

LEONARDO FELIPE KAEFER

Casa Eco-nômica

Trabalho realizado para a disciplina de Tema Final de Graduação, do Curso de Arquitetura e Urbanismo, Setor de Ciências Tecnológicas, da Universidade Federal do Paraná, sob orientação da Professora Eleny Costa Carnieri.

Curitiba
-2002-

Sumário

1. Introdução e Objetivo
2. Utilização da energia solar no ambiente construtivo.
 - 2.1. Utilização Solar Passiva.
 - 2.1.1. Sistemas de Captação Solar Passiva.
 - 2.1.2. Comparação entre sistemas de utilização solar passivos e ativos.
 - 2.2. Dados Climáticos de Curitiba para Utilização Solar – Bioclimatologia.
 - 2.2.1. Bioclimatologia aplica à arquitetura.
 - 2.2.2. Gráfico Bioclimático ou Carta Bioclimática.
 - 2.2.2.1. Zona de Conforto.
 - 2.2.2.2. Zona de Ventilação.
 - 2.2.2.3. Zona de Resfriamento Evaporativo.
 - 2.2.2.4. Zona de Massa Térmica para Resfriamento.
 - 2.2.2.5. Zona de Ar-condicionado.
 - 2.2.2.6. Zona de Umidificação.
 - 2.2.2.7. Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar.
 - 2.2.2.8. Zona de Aquecimento Solar Passivo.
 - 2.2.2.9. Zona de Aquecimento Artificial.
 - 2.3. Carta Bioclimática para Curitiba.
 - 2.4. Exemplos de Casas Solares.
 - 2.4.1. Projeto de Concurso: casas contíguas em Thure (Dinamarca).
 - 2.4.2. Projeto de Concurso: prêmio de arquitetura “Breme Haus” (Alemanha).
 - 2.4.3. Projeto de Concurso: colônia de casas contíguas em Sheffield (Grã-Bretanha).
 - 2.4.4. Projeto de Concurso: casas contíguas em Trevi, Perugia (Itália).
3. Sistemas Alternativos de Abastecimento de Água Potável.
 - 3.1. Sistemas de Abastecimento de Água.
 - 3.1.1. Sistema de abastecimento de água com reciclagem total.
 - 3.1.2. Sistema de abastecimento de água com reciclagem parcial.
 - 3.1.3. Sistema de captação de água em telhados.
4. Alvenarias Estruturais.
 - 4.1. Tijolos de Solo Cimento.
 - 4.2. Bloco de Concreto ISOPET
 - 4.3. Blocos de Concreto.

5. Telhados Vivos (pesquisa do Cefet-RJ).

6. O Projeto.

6.1. Casa Eco-nômica.

6.2. Definição do projeto.

6.3. Terreno.

7. Conclusão

8. Bibliografia

1. Introdução e Objetivo de Pesquisa

A preocupação com as questões ecológicas tem crescido nos últimos anos e atualmente se difunde por vários campos do conhecimento humano. Criada inicialmente sob os auspícios da salvação do planeta de um destino catastrófico, a ecologia tem se conformado nos últimos anos em uma verdadeira indústria, onde são vendidos uma série de produtos criados sob conceitos como redução do impacto ambiental, sustentabilidade, reciclabilidade, biotecnologia, entre outros.

Para a arquitetura não foi diferente. Conceitos como arquitetura bioclimática, pré-moldagem para redução de desperdícios em obra, tecnologias alternativas, entre outras, tem sido aplicadas e pesquisadas em todo mundo gerando resultados que vão muito além dos aspectos ecológicos. O homem tem descoberto que respeitar a natureza pode ser muito econômico e para as empresas que exploraram este ramo, muito rentável também.

Neste sentido, este trabalho tem o objetivo de pesquisar técnicas construtivas e tecnologias que tenham representado ganhos não só ecológicos, como também econômicos e relacionados ao conforto das edificações. Como resultado, esta pesquisa deverá determinar tecnologias que sejam compatíveis com as condições geo-climáticas de Curitiba de modo a permitir a realização do projeto de uma residência em fase posterior.

Esta **Casa Eco-nômica** terá como principal característica o uso de tecnologias e técnicas construtivas que sejam capazes de otimizar os processos que fazem parte da vida de uma residência desde sua construção até aquelas relacionadas ao seu uso após a ocupação. Neste sentido serão pesquisados materiais de construção que sejam capazes de reduzir os desperdícios que ocorrem durante a obra que, no Brasil, correspondem a até 30% do material utilizado. Serão pesquisados também elementos construtivos que sejam capazes de reduzir as demandas por água e energia através do uso racional dos elementos naturais como o sol e a chuva.

Serão considerados viáveis aquelas tecnologias ou técnicas construtivas que, além de representarem positivos para o meio ambiente, sejam capazes de se igualarem em preço às técnicas tradicionais ou que se demonstrem econômicas com o decorrer de alguns anos.

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo pesquisar as técnicas e tecnologias que já estejam sendo empregadas no mercado da construção civil e que sabidamente tenham demonstrado não somente ganhos ambientais, mas também ganhos econômicos, seja na etapa de construção, ou também na sua utilização.

2. Utilização da energia solar no ambiente construtivo.

O problema da escassez e do encarecimento da energia é um problema observado em todo mundo, principalmente em nosso país de onde tiramos nossa energia da água que bebemos. Responsáveis por grande parte deste consumo, as residências poderiam utilizar sistemas construtivos e sistemas de geração de pequena capacidade que pudessem minimizar o consumo ou até mesmo torná-la auto-suficiente.

Neste sentido, a energia solar, por ser uma fonte de energia abundante, ilimitada e de baixo impacto ambiental, foi adotada como principal alternativa. Seu uso remonta desde os antigos gregos que já a utilizavam para melhorar o conforto de suas residências, há 2500 anos.

Desta forma foram desenvolvidas várias tecnologias e sistemas construtivos que foram agrupadas em três grandes grupos, os que utilizam a energia solar de forma ativa, os que utilizam de forma passiva e aqueles de uso misto.

Na utilização ativa a energia solar utilizável não é só a radiação, mas também o calor contido no ar no solo e na água. São considerados sistemas ativos os coletores solares, acumuladores de calor, permutadores de calor ou ventiladores, entre outros.

Na utilização passiva o potencial energético solar é transformado sem a utilização de tecnologia a partir de fontes naturais, utilizando-se apenas de sistemas construtivos para seu aproveitamento.

Nos sistemas mistos, também chamados de híbridos, sistemas passivos utilizados são complementados por sistemas ativos.

2.1. Utilização Solar Passiva.

Sistemas de aquecimento solar passivos são aqueles que utilizam os elementos construtivos do edifício tanto para captação como para a acumulação de energia sem a necessidade de instalações técnicas. Para tanto é indispensável que as faces do edifício voltadas para a orientação de maior incidência solar, no nosso caso o norte, estejam livres de quaisquer elementos que impeçam a incidência solar como árvores ou muros.

A radiação solar é sempre captada por uma superfície envidraçada ou de material plástico, transparentes a luz solar mas opacas às radiações infravermelhas geradas no interior do edifício, processo denominado de efeito estufa.

O calor captado pode ser transferido para o ambiente através das três formas de transmissão: por condução, através da interação molecular dos materiais sólidos dos elementos construtivos como paredes e pisos; por convecção, através de deslocamentos cíclicos de matéria em elementos fluidos como o ar ou água no sentido do ponto de menor energia ao de maior energia; e por radiação, através de ondas infravermelhas a partir de superfícies aquecidas.

São cinco os principais elementos dos sistemas solares passivos: o coletor, o absorvedor, o acumulador, o distribuidor e o regulador. O coletor é um elemento transparente como o vidro ou plástico através do qual a luz solar penetra e tem sua energia retida por efeito estufa. Estes devem estar orientados para a direção de maior incidência luminosa (no caso de regiões subtropicais como a de Curitiba, ao norte) com um desvio máximo de 30° e durante o período de aquecimento entre a 9 e as 15h não devem estar à sombra de outros edifícios ou árvores. O absorvedor é um elemento escuro responsável pela transformação da luz solar em energia térmica e deve estar localizado no ambiente de incidência solar e em comunhão com um acumulador. Pode ser uma parede, um piso ou reservatórios d'água. O acumulador, por sua vez, é o elemento que irá reter o calor absorvido por determinado tempo e liberá-lo para o ambiente quando necessário. O distribuidor é qualquer elemento que permita que as trocas de calor por condução, convecção ou irradiação, como o ar, paredes e pisos. Em sistemas híbridos ventiladores, dutos e compressores

ampliam as possibilidades de distribuição. Os reguladores são dispositivos móveis que regulam tanto os ganhos de calor (painéis reflexivos, cortinas translúcidas, vegetação), como também as perdas do sistema (materiais isolantes, paredes duplas).

2.1.1. Sistemas de Captação Solar Passiva.

a) Janelas Solares.

Neste sistema grandes superfícies envidraçadas voltadas para o norte captam a luz solar que é acumulada em forma de energia térmica em pisos e paredes de grande capacidade térmica e de cor escura e retransmitida para o ambiente quando este se refresca ao cair da noite. Este é o sistema mais rudimentar de todos utilizando-se somente do princípio de que o calor migra do ponto de maior para o de menor energia. Recipientes escuros com água podem aumentar a eficiência na acumulação de energia. Por sofrer grandes variações térmicas recomenda-se para este sistema a utilização de elemento isolantes móveis para cobrir a superfície das janelas durante a noite para reduzir as perdas de calor e que, durante o verão, pudessem evitar a incidência direta da radiação solar para se impedir o superaquecimento durante o dia.

b) Muros Acumuladores Térmicos – Muros Trombe.

Desenvolvido pelos cientistas franceses Trombe e Michael, o muro acumulador térmico é um elemento constituído de uma parede térmica de cor escura afastado a uma distância de 10 a 15cm de uma superfície dupla de vidro e orientada para o norte. Este sistema aproveita a energia solar tanto através da capacidade de acumular calor da parede como pelo calor retido por efeito estufa entre a parede e o vidro. De modo a se aproveitar melhor as trocas térmicas o muro acumulador pode conter aberturas junto a chão e outras junto ao teto de forma que o ar aquecido entre o muro e o vidro possa ser constantemente trocado pelo ar do interior do cômodo formando um ciclo convectivo. Se utilizadas tais aberturas, deverão ser previstas comportas para seu fechamento durante a noite para se evitar o efeito inverso desde processo. Cortinas isolantes também devem ser utilizadas de forma a reduzir as perdas de calor da parede para o exterior, através dos vidros, durante os períodos frios e dos acessos de aquecimento durante o verão.

c) Muros Acumuladores de Água.

Criado em 1970 por Steve Baer, este sistema é constituído por uma série de recipientes da altura de uma parede, pintados de cor escura, cheios d'água e enfileirados à frente de uma janela de vidro duplo. As vantagens deste sistema são a maior capacidade de acumulação térmica da água e que não há obstrução total da janela permitindo a entrada de luminosidade e um certo contato com o exterior. Esta entrada direta de luz permite um aquecimento pela parte da manhã mais rápido. Como nos demais sistemas deve-se prever um elemento regulador isolante para se controlar os excessos e as perdas de calor.

d) Acumulador da Água na Superfície.

Indicado para latitudes entre 35° norte e 35° sul onde coletores horizontais se adaptam melhor à variação de posição do sol durante as estações do ano, que é sempre elevada. Neste sistema sacos de PVC abrigam a água que servirá de acumulador de calor. Os sacos são dispostos sobre uma cobertura pintada de preto e um isolamento térmico móvel é usado para cobrir o sistema durante a noite. As características deste sistema são a distribuição homogênea do calor do teto para o ambiente, principalmente através de radiação, e a possibilidade de ser útil, durante o verão, para a refrigeração da casa. Para se obter este último efeito, a cobertura deve ser aberta durante a noite para perder calor, e fechada durante o dia para absorver o calor.

e) Espaços Solares Contíguos.

Derivado a partir do conceito de janela solar, este consiste em um espaço adjacente ao edifício, de orientação sul e inteiramente envidraçado. Por ser um ambiente fechado, é também chamado de zona-mola térmica. As vantagens deste sistema são a capacidade de se adaptar tanto a novos projetos como em antigos edifícios pois cria um espaço novo que pode ser utilizado para diversos usos sem gerar conflitos, são capazes de captar muito mais energia que uma janela e pode ser combinado a outros sistemas para um melhor aproveitamento de energia. Em contrapartida temos que este é um sistema bastante vulnerável às perdas térmicas durante a noite sendo necessário um bom isolamento e em climas onde o verão seja bastante quente há grande risco de superaquecer a casa. Os sistemas que geralmente são conjugados a este são paredes acumuladoras, muros trombe, ou a simples abertura de portas para o interior de forma a permitir a livre circulação do ar aquecido para os ambientes. Sistemas ativos também são frequentemente utilizados, como, por exemplo, o uso de ventilação forçada para a circulação do ar quente para os cômodos voltado para o sul, ou a canalização e ventilação de ar para um leito de rochas ou betão para acumulação de energia e posterior aquecimento de ar durante a noite também através de ventilação.

f) Circuitos Convectivos ou Coletores por Termo-circulação.

Este sistema utiliza os movimentos naturais do ar devido às diferenças de temperatura. Os coletores por termo-circulação são constituído por uma placa de absorção preta, geralmente alumínio ondulado, cobertas por uma camada de vidro ou plástico a uma distância de 2,5 a 5 cm. Este pode ser instalado ao norte numa parede, apresentando um funcionamento semelhante ao de um muro-trombe, ou numa cota inferior do terreno, onde pode ser usado em comunhão com um acumulador situado debaixo da casa e por onde o ar deverá circular. Em sua passagem o ar quente liberará sua energia para o acumulador, que pode ser um leito de pedras ou betão, e para o interior da casa. À noite a circulação do coletor por ser fechado por meio de tampões e assim permitindo que o acumulador libere sua energia para o interior da casa.

