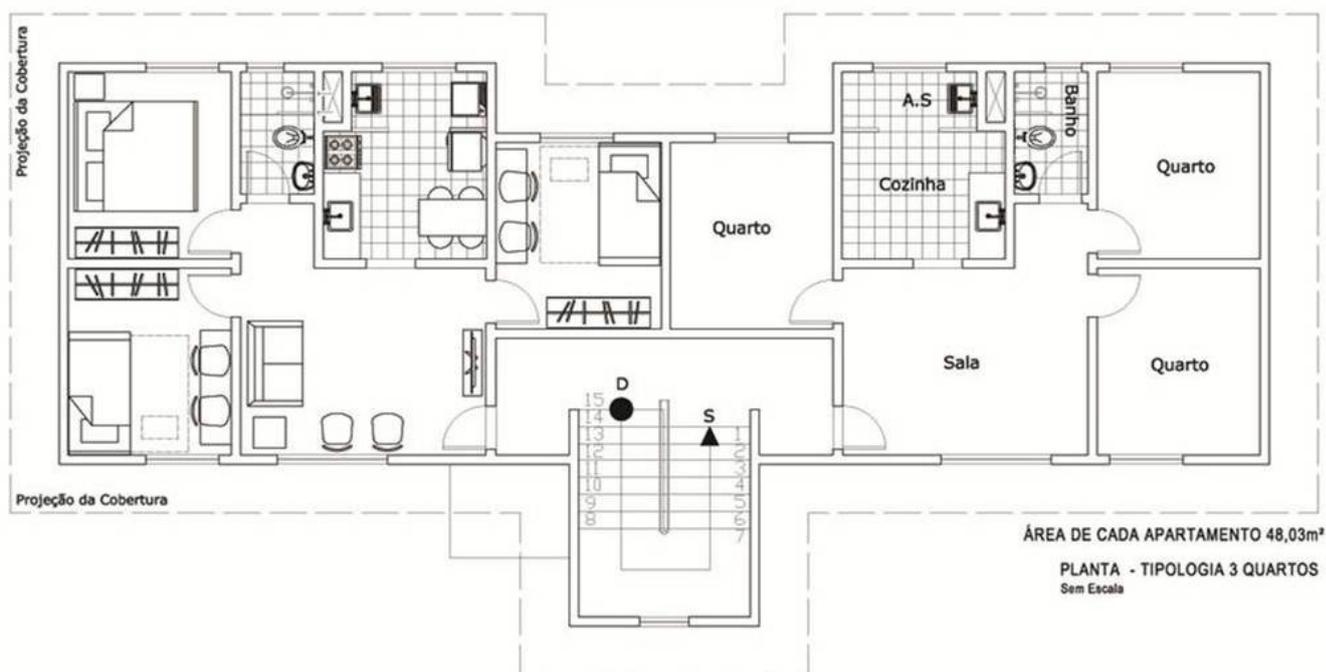
- Lâmpadas incandescentes.

- Pontos de instalações hidráulicas (05 unidades).

- Torneiras simples sem arejador.

- Bacia sanitária sem a caixa acoplada.

- Chuveiro ou ducha sem o redutor de vazão.



**Figura 45:** Tipologia da Unidade Habitacional de três quartos da Urbel.  
 Fonte: Urbel.

## PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO PARA TIPOLOGIA 2

- Considerou-se uma família composta por 06 membros.

### I - Dispositivos economizadores de água

#### a) Bacia Sanitária

01 Acionamento per capita por dia para resíduo sólido.

04 Acionamentos per capita por dia para resíduos líquidos.

Foi considerado o consumo de água per capita para bacia de 12 litros; bacia de 6 litros e a bacia com duplo acionamento "Dual Flush" 6 e 3 litros.

