



**SENADO VERDE**  
Senado Federal



# Edifícios Públicos **SUSTENTÁVEIS**

## Mesa do Senado Federal

Presidente

**Senador José Sarney**

1ª Vice-Presidente

**Senadora Marta Suplicy**

2ª Vice-Presidente

**Senador Waldemir Moka**

1º Secretário

**Senador Cícero Lucena**

2º Secretário

**Senador João Ribeiro**

3º Secretário

**Senador João Vicente Claudino**

4º Secretário

**Senador Ciro Nogueira**

1º Suplente

**Senador Casildo Maldaner**

2º Suplente

**Senador João Durval**

3ª Suplente

**Senadora Maria do Carmo Alves**

4ª Suplente

**Senadora Vanessa Grazziotin**

Diretora-Geral

**Doris Marize Romariz Peixoto**

Secretária-Geral da Mesa

**Claudia Lyra Nascimento**

Coordenadora do Programa Senado Verde

**Andréa Valente**

Diretor da Secretaria de Engenharia (SENG)

**Adriano Bezerra de Faria**

Diretor da Secretaria Especial de Editoração e Publicações (SEEP)

**Florian Augusto Coutinho Madruga**

Diretor da Secretaria Especial do INTERLEGIS

**Haroldo Feitosa Tajra**

Diretora Adjunta da Secretaria Especial do INTERLEGIS

**Mariângela Cascão Pires e Albuquerque**

**Realização**



**Apoio**





# Edifícios Públicos Sustentáveis

Mário Hermes Stanziona Viggiano  
Senado Federal • 3ª edição

Senado Verde  
Brasília • 2012



## *Ficha técnica*

Pesquisa, redação e coordenação editorial  
**Mário Hermes Stanziona Viggiano**

Capa, projeto gráfico e diagramação  
**Sidney Vieira Carvalho**

Projeto-conceito  
**Marcos Tadeu Gomes Carneiro**  
**André Luiz de Souza Castro**

Desenhos  
**Ivaldo Roland**

Desenhos 3D  
**Aline Reis Soares Souza de Souza**  
**Renata da Silva Britto Gomes**

Revisão Técnica  
**Roberto Fonseca Iannini**  
**Rodrigo Galha**  
**Sidney Vieira Carvalho**

SIGES - Sistema de Gestão para Edifícios  
Sustentáveis  
Módulo Retorno do Investimento

*Concepção da Planilha*  
**Rodrigo Galha**

*Desenvolvimento de macros*  
**Silvério Rosenthal**

*Programação visual*  
**Guilherme Rosenthal**

Revisão de provas  
**Angelina Almeida Silva**

Ficha Catalográfica  
**Marilúcia Chamarelli**

Impressão  
**Secretaria Especial de Editoração  
e Publicações (SEEP)**

**3ª edição revista em março de 2012**

Contatos  
**[www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde](http://www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde)**  
**[viggiano@senado.gov.br](mailto:viggiano@senado.gov.br)**

Viggiano, Mário Hermes Stanziona.

Edifícios públicos sustentáveis / Mário Hermes Stanziona Viggiano. –  
3. ed. rev. em mar. de 2012 – Brasília : Subsecretaria de Edições Técnicas, 2012.  
87 p. : il. ; 25,1 cm. – (Publicações Interlegis ; v. 1)

ISBN 978-85-7018-422-1

Programa Senado Verde

1. Edifício público, construção, aspectos ambientais. 2. Arquitetura sustentável. 3. Engenharia ambiental. I. Título. II. Série

CDD 720

O Senado Federal autoriza a reprodução total ou parcial desta obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.



### O Poder Público e o meio ambiente

A decisão das grandes potências mundiais de buscar alternativas para conciliar o desenvolvimento econômico com o equilíbrio ambiental surgiu da percepção de que todos nós estamos suscetíveis a sofrer, em maior ou menor escala, as consequências de catástrofes provocadas pela ação do homem sobre o meio ambiente.

Países, governos e pessoas estão mudando suas práticas de forma a minimizar danos ambientais. É nesse caminho que também deve caminhar a Administração Pública.

Nessa área, é preciso estimular ações que resultem no uso racional de bens e de recursos naturais. Com esse propósito, o Senado Federal criou o Programa Senado Verde, com o intuito de estabelecer a aplicação de medidas de sustentabilidade ambiental em toda a sua estrutura organizacional.

De uma das ações de grande sucesso do Senado Verde brotou esta cartilha Edifícios Públicos Sustentáveis, que discorre sobre técnicas de engenharia para o aproveitamento sustentável de águas, energia, materiais e outras tantas.

O Interlegis tem como uma de suas missões a disseminação de boas práti-

cas entre os membros da Comunidade do Legislativo nas esferas federal, estadual e municipal. Associado ao movimento mundial de preservação do meio ambiente, imprimiu esta cartilha como primeiro volume da coleção Publicações Interlegis, em papel reciclado, e passou a patrocinar palestras sobre esse tema em seus eventos institucionais.

Dessa forma, ponderamos que o Poder Público, quando atua como consumidor, deve dar exemplo, não só com a aplicação dos princípios constitucionais da Administração Pública, tais como legalidade, impessoalidade, publicidade, moralidade e eficiência, mas também patrocinando escolhas que reduzam o impacto ambiental e o consumo de recursos naturais.

Para o Poder Legislativo, foco principal da atividade do Programa Interlegis, esperamos a aplicação cotidiana das recomendações contidas nesta publicação, assim como o despertar do interesse dos legisladores para os temas da sustentabilidade e da manutenção do equilíbrio ambiental, inspirando, quem sabe, ações propriamente legislativas com efeitos mais amplos em Estados e Municípios.

**Haroldo Tajra**

Diretor da Secretaria Especial do  
INTERLEGIS

## O Senado Verde e as construções sustentáveis

Criado em 2007, o Programa Senado Verde surgiu com o objetivo de aplicar a gestão ambiental nas práticas administrativas do Senado Federal. Apoiado pela Mesa Diretora e pela Administração, o Programa caminha em busca de soluções que aperfeiçoem os recursos e garantam a economia de matérias-primas em nossas rotinas.

Foi com base na discussão desses conceitos que o tema edificações sustentáveis surgiu dentro do Senado Verde. Com um expressivo crescimento no Brasil, as chamadas construções verdes caracterizam-se pela busca de uma maior harmonização com o meio ambiente e com a economia dos recursos naturais. São espaços que se diferenciam pela racionalização do uso da água, eficiência energética, qualidade ambiental interna e sustentabilidade dos materiais.

O Senado Verde aceitou o desafio e, com a colaboração da Secretaria de Engenharia, decidiu acrescentar à sua estrutura física um viveiro de plantas: a primeira construção totalmente sustentável do Senado Federal. A busca pelo certificado verde para a edificação do viveiro nos levou ao Green Building

Council Brasil (GBCB) e à parceria com essa instituição, que resultou na produção da cartilha "Edifícios Públicos Sustentáveis".

Contar um pouco da experiência do Senado Verde na área de edificações sustentáveis, principalmente no setor público, é o objetivo desta publicação, que foi elaborada pelo arquiteto Mário Hermes Stanziona Viggiano, em parceria com os arquitetos Sidney Vieira Carvalho, responsável pela concepção visual, e Ivaldo Roland, com as ilustrações a bico de pena coloridas virtualmente. Contou ainda com a participação dos arquitetos André Luiz de Souza Castro e Marcos Tadeu Gomes Carneiro na concepção de um projeto-conceito com as diretrizes de sustentabilidade apresentadas no texto.

A cartilha é um referencial para órgãos públicos ou privados que, assim como o Senado Federal, também estejam focados na busca por uma melhor relação com o meio ambiente urbano e com a eficiência energética de seus edifícios. Acreditamos que sua produção contribuirá para a modelagem de um novo caminho para a engenharia e uma opção pelo respeito à natureza.

**Andréa Valente**

Coordenadora do Programa Senado Verde

	Página
■ Edifícios Públicos Sustentáveis	9
■ Concretizando as Ideias	15
■ Projeto: o início eficiente	15
■ Paisagem: preservando todas as cores	18
■ Canteiro de obras: organização gera redução de despesas	20
■ Água: o insumo finito	22
■ Coberturas verdes: frescor e alimentos	34
■ Irrigação: gotas preciosas	36
■ Energia: a abundância solar	38
■ Ambiente energeticamente eficiente: mais com menos	43
■ Materiais: união da estética, eficiência e economia	51
■ Lixo: riqueza disfarçada	54
■ Anexo I - Dimensionamentos	56
■ 1. Como dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva	56
■ 2. Como dimensionar um sistema de geração fotovoltaica em sistemas autônomos e interligados	60
■ 3. Como montar matrizes de avaliação de materiais	66
■ Anexo II - Memoriais de Cálculo	68
■ Memorial de cálculo para o retorno do investimento	68
■ 1. Sistema de aproveitamento de água da chuva	70
■ 2. Sistema de tratamento de águas cinzas com filtragem	71
■ 3. Sistema de aquecimento solar da água	72
■ 4. Compostagem orgânica	75
■ Anexo III - Agenda de Trabalho para Projetos Sustentáveis	76
■ Glossário	81
■ Referências Bibliográficas	83





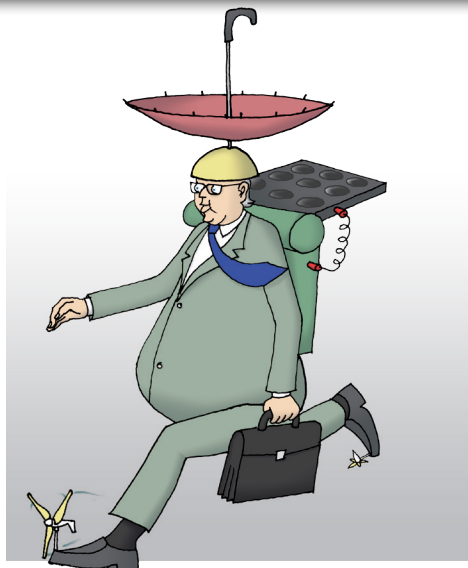
# Edifícios Públicos SUSTENTÁVEIS

## *O que são edifícios sustentáveis?*

O edifício **sustentável** é aquele capaz de proporcionar benefícios na forma de conforto, funcionalidade, satisfação e qualidade de vida sem comprometer a infraestrutura presente e futura dos insumos, gerando o mínimo possível de impacto no meio ambiente e alcançando o máximo possível de autonomia.

### *O que é “ser sustentável”?*

*Ser sustentável é ser capaz de se manter utilizando as limitações dos recursos disponíveis, economizando, conservando, reusando e reciclando quando necessário e possível.*



## *Como implantar os conceitos de construção sustentável em uma obra pública?*

Dois passos são fundamentais: um projeto que contemple os conceitos sustentáveis e de eficiência energética e a correta preparação do edital para a licitação pública da obra.

### *Você sabia?*

*A Instrução Normativa nº 1 de 19 de janeiro de 2010 dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obra pela Administração Pública Federal.*

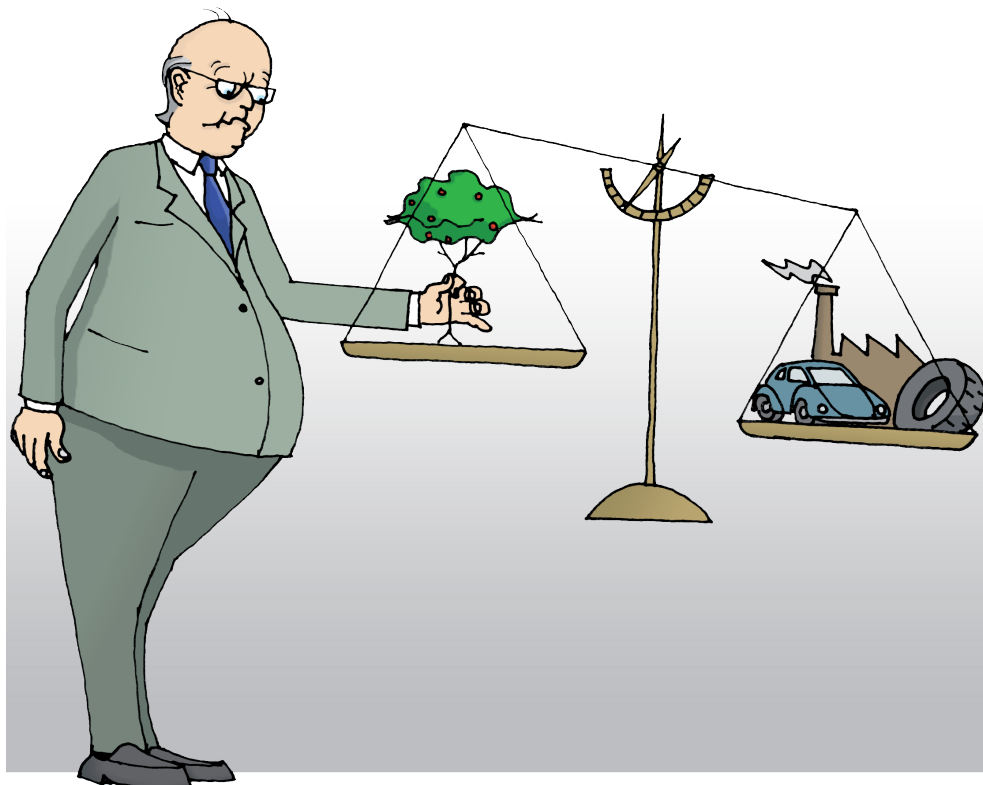
### *Saiba mais*

*Sobre compras públicas sustentáveis em: [www.comprasnet.gov.br](http://www.comprasnet.gov.br)*

*e no Guia de compras públicas sustentáveis, disponível em:*

*[www.catalogosustentavel.com.br/index.php?page=Conteudo&id=7](http://www.catalogosustentavel.com.br/index.php?page=Conteudo&id=7)*

## Por que é importante que o gestor público utilize esses conceitos?



Por três motivos principais:

Economia futura com o retorno do investimento obtido com o projeto diferenciado; redução do impacto ambiental e a minimização das emissões de carbono; e, por fim, a concretização das ideias e conceitos de economia mediante o exemplo para a sociedade do uso dos sistemas sustentáveis, disseminando, assim, o que chamamos de **Cultura da Sustentabilidade**.