2.1.2. Comparação entre sistemas de utilização solar passivos e ativos.

Existem várias diferenças entre os sistemas de captação solar passivos e ativos. Diferenças e não vantagens ou desvantagens, pois cada sistema interfere na vida cotidiana de cada pessoa de maneiras diversas. A escolha por um ou outro sistema além de atender uma demanda ecológica, deve também considerar a capacidade de adaptação do usuário ao sistema.

Em princípio, os sistemas passivos devem ser concebidos para o edifício logo a partir do projeto para se garantir sua maior eficiência. Adaptações e reformas possivelmente permitem melhoras no desempenho de edifícios antigos, mas poucas vezes são encontradas condições para obtenção de máxima eficiência. Sistemas ativos, ou híbridos, são mais maleáveis no que diz respeito a sua instalação e funcionamento.

Quanto manutenção, sistemas passivos, por se utilizarem de fenômenos naturais e do próprio desenho do edifício, não consomem energia de outras fontes que não a solar. No entanto, devido às variações climáticas, este sistema não é confiável para suprir exclusivamente as demandas de conforto de uma residência durante todo ano, mas em contrapartida pode evitar a utilização de outros tipos de aquecimento movidos por fontes de energia mais caras e escassas. Ainda temos o fato de que sistemas passivos demandam dos moradores atenção maior que outros sistemas, abrindo ou fechando comportas de ventilação, cortinas de isolamento, entre outros. Este tipo de demanda, para algumas pessoas, pode ser tornar um verdadeiro incômodo, para outras, pode se tornar mais uma função do dia a dia. Sistemas ativos, por sua natureza mecânica, dependem menos de seus usuários para funcionar, bastando ações como ligar ou desligar, abaixar ou diminuir. No entanto, é uma comodidade que sai caro devido ao seu alto consumo de energias secundárias.

Do ponto de vista econômico, sistemas passivos são mais baratos a longo prazo pois necessitam, dependendo do clima região a ser utilizado, da instalação de sistemas ativos integrados. A economia se daria na não utilização de energias caras e no baixo índice de manutenção, pois, por se tratarem de elementos construtivos, não quebram e não se desgastam tão fácil com o uso.

O maior diferencial da utilização de sistemas passivos se dá do ponto de vista ecológico, pois quanto menor forem as demandas energéticas da casa, menos ecossistemas precisarão ser inundados, menos combustíveis precisarão ser queimados e todas as conseqüências destes impactos ambientais podem ser evitados, ou ao menos adiados.

2.2. Dados Climáticos de Curitiba para Utilização Solar – Bioclimatologia.

Para a utilização correta e com a máxima eficiência dos sistemas passivos e ativos é necessário que se conheçam as características climáticas do local na qual se deseja implantá-los, como esta interfere no ambiente construtivo e até que ponto estas características podem ser utilizadas para melhora do conforto do edifício e de sua eficiência energética.

Neste sentido estudos realizados pelos irmão Olgay, na década de 60, disponibilizaram para os arquitetos uma nova ferramenta, a bioclimatologia aplicada à arquitetura. Assim nasceu o conceito de arquitetura bioclimática, na qual a arquitetura, assim concebida, busca utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem. A bioclimatologia é o estudo que relaciona os estudos do clima, a climatologia, à dinâmica dos seres vivos.

Em seus estudos, Olgay desenvolveu o diagrama bioclimático onde são propostas estratégias de adaptação da arquitetura ao clima. No entanto este diagrama considerava estritamente o ambiente externo. Em 1969, Givoni, outro cientista, desenvolveu uma nova versão de diagrama bioclimático que enfocava as variações climáticas no interior do edifício. Em 1992, Givoni, em suas pesquisas, descobriu que o clima interno dos edifícios

2.2.1. Bioclimatologia aplica à arquitetura.

Em 1969, Givoni desenvolveu uma carta bioclimática para edifícios que corrigia algumas limitações do diagrama idealizado por Olgay. A carta de Givoni se baseia em temperaturas internas do edifício, propondo estratégias construtivas para adequação da arquitetura ao clima, enquanto que Olgay aplicava seu diagrama estritamente para condições externas. Em seu trabalho mais recente, Givoni explica que o clima interno em edifícios não condicionados reage mais largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes. Foi ele também que desenvolveu os gráficos bioclimáticos para países em desenvolvimento, entre eles o Brasil.

2.2.2. Gráfico Bioclimático ou Carta Bioclimática.

A carta bioclimática (figura 1) é um gráfico no qual são computados dados a respeito de temperatura e umidade durante os dias do ano. Este gráfico tem a propriedade de ser um bom indicador das estratégias de condicionamento para se obter o conforto no ambiente construtivo.

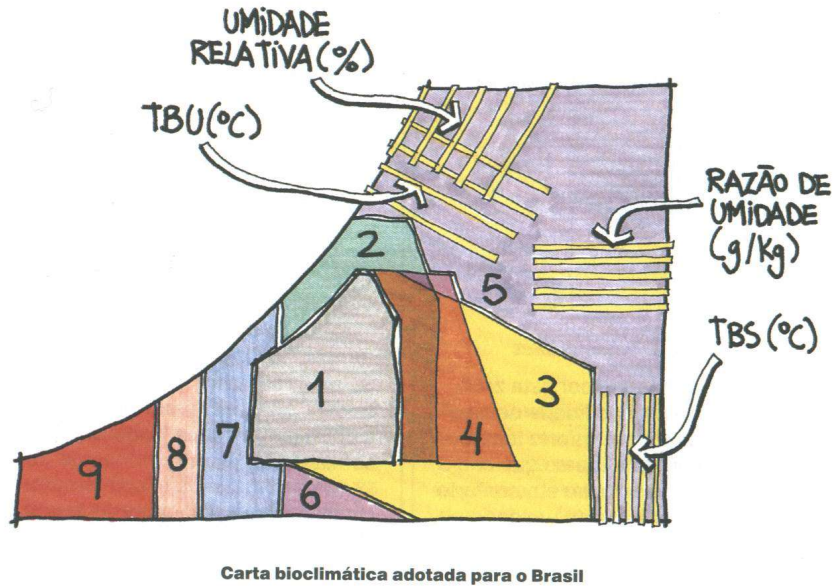


Figura 1 – Zonas da Carta Bioclimática para o Brasil.

Neste gráfico são identificadas nove zonas diferentes, as quais são referentes a diversas faixas de atuação dos sistemas. Indicadas abaixo o significado de cada uma destas zonas:

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

As diversas zonas listadas acima muitas vezes podem se sobrepor umas as outras. Nestes casos pode-se concluir que em determinadas condições de temperatura e umidade relativa pode-se utilizar um ou mais sistemas de condicionamento, ou utilizá-los em conjunto.

2.2.2.1. Zona de Conforto.

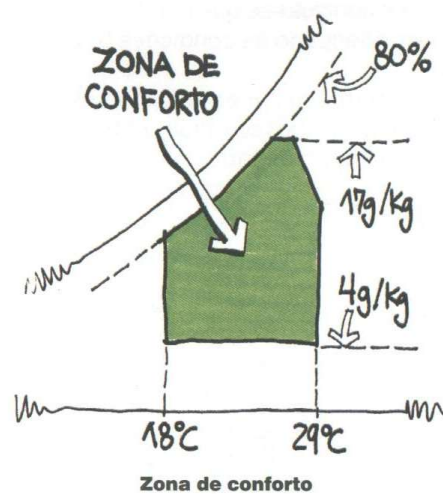


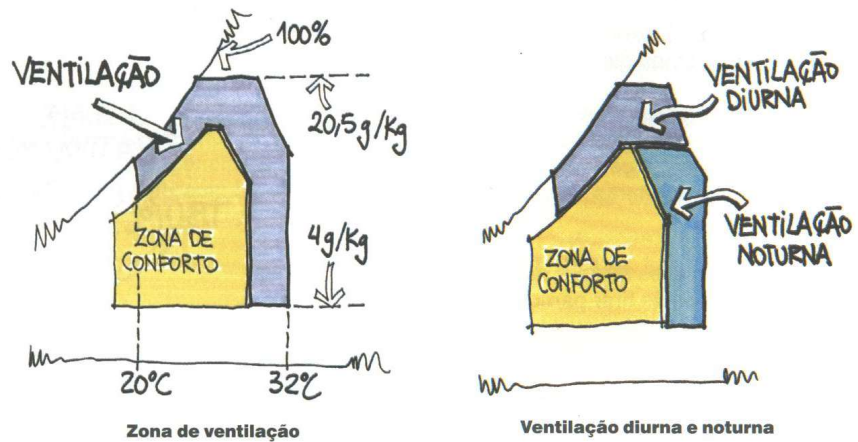
Figura 2 – Zona de Conforto da Carta Bioclimática para o Brasil.

Nesta zona, onde a temperatura se encontra entre 18°C e 29°C e a umidade relativa entre 20% e 80%, as condições de conforto são consideradas adequadas para a atividade humana, como indica a figura 2. Givoni define estes parâmetro para países em desenvolvimento, pois nestes o costume de se utilizar de roupas leves e pequena quantidade de ventilação permitem a ampliação da capacidade de aclimação.

2.2.2.2. Zona de Ventilação.

Se a temperatura do interior ultrapassar os 29°C ou a umidade relativa for superior a 80%, a ventilação pode melhorar a sensação térmica (figura 3). Em climas quente úmidos, a ventilação cruzada é a estratégia mais simples a ser adotada, fazendo, porém, que a temperatura interior acompanhe a variação da temperatura exterior. Supondo que a velocidade máxima permitida para o ar interior é da ordem de 2m/s, a ventilação é explicável até o limite de temperatura exterior de 32°C, pois a convecção tornam esta estratégia indesejável. Em todos os casos , os espaços exteriores devem ser amplos, evitando barreiras edificadas para favorecer a boa distribuição do movimento do ar.

Em regiões onde a temperatura é maior que 29°C e a umidade relativa é inferior a 60%, o resfriamento convectivo noturno é mais adequado. Esta estratégia é aplicável principalmente em regiões áridas, onde a temperatura diurna é de 30°C a 36°C e a temperatura noturna se situa por volta de 20°C (figura 4). Mesmo que seja mais confortável, a ventilação diurna é indesejável nesta situação, pois implica calor adicional a ser armazenado na edificação, aumentando a temperatura interior noturna. O princípio bioclimático resume a controlar a ventilação durante o dia para reduzir o ingresso de ar quente e incrementar a ventilação noturna, aproveitando o ar mais fresco para resfriar o interior.



Figuras 3 e 4 - Zonas indicadas para o uso de ventilação.

2.2.2.3. Zona de Resfriamento Evaporativo.

A evaporação de água pode reduzir a temperatura e simultaneamente aumentar a umidade relativa de um ambiente. Uma fonte num pátio ou mesmo a vegetação permite otimizar as condições de conforto por resfriamento evaporativo, ou evapotranspiração do vegetal. Com o resfriamento direto dos espaços interiores através da evaporação se requer boa taxa de ventilação para evitar o acúmulo de vapor de água. Levando em

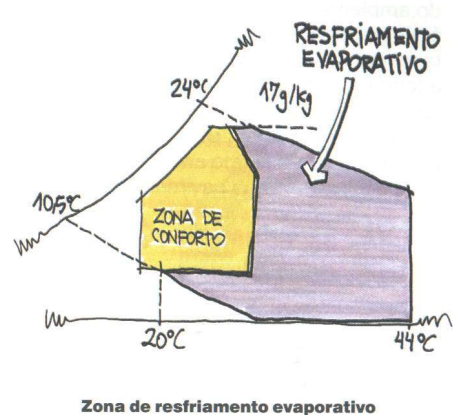
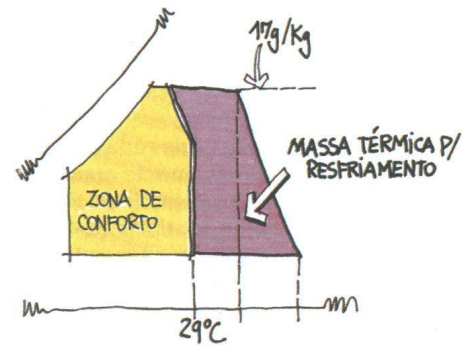


Figura 5 - Zona indicada para uso de resfriamento evaporativo.

conta este fator, pode-se sugerir que o resfriamento evaporativo é aconselhável apenas quando a temperatura de bulbo úmido (TBU) máxima não excede os 24°C e a temperatura de bulbo seco (TBS) máxima não ultrapassa os 44°C para países em desenvolvimento (figura 5). Formas indiretas de resfriamento evaporativo podem ser utilizadas com tanques de água sombreados sobre o telhado. Desta forma, a evaporação da água resfriará o teto e, então, o interior do edifício.

2.2.2.4. Zona de Massa Térmica para Resfriamento.

Quando as temperaturas e umidade se situam nos limites indicados pela figura 6, este recurso, que consiste em se utilizar estruturas capazes de absorver bastante calor, como muros grossos de alvenaria, concreto, terra, materiais isolante ou até mesmo galões d'água. Estes volumes devem ser projetados de forma que percam seu calor durante a noite para que, durante o dia, sejam capazes de retirar o calor do ambiente.

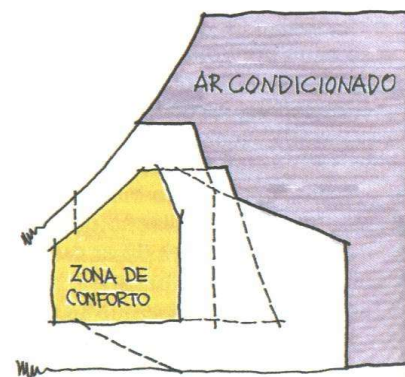


Zona de massa para resfriamento

Figura 6 – Zona indicada para uso de massa térmica para resfriamento.