**Tabela 26:** Economia de água para bacia sanitária “Dual Flush”

DESCRIÇÃO	Tipo de Bacia Sanitária				Economia		
	Bacia sanitária 12 Litros	Bacia sanitária 6 Litros	Bacia sanitária 6 Litros   3 Litros		Bacia sanitária 12 Litros	Bacia sanitária 6 Litros	Bacia sanitária 6 Litros   3 Litros
Volume por descarga	12	6	6	3	12	6	3
Uso diário per capita (L)	60	30	6	12	60	30	42
Uso diário total (L)	360	180	36	72	360	180	252
Economia de água (%)					-	50%	70%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização da bacia sanitária com acionamento duplo “Dual Flush” se mostrou mais eficiente em relação ao consumo de água do que as bacias sanitárias convencionais de 12 litros. Com uma economia de 252 litros diários contra os 360 litros de água consumidos da bacia de 12 litros e 180 da bacia de 6 litros gerando uma economia de 70% no consumo de água para descarga.

Conclusão: 06 membros por apartamento x 08 apartamentos de três quartos = 48 moradores por edifício, juntos consumiriam 2.880 litros de água por dia se adotasse a bacia de 12 litros e 864 litros de água adotando a bacia “Dual Flush” com uma diferença de 2.016 litros a menos.

## b) Chuveiro

01 Acionamento per capita por dia.

Tempo limite por acionamento 10 minutos.

Foi considerada um chuveiro com vazão de 15 L/min. para cada banho.

**Tabela 27:** Economia de água para chuveiros com redutor de vazão

DADOS	Tipo de Chuveiro			Economia	
	Chuveiro	Com Redutor de Vazão		Com Redutor de Vazão	
		9 L/min	5 L/min	9 L/min	5 L/min
Vazão (L/min)	15	9	5	6	10
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	10	10	10	0	0
Consumo diário per capita (L)	150	90	50	60	100
Consumo diário total (L)	900	540	300	360	600
Economia de água (%)				40%	66,66%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização de redutor de vazão para chuveiros teve um bom desempenho apresentando uma economia de 66,66% para redutor de vazão de 5L/min com 300 litros a menos que o chuveiro de 15L/min.

Conclusão: 06 membros por apartamento x 08 apartamentos de três quartos = 48 moradores por edifício, juntos consumiriam 7.200 litros de água por dia se adotasse o chuveiro com vazão 15L/min e 2.400 litros de água instalando um redutor de vazão de 5L/min com uma diferença de 4.800 litros a menos.

### c) Torneira de Lavatório

04 Acionamentos por usuário durante um dia, com tempo de funcionamento de dois minutos.

Foi considerada uma torneira convencional com vazão de 12 L/min.

**Tabela 28:** Economia de água para torneiras de lavatórios

DADOS	Torneiras		Economia
	Convencional	Arejador	Arejador
Vazão por acionamento (L/min)	12	6	6
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	8	8	0
Consumo diário per capita (L)	96	48	48
Consumo diário total (L)	576	288	288
Economia de água (%)			50%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização de arejador na torneira proporcionou um benefício de 50% de economia de água. Com 288 litros a menos que a torneira convencional.

Conclusão: 06 membros por apartamento x 08 apartamentos de dois quartos = 48 moradores por edifício, juntos consumiriam 4.608 litros de água por dia se

adotasse a torneira convencional com vazão 12L/min. e 2.304 litros utilizando um arejador na torneira. Com uma diferença de 2.304 litros a menos.

#### d) Torneira de Cozinha e Área de Serviço

Acionamento por usuário durante um dia, com tempo de funcionamento de dois minutos.

Foi considerada uma torneira convencional com vazão de 12 L/min para torneiras da cozinha e área de serviço.

**Tabela 29:** Economia de água para torneiras da cozinha e área de serviço

DADOS	Torneiras		Torneiras		Economia	
	Cozinha		Área de Serviço		Cozinha	Área de Serviço
	Convencional	Arejador	Convencional	Arejador	Arejador	Arejador
Vazão por acionamento (L/min)	12	6	12	6	6	6
Tempo de acionamento (min/pessoa dia)	2	2	2	2	0	0
Consumo diário per capita (L)	24	12	24	12	12	12
Consumo diário total (L)	144	72	144	72	72	72
Economia de água (%)					50%	50%

Fonte: Autora.