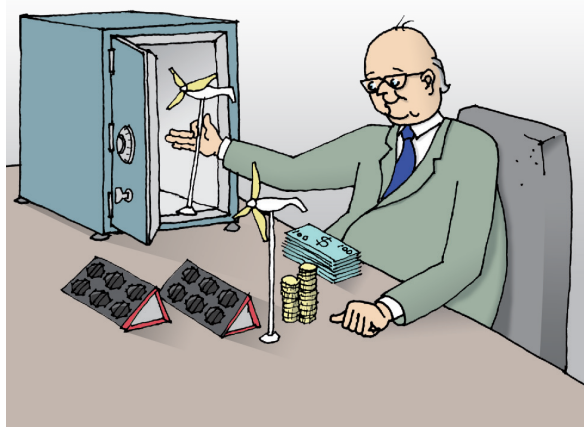
### **Cultura da Sustentabilidade**

*Conjunto de atitudes simples, diretas e diárias que visam promover a redução do impacto imediato das ações cotidianas dos seres humanos no meio ambiente. Exemplo: utilização de lâmpadas econômicas, redução do consumo de água, plantio de árvores nativas da região, respeito à fauna e flora e educação ambiental.*



## Como os investimentos em sustentabilidade se reverterem em economia?

Por meio do chamado Período de Retorno do Investimento (*payback*), que é o espaço de tempo compreendido entre a quitação do investimento e o término da vida útil do sistema ou produto envolvido, período esse em que o investimento gera a redução de despesas.



### Exemplo

A implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em um edifício público custou R\$ 24.000,00 e possibilitou a utilização de 696 m<sup>3</sup> de água ao ano, proporcionando um retorno do investimento em 2,43 anos (não considerando os aumentos das tarifas acima da inflação e o custo financeiro do investimento aplicado) ou 3 anos (considerando as variantes de aumento de tarifa e aplicação – vide Anexo II)

## E a preocupação com o meio ambiente?

Devemos ter a consciência de que todas as ações humanas geram impacto no meio ambiente. Minimizar esse impacto é tarefa de todos e obrigação do gestor público.

A minimização ou eliminação dos impactos ambientais na construção de edifícios necessita de uma correta avaliação do local da obra, dos recursos naturais existentes, do clima, dos materiais e recursos locais disponíveis, das facilidades de transporte e dos recursos hídricos e energéticos.

## Como garantir que o projeto caminhe na direção certa?

Com um eficiente projeto de arquitetura perfeitamente integrado aos sistemas e apto a alcançar a certificação de processos e produtos.

## *O início de tudo: o projeto de arquitetura!*

No projeto de arquitetura, o arquiteto deve estar consciente das implicações ambientais do futuro edifício, fazer com que os recursos sejam aproveitados de maneira eficaz, que o edifício esteja perfeitamente adaptado ao clima e seja eficiente em termos de consumo de energia e água.

Deve ainda coordenar uma perfeita integração com os projetos de todos os sistemas do edifício, tais como: hidráulico e sanitário, elétrico, cogeração e emergência, rede de dados e telefonia, climatização, automação e segurança, irrigação, águas pluviais, lixo e resíduos, infraestrutura urbana e sinalização.



## *O que são sistemas sustentáveis?*

São sistemas que conferem ao edifício algum grau de autonomia e economia de insumos e/ou redução do impacto ambiental com minimização das emissões de carbono atmosférico.

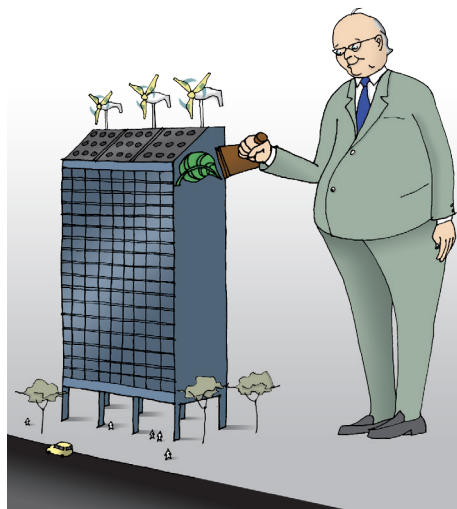
### *Exemplos de sistemas sustentáveis*

*Geração de energia solar, aquecimento solar da água, aproveitamento da água da chuva, reúso das águas servidas, aquecimento passivo e resfriamento evaporativo.*

## *Interagindo com todos os sistemas!*

É fundamental que o processo de projeto permita a interdependência de todos os sistemas e que as modificações e atualizações no projeto original sejam compartilhadas por todos os profissionais envolvidos.

## O que é a certificação em edifícios sustentáveis?



A certificação é uma avaliação da qualidade dos produtos e sistemas do edifício, baseada em critérios preestabelecidos, feita por uma certificadora de processos e produtos com capacidade, conhecimento e estrutura para avaliar a multidisciplinaridade das partes integradas ao todo do projeto sustentável.

A certificação como processo é importante, pois proporciona uma agenda de soluções aplicáveis à obra, agrega valor de mercado, diminui o consumo geral de insumos e, por fim, legitima e valida os processos de construção sustentáveis. (CASADO; FUJIHARA, 2009)

### Saiba mais

No Brasil, o LEED (Leadership in Energy & Environmental Design) é a ferramenta aplicada pelo GBCB (Green Building Council Brasil) na certificação dos chamados Edifícios Verdes (Green Building).

Conheça o GBCB em: [www.gbcbrasil.org.br](http://www.gbcbrasil.org.br)

O PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica coordenado pelo Ministério de Minas e Energia instituiu o SELO PROCEL, que avalia e qualifica os equipamentos domésticos em função de sua eficiência energética.

Conheça o PROCEL em [www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp](http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp)

A Eletrobrás, em parceria com o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial) e o LabEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações), instituiu um selo de eficiência energética para edifícios acima de 500 m<sup>2</sup>. Os edifícios são avaliados sob três aspectos: envoltório, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.

Acesse o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos: [www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2\\_RTQ\\_C.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2_RTQ_C.pdf)

O FSC (Conselho Brasileiro de Manejo Florestal - FSC Brasil) é uma certificadora de produtos que “atesta a origem da matéria-prima florestal em um produto. A certificação garante que a empresa ou comunidade maneja suas florestas de acordo com padrões ambientalmente corretos, socialmente justos e economicamente viáveis”. (CONSELHO BRASILEIRO DE MANEJO FLORESTAL – FSC BRASIL).

Conheça o FSC BRASIL em: [www.fsc.org.br](http://www.fsc.org.br)





Neste projeto-conceito concebido pela equipe de arquitetos da Secretaria de Engenharia do Senado Federal, foram exploradas as possibilidades presentes e promessas futuras de tecnologias e sistemas sustentáveis para edifícios.

O embasamento do prédio contempla a integração com o ambiente urbano e a paisagem recriada. Foi orientado de forma a ter, na fachada sul – que recebe menos insolação direta –, uma torre cristalizada de comunicação vertical que propicia uma ventilação por efeito chaminé, além de integrar espacialmente os pavimentos; na fachada norte – maior insolação direta –, painéis fotovoltaicos de geração e painéis captadores de iluminação transportada para o interior por fibras óticas, além da torre de elevadores e escadas; na fachada oeste – maior insolação no período da tarde –, varandas com farta vegetação, intercaladas com aberturas que se comunicam com a torre de cristal, captando os ventos e climatizando o conjunto; na fachada leste – maior insolação pela manhã –, brises para controle da insolação e uma torre com turbinas eólicas.

O coroamento recebe um pavimento auxiliar com depósito para a água da chuva captada por uma estrutura que amplia a área de captação. A cobertura verde interage com uma torre de ventilação central, que recebe o ar quente dos pavimentos e, sugado pelo efeito chaminé, termina por movimentar uma turbina vertical tipo Savonius. Painéis de geração solar termomecânica completam o conjunto de coroamento.

# Concretizando as IDEIAS

Todos os conceitos de sustentabilidade acrescidos aos edifícios terão a viabilidade maximizada se aplicados efetivamente em uma quantidade significativa de unidades. Para que as ideias se disseminem e sejam acessíveis à totalidade das obras públicas, é necessário que se tenham tecnologias e sistemas disponíveis para o uso nos projetos. Além da acessibilidade, a viabilidade econômica é outro fator essencial para o sucesso da implantação das soluções. A seguir, apresentamos uma coletânea de soluções possíveis de serem executadas e com viabilidade assegurada no curto e médio prazo.

## Projeto: o início eficiente

A elaboração de projeto sustentável necessita de uma **metodologia cíclica** que possibilite a avaliação e reformulação das soluções ao longo de todo o processo, permitindo a interação entre as equipes e fazendo com que todos os profissionais envolvidos participem efetivamente de todas as etapas da obra.

Além de uma metodologia eficiente, é necessário que a equipe de projeto estabeleça uma **agenda de trabalho** que contemple os quesitos de sustentabilidade factíveis dentro da realidade do sítio e do projeto em questão.

### Método Linear



### Método Cíclico



## **Metodologia cíclica**

O Método Linear parte de uma única via de informações encadeada em forma de uma sequência de ações preestabelecidas, de forma que cada etapa vencida é uma etapa finda que não admite reavaliação.

Por outro lado, o Método Cíclico parte de várias vias de informações que interagem formando sistemas. É cíclico porque permite a formação dos laços de realimentação ou **feedback loops**. No processo cíclico, modificações podem ser inseridas e as interações entre os sistemas são revistas de forma dinâmica.

Premissas do conceito de Metodologia Cíclica de Projeto:

- 1) Uma solução de projeto não se encerra no seu nível, mas interage com outras soluções de outros níveis;
- 2) A avaliação de uma solução é sempre uma avaliação conjunta com outras soluções;
- 3) Os vínculos entre os sistemas são tão importantes quanto os próprios sistemas e elementos dos sistemas;
- 4) Os mecanismos de retroalimentação são fundamentais para a revalidação de uma solução avaliada negativamente;
- 5) O processo de projeto não termina com a obra, permanece se renovando mesmo após a ocupação da habitação;
- 6) A representação do projeto prioriza a formulação de modelos em detrimento de representações simbólicas. (VIGGIANO, 2008)

## **Agenda de trabalho**

A Agenda de Trabalho inclui as premissas e diretrizes metodológicas do profissional, ou seja, os princípios básicos que norteiam o seu trabalho. O Anexo III apresenta a Agenda de Trabalho pesquisada pelo SENADO VERDE, que procura englobar as diversas áreas do conhecimento ligadas à sustentabilidade nos edifícios públicos.

## **Você sabia?**

BIM (Building Information Modeling) é a denominação de uma ferramenta computacional de projeto que opera mediante a **parametrização** das informações a partir do conceito de banco de dados das informações de projeto. Nos softwares **CAD** tradicionais, os desenhos são meramente representações bidimensionais na forma de linhas e textos. Por sua vez, os softwares que trabalham com o conceito BIM, são capazes de proceder a atualizações e modificações reais em todos os elementos do projeto, desde elementos gráficos até elementos informativos e quantitativos. No software BIM, uma porta, por exemplo, é uma entidade que é representada por sua forma externa (largura, altura, profundidade, espessura do marco e dos batentes, tipo de maçaneta e dobradiça), mas também recebe uma referência lógica que permite identificá-la e reproduzi-la em qualquer outra parte do projeto ou em outro projeto, além de carregar informações como material de fabricação, cor, textura, preço unitário de cada componente e preço total.

## **Leitura recomendada**

Un Vitruvio ecológico. (RUANO: 2007)



## Saiba mais

Sobre a mudança de postura de projeto proposta pelo CBCS (Conselho Brasileiro de Construção Sustentável) em:

[www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/producaocbcs/index.php](http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/producaocbcs/index.php)

Sobre a agenda de trabalho proposta pelo Grupo de Trabalho de Sustentabilidade da AsBEA (Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura) em:

[www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/artigos/index.php](http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/artigos/index.php)

### Exemplo

Um interessante método cíclico para o projeto sustentável é o proposto pelo Arquiteto Ken Yeang. O método prioriza as relações e os vínculos entre os elementos dos sistemas seguindo a seguinte matriz:

#### L11 – Interações dentro do sistema

Referem-se às transações entre todos os elementos internos, tais como o tratamento do esgoto e reaproveitamento da água tratada.

#### L12 – Interações sistema/meio ambiente

Referem-se às transações que se iniciam no ambiente interno por meio de seus elementos na direção do ambiente externo (outputs), mais precisamente aos resíduos não reaproveitados que são necessariamente lançados ao meio circundante, tais como o esgoto e o lixo.

#### L21 – Interações meio ambiente/sistema

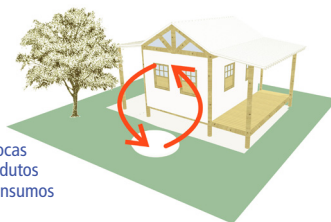
Referem-se às transações entre o ambiente externo e os elementos internos (inputs), tais como a captação de energia solar e a captação de águas pluviais.

#### L22 – Interações no meio ambiente

Referem-se às transações que ocorrem exclusivamente no ambiente externo, tais como as transformações climáticas globais e as alterações no microclima. (YEANG, 1999)

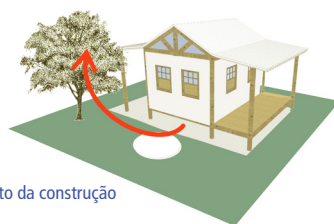
L11	L12
L21	L22

#### Interações dentro do sistema



Exemplos: trocas térmicas, produtos reciclados e insumos internos.

#### Interações sistema/meio ambiente



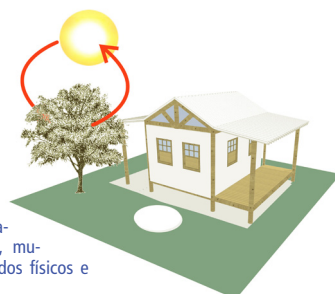
Exemplos: impacto da construção e lixo.

#### Interações meio ambiente/sistema



Exemplos: insumos de água e energia.