2.2.2.5. Zona de Ar-condicionado.

Em algumas regiões o clima poder ser muito severo, ultrapassando os limites de temperatura e umidade relativa que tornam possível a aplicação de algum sistema passivo para resfriamento. Nestes casos, quando a temperatura de bulbo seco for maior que 44°C e a de bulbo úmido for superior a 24°C (figura 7), recomenda-se o uso de aparelhos de ar-condicionado para climatização. Nestes casos os sistemas passivos não são suficientes para a redução da temperatura mas podem ser utilizados para se reduzir a dependência de sistemas ativos e consequentemente, o consumo de energia.

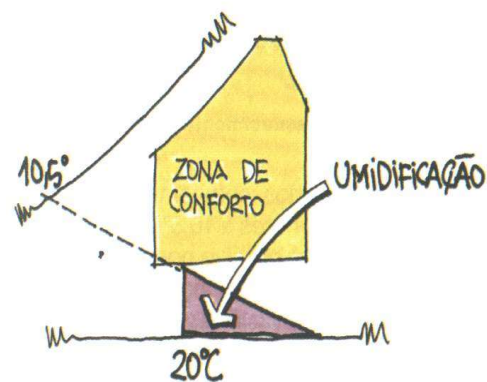


Zona de ar condicionado

Figura 7 – Zona indicada para o uso de ar-condicionado.

2.2.2.6. Zona de Umidificação.

Quando a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura inferior a 27°C (figura 8), haverá desconforto térmico devido a falta de umidade do ar. Nestes casos, a umidificação melhora a sensação de conforto, ainda que possa produzir um efeito de resfriamento evaporativo indesejável. As baixas taxas de renovação do ar permitem manter o vapor de água a níveis confortáveis com mínima evaporação e resfriamento. Alguns recursos simples podem ser empregados no interior dos ambientes como a utilização



Zona de umidificação

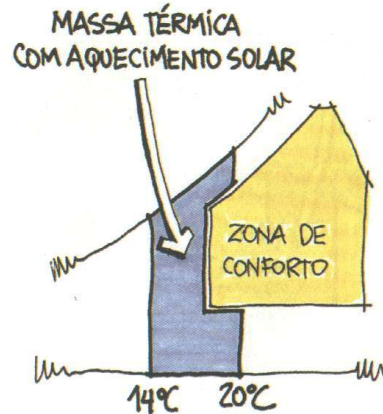
Figura 8 – Zona indicada para o uso de umidificação.

de recipientes com água e a hermeticidade das aberturas, que ajuda a conservar o vapor proveniente das plantas e das atividades domésticas.

2.2.2.7. Zona de Massa Térmica e Aquecimento Solar.

Situada entre 14°C e 20°C (figura 9), pode-se utilizar a massa térmica junto ao aquecimento solar passivo ou o aquecimento solar passivo com isolamento térmico. A primeira alternativa (massa térmica com ganho solar, que fica retido nas paredes pelo armazenamento do calor solar, que fica retido nas paredes da edificação e pode ser devolvido ao interior nos horários mais frios. Na segunda opção, aquecimento solar com isolamento térmico, pode-se evitar as perdas de calor da edificação para o exterior, normalmente pela cobertura e aberturas, enquanto se aproveitavam os ganhos de calor internos, como pessoas e aparelhos elétricos, aumentando a temperatura interior.

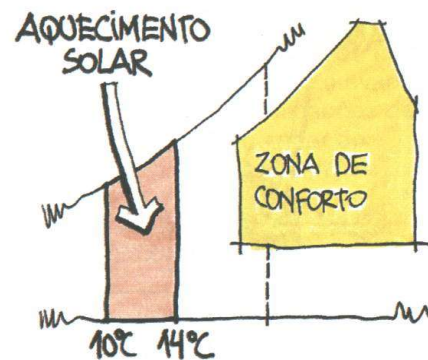
Figura 9 – Zona indicada para o uso de massa térmica e aquecimento solar.



Zona de massa térmica e aquecimento solar

2.2.2.8. Zona de Aquecimento Solar Passivo.

Entre 10,5°C e 14°C (figura 10), o uso de aquecimento solar passivo é o mais indicado. Nesta faixa de temperatura é recomendado o isolamento térmico do edifício de forma mais rigorosa, pois as perdas de calor tenderão a ser muito grandes. O edifício deve incorporar superfícies envidraçadas orientadas ao sol, aberturas reduzidas nas orientações menos favoráveis e proporções apropriadas de espaços exteriores para conseguir sol no inverno. O aquecimento solar passivo poder ser feito utilizando-se diversas técnicas no projeto arquitetônico. A adequada orientação e cor dos fechamentos, o uso de aberturas zenitais controláveis, para poderem ser fechados à noite, o emprego de painéis refletores externos, a parede Trombe, o coletores de calor de água ou óleo são alguns exemplos encontrados nas diversas bibliografias sobre o assunto.

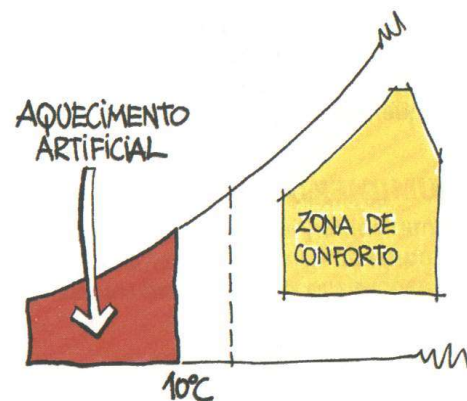


Zona de aquecimento solar passivo

Figura 10 – Zona indicada para o uso de aquecimento solar passivo.

2.2.2.9. Zona de Aquecimento Artificial.

Em locais muito frios, com temperaturas normalmente inferiores a 10,5°C (figura 11), o aquecimento artificial se faz necessário. Ainda sim o uso em conjunto dos sistemas ativos e passivos de aquecimento é aconselhável, pois reduz a dependência do consumo de energia para condicionamento.



Zona de aquecimento artificial

Figura 11 – Zona indicada para o uso de aquecimento artificial.

2.3. Carta Bioclimática para Curitiba.

A carta bioclimática para Curitiba indica visualmente maior necessidade de aquecimento, tendo 20,9% horas de conforto e 79% de horas de desconforto. O desconforto é causado principalmente por causa do frio, 73,1% das horas do ano. Segundo a figura 12, são quatro os sistemas a serem empregados em Curitiba: a massa solar para aquecimento e aquecimento solar para 42,4% das horas do ano; aquecimento solar para 18,8% das horas do ano; aquecimento artificial para 11,7% das horas do ano; e, finalmente, ventilação para 5,1% das horas do ano.

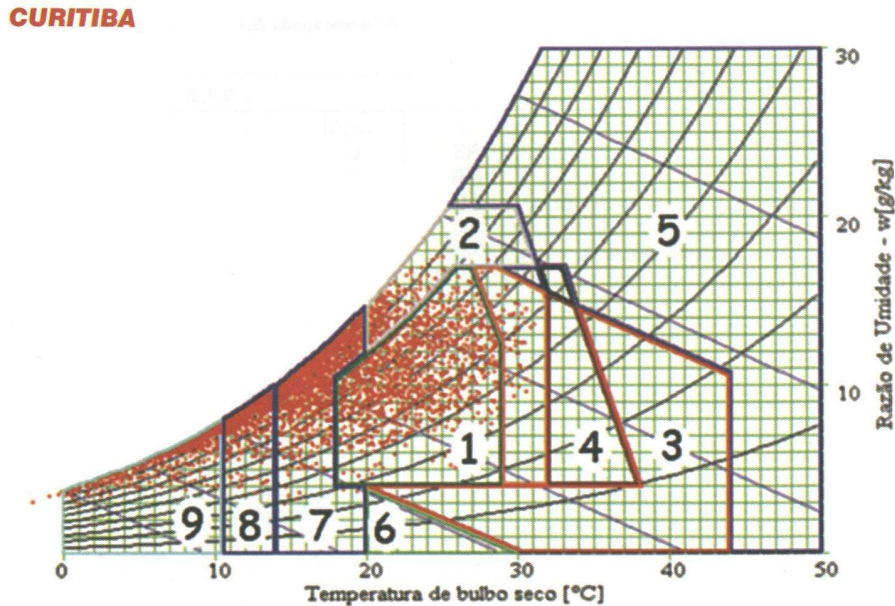


Figura 12 – Carta bioclimática para a região de Curitiba.

2.4. Exemplos de Casas Solares.

Os exemplos aqui listados visam demonstrar o funcionamento de alguns sistemas de utilização solar passiva ou híbridos em projetos que foram realizados na prática. São exemplos de casas do hemisfério norte, pois são nestes países onde a prática de construção de casas solares se iniciou, e é onde estas são mais freqüentes. Nestes projetos, onde se fala sul, deve-se entender como norte, ou seja, a direção de maior incidência de raios solares.

2.4.1. Projeto de Concurso: casas contíguas em Thure (Dinamarca).

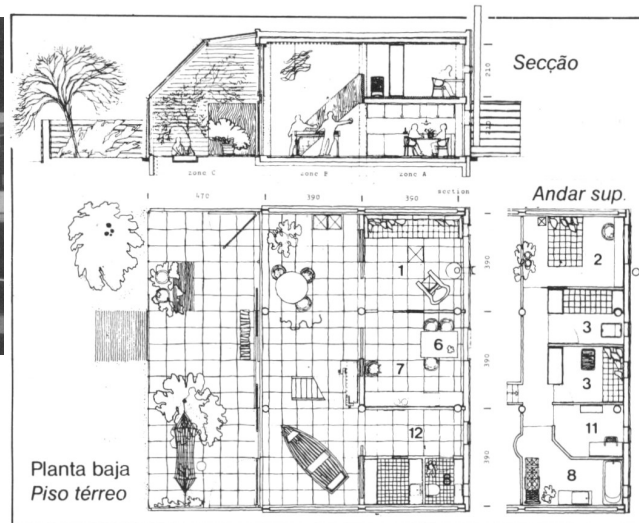
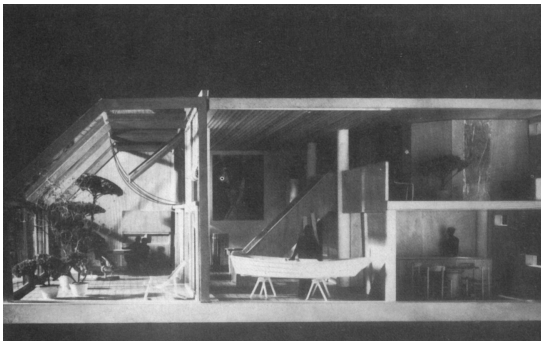
Arquitetos: B. Lundgaard, G. Rotne, P. Soerensen, P. Steensen, M. Grimmig.
Cidade de Charlottenlund.

Neste projeto, que obteve o primeiro prêmio do Concurso Europeu de Casa Solar (1980), o princípio da casa dentro da casa foi ampliado com uma terceira zona mais interior. A ordenação simples e clara duma casa contígua de largura variável e numerosas variantes de planta prevê quatro zonas, justificadas tanto por motivos energéticos como pela própria psicologia da residência. Estas zonas se relacionam entre si devido suas características, do mais social ao mais íntimo, e devido às suas características ambientais. Desta formas a zona externa se relaciona com a zona C nos dias quentes de verão por suas características térmicas de alta temperatura e altamente sociais. Ao fim do verão, com a diminuição da temperatura externa, o ambiente externo passa a ser menos utilizável retraindo os usos sociais para zonas C e B, ainda de estar, mas mais íntimas e

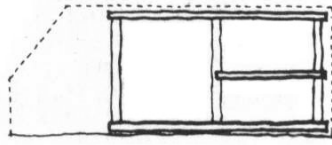
onde ainda se conservam as qualidades térmicas desejáveis. No outono a temperatura cai ainda mais e a incidência solar se torna menos intensa, diminuindo drasticamente a eficiência da zona C. O uso social é retraído para a zona B, mais íntima das áreas de estar. Ao inverno, as temperaturas e a incidência solar são mínimas. Nesta época os dispositivos passivo se tornam inúteis sendo ativados os sistemas ativos de aquecimento, restrito somente a área íntima. As áreas sociais ficam restringidas por meio de placas isolantes móveis, mas não se esperam muitas visitas quando as temperaturas externas estão abaixo de zero.

A concepção deste projeto se mostra muito inteligente ao considerar, também, a dinâmica social de uma família durante os extremos de temperatura numa região de grande amplitude térmica e fria. São utilizados aqui três tipos de sistemas de aquecimento. Na zona C, temos o sistema passivo de espaço solar contíguo onde o ambiente inteiro funciona como coletor de calor e transfere a temperatura para o interior da casa; temos aqui também o sistema ativo de painéis solares móveis que tem a dupla função de gerador de energia elétrica e de anteparo regulador para os dias de verão, quando este se encontra na posição horizontal, acima do ambiente. A zona B é responsável pelas trocas e pela distribuição do calor gerado na zona C para o demais ambientes. Nesta zona encontramos um terceiro sistema de aquecimento, a calefação, utilizada durante alguns dias do outono. Este último sistema se estende para a zona A, onde há um reforço para o segundo andar e que se utiliza deste sistema durante o outono e inverno. Painéis isolantes móveis são colocados entre todas as zonas de forma a minimizar as trocas térmicas indesejáveis. Este tipo de projeto e de utilização tem seu mérito por reduzir em muito o consumo de energia e o espaço a ser aquecido por calefação.

Este projeto foi escolhido para demonstrar a dinâmica de uma casa solar bem como sua capacidade de gerar e acumular calor durante as variações térmicas e de posição solar do ano. Curitiba raramente tem temperaturas abaixo de zero e poderia apresentar dias quando a temperatura chegasse por volta dos trinta graus. No entanto o esquema aqui demonstrado ainda é válido e, com pequena variação dos dispositivos reguladores e redução de utilização de calefação, poderia ser utilizado em nossa região. As figuras de 13 a 17 ilustram o projeto.