Nota-se que a utilização de arejador nas torneiras proporcionou um benefício de 50% de economia de água para cada torneira. Com 72 litros a menos que a torneira convencional.

Conclusão: 06 membros por apartamento x 08 apartamentos de dois quartos = 48 moradores por edifício, juntos consumiriam 2.304 litros de água por dia se adotasse a torneira convencional com vazão 12L/min e 1.152 litros utilizando um arejador na torneira com uma diferença de 1.152 litros a menos, considerando-se duas torneiras.

### **Benefício total**

Somando-se todos os consumos de água utilizando-se dispositivos convencionais de acordo com as tabelas apresentadas teria um consumo de 16.992 litros de água para atender um edifício com 48 moradores. E utilizando de dispositivos economizadores de água teria um consumo de 6.720 litros de água para a mesma demanda. Apresentando um ganho considerável de 10.272 litros de água utilizando de sistemas mais eficientes.

Consumo de água por edifício = 16.992 litros x 04 edifícios = 67.968 litros para uma demanda de 192 pessoas.(projetado)

Consumo de água por edifício = 6.720 litros x 04 edifícios = 26.880 litros para uma demanda de 192 pessoas.(proposto pela autora)

### **Benefício total somando-se as duas tipologias**

É necessário um volume de 79.296 litros de água por dia para atender a uma demanda de 224 pessoas reassentadas em 05 edifícios. Desse volume 13.440 litros/dia de água teriam sua destinação para descarga sanitária de 12 litros e o restante para os lavatórios, cozinha, área de serviço e o banho. Consumo médio de água per capita diário de 354 litros/dia.

Ao utilizar dispositivos economizadores de água temos um volume de 31.360 litros/dia para atender a mesma demanda em 05 edifícios. Sendo que se tivesse sido utilizado a bacia sanitária de 3 e 6 litros teria um consumo de 4.032 litros/dia para descarga sanitária e o restante para os lavatórios, cozinha, área de serviço e o banho. Consumo médio de água per capita diário de 140 litros/dia.

Logo, percebe-se uma economia de 47.936 litros/dia de água por dia equivalente a 39,5% do consumo.

## PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO PARA AS DUAS TIPOLOGIAS

### 1) Aproveitamento de água da chuva

Antes da instalação do sistema, é feito um estudo dos índices pluviométricos da região, da capacidade de captação do telhado e do tamanho ideal da cisterna de armazenamento. Baseado nesses cálculos é dimensionado o equipamento necessário.

Nesta análise será considerado apenas o volume de água economizado para descarga sanitária utilizando-se da água armazenada captada dos telhados.

Índice pluviométrico de Belo Horizonte: 1417 (Média 1997 a 2000.)<sup>4</sup>

**Tabela 30:** Índice pluviométrico de Minas Gerais

ÍNDICE PLUVIOMETRICO mm anual	Área do Telhado (m <sup>2</sup> )								
		100	200	300	400	500	1.000	1.500	2.000
800	Capacidade anual em metros cúbicos (M <sup>3</sup> )	172	144	216	288	360	720	1.080	1.440
900		81	162	243	324	405	810	1.215	1.620
1.000		90	180	270	360	450	900	1.350	1.800
1.100		99	198	297	396	495	990	1.485	1.980
1.200		108	216	324	432	540	1.080	1.620	2.160
1.300		117	234	351	468	585	1.170	1.755	2.340
1.400		126	252	378	504	630	1.260	1.890	2.520
1.500		135	270	405	540	675	1.350	2.025	2.700
1.600		144	288	432	576	720	1.080	1.440	2.880

Fonte: [www.planejamento.mg.gov.br](http://www.planejamento.mg.gov.br)

### Para a Tipologia 1

Área do telhado = 110,00m<sup>2</sup>.

Índice pluviométrico médio de Belo Horizonte 1417mm ou 1.417m<sup>3</sup>.

Eficiência de captação considerou-se 15% de perda e 85% de absorção.