#### Interações no meio ambiente



Exemplos: variações climáticas, mudanças de estados físicos e trocas gasosas.

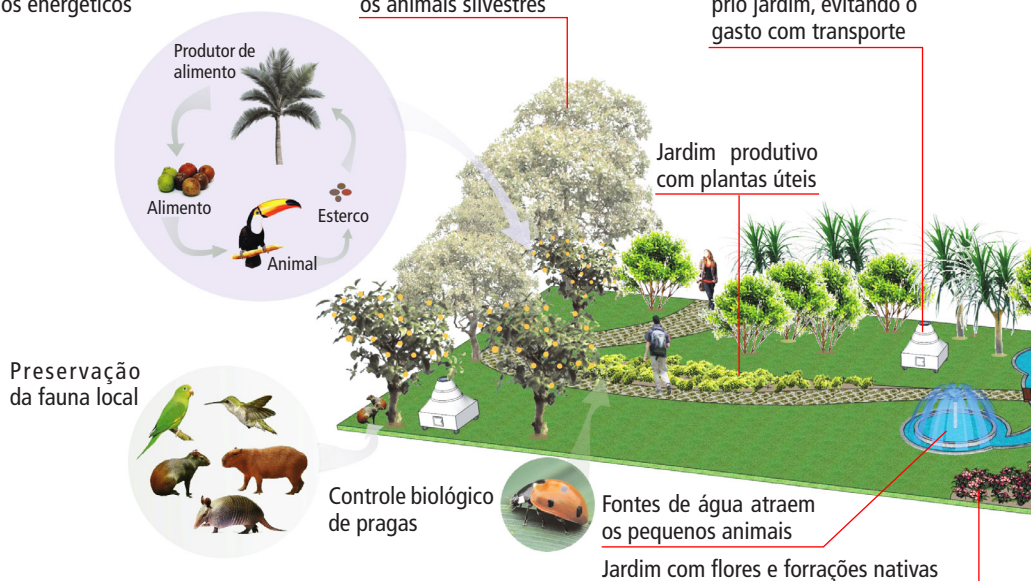
# Paisagem: preservando todas as cores

Um projeto paisagístico sustentável inicia-se com o perfeito estudo da paisagem do sítio da construção. Toda a vegetação nativa, não só de árvores e arbustos, mas também de rasteiras e gramíneas, deve ser avaliada, catalogada e considerada no desenho da nova paisagem. Além da vegetação, o estudo dos recursos hídricos, a macro e microfauna e o solo são fundamentais para o entendimento da ecologia do terreno. A utilização de espécies nativas, mesmo que provenientes de propagação em viveiro, é sempre vantajosa, pois conta com a facilidade de adaptação dos vegetais ao clima e ao solo característico da região.

O incremento de alimento nos *habitats* propicia a manutenção dos ciclos energéticos

Bosque produtivo com árvores frutíferas atrai os animais silvestres

Composteiras processam o adubo no próprio jardim, evitando o gasto com transporte



## Jardim produtivo

Agrupamento de plantas que proporcionam, além da função estética, uma utilidade direta às pessoas, animais ou ao solo. São consideradas plantas úteis: plantas frutíferas, verduras, legumes, leguminosas fixadoras de nitrogênio, chás, ervas e condimentos.

## Húmus

Material orgânico decomposto resultante da ação microbiana sobre restos vegetais e animais.

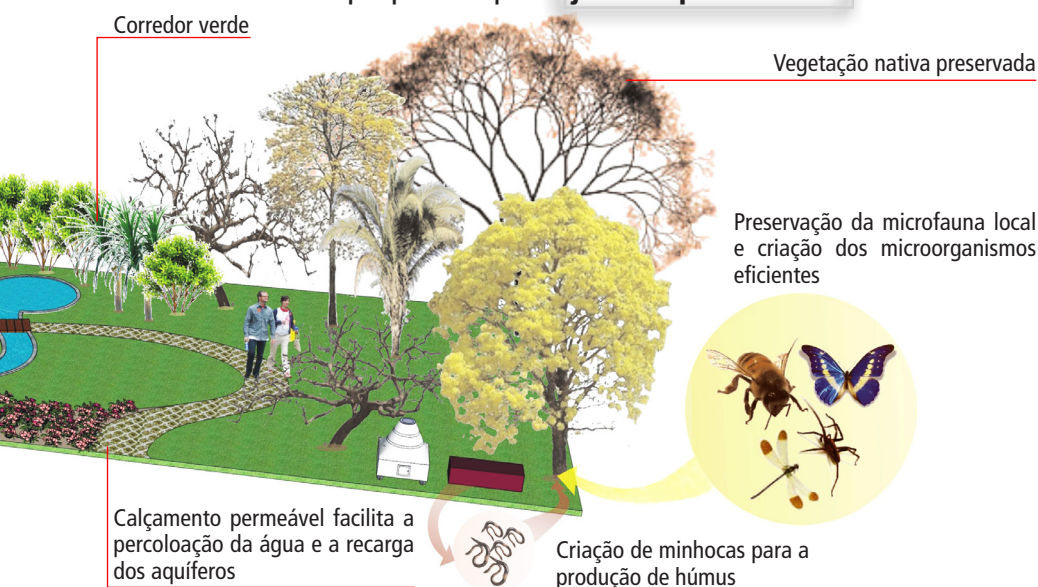
## Corredor verde

Conjunto de árvores e arbustos que são plantados no jardim de forma a interligar outras massas vegetais existentes ou implantadas, criando um canal protetor por onde podem circular os animais.

As necessidades hídricas do jardim devem ser bem estudadas e o suprimento local de água, quando insuficiente, compensado com recurso exterior ao sistema mediante distribuição por irrigação eficiente (vide página 36).

As características do solo original devem ser preservadas e nele incentivada a cultura dos microorganismos eficientes (vide página 24), que se propagam na forma de colônias em solo isento de adubos químicos e de defensivos químicos externos.

A adubação deve ser exclusivamente orgânica proveniente da compostagem (vide página 54), do **húmus** e dos estercos animais. A ausência de produtos químicos nocivos irá promover a harmonia entre o solo, as plantas e a água, gerando um ambiente propício ao crescimento vegetal e à formação de *habitat* de insetos benéficos e pequenos animais (pássaros, roedores, macaquinhos e pequenos mamíferos), que irão dar vida aos ciclos energéticos. Para que esses animais circulem pelo jardim, criando a dinâmica ecológica, é necessária a formação de **corredores verdes** e a abundância de alimentos propiciada pelos **jardins produtivos**.



### Leitura recomendada

*La vida autosuficiente* (SEYMOUR, 2009)

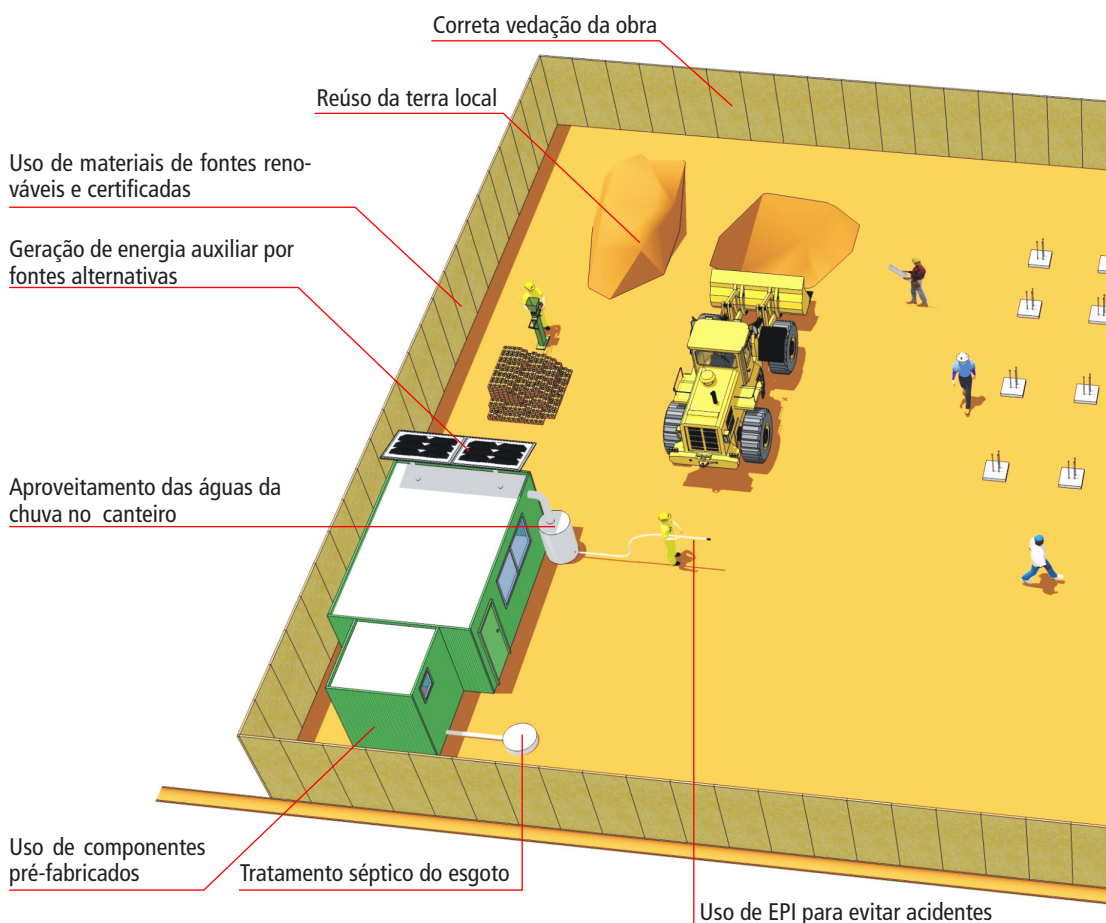
### Você sabia?

As joaninhas (família Coccinellidae) são consideradas as grandes defensoras dos jardins e das hortas, pois são vorazes predadoras de insetos nocivos às plantas como os pulgões e cochonilhas. No entanto, são extremamente sensíveis aos agrotóxicos e não prosperam em jardins com essas substâncias.

# Canteiro de obras: organização gera redução de despesas

A etapa de obras e o gerenciamento do canteiro correspondem a uma importante parcela do custo final e do impacto ambiental que interferem diretamente no ciclo de vida da edificação.

A adequação do canteiro de obras a uma agenda de trabalho voltada para a sustentabilidade envolve ações de:

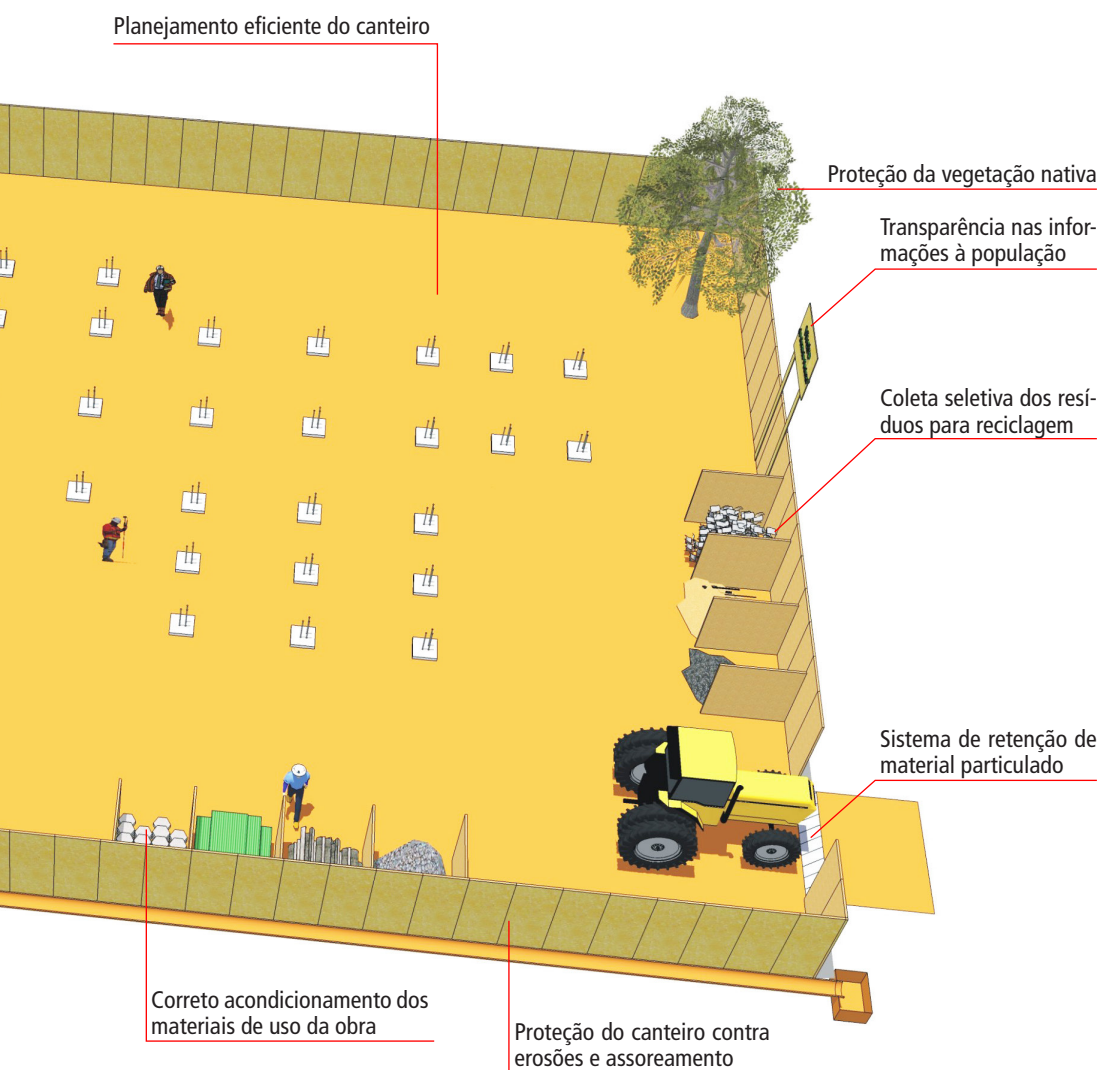


## Leitura recomendada

*Levantamento do estado da arte: Canteiro de obras*  
(ARAÚJO, V.; CARDOSO, F.: 2007)



- 1) Redução das perdas de materiais por uso inadequado dos recursos ferramentais e tecnológicos;
- 2) Redução do impacto direto na paisagem original;
- 3) Minimização do uso de água e energia;
- 4) Relação da obra com a vizinhança e a comunidade;
- 5) Tratamento dos resíduos; e
- 6) Redução das emissões totais de CO<sub>2</sub> com transporte de insumos e produtos e o consumo de energia.