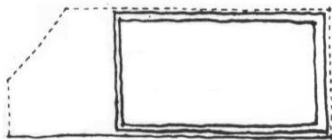
Figuras 13 e 14 – Corte em maquete (acima), plantas e corte (à direita).



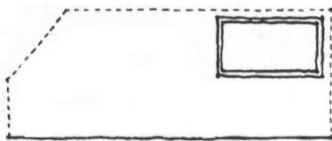
Envolvimento pesado



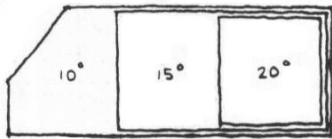
Envolvimento térmico leve



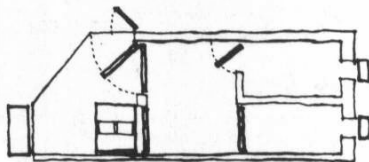
Isolamento



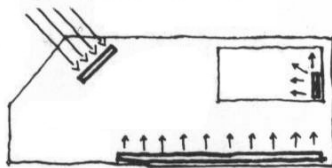
Isolamento suplementar



Zonas térmicas

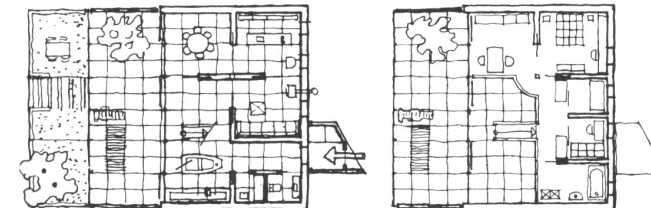
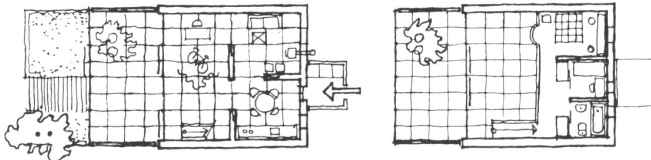
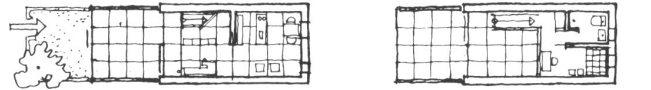


Regulação mecânica



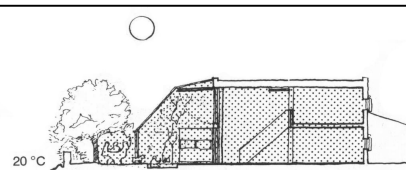
Aquecimento activo

Variantes

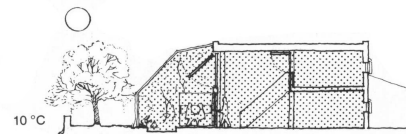


Pisos térreos

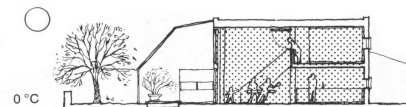
Andares superiores



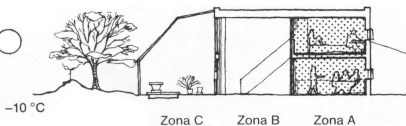
20 °C



10 °C



0 °C



-10 °C

Zona C Zona B Zona A

Adaptação às condições sazonais

Figuras 15, 16 e 17 – Sistemas de regulação térmica (à esquerda da página), diversos tipos de planta (acima), utilização dos cômodos no decorrer do ano (à esquerda).

2.4.2. Projeto de Concurso: prêmio de arquitetura “Breme Haus” (Alemanha).

Arquiteto: N. Hellwig.
Cidade de Bremen.

Este projeto (figura 18) trata-se de casas alternativas contíguas para um grande quarteirão e com as características típicas de Bremen. O tipo de casa contígua de 5 metros de largura foi considerada positivo do ponto de vista de conservação energética, pois neste caso as perdas se dão somente por duas fachadas e telhado, sendo trocada entre as unidades adjacentes. O desenho das fachadas, variável conforme sua orientação e o desenho e desenvolvidas de acordo com a concepção energética, cria uma variedade formal baseada em critérios de natureza funcional. As zonas-mola e os elementos de proteção solar estão dispostos de acordo com a altura do sol de tal forma que, conforme a época do ano, se consegue um maior aproveitamento da insolação ou uma proteção contra o excesso de calor. O aquecimento da zona central é completado por uma bomba de ar quente situada no vão do telhado e um acumulador de cascalho na parte subterrânea e um fogão de cerâmica.

Neste projeto, o sistema passivo utilizado é o de janelas solares, responsável pelo aquecimento do ar em todos os quatro pavimentos de cada residência. Este ar aquecido é coletado e distribuído para os demais cômodos menos ensolarados por meio de sistema ativo de ventilação e por fim passa por um acumulador no subsolo para uso durante a noite. Os sistemas de aquecimento ativos estão integrados a este sistema de dutos. Os dutos correm por dentro das paredes internas, aquecendo-as, o calor é então distribuindo aos ambientes por meio de irradiação e convecção. Isolantes retrateis cobrem as superfícies envidraçadas durante a noite.

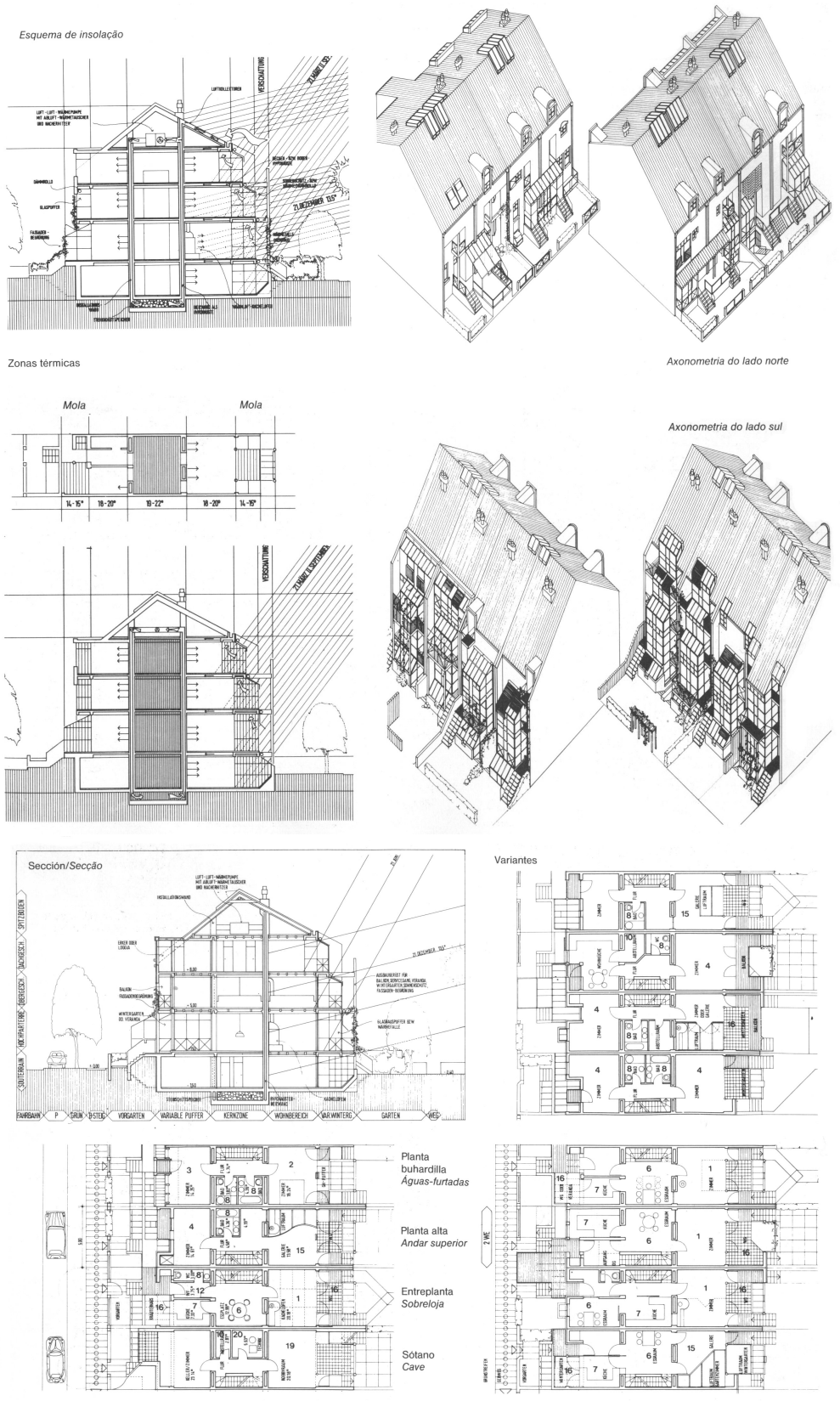


Figura 18 – Desenhos do projeto vencedor do Prêmio de Arquitetura *Breme Haus* (Alemanha).

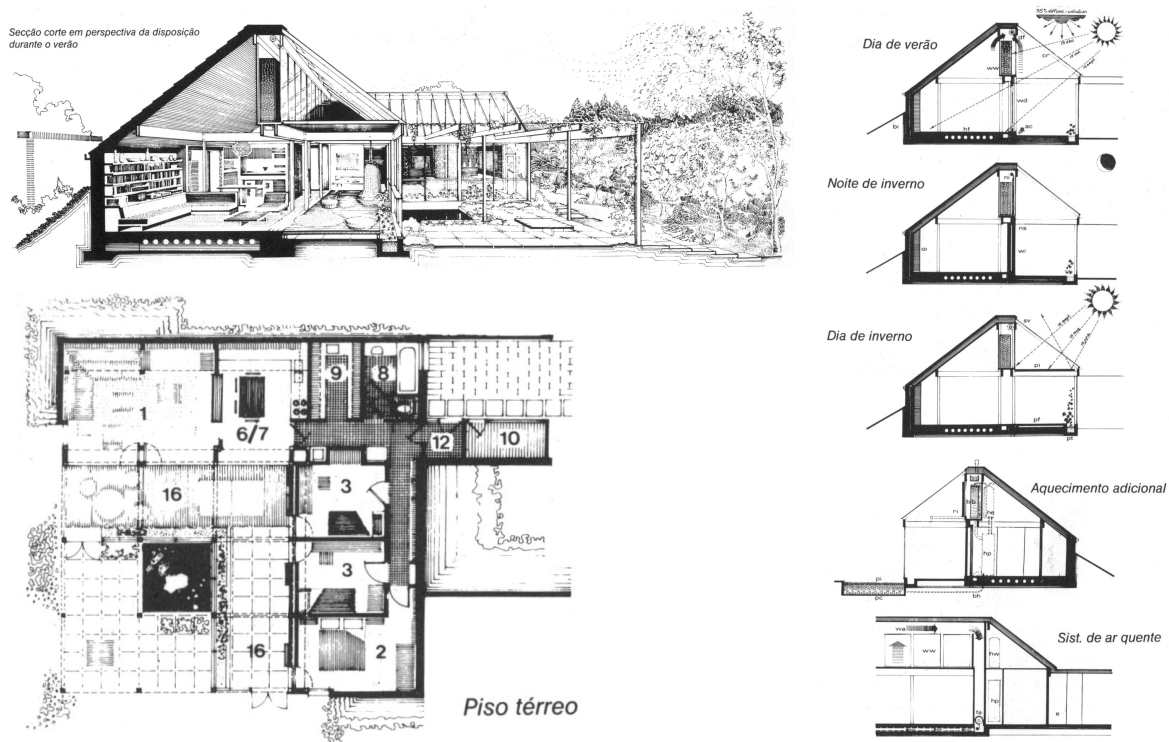
2.4.3. Projeto de Concurso: colônia de casas contíguas em Sheffield (Grã-Bretanha).

Arquitetos: C. Grenn, B. Gordon.
Cidade de Sheffield.

Este projeto (figuras 19 e 20) foi o segundo colocado no Concurso Europeu de Energia Solar Passiva de 1980 e prevê casas contíguas em formas de "L". Diante da sala de estar encontram-se varandas envidraçadas que tornam possível a ampliação da própria zona de estar durante o período quente. Esta zona pode, opcionalmente, fechar-se por meio de portas de vidro ou elementos de isolamento térmico; desta forma é possível conseguir uma insolação direta ou pelo contrário, impedir a perda de calor durante a noite. Encima destas portas estão situados tanques e por trás de uma vidraça colocam-se tanques de águas que funcionarão como elementos acumuladores. Para protegê-los do arrefecimento prevêm-se persianas isolantes. O excesso de calor da galeria envidraçada e da zona de estar é absorvido mecanicamente no ponto mais alto passando a acumuladores subterrâneos para em caso de necessidade, ser aproveitado como ar quente.

Neste projeto foram adotados dois sistemas passivos de utilização solar, o de janela solar e o de muros acumuladores de água. Estes estão dispostos na parte superior da residência, onde se faria o telhado. O sistema de janela solar é responsável pelos ganhos de calor para o aquecimento do ar durante o dia, sendo seu excessos transmitidos por sistema ativo de ventilação para uma camada de betão sob a casa que aquece o ar durante a noite (figura 21). O muro acumulador de água tem aqui, além da função de aquecer o ar ao seu redor, serve também para abastecer de água quente os sistemas hidráulicos. Há ainda um tanque d'água, que funciona como coletor, situado na parte externa da casa e que reforça o aquecimento do acumulador situado abaixo da casa. Complementar a estes sistemas temos ainda um bomba de calor, responsável pelo aquecimento do ar e da água nos dias em que a eficiência dos sistemas passivos é reduzida.

Este projeto aponta para um novo uso da utilização passiva, o aquecimento da água para o consumo da casa.