<sup>4</sup> [www.planejamento.mg.gov.br/governo/gestao\\_logistica/pegae/arquivos/Informacoes\\_sobre\\_agua\\_chuva.pdf](http://www.planejamento.mg.gov.br/governo/gestao_logistica/pegae/arquivos/Informacoes_sobre_agua_chuva.pdf)

Eficiência após filtragem considerou-se 10% de perda e 90% de absorção.

Potencial =  $1.417 \times 110 \times 0,85 \times 0,90 = 119.240$  litros/ano

01 Edifício x 119.240 litros = 119.240 litros/ano

Economia de 9.936 litros/mês

Economia de 331,2 litros/dia

Isto significa que ao final de um ano cerca de 119.240 litros de água seriam economizados e poderiam ser utilizados em descargas sanitárias.

### **Para a Tipologia 2**

Área do telhado = 183,00m<sup>2</sup>.

Índice pluviométrico médio de Belo Horizonte 1417mm ou 1.417m<sup>3</sup>.

Eficiência de captação considerou-se 15% de perda e 85% de absorção.

Eficiência após filtragem considerou-se 10% de perda e 90% de absorção.

Potencial =  $1.417 \times 183 \times 0,85 \times 0,90 = 198.372$  litros/ano

Economia de 16.531litros/mês

Economia de 551litros/dia

04 Edifícios x 198.372 litros = 793.488 litros/ano

Economia de 66.124 litros/mês

Economia de 2.204 litros/dia

Isto significa que ao final de um ano cerca de 198.372 litros de água seriam economizados em cada edifício e 793.488 litros considerando-se os quatro edifícios da tipologia 2 poderiam ser utilizados em descargas sanitárias.

### **Benefício total**

O potencial de captação de água somando-se os cinco edifícios 912.728 litros/ano por ano equivalente a uma média de 2.500 litros/dia para a demanda de

224 moradores. Considerando os dados apresentados anteriormente o consumo diário para descarga utilizando a bacia “Dual Flush” de 3 e 6 litros tem-se um consumo de 4.032 litros/dia para a mesma demanda. Com a implantação do sistema de captação de água consegue-se economizar 1.532 litros/dia (62%) do consumo total do sistema sem a captação.

## **2) Energia elétrica**

### **\* Parâmetros**

01 Chuveiro potência de 2.000 W com 01 acionamento por dia durante 10 minutos per capita.

01 Geladeira potência de 59KWh por mês. (Classe A)

06 Lâmpadas Incandescentes potência de 100W.

06 Lâmpadas Fluorescentes potência de 15W.

Custo da energia elétrica R\$0,60 KWh. Não será considerado os impostos.

### **\* Cálculo de energia consumida.**

$$W = P \times T_{\text{dias}} \times T_{\text{horas}} / 1000$$

#### **a) Cálculo de consumo de energia do chuveiro por dia per capita.**

$T = (10\text{min}/\text{dia} \times 30 \text{ dias}): T = 300 \text{ minutos}$ . Convertendo este valor para horas, teremos:  $T = (300/60): T = 5 \text{ horas por mês}$ . Convertendo este valor para horas por dia, teremos 0,333 horas.

## b)Tempo de acionamento das lâmpadas.

Os sistemas de iluminação foram quantificados conforme layout disponibilizado.

**Tabela 31:** Tempo de Acionamento das lâmpadas

Tipologia 1		Tipologia 2	
Ambiente	horas/dia	Ambiente	horas/dia
02 quartos	2	03 quartos	3
01 sala	5	01 sala	5
01 banheiro	1	01 banheiro	1
01 cozinha	4	01 cozinha	4
01 área de serviço	0,10	01 área de serviço	0,10
<b>Média de uso</b>	<b>2,01</b>	<b>Média de uso</b>	<b>1,87</b>

Fonte: Autora.