# Água: o insumo finito

A água é um recurso que necessita de manejo e uso consciente pois, na forma bruta – salobra e imprópria ao consumo humano –, encontra-se em abundância no meio ambiente mas, na forma potável ou em condições de ser potabilizada, é finita, restrita e limitada aos bolsões telúricos denominados aquíferos (reservas subterrâneas de água).

O manejo sustentável da água urbana envolve as ações de economia (aparelhos economizadores), de reúso (águas servidas), de aproveitamento eficiente (água da chuva) e de conservação (recarga dos aquíferos).

## Aparelhos economizadores

O bom uso da água potável oferecida pela concessionária, utilizando-se de equipamentos economizadores de água como os vasos sanitários com caixa acoplada, registro com sensor de presença, acionamentos de torneiras temporizados e vasos sanitários a vácuo, é a condição primordial para a eficiência e economia de todo sistema hidráulico de edificações.

## Tratamento das águas servidas

### Águas negras e cinzas

Padrão típico de países industrializados

Fonte de dados: (CLARKE, R.; KING, J.: 2005)



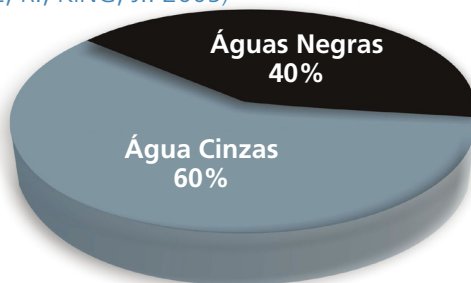
Chuveiro  
e lavatório 35%



Lavanderia 20%



Limpeza 5%



Vaso sanitário 30%



Cozinha 10%



As águas servidas são as águas provenientes da totalidade do esgoto doméstico ou comercial, derivadas dos vasos sanitários, chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas, pias de cozinha e lavagem de automóveis. Para fins de separação e reúso, as águas servidas compõem-se das águas negras (vasos sanitários e pias de cozinha) e águas cinzas (chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas e lavagem de automóveis).

Quando não separadas, as águas servidas podem ser tratadas para o reúso restrito ou lançadas no meio ambiente de três maneiras:

## Reúso das águas servidas com tratamento simples

No tratamento simples, o esgoto é recolhido e centralizado em uma fossa séptica de alto desempenho no qual se processa a decomposição anaeróbica, depois passa por um reator aeróbico e uma filtragem de areia, sendo finalmente armazenado e bombeado para um sistema de irrigação subterrânea.

### Saiba mais

*Sobre a construção e operação de fossas sépticas e reatores aeróbicos nas normas NBR 13969 e NBR 7229 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.*

### Reator aeróbico

O reator é um tanque no qual se opera a decomposição aeróbica da matéria orgânica por parte das bactérias. Um reator simples é composto de três câmaras:

- 1) A primeira recebe a água a ser tratada e a injeção de ar por meio de um soprador;
- 2) A segunda contém o meio suporte para a fixação das colônias de bactérias; e
- 3) A terceira separa e armazena o lodo gerado no processo.

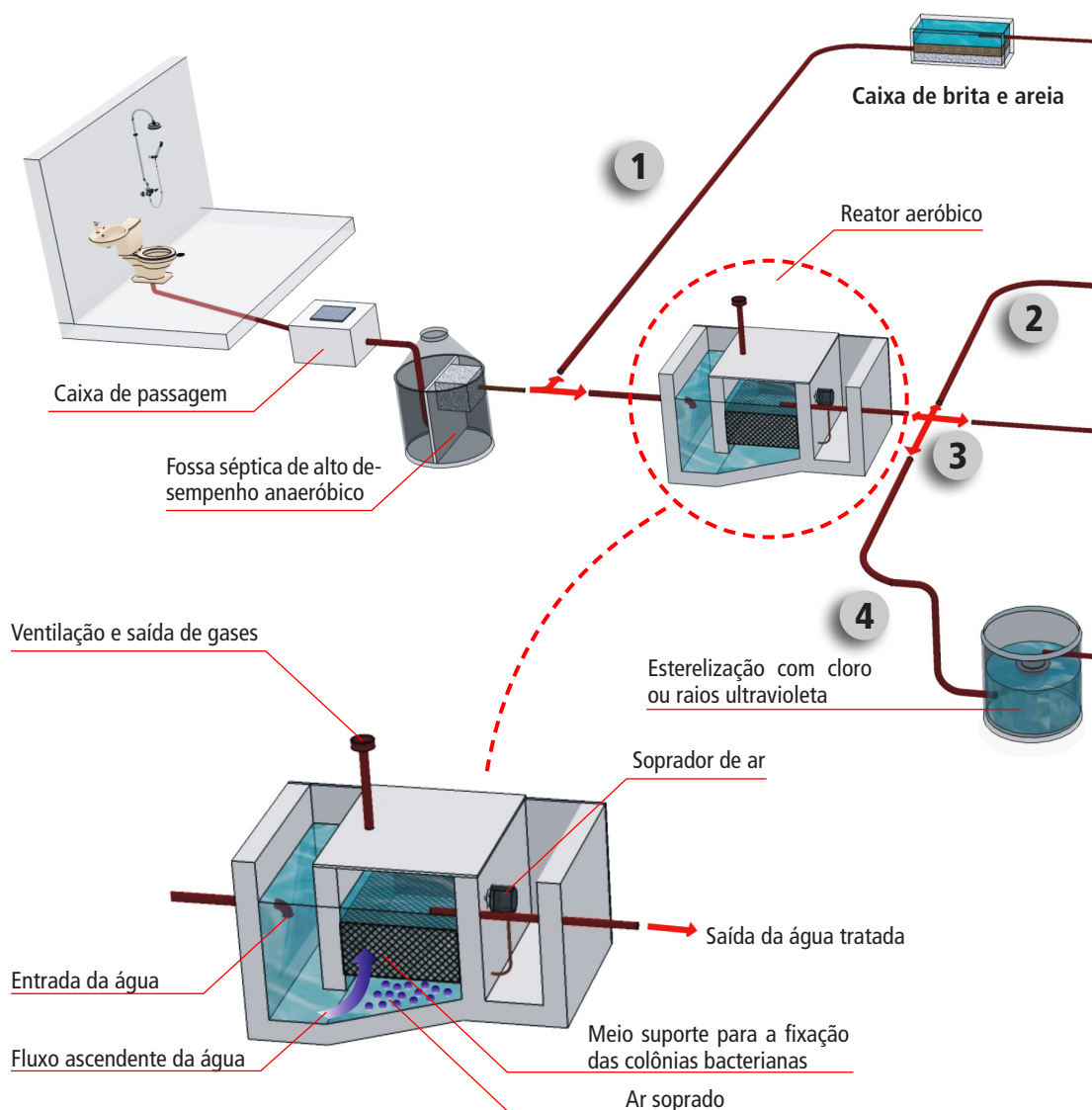
Os reatores aeróbicos podem ser de fluxo ascendente (a água entra por baixo e sai por cima) ou descendente (a água entra por cima e sai por baixo).

## Reúso das águas servidas com tratamento completo

No tratamento completo, o esgoto é recolhido e centralizado em uma fossa séptica de alto desempenho e segue para o reator aeróbico. Após o trabalho bacteriano, segue para a esterilização, decantação e filtragem de areia e carvão ativado (não obrigatoriamente nessa ordem). Após o tratamento, a água pode ser utilizada em irrigação superficial por aspersão ou gotejamento excluindo as hortas e frutíferas rasteiras. Nesse processo, é fundamental o controle da qualidade da água para se evitar a proliferação de patógenos.

Uma variação possível, quando se dispõe de áreas maiores, é, após o trabalho bacteriano no reator, seguir com a água para o chamado Tratamento por Zonas de Raízes, que se caracteriza por um tanque com várias camadas de argila expandida, areia e terra, no qual são cultivadas plantas aquáticas que completam o trabalho bacteriano com microorganismos eficientes localizados nas suas raízes. As plantas aquáticas vão também retirar o excesso de nitrogênio presente na água, que é utilizado na sua própria nutrição.

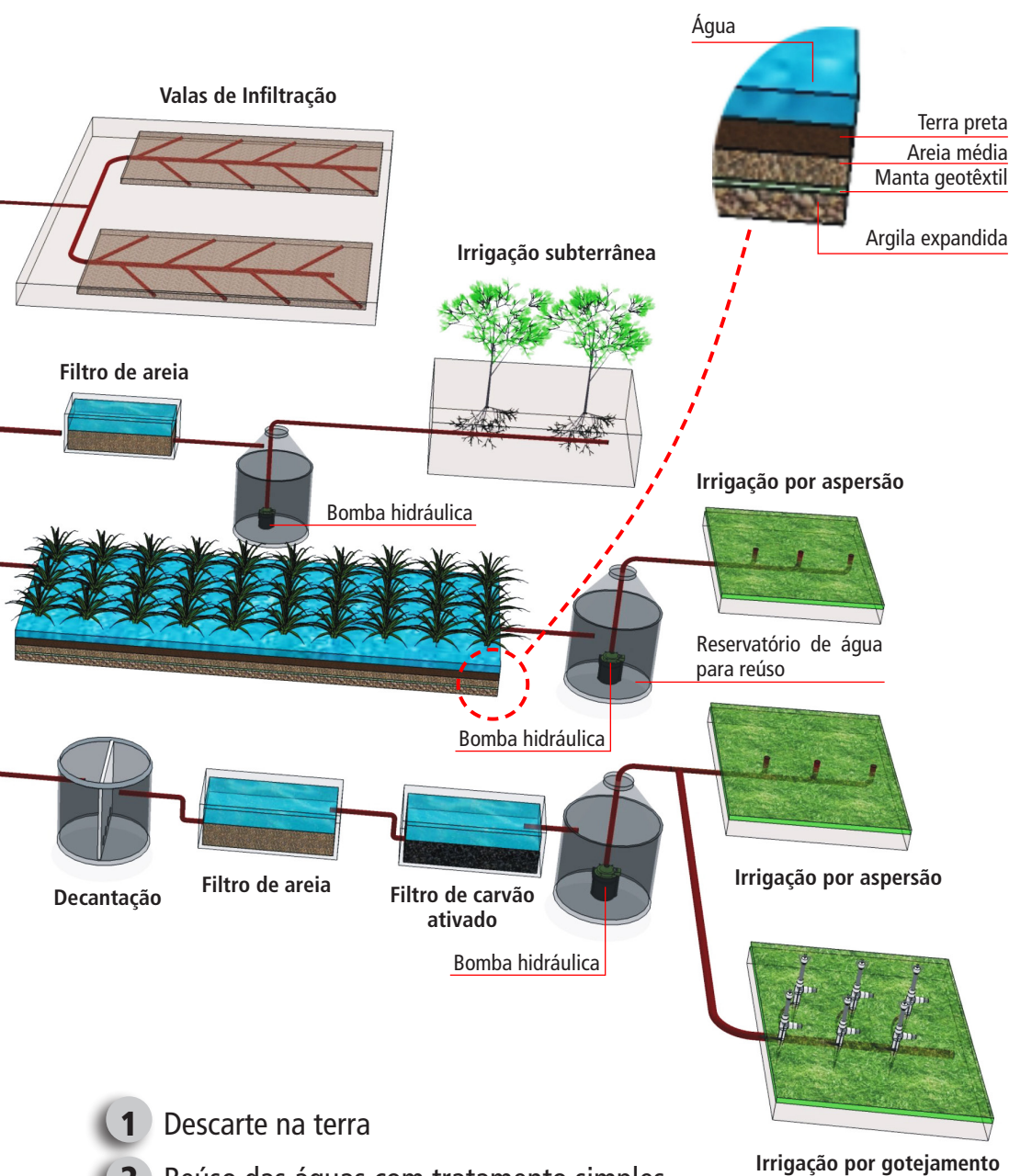
## Sistemas de Reúso das Águas Negras



### Microorganismos eficientes

São considerados microorganismos eficientes as bactérias e fungos que auxiliam a decomposição da matéria orgânica, a fixação do nitrogênio no solo, as funções vitais como a digestão e absorção de nutrientes e o controle dos microorganismos patogênicos.





- 1 Descarte na terra
- 2 Reúso das águas com tratamento simples
- 3 Reúso das águas com tratamento completo a partir das zonas de raízes
- 4 Reúso das águas com tratamento completo com filtragem

## Descarte na terra

Para o descarte na terra, as águas servidas devem passar pela fossa séptica e por uma caixa de brita e areia. Após esse pré-tratamento, podem ser aplicadas no terreno por um sumidouro ou vala de infiltração na forma de espinha de peixe.

### Saiba mais

Sobre conservação e reúso da água em Agência Nacional das Águas, disponível em: [www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061127112009\\_Con-servação%20e%20reúso.pdf](http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061127112009_Con-servação%20e%20reúso.pdf)

Sobre tratamentos e reúso, aproveitamento de água da chuva e aparelhos economizadores em GONÇALVES, 2006, disponível em: [www.finep.com.br/pro-sab/produtos.htm](http://www.finep.com.br/pro-sab/produtos.htm)

## Reúso das águas cinzas

As águas cinzas são aquelas derivadas dos chuveiros, lavatórios de banheiro, banheiras, tanques, máquinas de lavar roupas e lavagem de automóveis, sejam de uso doméstico ou comercial.

É recomendado que as águas cinzas tratadas sejam utilizadas prioritariamente na irrigação e na lavagem de pisos e calçadas. Quando o sistema permitir o contato humano com a água de reúso, a mesma deverá ser desinfetada com cloro ou por meio de raios ultravioleta.