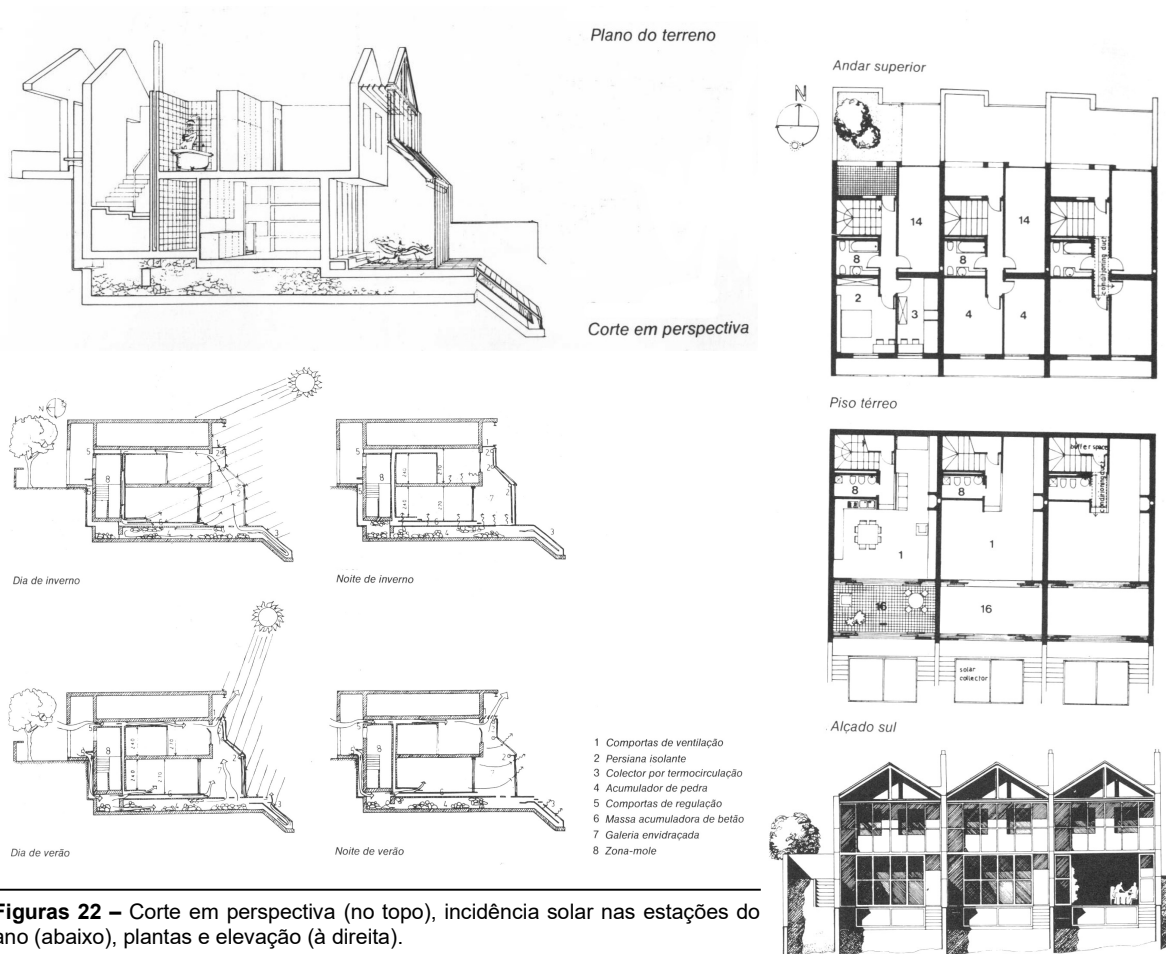
Figuras 19, 20 e 21 – Corte em perspectiva (no topo, à esquerda), planta (abaixo), cortes mostrando o funcionamento dos sistemas passivos.

2.4.4. Projeto de Concurso: casas contíguas em Trevi, Perugia (Itália).

Arquitetos: M. Briganti Belinci & P. Stefanini.
Cidade de Terni.

Este projeto (figura 22) prevê dezoito casas, seis isoladas e doze contíguas. O desenho segue as formas tradicionais dos edifícios da aldeia baseando-se nos princípios da utilização passiva da energia solar, a estufa e a termo-circulação. A estufa do lado sul coleta a energia do sol transferindo-a para o ar. É dotada de proteção solar móvel e isolamento térmico por meio de persianas de enrolar que protegem do excesso de calor do verão e do arrefecimento noturno durante o inverno. No ponto mais alto da estufa as comportas móveis de ventilação permitem a termo-convecção do edifício. Um sistema de camadas de ar em conexão com a estufa torna possível a circulação do ar quente, ou pelo contrário, o afluxo de ar fresco durante o verão mediante convecção natural. Ao norte encontram-se a entrada, as escadas e os quartos secundários mais frescos que funcionam como zonas-mola.

Por sua localização em relação ao equador terrestre, este é o exemplo mais próximo ao nosso caso. Aqui os invernos não são tão rigorosos e há um considerável período de verão quente, demandando sistemas de aquecimento numa configuração que permitem também o resfriamento.



Figuras 22 – Corte em perspectiva (no topo), incidência solar nas estações do ano (abaixo), plantas e elevação (à direita).

3. Sistemas Alternativos de Abastecimento de Água

Juntamente com o problema de escassez de energia, a perspectiva de contínuo aumento da população para as próximas décadas acarreta outro problema, o da falta de água. Considerada, por muito tempo, como um bem renovável e inesgotável, a água sempre foi tratada de forma irresponsável e inconseqüente pelos diversos governos. Este comportamento nos levou ao quadro atual em que os grandes mananciais foram aos poucos sendo englobados pelas cidades, comprometendo a qualidade de sua água e encarecendo ou até mesmo inviabilizando sua utilização.

É bastante evidente que este problema pode somente ser resolvido com ações em âmbito estadual e federal. No entanto, podemos atuar localmente no sentido de buscar uma redução da demanda de água tratada da unidade residencial.

As construções atuais utilizam a água tratada pelo sistema público em todos seus sistemas hidráulicos e sanitários. Esta prática constitui em verdadeiro desperdício uma vez que nem todos estes usos demandam a qualidade da água oferecida pelos sistemas públicos. A tabela I nos mostra os padrões de mínimo consumo esperados por uma pessoa para os diversos usos domésticos.

Tabela I – Consumo Mínimo de Água nos Diferentes Usos Domiciliários .

Uso da Água	Quantidade litros/pessoa/dia
Alimentação	
Beber	1
Lavagem e preparo de alimentos	3
Lavagem de utensílios de cozinha	6
Higiene	
Lavagem de mãos e face	10
Banho	50
Descarga de vaso sanitário	25
Outros usos	
Lavagem de roupa	10
Limpeza da habitação	5
Total	110

Fonte: MASCARÓ, Juan Luis. **Infra-estrutura Habitacional Alternativa.**

Analisando a tabela podemos ter uma medida da proporção de consumo nos diversos usos residenciais. Assim, constatamos que, quantitativamente, as atividades relacionadas ao banheiro correspondem por cerca de 80% do consumo total de uma residência. Considerando que, à exceção da água para lavagem das mãos e face, a qualidade da água para o banheiro pode ser inferior, devendo ser limpa, mas não necessariamente potável. Assim, do ponto de vista da qualidade da água, precisamos somente de 10 a 20% de água totalmente potabilizada (desodorizada, incolor, insípida e esterilizada), sendo os 80 a 90% restantes ser de qualidade inferior.

3.1. Sistemas de Abastecimento de Água.

3.1.1. Sistema de abastecimento de água com reciclagem total.

Neste sistema (figura 23) o circuito de água é totalmente fechado. Existe um evaporador exposto ao sol e, abaixo dele, um reservatório para acumular água destilada, de onde será tirada para ser bebida, para a lavagem de alimentos, mãos, face,... A água servida é coletada num depósito inferior de onde, periodicamente, é recalçada para o evaporador. Nestas condições o sistema

demandará um acréscimo externo da ordem de somente 5 a 10 litros de água por dia e por pessoa, para compensar as perdas.

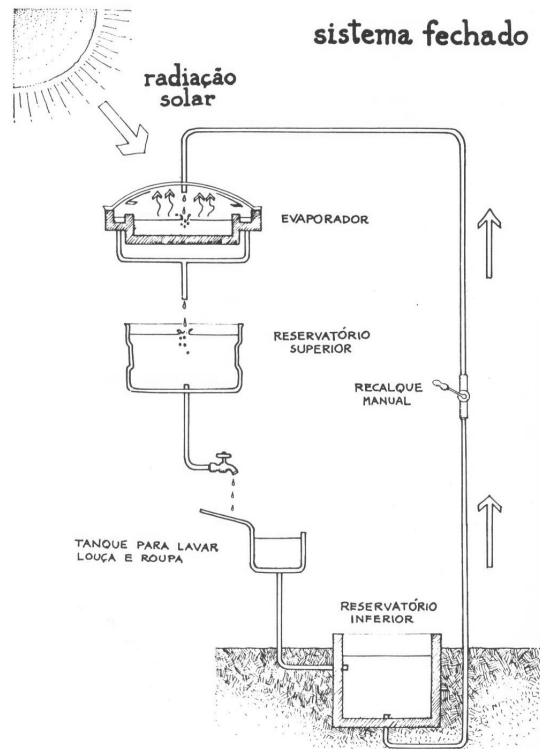


Figura 23 – Sistema de utilização de águas pluviais com sistema de reciclagem fechado.

3.1.2. Sistema de abastecimento de água com reciclagem parcial.

Neste sistema (figura 24) o ciclo da água é semi-fechado. A água da chuva é coletada, por exemplo, pelo telhado, e levada a um primeiro reservatório, de onde sairá a água para a ducha e para a pia do banheiro (a água da chuva normalmente é suficientemente limpa para estes usos); a água já usada é coletada num segundo reservatório, de onde saem duas alimentações, uma direta para o vaso sanitário, que não impede o uso de água com restos de sabão, e outra para um destilador solar, de onde sairá a água para alimentar a pia da cozinha (o esquema mostra existência de um terceiro reservatório, para acumular a água destilada), como mostra a figura 22. Nestas condições, precisamos de um acréscimo de, aproximadamente, 30 a 40 litros de água por pessoa e por dia, ou seja, somente 30% da necessidade total, pois o sistema reaproveita 70%.

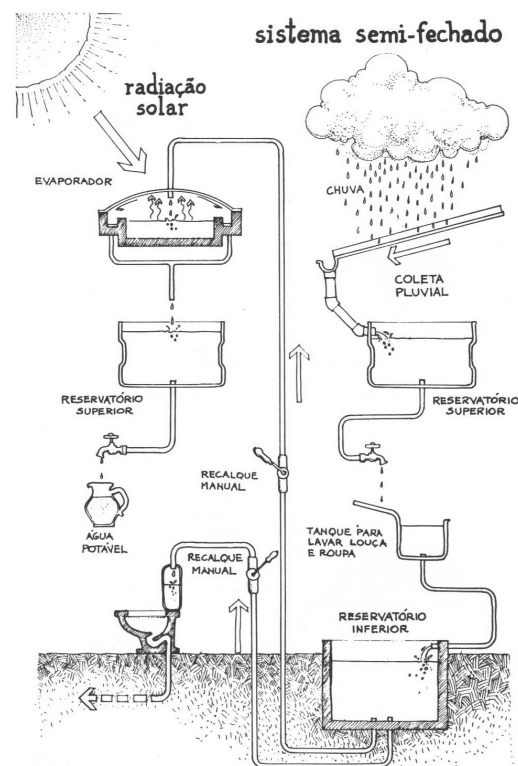


Figura 24 – Sistema de utilização de águas pluviais com sistema de reciclagem semi-fechado.

3.1.3. Sistema de captação de água em telhados.

Neste sistema (figura 25), água pluvial é captada pelo telhado e utilizada diretamente nos sistemas hidráulicos da casa, sendo, então, totalmente descartada como esgoto. O único cuidado a ser tomado é o de não se utilizar as primeiras águas da chuva que carregam as impurezas acumuladas no telhado. Para se saber em que medida este tipo de captação pode fornecer água para uma família, deve-se verificar a pluviometria do local. A tabela II informa estes valores para as principais cidades do país, dentre elas Curitiba.

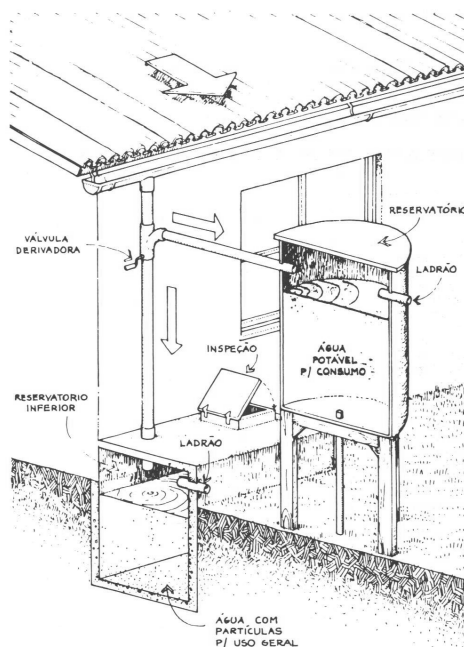


Figura 25 – Sistema de captação de água em telhados.

Tabela II – Precipitações em algumas capitais do Brasil em mm/mês.

Cidade	Média Mensal	Máxima Mensal	Mínima Mensal
Porto Velho	154	548	-
Rio Branco	114	262	1
Manaus	176	404	46
Boa Vista	114	338	3
Belém	258	553	82
Macapá	253	551	41
São Luís	169	438	0
Terezina	111	249	2
Fortaleza	126	269	6
Belo Horizonte	155	487	0
Vitória	127	376	47
Rio de Janeiro	74	233	16
São Paulo	113	423	0
Curitiba	84	173	7
Florianópolis	139	484	14
Porto Alegre	89	179	15
Campo Grande	121	253	0
Cuiabá	106	251	0
Goiânia	124	287	0
Brasília	132	319	0

Fonte: Anuário IBGE, ano 1978.