**Tabela 32:** Consumo e economia geral de energia da Tipologia 1 e Tipologia 2

TIPOLOGIA 1 - FAMÍLIA COM 04 MEMBROS								
Equipamentos	Potência média (W)	Dias estimados de uso por mês	Média de uso por dia (h)	Consumo médio mensal (KWh)	Quantidade	Consumo total mês (KWh)	Valor em R\$(KWh)	Valor total em R\$(KWh)
Lâmpada incandescente 100 W	100	30	2,01	6,03	6	36,18	-	-
Chuveiro 2.000 W	2.000	30	0,33	19,98	4	79,92	-	-
Geladeira 127V - 59KWh	-	-	-	-	1	59,00	-	-
						175,10	R\$ 0,60	R\$ 105,06
Equipamentos	Potência média (W)	Dias estimados de uso por mês	Média de uso por dia (h)	Consumo médio mensal (KWh)	Quantidade	Consumo total mês (KWh)	Valor em R\$(KWh)	Valor total em R\$(KWh)
Lâmpada fluorescentes 15 W	15	30	2,01	0,90	6	5,43	-	-
Chuveiro 2.000 W	2.000	30	0,33	19,80	4	79,20	-	-
Geladeira 127V - 59KWh	-	-	-	-	1	59,00	-	-
						143,63	R\$ 0,60	R\$ 86,18
TIPOLOGIA 2 - FAMÍLIA COM 06 MEMBROS								
Equipamentos	Potência média (W)	Dias estimados de uso por mês	Média de uso por dia (h)	Consumo médio mensal (KWh)	Quantidade	Consumo total mês (KWh)	Valor em R\$(KWh)	Valor total em R\$(KWh)
Lâmpada incandescente 100 W	100	30	1,87	5,61	7	39,27	-	-
Chuveiro 2.000 W	2.000	30	0,33	19,98	6	119,88	-	-
Geladeira 127V - 59KWh	-	-	-	-	1	59,00	-	-
						218,15	R\$ 0,60	R\$ 130,89
Equipamentos	Potência média (W)	Dias estimados de uso por mês	Média de uso por dia (h)	Consumo médio mensal (KWh)	Quantidade	Consumo total mês (KWh)	Valor em R\$(KWh)	Valor total em R\$(KWh)
Lâmpada fluorescentes 15 W	15	30	1,87	0,84	7	5,89	-	-
Chuveiro 2.000 W	2.000	30	0,33	19,98	6	119,88	-	-
Geladeira 127V - 59KWh	-	-	-	-	1	59,00	-	-
						184,77	R\$ 0,60	R\$ 110,86
TIPOLOGIA 1 - FAMÍLIA COM 04 MEMBROS								
Lâmpadas incandescentes				Lâmpadas fluorescentes			Economia KWh/mês	Economia R\$/mês
FAMÍLIAS	CONSUMO MENSAL (KWh/mês)		FAMÍLIAS	CONSUMO MENSAL (KWh/mês)				
1	175,10		1	143,63		31,47	R\$ 18,88	
8	1400,80		8	1149,04		251,76	R\$ 151,06	
TIPOLOGIA 2 - FAMÍLIA COM 06 MEMBROS								
Lâmpadas incandescentes				Lâmpadas fluorescentes			Economia KWh/mês	Economia R\$/mês
FAMÍLIAS	CONSUMO MENSAL (KWh/mês)		FAMÍLIAS	CONSUMO MENSAL (KWh/mês)				
1	218,15		1	184,77		33,38	R\$ 20,03	
32	6980,80		32	5912,64		1068,16	R\$ 640,90	
A SUBSTITUIÇÃO DAS LÂMPADAS INCANDESCENTES PELAS FLUORESCENTES APRESENTOU UMA ECONOMIA RELEVANTE, CUJO O VALOR PODERIA SER DESTINADO AS MANUTENÇÕES DOS CONDOMÍNIOS								R\$ 791,95

Fonte: Autora

### **3) Aquecedor solar de água - Energia elétrica**

Conforme dados de consumo de energia elétrica do chuveiro de potência de 2.000w apresentados na figura 69. Sugerimos a utilização de aquecedor solar de água para economia.

O Aquecedor Solar Soletrol: Compacto Solarmax 200Litros

- Faixa: A
- Eficiência Energética Média: 58,4 %
- Produção Média Mensal de Energia: 127,4 kWh/mês (economia).
- 4 banhos diários

Para a tipologia 1 teria uma economia total, pois a energia consumida do chuveiro é de 79,20 KWh/mês e o aquecedor proposto apresenta um ganho de 127,4KWh/mês. Neste termo ainda teria uma sobra de 48,20KWh/mês. O valor estimado da conta considerando-se a substituição das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes seria de 64.43KWh/mês (R\$ 38,65).