Quando utilizadas na lavagem de automóveis, as águas cinzas devem ser tratadas por um processo que, além da filtração, promova a retirada dos produtos saponáceos agregados e óleo, e proceda também a uma desinfecção final.

O reúso das águas cinzas com lançamento direto no vaso sanitário só é recomendado quando a água a ser reusada venha exclusivamente das máquinas de lavar roupa, em circuito fechado, e seja devidamente tratada para se retirar o excesso de saponáceos.

Para se montar um sistema eficiente de reúso das águas cinzas para irrigação, é necessário:

- 1) Na fonte do insumo, separar as águas cinzas das águas negras por tubulações independentes;
- 2) Definir e instalar o equipamento de tratamento para as águas cinzas;
- 3) Prever um sistema de irrigação adequado; e
- 4) Direcionar as águas cinzas tratadas para o sistema de irrigação.

O reúso das águas cinzas pode ser feito de três maneiras:

## Reúso direto das águas cinzas

No reúso direto, as águas cinzas passam por um retentor de sólidos e são armazenadas em reservatório específico. O uso é feito diretamente mediante bombeamento direcionando a água para a irrigação subterrânea.

## Reúso das águas cinzas com filtragem

O tratamento básico das águas cinzas consiste em retenção de sabão, retenção de sólidos e gorduras corporais, reação aeróbica bacteriana, filtração com areia e filtração com carvão ativado. A água é armazenada em um reservatório e pode ser usada na irrigação superficial, com exceção das áreas de cultivo de alimentos.

## Reúso das águas cinzas com tratamento completo

O tratamento completo, devido ao seu elevado custo, só é aconselhável quando se dispõe de um grande volume de águas cinzas para o reúso, como é o caso dos postos de lavagem de automóveis. Nesses casos, é necessário eliminar da água os saponáceos e o óleo, que poderão prejudicar o enxágue final da pintura dos automóveis. O processo envolve três passos: a aplicação de produtos químicos dosados (carbonato de sódio, sulfato de alumínio e cloro), floculação e filtração em várias gradações.

### Tratamento para águas cinzas

Parâmetro de análise da qualidade da água	Processo de tratamento	
Coliformes fecais	Reação aeróbica	<b>Água de reúso - classe 2</b> Lavagem de pisos e calçadas, irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais paisagísticos (exceto chafarizes)  < 500 NPM/100 mL  < 5 NTU  > 0,5 mg/L  ≤ 30 mg/L
Turbidez	Filtração	
Cloro residual	Cloração	
DBO	Reação aeróbica	

Fonte dos dados: ABNT. NBR 13969, AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS.

### Saiba mais sobre águas cinzas em:

LITTLE, 2001, disponível em:

[www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/graywater\\_guide\\_book.pdf](http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/graywater_guide_book.pdf)

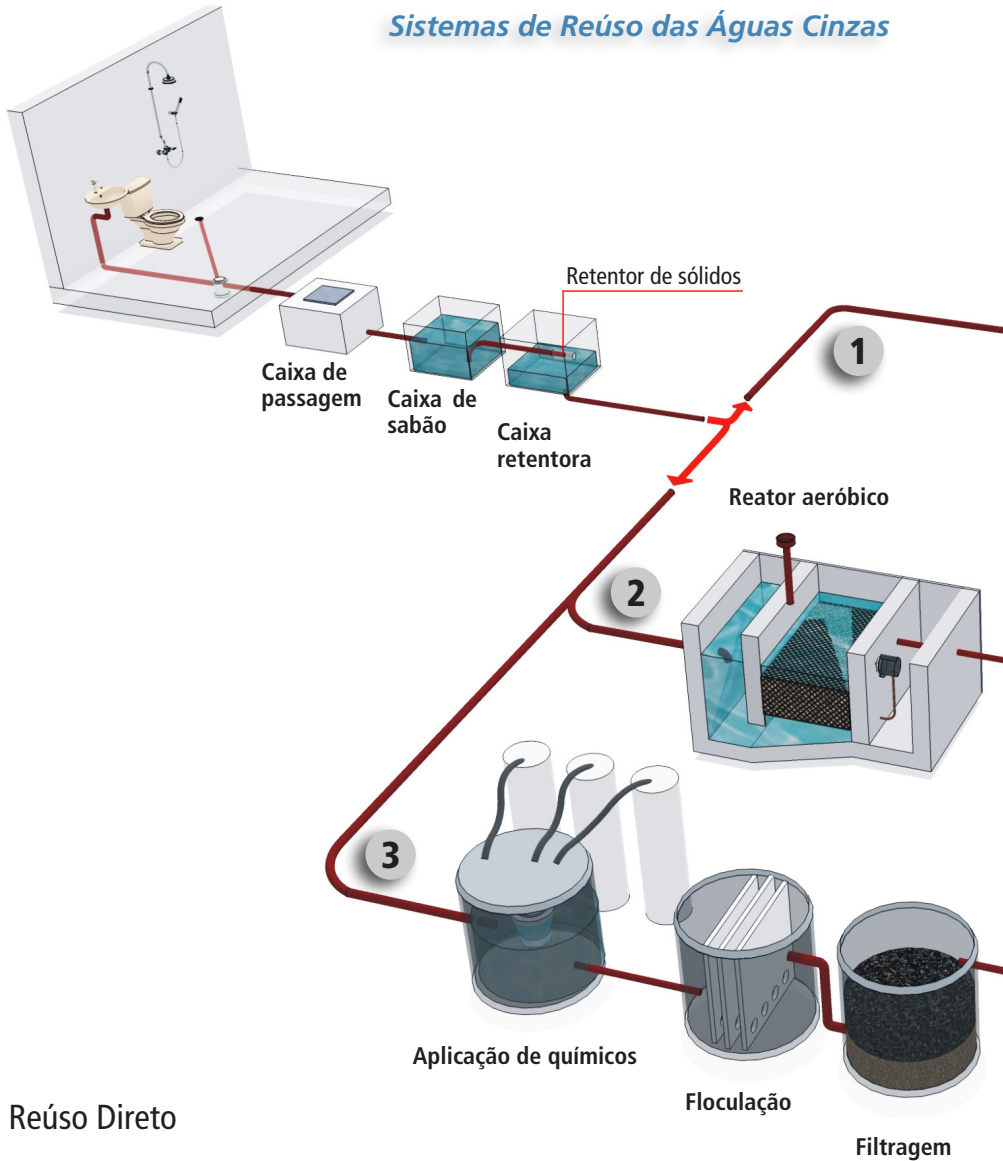
Department of Water Resources, disponível em:

[www.watercasa.org/graywaterguidelines.php](http://www.watercasa.org/graywaterguidelines.php)

VIGGIANO, 2008, disponível em:

<http://issuu.com/marioviggiano/docs/aguascinzas2010>

## Sistemas de Reúso das Águas Cinzas

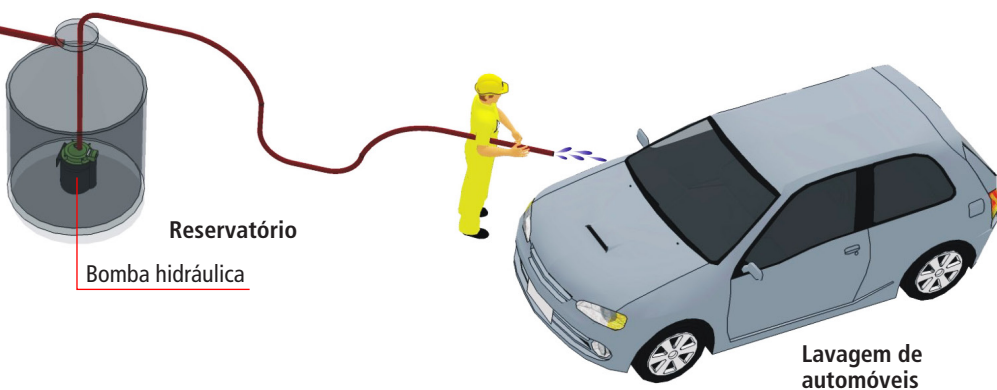
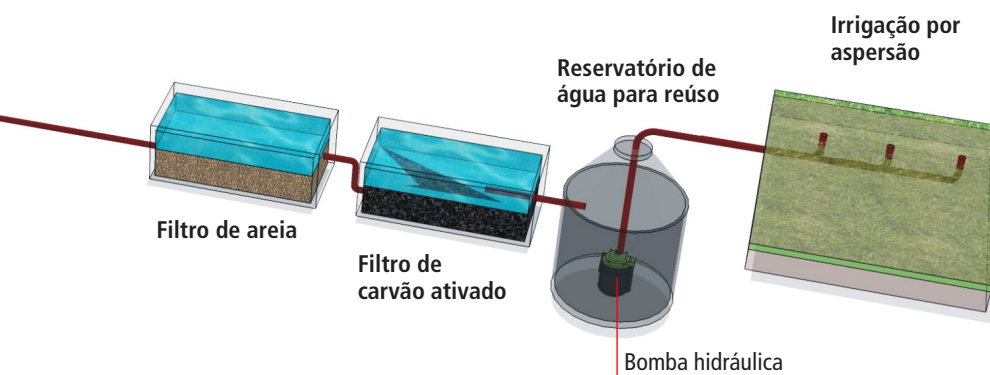
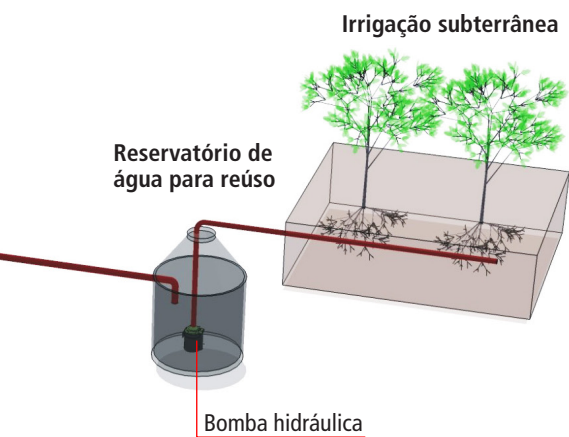


- 1 Reúso Direto
- 2 Reúso com Filtragem
- 3 Reúso com Tratamento Completo

### Retorno do investimento

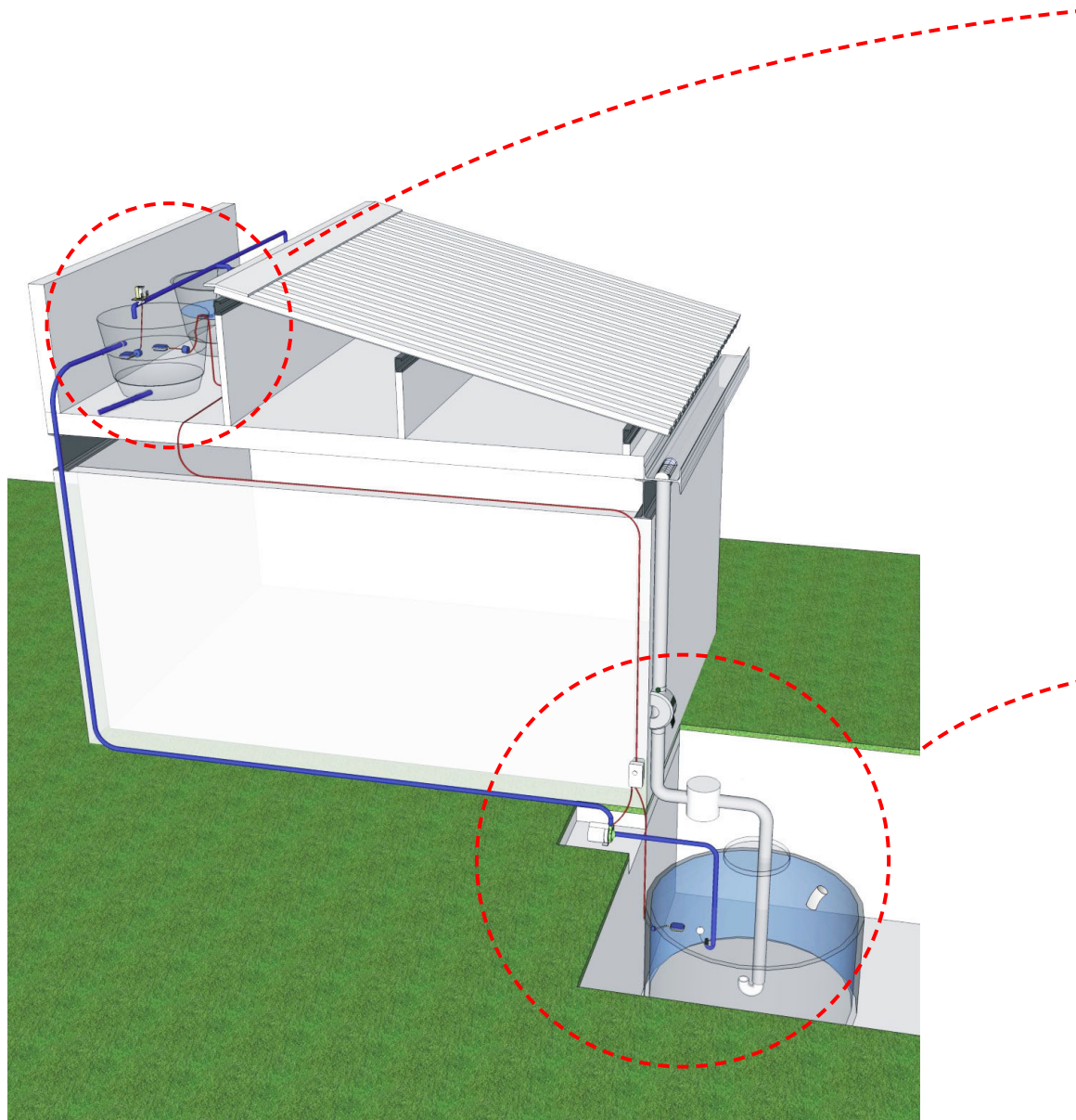
Um sistema de reúso de águas cinzas com filtragem para  $90 \text{ m}^3/\text{mês}$  proporcionará um retorno de investimento de 1,1 anos (não considerando os aumentos das tarifas acima da inflação e o custo financeiro do investimento aplicado) ou 1,25 anos (considerando as variantes de aumento de tarifa e aplicação – vide Anexo II).