A expressão a seguir informa a proporção de água que, em média, poderá ser fornecida, a partir do telhado:

$$D = \frac{c \cdot s}{66 \cdot p}$$

Onde:

D = parte do fornecimento obtido pela captação do telhado (em %);
c = quantidade de chuva que cai nesse local (mm/mês);
s = superfície do telhado (m²);
p = população.

Assim, se tomarmos uma casa de 100m² de área de telhado, com uma população de 3 pessoas na cidade de Curitiba, cuja média mensal de pluviosidade é de cerca de 84 mm/mês, tem-se:

$$D = \frac{84 \cdot 100}{66 \cdot 3} = 42,42\%$$

ou seja, poderemos contar com o sistema de captação de chuva para cerca de 42% do consumo médio da residência. Esta fórmula se refere ao consumo mínimo de 110 ℓ/dia/pessoa, assim sendo, três pessoas consumiriam 330 ℓ/dia, desta forma poderíamos contar com este sistema de abastecimento para fornecer em média 138,6 ℓ/dia.

Ampliando a análise, tem-se para o mês de máxima e o de mínima de Curitiba, respectivamente:

$$D = \frac{173 \cdot 100}{66 \cdot 3} = 87,37\% \qquad D = \frac{7 \cdot 100}{66 \cdot 3} = 10,55\%$$

Assim concluímos que os sistemas de captação podem ser dimensionados para armazenar até 87,87% do volume de água consumido, ou seja, 287,1 ℓ/dia para aproveitar ao máximo o potencial pluviométrico. Concluímos, ainda, que o sistema de abastecimento por água encanada deve ser dimensionada para armazenar no mínimo 89,45%, ou seja, 293,7 ℓ/dia para suprir a demanda até nos meses mais secos.

4. Alvenarias Estruturais.

Edifícios executados em alvenaria estrutural são aqueles cujas lajes dos pavimentos se apoiam diretamente sobre a parede, e as paredes de cada pavimento se apoiam diretamente sobre a parede do andar inferior. O sistema construtivo em alvenaria pode utilizar lajes maciças, mistas ou pré-moldadas, sendo usada a laje maciça em edifícios altos, por ser a que gera maior rigidez estrutural nos pavimentos.

Comparado ao sistema convencional de concreto armado com paredes não portantes de tijolo, as alvenarias estruturais representam uma série de vantagens que se resumem ao final da obra, principal, a redução nos custos e no tempo de execução da obra. Esta economia é obtida devido às características da técnica construtiva que é empregada, dispensando os custos no uso de madeira e o tempo na execução de fôrmas, pois não utiliza vigas e as colunas aproveitam os próprios buracos dos tijolos para serem executadas. As perdas decorrentes da quebra dos tijolos para a passagem dos tubos e do encanamento também são reduzidos, pois estes mesmos furos podem ser usados para este fim. Outra economia é que, por se tratarem de materiais de melhor qualidade, a maioria possui encaixes que facilitam o aparelhamento da paredes e dispensam a necessidade de argamassa para o assentamento e em alguns casos pode ser utilizados diretamente como acabamento.

4.1. Tijolos de Solo Cimento

O solo como material de construção tem sido utilizado há pelo menos dez mil anos, sendo registrado em culturas antigas como a grega e a romana. Algumas destas obras resistem ao tempo, conservando sua qualidade estética e principalmente, sua qualidade estrutural.

No Brasil, cidades como Ouro Preto, Diamantina e Paraty têm em comum quatro séculos de história que testemunham o uso intensivo da taipa-de-pilão, do adobe, e da taipa-de-sopapo ou pau-a-pique. Assim o solo sempre fez parte da herança cultural construtiva brasileira.

Os métodos de construção utilizando solo foram intensamente utilizados até 1845, quando surgiu um novo material, o cimento Portland. A partir de meados do século XIX, o solo começou a ser visto como material de segunda categoria e passou a ser utilizado, quase que unicamente, em áreas rurais.

Apesar de apresentar características aglomerantes quando úmido e rigidez quando seco, suas propriedades não eram as ideais, pois sua resistência tanto mecânica quanto aos agentes atmosféricos era reduzida, obrigando a construção de peças de grande espessura. Os estudos desenvolvidos sobre a estabilização de solos com a adição de cimento, realizados por especialistas do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ), trouxeram resultados econômicos por meio da redução considerável na quantidade de terra utilizada, dos custos dos materiais e da mão-de-obra empregada.

Os tijolos de solo-cimento constituem uma das alternativas para a construção de alvenaria em habitações e outras edificações. Utilizando como matéria-prima o solo (material abundante na natureza), cimento (produto de fabricação nacional) e água, o tijolo é produzido por prensagem. Sua produção dependerá basicamente da existência, na região, de solo adequado. O solo adequado para a produção dos tijolos de solo-cimento deverá possuir quantidade de areia entre 50 e 80 %, e estar isento de matéria orgânica (raízes, folhas, etc.).

As quantidades de materiais (solo, cimento e água) a serem misturadas podem ser medidas em volume. A relação dessas quantidades devem garantir aos tijolos qualidade satisfatória após 7 dias de cura; pois os tijolos, depois de prensados, devem permanecer à sombra por sete dias, para adquirir a resistência inicial necessária à sua utilização.

As proporções ideais de cada material no composto de solo cimento deve variar de acordo com a composição do solo utilizado, podendo ser adotado o valor aproximado de 1 parte de cimento para 10 de solo.

As vantagens da utilização dos tijolos solo-cimento vão desde sua fabricação até sua utilização no canteiro de obras. Os equipamentos utilizados em sua fabricação são simples, possuindo um baixo custo e manutenção barata. A mão-de-obra para operar a máquina não precisa ser especializada, permitindo a fabricação no próprio canteiro de obras, eliminando os custos com o transporte. Sua resistência à compressão é semelhante à do tijolo convencional, mas a qualidade final da peça é superior, sendo mais regular em suas dimensões e mais plana em suas faces (figura 26). Isto permite a menor utilização de argamassa para o assentamento e a dispensa do uso de revestimentos, podendo ser utilizado de forma aparente, ou apenas uma pintura a base de cimento. A argamassa de assentamento pode conter uma menor proporção de cimento resultando em mais economia, se comparado com o sistema de assentamentos convencionais. Seus dois furos internos contribuem na redução do peso do tijolo, além de permitir embutir a rede hidráulica e elétrica, abolindo o corte na parede depois de pronta. Além disso esses furos podem também ser utilizados como molde de colunas (figura 26), dispensando o uso de caixaria e reduzindo o uso de madeira na obra, além de melhorar as características termo-acústicas do tijolo.

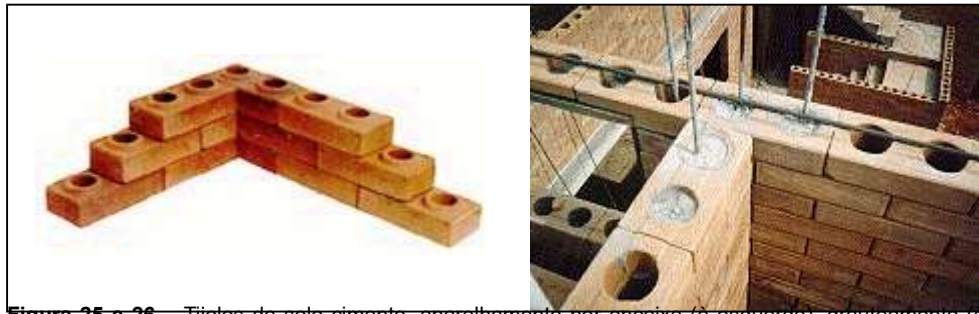


Figura 25 e 26 – Tijolos de solo cimento, aparelhamento por encaixe (à esquerda), grauteamento (à direita).

A grande economia gerada pelo solo estabilizado reside no ganho de tempo. A obra leva metade do tempo para ser finalizada em relação à alvenaria convencional. Uma casa de 50m², utilizando métodos comuns, por exemplo, leva 60 dias para ficar pronta. Se fosse construída utilizando a técnica do solo-cimento, levaria apenas 40 dias. Se, na obra convencional, são utilizados os serviços de um pedreiro e dois serventes a R\$100,00 por dia, a economia é de, no mínimo, R\$ 2 mil, ou seja, 33% só em mão-de-obra. O solo-cimento tem como vantagens adicionais oferecer um conforto térmico e acústico muito superior ao das construções convencionais e o local da obra fica mais organizado pois há menor quantidade de entulho.

Outro fator que torna este tipo de tijolo barato é a economia de energia na sua produção. Para cada mil tijolos de argila queimada (o tijolo tradicional) é necessário 1m³ de madeira em sua produção, o que equivale mais ou menos a seis árvores de porte médio. No caso do tijolo de solo cimento, o custo do frete também pode ser eliminado, pois o solo do próprio local da obra pode ser utilizado na confecção dos tijolos. Outra vantagem é que, ao contrário dos tijolos de argila queimada, que quando quebram não podem ser reaproveitados, os de solo-cimento podem ser moídos e prensados novamente.

Esta tecnologia aperfeiçoado pelo COPPE/UFRJ é capaz de diminuir o custo de construção de uma casa em até 50%, utilizando o próprio solo e um pouco de cimento nas fundações e na confecção de tijolos. No município de Cabo Frio, 14 sobrados de dois andares já foram construídos a um custo de apenas R\$172,00 o metro quadrado.

A massa deve ser corretamente colocada em prensas manuais ou hidráulicas e compactada e, após serem retirados da prensa, os tijolos devem permanecer num ambiente úmido, sem vento e sem sol, durante uma semana. As peças são produzidas para serem simplesmente encaixadas uma nas outras, dispensando o uso de argamassa.

4.2. Blocos de Concreto ISOPET.

Tecnologia desenvolvida nos Laboratórios do Centro Federal de Tecnologia do Paraná/Cefet-PR, os blocos ISOPET inter-travados são blocos confeccionados em concreto leve com EPS (isopor) reciclado, produzido a partir de garrafas plásticas recicladas. Estes blocos apresentam encaixes laterais no sistema macho e fêmea propiciando seu inter-travamento, (figura 28) não sendo necessário a utilização de argamassa, exceto na primeira fiada. Os blocos possuem canaletas que substituem as formas na moldagem de vergas, contra-vergas e cintas de amarração. Por possuir uma superfície porosa, é possível eliminar o chapisco, o emboço e o reboco da parede aplicando apenas uma argamassa colante de finalização (figura 29).

Com a utilização destes blocos a extração de materiais naturais é reduzida consideravelmente e o processo construtivo é racionalizado, reduzindo-se o consumo de energia elétrica, mecânica e de mão-de-obra, e ganhando-se assim em qualidade e produtividade.

Estes blocos apresentam grandes vantagens na execução de um projeto construtivo, por sua leveza, facilitando o manuseio dos elementos e reduzindo o custo final da construção. Este sistema traz, ainda, vantagens tanto para a qualidade da obra acabada, melhorando suas características termo-acústicas, quanto para o meio ambiente, pelo fato de utilizar materiais reciclados em sua composição.

Em 2000, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET/Abepet foram produzidos 10,6 bilhões de litros de refrigerante no Brasil, e somente 15% destas embalagens são recicladas. Neste mesmo ano, o consumo de PET gerou 255 mil toneladas de embalagens.

O processo de mistura dos componentes na betoneira segue o seguinte processo: dissolve-se inicialmente um adesivo em água; em seguida, coloca-se toda a carga de isopor reciclado na betoneira. Com a betoneira em movimento, coloca-se metade da quantidade de cimento utilizado e tão logo esse comece a fixar-se no isopor, coloca-se o restante do cimento, da areia e da água. O tempo de agitação da mistura será suficiente quando a massa estiver com a homogeneização ideal para ser lançada na forma.

Foram produzidos dois modelos de blocos com dimensões de 40x40x15cm, pesando cerca de 12 kg, e 40x20x15cm, pesando cerca de 6 kg, podendo possuir canaletas para a moldagem das vergas, contra-vergas e cintas de amarração. Os blocos alcançaram uma resistência a compressão superior a 2.1 MPa, sofrendo apenas deformação. Este também é resistente ao fogo, suportando as chamas de um maçarico de alta temperatura durante 35 minutos a uma distância de 15cm, não entrando em combustão e permanecendo com sua face oposta a uma temperatura inalterada, conforme ensaios realizados. Os ensaios de resistência ao choque realizados, mostraram que o bloco ao ser lançado de uma altura de 4m sofre apenas deformação comparando-se com blocos cerâmicos e de concreto.



Figura 28 e 29 – Blocos de isopet, modelo de encaixe (à esquerda), unidade experimental (à direita).

4.3. Bloco de Concreto.

A utilização do concreto para a confecção de tijolos estruturais foi primeiramente utilizada nos Estados Unidos, país onde a técnica foi desenvolvida. Surgiu da necessidade de racionalizar a construção pela utilização de elementos pré-moldados.

No Brasil a técnica ainda é pouco utilizada devido à falta de conhecimento do produto. Os tijolos contam atualmente com padronização de tamanhos e rigidez determinadas pela ABNT o que confere ao produto grande qualidade em todo território nacional.

As vantagens deste sistema são aquelas relacionadas a qualquer técnicas de alvenaria estrutural pré-moldada, ou seja, diminuição no uso de madeira, diminuição de gasto com mão-de-obra, facilidade de manuseio, maior resistência, rapidez na construção com conseqüente diminuição do custo operacional, variedades de medidas, menor índice de perda de material, constância dimensional nas medidas, economia no revestimento, textura uniforme, maior produtividade redução do custo final. Segundo dados do fabricante BLOCAUS, com esta técnica se obtém uma redução no custo final da obra de pelo menos 20%, variando para cada região.