Para a tipologia 2 teria também uma economia total, pois a energia consumida do chuveiro é de 119,88 KWh/mês e o aquecedor proposto apresenta um ganho de 127,4KWh/mês. Neste termo ainda teria uma sobra de 7,52KWh/mês. No quesito economia de energia ele atenderia, mas se analisarmos a quantidade banhos necessários ele não atenderia a demanda de 06 banhos diários. Neste caso o mais correto seria utilizar um aquecedor com maior volume de água. O valor estimado da conta considerando-se a substituição das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes seria de 64,89KWh/mês (R\$ 38,93).

### **4) Utilização de Materiais ecoeficientes**

Conforme pesquisa feita sobre as possibilidades de uso de materiais ecoeficientes propõem-se a substituição do sistema de alvenaria bloco de concreto estrutural para o tijolo solo-cimento. O tijolo solo-cimento quando feito

com qualidade possui uma resistência igual ao bloco cerâmico. Em relação ao conforto térmico, economia de material e redução de emissão de  $\text{Co}_2$  também apresenta melhor desempenho se comparado ao bloco de concreto.

Para o sistema de cobertura propõem-se a substituição do telhado cerâmico para a telha de fibra vegetal onduline. Dentre alguns benefícios podemos mencionar que esta possibilita uma estrutura mais leve, apresenta um menor índice de produção de  $\text{Co}_2$  para sua fabricação e tem maior área de cobertura por  $\text{m}^2$  de telhas.

## 6. CONCLUSÃO

O conceito de ecoeficiência tem sido discutido atualmente e tem se transformado em uma ferramenta estratégica para o consumo eficiente de energia e para o desenvolvimento de construções mais sustentáveis, através de ferramentas de planejamento como a implantação do Sistema de Gestão Ambiental – SGA e Sistema de Gestão Ambiental Integrado – SGI. Para escolha de materiais podemos citar a Análise do ciclo de Vida – ACV; Seleção de materiais eficientes. Para controle do processo de produção e qualidade dos materiais tem se apresentado como estratégia o PBQP-H e o SiAC. Além dessas ferramentas podemos mencionar a utilização de norma em geral para o controle de qualidade; norma de desempenho das edificações; utilização de tecnologias alternativas como a utilização de aquecedor solar térmico e para água; reuso de água da chuva e a substituição de lâmpadas com maior eficiência energética.

Atualmente, tem-se visto grande esforço do governo em prol do desenvolvimento sustentável, mas tal objetivo só poderá ser efetivo se houver a colaboração de todos os setores envolvidos e o mais importante se o processo de produção tiver um ciclo com maior interface entre os processos de engenharia, no qual deverá ser previsto todas as fases, desde o planejamento, a forma de intervenção e quais materiais mais eficientes poderiam ser utilizados visando o conforto e bem estar dos usuários finais – população de moradores de baixa renda aliado ao menor consumo energético, visto que o setor de construção civil contribui para uma grande parcela de extração dos recursos não renováveis.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15220 – **Desempenho Térmico das Edificações**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575 – **Norma de Desempenho**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9001 – **Sistema de Gestão da Qualidade**. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14001: **Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14040 – **Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. ISO/TC 207, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14044 – **Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e diretrizes**. ISO/TC 207, 2006.

BELO HORIZONTE. Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte. **Plano Global Específico – Aglomerado da Serra**: levantamento de dados. Belo Horizonte, 2000a.

BELO HORIZONTE. Companhia Urbanizadora de Belo Horizonte. **Plano Global Específico – Aglomerado da Serra**: diagnóstico. Belo Horizonte, 2000b.

**Casa Eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico** / editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v. 1 (123 p.) : il. ; graf. ; tabs.

**Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia** / editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010. v. 2 (76 p.) : il. ; graf. ; tabs.