## Aproveitamento da água da chuva

As águas da chuva podem ser aproveitadas para os usos não potáveis da edificação. Para tanto, o projeto de instalações hidráulicas deve prever a separação das águas em pelo menos dois reservatórios – um para água potável e outro para água não potável.



**Válvula solenoide**

Controla a realimentação com água potável, liberando água quando o reservatório de água da chuva está vazio

**Caixa d'água potável**

**Automático de nível superior**

Controla a bomba hidráulica do reservatório inferior

Vem do reservatório inferior

**Automático de nível**

Controla a válvula solenoide

**Caixa d'água não potável**

Aproveitamento de água no barrilete

**Chave magnética de partida**

Comanda a bomba hidráulica

**Bomba hidráulica**

Recalca a água da chuva para a caixa d'água superior

**Filtro para água da chuva**

**Caixa de passagem**

**Boia com válvula**

Controla a sucção da bomba evitando a captação da sujeira que boia

**Ladrão**

Escoamento da água em excesso

**Cisterna**

Reservatório de água da chuva

**Automático de nível inferior**

Controla a bomba hidráulica

**Freio d'água**

Impede o turbilhamento do fundo da cisterna, não permitindo o bombeamento da sujeira decantada

O sistema básico de aproveitamento de água da chuva prevê a captação em calhas do telhado, uma pré-filtragem na calha para impedir o acúmulo de resíduos nos canos e conexões, a filtragem e o armazenamento final. Para se garantir a qualidade da água armazenada na cisterna, é possível a instalação de equipamentos complementares, destacando-se: redutor de velocidade da água, ladrão e boia com válvula de retenção.

O conjunto deve conter ainda um sistema de retroalimentação da água potável para os períodos de estiagem.

### Usos não potáveis da água

A categoria de água não potável inclui as águas que podem ser aproveitadas no vaso sanitário, lavagens em geral e irrigação. Quando houver uma filtragem rigorosa e um processo de desinfecção, essa água poderá ser usada também na lavanderia.

O uso potável inclui os chuveiros, lavatórios e cozinha.

### Usos potável e não potável da água

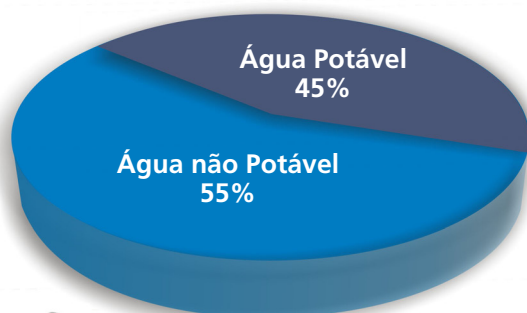
Padrão típico de países industrializados

Fonte: (CLARKE, R.; KING, J.: 2005)

Chuveiro  
e lavatório  
35%



Cozinha 10%



Vaso sanitário 30%



Lavanderia 20%



Limpeza 5%

### Leitura recomendada

Sobre o aproveitamento da água da chuva:

Levantamento do estado da arte: água (OLIVEIRA: 2007)

Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água (GONÇALVES: 2009)

### Dimensionamento

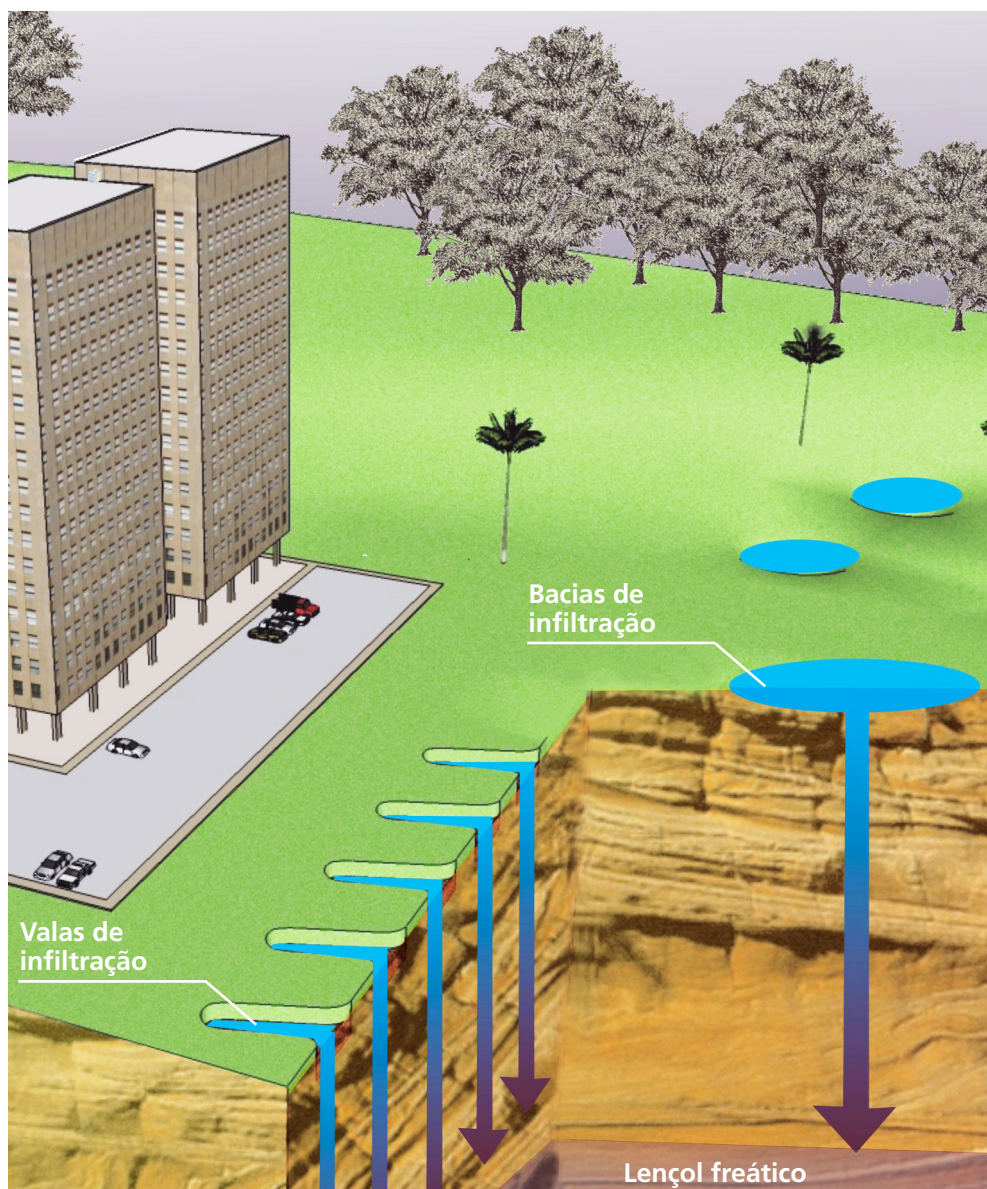
O Anexo I apresenta um roteiro para o dimensionamento de uma instalação de aproveitamento de água da chuva.



## Recarga de aquíferos

A recarga dos aquíferos é uma das soluções especificadas para a redução dos impactos negativos do excesso de chuvas nas regiões urbanas. Esse impacto ocorre em função de a urbanização recente de nossas cidades ter acarretado uma excessiva área impermeabilizada com construções e calçamentos, que impedem a necessária absorção das águas pluviais pelo solo.

A recarga pode ocorrer de duas maneiras principais: bacias de infiltração e valas de infiltração.

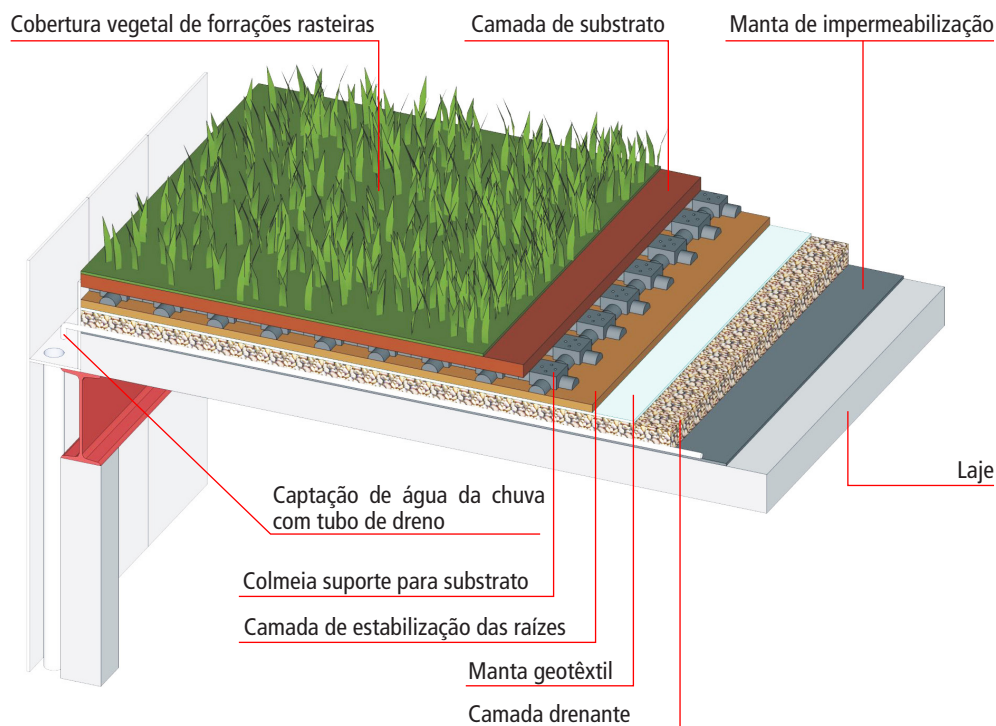


# Coberturas verdes: frescor e alimento

A cobertura verde é uma solução para o plantio no fechamento superior das edificações (lajes e telhados). Essa solução é extremamente benéfica aos grandes centros urbanos que enfrentam os problemas das ilhas de calor, poluição ambiental e enchentes causadas pelo ineficiente escoamento das águas pluviais. Para a instalação de coberturas verdes, duas tecnologias principais estão disponíveis:

## Instalação in loco

Os componentes são instalados no local, por meio de camadas fixas que permitem o perfeito desempenho do conjunto. Uma instalação *in loco* básica possui as camadas de impermeabilização da laje, drenagem e captação da água, manta geotêxtil, camada de estabilização das raízes, colmeia com substrato, camada de cobertura com substrato e plantas forrageiras.

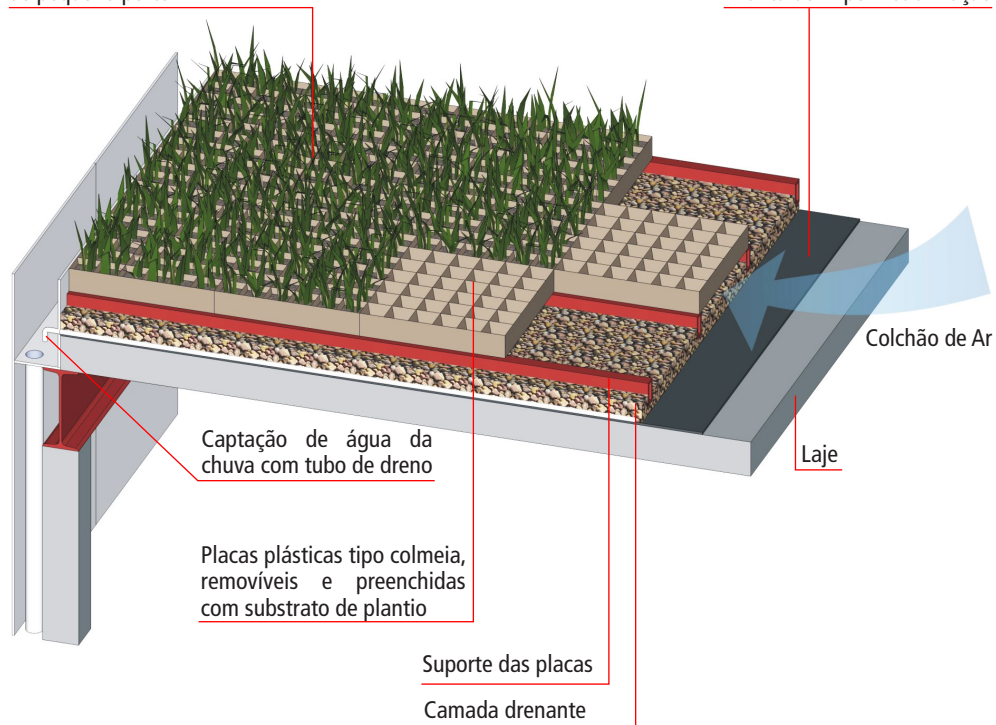


## Instalação modular

Os componentes são instalados em módulos mediante estruturas especiais, possibilitando a criação de um colchão de ar entre as placas de plantio e a laje impermeabilizada. Nesse sistema, os módulos podem ser retirados para manutenção e substituição.

Cobertura vegetal com plantas de pequeno porte

Manta de impermeabilização



### Você sabia?

A cobertura verde:

- 1) Ameniza a incidência das ilhas de calor no meio urbano devido às propriedades ambientais da vegetação, tais como: a retenção de umidade e o sequestro de  $\text{CO}_2$ ;
- 2) Retarda e cria uma reserva de água da chuva para o aproveitamento;
- 3) Reduz a quantidade e velocidade das águas liberadas nas calçadas, reduzindo as enchentes;
- 4) É um excelente recurso para a climatização natural dos edifícios; e
- 5) É uma alternativa para a produção de alimentos no ambiente urbano (VIGGIANO, 2008).