O uso do bloco de concreto como elemento de construção de paredes teve originalmente três qualidades primordiais: o material prestava-se à elevação de paredes com maior velocidade, devido ao tamanho maior das peças em relação aos tijolos convencionais; permitia que as paredes fossem erguidas com perfeição de prumo e alinhamento, favorecidos pelo tamanho das peças (de aproximadamente 12 peças por metro quadrado), junto com sua uniformidade dimensional; e, por último, as paredes levantadas com os blocos permitiam a passagem das tubulações elétricas e telefônicas no seu interior, eliminando o trabalho de cortar as paredes para embotamento de canalizações.

Por ser um produto que já está no mercado há algum tempo, foram desenvolvidos vários tipos de peças padrão para paredes de várias espessuras e qualidades estruturais, além de tijolos para fins específicos como canaletas que permitem a colocação e concretagem para a execução de vergas ou vigas embutidas e tijolos vazados para a execução de colunas como mostram as figuras 30, 31 32 e 33.

Pesquisas e obras realizadas no mundo inteiro concluíram que este sistema de alvenaria estrutural pode ser utilizado para construções de 1 até 20 pavimentos.

Figura 30 — Blocos de concreto = padrões para paredes de várias espessuras.

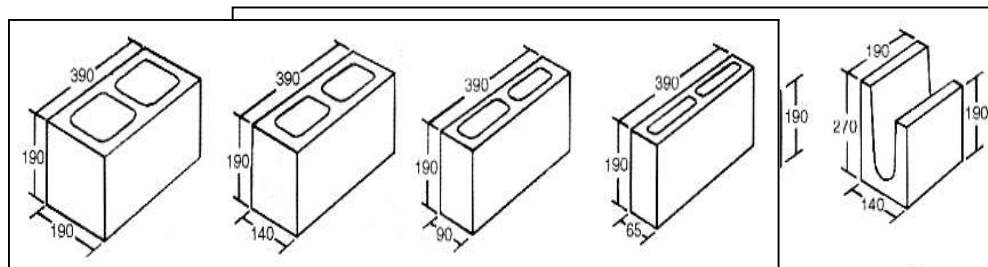


Figura 32 — Blocos de concreto = padrões para paredes de várias espessuras.

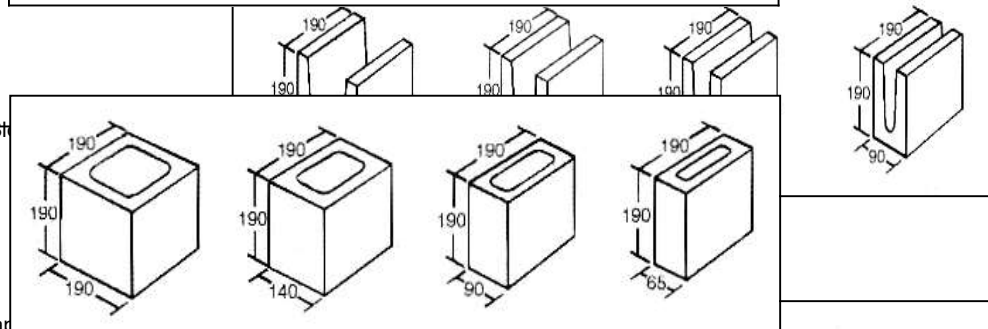
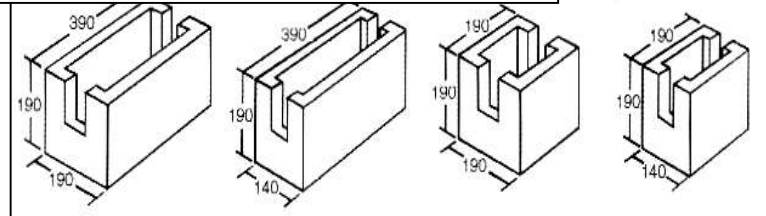


Figura 31 — Blocos de concreto = padrões para cantos de paredes de várias espessuras.

formatos para adap

Figura 33 — Blocos de concreto = padrões para colunas de várias dimensões.



5. Telhados Vivos

Os telhados vivos caracterizam-se pela aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações com impermeabilização e drenagem adequadas. Ao agir positivamente sobre os subsistemas termodinâmico (conforto ambiental), físico-químico (qualidade do ar) e hidrometeorológico (impacto pluvial), a utilização dos telhados vivos proporciona o aumento da qualidade de vida da população. Também contribui para a redução de problemas ambientais, especialmente os ligados à poluição e às enchentes e inundações, causados pela alta carga pluvial.

Essa tecnologia vem sendo largamente utilizada na Alemanha, onde tem apresentado excelentes resultados, sendo adotadas não só em empreendimentos residenciais como também comerciais e industriais. Até mesmo em prédios de construtoras e empreendedoras os telhados vivos têm sido aplicados em função da alta rentabilidade decorrente do aumento da durabilidade da impermeabilização da cobertura. Vale ressaltar que o sucesso da experiência alemã fez com que vários estados e municípios acrescentassem na legislação ambiental e no código de obras aspectos relativos a esse tipo de telhado.

Como vantagens da utilização dos telhados vivos podem ser citadas: diminuição do *stress* térmico e da recepção da radiação UV da cobertura da edificação tendo como consequência maior a conservação do material de cobertura e sua impermeabilização; redução da carga térmica da edificação diminuindo a demanda de ar condicionado; retenção de águas pluviais não sobrecarregando a rede de esgotos; absorção da radiação solar e transformação do CO₂ em O₂ pela fotossíntese e filtragem do ar, reduzindo a poluição das águas pluviais, assim melhorando a qualidade de água nos lagos, rios etc.; melhoria do microclima da região e arredores; e absorção de ruídos. Pelas vantagens que apresentam os telhados vivos tornam-se bastante adequados a cidades de clima tropical.

Os telhados vivos podem ser intensivos ou extensivos em função da escolha da vegetação. Os telhados intensivos caracterizam-se pelo uso de plantas que demandam maior consumo de água, adubo e manutenção geral. Já os telhados extensivos se caracterizam pela alta resistência às variações pluviais, tornando praticamente desnecessária sua manutenção. Nesse último caso, também o uso de camadas mais estreitas e leves de substratos minimizam os custos com a estrutura.

5.1. Estrutura dos Telhados Vivos.

Os telhados vivos são compostos por várias camadas (Figura 34), cada qual com uma função específica. São elas:

- Camada de impermeabilização: para impedir a infiltração de água na laje;
- Camada de proteção: para impedir danos na impermeabilização, por exemplo por raízes agressivas;
- Camada de drenagem: responsável pela regulação da retenção de água e da drenagem rápida e eficiente do excesso desta;
- Camada de filtragem (facultativo): impede a passagem dos substratos para a camada de drenagem o que prejudicaria o sistema de drenagem e a circulação do ar;
- Camada de substrato: camada onde se encontram os nutrientes dando suporte à vegetação, retendo e absorvendo água. O tipo de substrato bem como a altura do mesmo irá variar conforme a vegetação escolhida e o tipo de telhado. Em se tratando de telhados extensivos, normalmente a altura do substrato varia entre 4 e 19 cm;
- Camada de vegetação: consiste na cobertura vegetal propriamente dita e que vai depender do tipo de telhado. Nos telhados extensivos as espécies que podem ser utilizadas apresentam menor variação uma vez que tratam-se de plantas mais rústicas que não demandam maiores cuidados com manutenção.

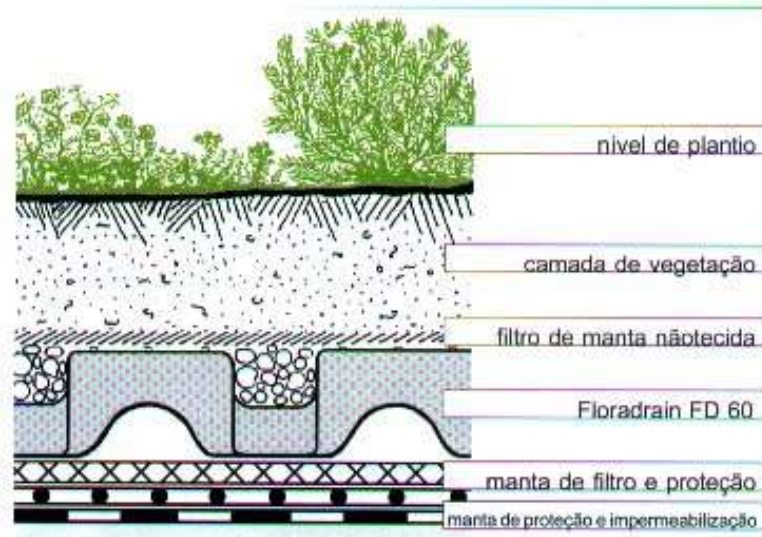


Figura 35 - Estrutura de um Telhado Vivo.

A pesquisa de identificação das plantas mais adequadas para compor a camada de vegetação de telhados extensivos em cidades de clima tropical, tendo por base o Município do Rio de Janeiro, que consiste no objetivo do artigo, é apresentada a seguir. A Figura 35 ilustra um telhado vivo extensivo usado em uma edificação na Alemanha.



Figura 36 - Telhado Vivo Extensivo em Edificação Alemã.

Tratando-se de telhado do tipo extensivo a preocupação com a escolha das plantas recai sobre aquelas que demandem menor manutenção em termos de rega e poda, além de apresentarem nível de resistência capaz de suportar as condições climáticas de cada cidade.

Alguns dos aspectos a serem considerados para a escolha das plantas, são:

- plantas que resistissem as condições climáticas da cidade;
- tamanho e desenvolvimento das raízes, não sendo aconselhável o uso de plantas com raízes que possam danificar a laje e o sistema de impermeabilização;
- a parte aérea das plantas não deve produzir muito material orgânico para não dificultar a drenagem;
- tempo de crescimento das plantas;
- plantas que sobrevivam em pontos rasos e pobres;

- plantas que não servem como habitat de animais perigosos (por exemplo bromélias, que possibilitariam a criação de larvas do mosquito *Aedes aegypti*);
- plantas com uma superfície grande pelas folhas – melhoram a retenção da água, o sombreamento do substrato, diminuem mais a temperatura do ambiente através da evaporação e da evapo-transpiração e diminuem o impacto das chuvas torrenciais, protegendo o substrato contra a erosão.

6. O Projeto.

6.1. Casa Eco-nômica.

Com a crescente preocupação com o impacto da ação humana sobre o meio ambiente, inúmeras técnicas e tecnologias construtivas foram criadas ou aperfeiçoadas nos últimos anos. Estas pesquisas, no entanto chegaram a mais resultados do que se poderia imaginar.

Descobriu-se que estas tecnologias, além do ganho ambiental, acarretavam em ganhos de qualidade, tanto do aspecto de conforto quanto de qualidade dos materiais, e, também, ganhos econômicos. Desta forma a bandeira ambientalista se tornou muito mais leve para ser erguida e muitas empresas se especializaram neste tipo de projeto, se aproveitando da propaganda positiva do ambientalmente correto. Concomitantemente a isto, normas e certificados internacionais foram criados de forma a destacar estas empresas dos mercados conferindo-lhe selos de qualidade comprovando sua seriedade.

Desta forma tecnologias surgiram e técnicas antepassadas passaram a ser reutilizadas e adaptadas para os padrões modernos e um novo tipo de arquitetura surgiu, a arquitetura bio-climática. Esta tem como objetivo se utilizar os elementos naturais como o sol, a chuva, o ar e a terra, para otimizar as demandas do ambiente construído de forma a torná-lo o menos dependente possível de fontes artificiais, de água, luminosidade, calor e energia. Uma busca que poderíamos chamar de gestão ambiental do ambiente construído.

O grande empecilho para a utilização destas tecnologias e técnicas construtivas consiste principalmente na desinformação. Os arquitetos e engenheiros estão acostumado com a utilização do tradicional concreto armado e se utilizam de argumentos como a incapacidade da mão-de-obra de fazer diferente e de que a arquitetura ecologicamente correta é mais cara. Mitos estes que gradualmente vem caindo em desuso a medida que novos exemplos de construções ecológicas surgem na paisagem urbana.

A Casa Eco-nômica, surge, então, como uma necessidade de se congregarem toda esta soma de tendências, técnicas e tecnologias, de forma a difundir a prática ecológica na arquitetura e provar que esta é economicamente viável.

6.2. Definição do Projeto.

Com o objetivo de se tornar este exemplo o mais atual e verídico possível será adotado o programa de projeto mais utilizado pela construção civil para residências unifamiliares. Desta forma deverá conter no projeto no mínimo duas salas, uma de estar e outra de jantar, um lavabo, uma cozinha, uma lavanderia, um banheiro comum, dois quartos e uma suíte.

Refletindo dados estatísticos e de forma a estipular um padrão de demandas, adotaremos como cliente hipotético, uma família de um casal e no máximo dois filhos em idade escolar, como renda entre R\$ 3.500,00 e R\$ 5.000,00, com até dois veículos.

Com base nesta renda pode-se estipular o tamanho da casa em função do preço por metro quadrado para venda e em função das opções de financiamento disponibilizadas pela caixa. Desta forma o casal poderá obter um financiamento de cerca R\$ 100.000,00, considerando que a média do metro quadrado para venda em Curitiba esteja em R\$ 550,00/m², concluímos que esta casa deverá ter entre 100 e 110m², para um terreno de R\$ 40.000,00.

Com base no programa apresentado e nos usos da família nos diversos cômodos chegamos a um fluxograma como mostra a figura 37.

Figura 37 – Organograma e Fluxograma.