**Casa Eficiente: Simulação Computacional do Desempenho Termo-Energético** / editores: Roberto Lamberts...[et al.]. – Florianópolis : UFSC/LabEEE; 2010. v. 4 (53 p.) : il. ; graf. ; tabs.

**Casa Eficiente: Uso Racional da Água** / editores: Roberto Lamberts... [et al.]. – Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. v. 3 (72 p.) : il. ; graf. ; tabs.

CIMINO, M. A. **Construção sustentável e eco-eficiência**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002. Disponível em: ENGEVISTA, v. 6, n. 3, p. 121-132, Dez. 2004.

COLLE, S.; ABREU, S. L.; SALAZAR, J. P. L. C.; REGUSE, W. **Impacto da energia solar sobre o pico de demanda de energia de chuveiros elétricos de famílias de baixa renda no Brasil**. In: XII Congresso Ibérico y VII Iberoamericano de Energía Solar, 2004, Vigo. Anais do evento, 2004.

**Estudos Urbanos: Belo Horizonte 2008: Transformações recentes na estrutura urbana** / Coordenação: Maria Fernandes Caldas, Jupira Gomes de Mendonça, Lélío Nogueira do Carmo. – Belo Horizonte: Prefeitura de Belo Horizonte, 2008. 513 p.

**Experiências em Habitação de Interesse Social no Brasil** / organizadores, Egláisa Micheline Pontes Cunha, Ângelo Marcos Vieira de Arruda, Yara Medeiros. – Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação, 2007. 219 p.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P.E. Qualidade: cada erro tem seu preço. Trad. de Vera M. C. Fernandes Hachich. **Téchne**, n. 1, p.32-4, nov/dez 1992.

ISOLDI, ROSILAINE., SATTler, A. MIGUEL., GUTIERREZ, ESTER. Tecnologias inovadoras visando a sustentabilidade: **Um estudo sobre inovação, técnica, tecnologia e sustentabilidade em arquitetura e construção**. Artigo. Pelotas: NORIE/UFRGS. Disponível em: [www.ufpel.edu.br/faurb/prograu/documentos/artigo3-sustentabilidade.pdf](http://www.ufpel.edu.br/faurb/prograu/documentos/artigo3-sustentabilidade.pdf). Acesso em 15/06/2012.

JOHN, V. M., AGOPYAN, N. Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2000.113p. Disponível em: < <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>>. Acesso em 03/05/2012.

JOHN, VANDERLEY M. “Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar”. São Paulo, 2002. Disponível em: [www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.htm](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm). Acesso em 03/05/2012.

KEELER, MARIAN., BURKE BILL. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra. Porto alegre: Boston, 2010. 362 p.

LA ROVERE, Emílio Lèbre (coord.). **Manual de auditoria ambiental**. 2ª ed. Rio de LAMBERTS, Roberto., DUTRA, Luciano., OSCAR, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

LEITE, LUIS CARLOS RIFRANO. **Avaliação de projetos habitacionais – avaliando a funcionalidade da moradia social**. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

MELHADO, S.B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. 294p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://silviobm.pcc.usp.br/2003>. Acesso em 03/05/2012.

ROAF, SUSAN., FUENTES, MANUEL., THOMAS, STEPHANIE. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Tradução: Alexandre Salvaterra. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

SILVA, Jane Azevedo; **Apostila de Controle da Qualidade I**. Juiz de Fora: UFJF, 2006.

SOUZA, R. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte.** São Paulo, 1997. 48p. Disponível em: [www.ecnsoft.net](http://www.ecnsoft.net). Acesso em 03/05/2012.

## Endereços Eletrônicos

ABRECON – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. Disponível em: [www.abrecon.com.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx](http://www.abrecon.com.br/Conteudo/8/Aplicacao.aspx). Acesso em 05/08/2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em 10/07/2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: [www.globalurban.org/GUDMag07Vol3Iss1/Abiko.htm](http://www.globalurban.org/GUDMag07Vol3Iss1/Abiko.htm). Acesso em 25/03/2012.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/sobreocbcs/index.php>. Acesso em 20/03/2012.