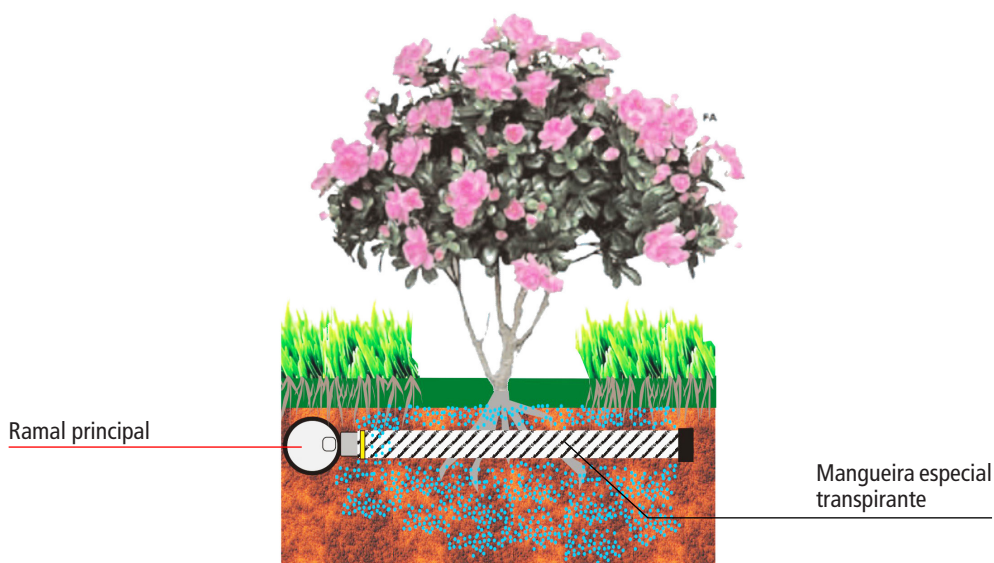
# Irrigação: gotas preciosas

A economia no consumo de água necessária à manutenção de áreas verdes é determinada, em grande parte, pela eficiência do sistema de irrigação adotado. Sistemas mal projetados acarretam perdas excessivas por evaporação, perdas por irrigação de áreas com calçamento e podem gerar o excesso de água com encharcamento e gastos excessivos com manutenção.

Um sistema básico de irrigação inclui o reservatório de água, o sistema de bombeamento, o controle horário da irrigação e os pontos de irrigação.

Na irrigação considerada sustentável, ou seja, com uso eficiente da água, três sistemas são os principais:

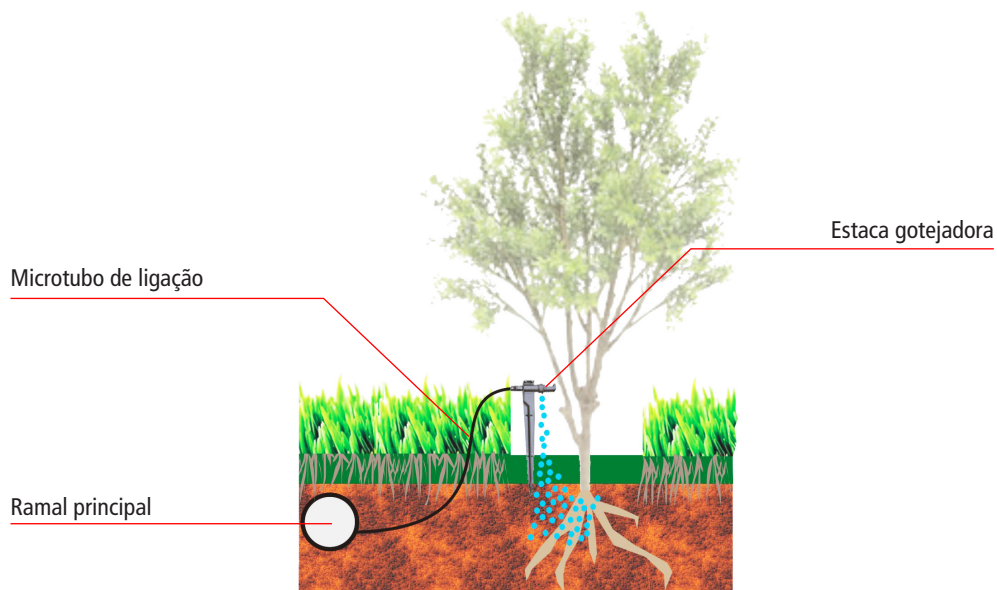
## *Irrigação subterrânea*



Na irrigação subterrânea, todos os componentes dos sistemas estão enterrados e a água percola através de mangueiras especiais (que liberam água em toda a sua extensão) ou gotejadores que possuem proteção contra entupimento. Esse é um sistema com poucas perdas, mas que apresenta dificuldades de manutenção se não for bem projetado e dimensionado. É o ideal para a irrigação de hortas e pomares.



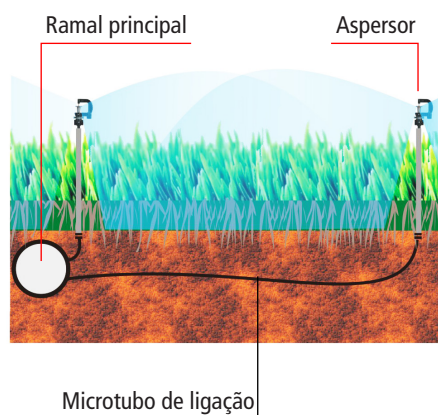
## Irrigação por gotejamento



Na irrigação por gotejamento, o ramal principal dá vazão aos microtubos ligados aos gotejadores que liberam água em pequena quantidade de forma localizada na base da planta. É um sistema de irrigação econômico com poucas perdas por evaporação, mas apropriado somente para plantas isoladas, não servindo para a irrigação de gramados.

## Irrigação por aspersão

Na irrigação por aspersão, o ramal principal dá vazão aos aspersores ligados diretamente ou por microtubos. Esses aspersores liberam água em jatos que variam em espessura e intensidade em função das características dos bicos e do sistema de bombeamento. Nesse sistema há maior perda por evaporação. É necessário um bom projeto de instalação para que não haja sobreposição indevida dos jatos de água e perdas adicionais por irrigação em áreas de calçamento. Ideal para a irrigação de grandes áreas e gramados.



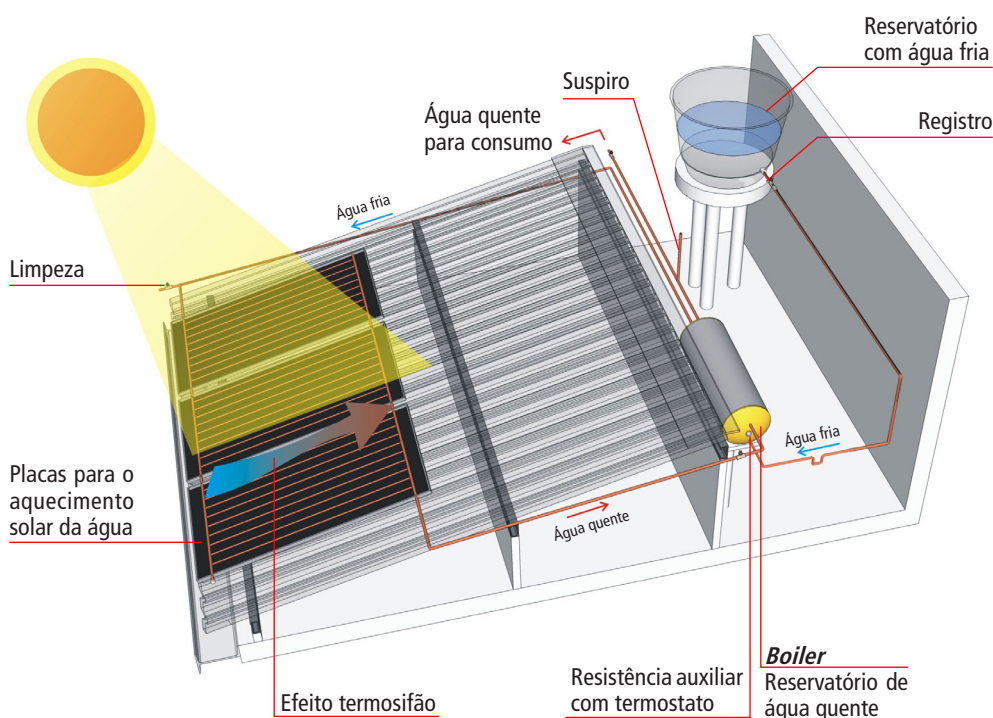
# Energia: a abundância solar

A abundante energia solar pode ser transformada em calor para o aquecimento da água para uso das edificações e em energia elétrica para o acionamento de equipamentos e iluminação.

## Aquecimento solar da água

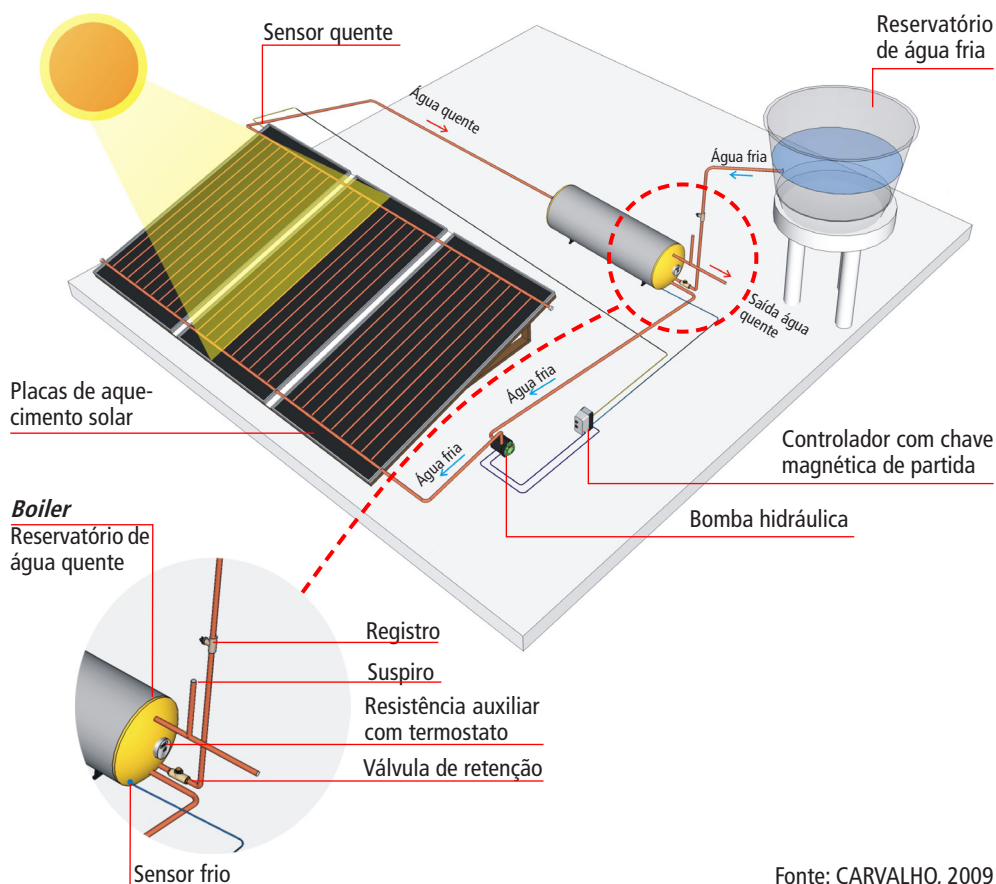
O sistema de aquecimento solar da água consiste basicamente de um conjunto de placas solares instaladas na cobertura e orientadas corretamente para a coleta da maior quantidade possível de radiação solar, um reservatório (*boiler*) devidamente isolado para a retenção do calor gerado e um conjunto de tubulações adequadas com capacidade, resistência e isolamento necessários para a distribuição da água quente, além do sistema auxiliar de aquecimento.

Quando o sistema de aquecimento solar opera pelos mecanismos naturais de movimentação da água por meio do termosifonamento, é chamado de Sistema Passivo. Quando o Sistema Passivo não atende de forma eficiente a movimentação efetiva da água pelos componentes, exigindo-se uma bomba hidráulica auxiliar, temos o chamado Sistema Ativo.



## Termosifão

O efeito de termosifão ocorre quando o aquecimento da água promove uma variação de temperatura entre os coletores e os reservatórios, acarretando uma diferença de densidade e alterando o gradiente de pressão que, por fim, gera a movimentação do fluido. (PRADO R. et al., 2007)



Fonte: CARVALHO, 2009

## Leitura recomendada

Sobre o aquecimento solar:

Levantamento do estado da arte: energia solar (PRADO, 2007)

## Retorno do investimento

A instalação de aquecimento solar para uma garagem de carros oficiais com 30 funcionários e 22 banhos semanais possui um retorno do investimento de 8,6 anos (não considerando os aumentos das tarifas acima da inflação e o custo financeiro do investimento aplicado).

## Geração de energia fotovoltaica

A geração de energia elétrica pelo processo fotovoltaico tem alcançado, nos últimos anos, uma posição relevante entre as opções de geração de energia alternativa, principalmente pelo fato de que é bem simples a montagem e instalação de um sistema de geração básico e o insumo da geração, o sol, está disponível em abundância em todo o território. No entanto, a tecnologia de geração fotovoltaica no Brasil, apesar de estar em processo de redução crescente de custo, ainda é cara e não apresenta uma viabilidade econômica em instalações urbanas. Por outro lado, essa tecnologia se apresenta viável quando atende a obras executadas em locais de difícil acesso, tais como as construções de pontes, estradas e obras temporárias, ou ao atendimento de comunidades instaladas em locais remotos, não atingidas pela rede elétrica convencional, nas quais o custo de implantação da rede elétrica por habitante se torna inviável.

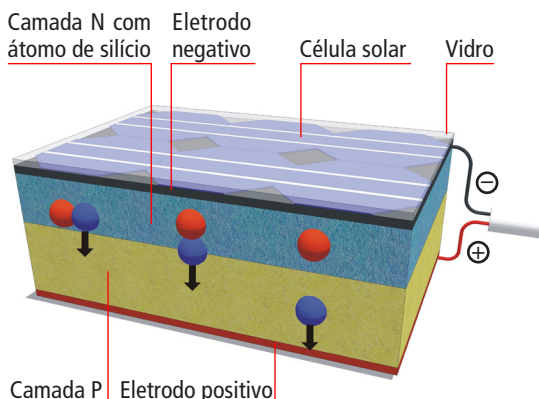
Um sistema de geração fotovoltaico básico é composto de:

- 1) Fonte geradora composta de placas fotovoltaicas que produzem energia a partir do sol;
- 2) Controlador de carga e descarga;
- 3) Inversor que transforma a energia de corrente contínua gerada em corrente alternada;
- 4) Conjunto de acumuladores da energia ou conexão com a rede da concessionária fornecedora de energia elétrica.