6.3. Terreno.

Os parâmetros para a escolha do terreno foram relativos sua localização em relação ao centro, às leis de uso do solo do município, infra-estrutura do bairro e o preço do lote. Como mostrado no item anterior, para caber na renda da família o terreno deverá custar, no máximo, R\$ 40.000,00, deverá estar em zona residencial e não muito distante do centro. Desta forma foi escolhido um lote do loteamento Jardim Querência I, do bairro Barreirinha, à Rua Miguel Suchevicz, travessa da Avenida Anita Garibaldi (figura 38).

Esquecido pela prefeitura por alguns anos, por se localizar em região com extensa área de bosques de araucárias, este bairro tem recebido uma série de investimentos municipais como novos loteamentos e infra-estrutura básica. Existem projetos, em processo de aprovação, que contarão com verbas do Banco Internacional de Desenvolvimento que promoverão uma reestruturação da Av. Anita Garibaldi, principal via de acesso da região. Devido suas características naturais únicas, este loteamento não tem se mostrado atrativo para investimentos civis mais populares como os que predominam na parte sul da cidade. Desta forma, vem crescendo na região o número de casas de famílias com um nível de renda superior. O maior atrativo da região, no entanto, é a proximidade com a natureza. Outro atrativo da região é o baixo índice de criminalidade, figurando entre os bairros mais seguros do município. O bairro conta com infra-estrutura básica de água, luz, telefone, esgoto, transporte público, coleta de lixo e, ainda, Internet rápida. Para os próximos anos estão previstos a passagem do cabeamento de TV por assinatura.

O terreno está localizado em ZR-02, é relativamente plano, conforme figura 39, não apresenta vegetação de grande porte ou protegida por lei e suas dimensões são adequadas ao tipo da obra. Está localizado de dez a quinze minutos do centro, de carro, contando dentro de um raio de dez minutos com uma escola estadual, a escola privada Santa Maria, um hipermercado Big, uma rua



Figuras 42, 43 e 44 – Fotos mostrando vizinhança e pavimento de anti-pó (acima). Ao lado, foto do terreno e bosque de araucárias ao longe.

7. Conclusão.

Quando surgiu, o movimento ambientalista era extremamente panfletário e era considerado desagradável para o interesse de diversos setores da sociedade, principalmente o empresariado. Com a implantação da certificação ambiental ISO14000, que dita regras de preservação ambiental e cujo descumprimento poderá excluir as empresas de importantes negócios, a defesa da natureza se tornou um trunfo no mundo dos negócios.

Outra filosofia ambiental que vem tomando força nos dias de hoje é a idéia da sustentabilidade, que define que qualquer ação ambiental que desconsiderar os aspectos econômicos e sociais da região no qual será implantada estará fadada ao insucesso. Desta forma a luta pelo meio ambiente passou a ser também uma luta pela qualidade de vida.

Conclui-se com este trabalho que já existem no mercado várias opções de tecnologias e técnicas construtivas que, segundo seus fabricantes e divulgadores, além de favorecer o meio ambiente, trazem vantagens econômicas significativas tanto para o empresário construtor como para o morador.

Cada técnica e tecnologia trazem consigo vantagens e desvantagens que deverão ser analisadas na etapa do projeto e que devam se enquadrar no modo de vida de seus moradores. As vantagens compreendem ganhos econômicos a curto e médio prazo, ganhos em conforto térmico e lumínico e ganhos na otimização de sistemas. As desvantagens dizem respeito à potencial elevação dos custos iniciais na construção com a adição de outras instalações, à mudança de hábitos que os mecanismos de regulação que os sistemas pesquisados necessitam para funcionar demandam dos moradores, desvantagem esta que pode ser solucionada com sistemas de automação disponíveis no mercado mas que necessariamente encareceriam a obra.

Conforme os dados bioclimáticos de Curitiba, constantes no item 1.3., uma casa para se adaptar da melhor maneira possível ao clima, otimizando sua demanda por energia, deverá se utilizar basicamente de sistemas de condicionamento utilizando os seguintes princípios: a massa térmica, o aquecimento solar, o aquecimento artificial e ventilação.

Desta forma propõe-se a utilização do sistema de espaços solares contíguos associados a muros Trombe ou muros acumuladores de água por permitirem uma maior maleabilidade de projeto e por se adaptarem melhor a função residencial. Estes sistemas cumpririam a função de conferir a qualidade térmica desejada para os ambientes durante grande parte do ano. Um sistema de janelas solares poderiam ser utilizadas no lugar do telhado para o aquecimento da água. Deverão ser previstos também sistemas de aquecimento artificiais para aos dias mais frios do inverno quando o sol não se fizesse suficiente. Durante o verão, o "layout" da casa deverá permitir a ventilação cruzada de forma a retirar o excesso de calor.

As soluções apresentadas para o aproveitamento da água foram originalmente desenvolvidas para serem utilizadas em residências rurais de baixa renda como fonte principal de abastecimento para as necessidades mínimas de subsistência que é definida para cerca de 110 litros de água por dia por pessoa. Em nosso objeto de estudo utilizamos o exemplo de uma residência urbana de nível médio de renda e segundo as recomendações do livro de Hélio Creder, **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**, o consumo para tal é estipulado em 150 litros por pessoa.

Sendo assim, algumas diferenças devem ser respeitadas orientando uma adaptação do modelo proposto. A principal delas é que, ao contrário da zona rural, dentro do perímetro urbano, onde há sistema de água encanada, a água é abundante e de boa qualidade. Em segundo lugar temos que o lote urbano é, em média, muito menor que o lote rural, não comportando grandes instalações. Em terceiro lugar, temos o fator poluição que contaminaria a água da chuva dos primeiros minutos de precipitação. Temos ainda o fato de que devido a localização geográfica de Curitiba, não poderíamos confiar no sol durante todo o ano para realização da destilação da água. Finalmente temos que considerar também o fator econômico pois a implantação de um sistema destes

acarreta em um maior gasto em instalações, custo este que deve se pagar com o passar dos anos com a redução do consumo de água.

Assim propõe-se um modelo misto, onde parte da água utilizada é captada pela chuva e parte é fornecida pelo sistema de água tratada do município. Os sistemas de reciclagem foram descartados pois, segundo Mascaró, estes sistemas perdem sua eficiência quando instalados em regiões do sul e sudeste do Brasil, necessitando de uma área muito grande para o destilador. Outro fator que descarta também o sistema de destilação é o fato de que, apesar de Curitiba ser uma cidade de grande umidade relativa, não há chuvas suficientes para abastecer todos os usos de uma determinada residência em qualquer período do ano. Este sistema misto pouparia de 25 a 50% do consumo da casa dependendo da quantidade de habitantes da casa e da superfície de telhado disponível. Neste sistema a água da chuva não sofreria qualquer forma de tratamento e seria utilizada em atividades onde não se faça necessário o uso de água potável, como descargas, irrigação de jardim, lavagem de quintal e atividades de lavanderia. O recalque d'água para os reservatórios superiores deverá ser feito por meio de sistemas eletro-mecânicos automáticos, como moto-bombas, permitindo uma maior independência do sistema se comparado aos mecanismos manuais propostos por Mascaró.

A alvenaria estrutural, em geral, possui uma série de vantagens em relação ao método convencional de concreto armado tanto no aspecto econômico, quanto ambiental, conforme foi dito anteriormente. No Brasil esta técnica vem sendo gradativamente substituindo as antigas formas de construção conforme o material é difundido entre profissionais da área e a tendência é que substitua por completo outros métodos para edifícios até 20 andares.

O problema atual com relação a estes produtos consiste em seu preço. Por não possuir produção suficiente para a demanda atual, os fabricantes podem arbitrar valores mais altos do que deveriam. Outro fator que contribui também para o alto preço destes produtos é que a matéria-prima principal, o cimento, também se encontra inflacionado em nosso mercado e sofrendo constantes aumentos. Estes preços tendem a reduzir ou pelo menos se manterem estáveis com o aumento da produção e a diversificação de produtores.

Apesar disso, os métodos apresentados já garantem para o construtor uma economia global no valor da obra na ordem de 30%. A confecção caseira dos tijolos de solo-cimento pode aumentar ainda mais esta economia. Prensas para fabricação deste produto podem ser compradas de lojas paulistas pela Internet por um preço de cerca de R\$ 4.500,00 (dado de 2002). No entanto, não se recomenda a fabricação sem o acompanhamento de profissionais capazes de avaliar a qualidade dos solos utilizados, sob a pena de se obter um produto de baixa qualidade e que não desenvolva as qualidades estruturais mínimas necessárias.

Devido a esta parcial incerteza na qualidade estrutural do solo-cimento, mesmo o produto comercializado é indicado para obras de no máximo dois andares. O que se espera é que, com a difusão desta tecnologia aconteça um melhor controle de qualidade e uma normatização como o que aconteceu com os blocos de concreto.

Os blocos de Isopet ainda estão em caráter experimental, não existindo, ainda, fabricantes para o produto. Acredita-se que este material já possa estar sendo produzido dentro de alguns anos mas não se tem um previsão do preço com que este possa atingir no mercado.

Dentre todas as opções a alternativa que se mostrou mais confiável nos aspectos estruturais foi o bloco de concreto. Por ser utilizado já há alguns anos em diversos países, existem exemplos notáveis de edifícios tanto em proporção como em qualidade estética. Como exemplo podemos citar o edifício Ópera Prima de Curitiba de vinte andares de altura e as obras de Mário Botta (figura 34) que explora o material em seu estado bruto.



Figura 34 – Obras de Mário Botta em blocos de concreto.

O Telhado Vivo funciona à semelhança de muros acumuladores térmicos, sendo que a única diferença é que, por ser coberto por uma massa vegetal, não necessita de outros elementos reguladores para sua proteção contra as horas de sol mais intenso. Nestas horas as plantas liberariam mais vapor d'água através da evapo-transpiração regulando a temperatura. Os maiores cuidados a serem tomados com este sistema se referem a impermeabilização e a escolha da espécie vegetal que mais se adapte ao clima e que preferencialmente não necessite de rega ou poda constantes. Este sistema também funcionaria como um filtro para a água da chuva, melhorando sua qualidade para futura captação. Uma das qualidades mais importantes deste sistema, mas que não influi diretamente no funcionamento da casa, é o fato de este sistema contribuir em muito para a melhora da qualidade do ambiente urbano. Além de ser capaz de reduzir o chamado efeito de "ilha de calor", característico dos grandes centros urbanos, ainda insere mais superfícies verdes capazes de reter o monóxido de carbono produzido pelos automóveis. Se mais difundido, este sistema poderia não somente melhorar a eficiência energética das residências que dispõem deste sistema, mas também a eficiência energética de toda uma cidade.

O terreno foi escolhido por congregar uma série de características, como já citado, consideradas positivas para a implantação do projeto. Características como já dito referentes à localização em relação ao centro e ao zoneamento, à infra-estrutura e a disponibilidade de série de serviços no bairro, e também ao preço do lote.

No entanto, sabe-se que estas características positivas poderiam ser encontradas em uma série de outros terrenos no próprio bairro, como também em diversos outros. Este fato em si diminui a importância do terreno para o projeto e aumentando a importância que este se torne o mais geral possível, ou seja, apesar do projeto estar se dando neste terreno em específico ele poderia estar sendo implantado em qualquer outro, independente de uma topografia ou morfologia de lote específica e independente de sua localização na cidade.

Esta atitude em relação ao terreno contribui para a sublevação de um dos objetivos deste projeto que é provar que o fazer ecológico é viável não somente para um tipo de terreno mas para qualquer lote urbano em que se deseje construir uma casa.

Analisando-se o entorno não encontramos nenhum elemento que possa gerar grandes problemas para o projeto. Cuidados deverão ser tomados apenas com a casa da esquerda, onde temos o norte, que se encontra na divisa, podendo gerar sombras indesejáveis. Outro fator que deve ser cuidado diz respeito às árvores situadas à frente do lote e que deverão ser respeitadas ao se criarem os acessos de veículos, principalmente.

Conclui-se, também, que, em um mundo de demandas crescentes e recursos escassos como este em que vivemos, pesquisar e empregar tecnologias e técnicas construtivas que minimizem estas demandas e otimizem seus sistemas, evitando desperdícios, é uma tarefa importante que cabe, também, ao arquiteto realizar. Cabe aqui lembrar da metáfora do beija-flor que tentava apagar o incêndio na floresta. O resultado da diminuição dos impactos gerados por uma residência pode ser insignificante perto do que seja necessário ser feito para atingirmos o desenvolvimento sustentável de nossas cidades, mas ao menos teremos certeza que estamos fazendo a nossa parte.

8. Referências Bibliográficas.

WACHBERGER, Michael e WACHBERGER, Hedy. **Construir com o Sol, utilização da energia solar passiva**. Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, 1984, p.143.

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores, São Paulo

MASCARÓ, Juan Luís. **Infra-estrutura Habitacional Alternativa**. D.C. Luzzatto Editores Ltda., Porto Alegre, 1991, p.223.

CREDER, Hélio. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**, 5ª. Edição. LTC Editora, 1991, p.465.

Banco de Experiências do Centro Nacional de Referência em Gestão Ambiental Urbana [on line]. Disponível em URL <http://www.unilivre.org.br>, extraído em junho de 2002.

Revista Prisma [on line]. Disponível em URL <http://www.revistaprima.com.br>, extraído em junho de 2002.

LAAR, Michael; SOUZA, Cristina G.; DE ASSUNÇÃO PAIVA, Vera Lúcia; AUGUSTA DE AMIGO, Nisete; TAVARES, Sergio; GRIMME, Friedrich Wilhelm; GUSMÃO, Fernando; KÖHLER, Manfred; SCHMIDT, Marco. **Estudo de Aplicação de Plantas em Telhados Vivos Extensivos em Cidades de Clima Tropical** [on-line]. Disponível em <http://www.fh-nb.de/lu/mankoebler/download/encac-telhadoverde-fp.doc>, extraído em junho de 2002.

Pavi-mento [on-line]. Disponível em <http://www.geocities.com/valepavi/>, extraído em julho de 2002.