Comitê Brasileiro de Construção Civil. Disponível em: [www.cobracon.org.br](http://www.cobracon.org.br). Acesso em 10/06/2012.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: [www.mma.gov.br/conama](http://www.mma.gov.br/conama). Acesso em 20/03/2012.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=tutorial\\_solar](http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=tutorial_solar). Acesso em 10/07/2012.

ESTADÃO – Jornal online. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,concreto-reciclado-custa-30-menos,586746,0.htm>. Acesso em 07/08/2012.

Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/DiretivaHabitacaoSustentavel/ManualConservacaoAgua.pdf>. Acesso em 07/08/2012.

HABITARE – Programa de Tecnologia de Habitação. Disponível em: <http://www.habitare.org.br/>. Acesso em 15/06/2012.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Disponível em: [www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br). Acesso em 20/03/2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 10/04/2012.

IDHEA – Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/artigos1.asp>. Acesso em 19/06/2012.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Disponível em: [www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp). Acesso em 25/03/2012.

INSTITUTO ETHOS. Disponível em: <http://www.ethos.org.br>. Acesso em 20/03/2012.

LABCON – Universidade Federal do Rio grande do Sul . Faculdade de Arquitetura. Laboratório de Conforto Ambiental. Disponível em: [www.ufrgs.br/labcon/aula5\\_iluminacao\\_artificial.pdf](http://www.ufrgs.br/labcon/aula5_iluminacao_artificial.pdf). Acesso em 08/08/2012.

LABEE – Universidade Federal de Santa Catarina. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: [www.ufrgs.br/labcon/aula5\\_iluminacao\\_artificial.pdf](http://www.ufrgs.br/labcon/aula5_iluminacao_artificial.pdf). Acesso em 08/08/2012.

MMA – Ministério das Cidades. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/pbqp\\_etapas.php](http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/pbqp_etapas.php). Acesso em 20/03/2012.

MMA – Ministério das Cidades. Disponível em: [http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/DHB\\_2008\\_Final\\_2011.pdf/](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/DHB_2008_Final_2011.pdf/). Acesso em 20/03/2012.

Prefeitura de Belo Horizonte. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh>. Acesso em 10/03/2012.

Reciclagem e Ciclo de Vida dos Materiais. [http://www.ressoar.org.br/dicas\\_reciclagem\\_ciclo\\_de\\_vida\\_materiais.asp/](http://www.ressoar.org.br/dicas_reciclagem_ciclo_de_vida_materiais.asp/). Acesso em 19/06/2012.

SABESP – Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: <http://site.sabesp.com.br/site/Default.aspx>. Acesso em: 21/07/2012.

SiAC - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil. PBQP-H - Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Disponível em: [http://www2.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos\\_siac.php](http://www2.cidades.gov.br/pbqp-h/projetos_siac.php). Acesso em 10/06/2012.

Tijolo Ecológico: Manual Prático. Disponível em: <http://www.ecoproducao.com.br/downloads/cartilha-eco-producao.pdf>. Acesso em: 01/08/2012.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). Disponível em: <http://www.wbcd.org>. Acesso em 20/03/2012.

[www.anfatecco.com.br/vantagens.php](http://www.anfatecco.com.br/vantagens.php). Acesso em: 01/08/2012.

[www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Relatorio\\_2\\_BeloHorizonte.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Relatorio_2_BeloHorizonte.pdf). Acesso em: 12/08/2012.

[www.eletrabras.com/elb/procel/main.asp](http://www.eletrabras.com/elb/procel/main.asp). Acesso em: 20/07/2012.

[www.fernandoavilasantos.kit.net/reciclagem\\_de\\_concreto.htm](http://www.fernandoavilasantos.kit.net/reciclagem_de_concreto.htm). Acesso em: 21/07/2012.

[www.fiepb.com.br/casaeficiente/](http://www.fiepb.com.br/casaeficiente/). Acesso em: 01/08/2012.

[www.onduline.com.br](http://www.onduline.com.br). Acesso em: 21/07/2012.

[www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php](http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php). Acesso em: 21/07/2012.