Dois sistemas distintos podem ser instalados para a geração de energia fotovoltaica: o sistema autônomo e o sistema interligado.

### Você sabia?

O processo fotovoltaico ocorre quando a célula solar, que é fabricada a partir de um semicondutor processado (o mais comum é o silício), é bombardeada pelos fótons presentes no raio solar. Essa interação faz com que os elétrons livres presentes no semicondutor se movimentem e migrem entre as camadas P e N da célula solar, gerando uma corrente elétrica, que é a energia utilizável na prática (GORE, A, 2010; PROGENSA, 2001).

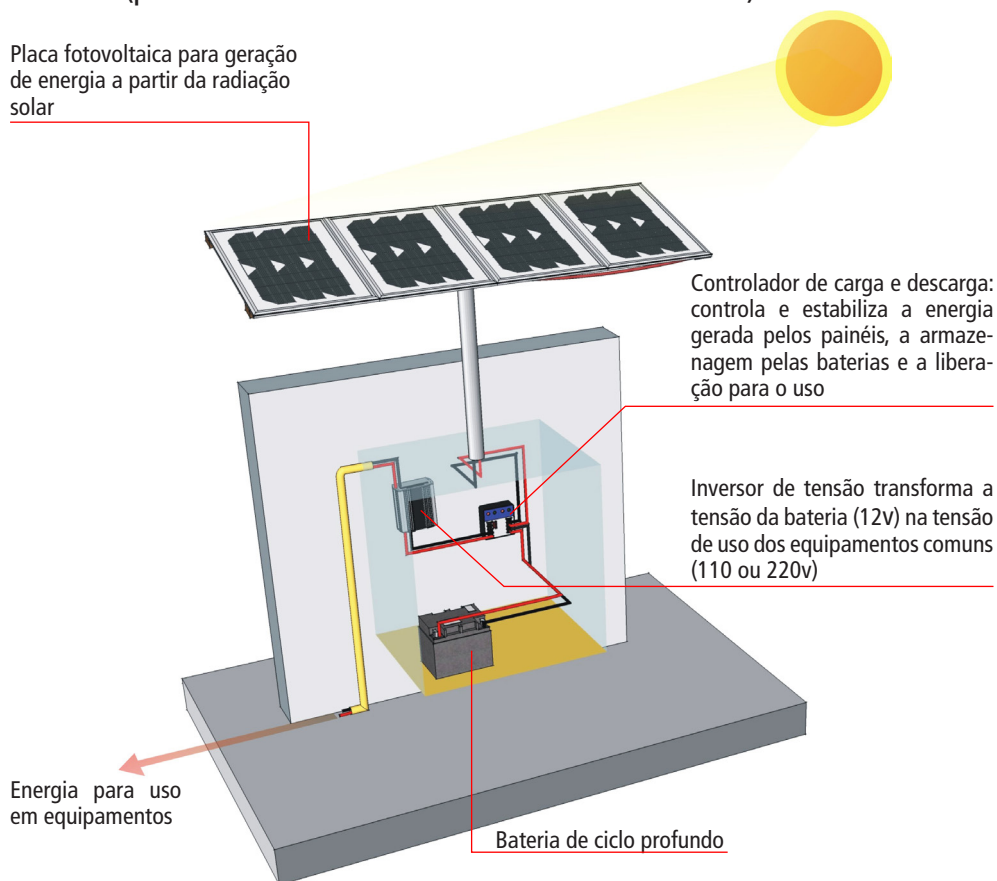




## Sistema autônomo de geração fotovoltaica

No sistema autônomo, a energia gerada é armazenada em baterias especiais chamadas de Baterias de Ciclo Profundo. A partir das baterias, a energia é distribuída na tensão da geração (que normalmente é 12V) ou transformada para a tensão desejada por meio de equipamento chamado de inversor. O retorno do investimento em instalações autônomas é demorado em função do custo total dos equipamentos, que ainda é alto, e da curta duração das baterias (precisam ser trocadas a cada 4 anos em média).

Placa fotovoltaica para geração de energia a partir da radiação solar



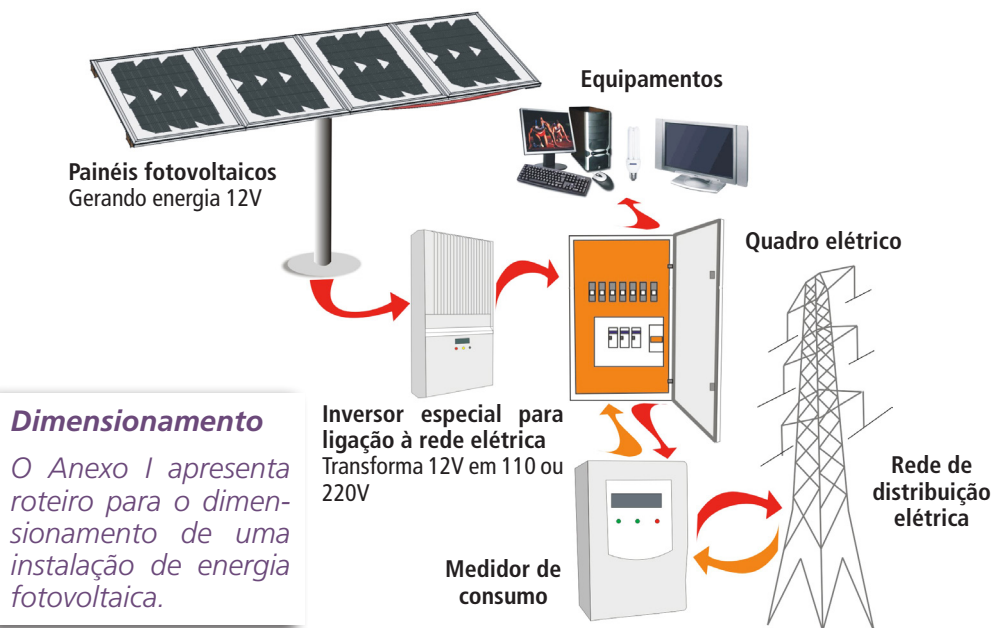
### Retorno do investimento

O cálculo do retorno do investimento em energia fotovoltaica é variável em função do custo da energia fornecida pela concessionária, taxas de inflação projetadas para os anos futuros, custos financeiros, custo e vida útil dos equipamentos e gasto com manutenção. Uma metodologia para esse cálculo, amparada por um software com banco de dados atualizado para as cidades brasileiras, é proposta pelo Natural Resources Canada e chama-se RETScreen:

[www.etscreen.net/pt/home.php](http://www.etscreen.net/pt/home.php)

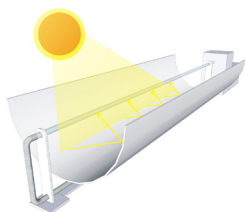
## Sistema interligado de geração fotovoltaica

No sistema interligado, a energia gerada passa por um inversor especial e segue para os pontos de uso ou é introduzida na rede do concessionário de energia, podendo passar ainda por um medidor, que irá fazer a medição da quantidade de energia transferida nos dois sentidos. O sistema interligado possui o retorno do investimento bem mais favorável do que os sistemas autônomos e é uma boa opção para a descentralização da geração.



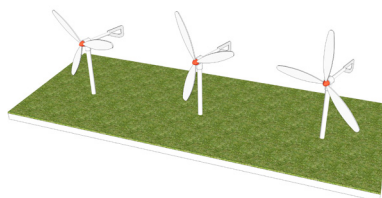
## Outros meios de geração de energia

Duas formas de geração de energia poderão ser viabilizadas para o uso em edifícios nos próximos anos: a geração eólica e a geração solar termomecânica.



A **geração solar termomecânica** funciona a partir da concentração solar através de espelhos em um tubo cristalino onde circula o líquido, que é aquecido a altas temperaturas e direcionado a um trocador de calor que produz vapor d'água, que, por sua vez, aciona uma turbina geradora. (GORE, 2010). O principal desafio para a viabilização dessa forma de geração é a adequação dos modelos existentes, tanto em forma quanto tamanho, às morfologias dos edifícios.

Na **geração eólica**, são utilizadas turbinas que geram energia a partir do vento. Alguns desafios devem ser enfrentados para a sua viabilidade: adequação dos modelos de turbinas à geração com os ventos urbanos, tamanho da turbina compatível com a morfologia das cidades, minimização do barulho gerado com o giro das hélices e proteção para evitar a morte dos pássaros.



# Ambiente energeticamente eficiente: mais com menos

A manutenção de um ambiente confortável mediante controle efetivo do calor e da ventilação (climatização natural) é a condição fundamental para se ter um edifício eficiente em termos de seu consumo de energia. Isso ocorre principalmente devido à economia proporcionada pela diminuição do uso de equipamentos de climatização energeticamente dispendiosos.

A climatização natural dos ambientes é conseguida com um rigoroso estudo climático da região em que será construído o edifício, tanto do macroclima quanto do microclima. A partir do estudo climático são traçadas as **diretrizes bioclimáticas** do projeto, que se concretizam em soluções de projeto que agregam, além das soluções formais, a escolha de cores de fachada e materiais, recursos de ventilação, refrigeração e aquecimento passivos e uso de vegetação.

A definição das diretrizes é apoiada ainda pelo estudo e compreensão das chamadas **cartas bioclimáticas**.

A eficiência energética das edificações é conseguida a partir de ações de projeto como:

- 1) Correta orientação da edificação, uso eficiente do paisagismo como proteção e melhoramento ambiental, definição da forma da construção, localização e tamanho das aberturas e disposição correta dos dispositivos de sombreamento (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F., 2004);
- 2) Correta especificação de materiais de construção que induzam a um reduzido ganho térmico e conseqüentemente à manutenção do conforto térmico com o mínimo de consumo de energia;

## Saiba mais

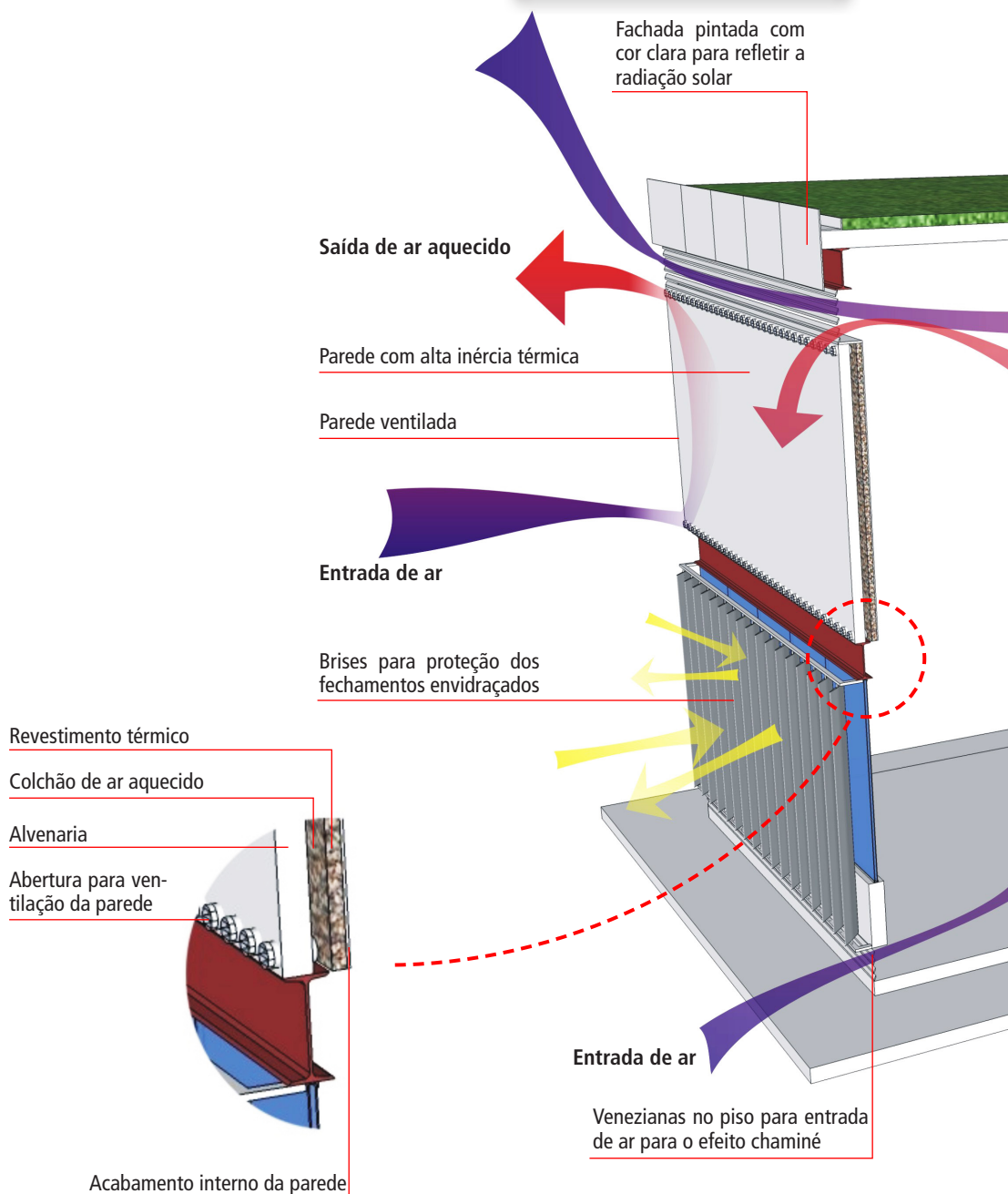
Sobre bioclimatologia em LAMBERTS, R.; TRIANA, M., 2007, disponível em: [www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br)

Sobre conservação de energia em prédios públicos em MAGALHÃES, L., 2001, disponível em:

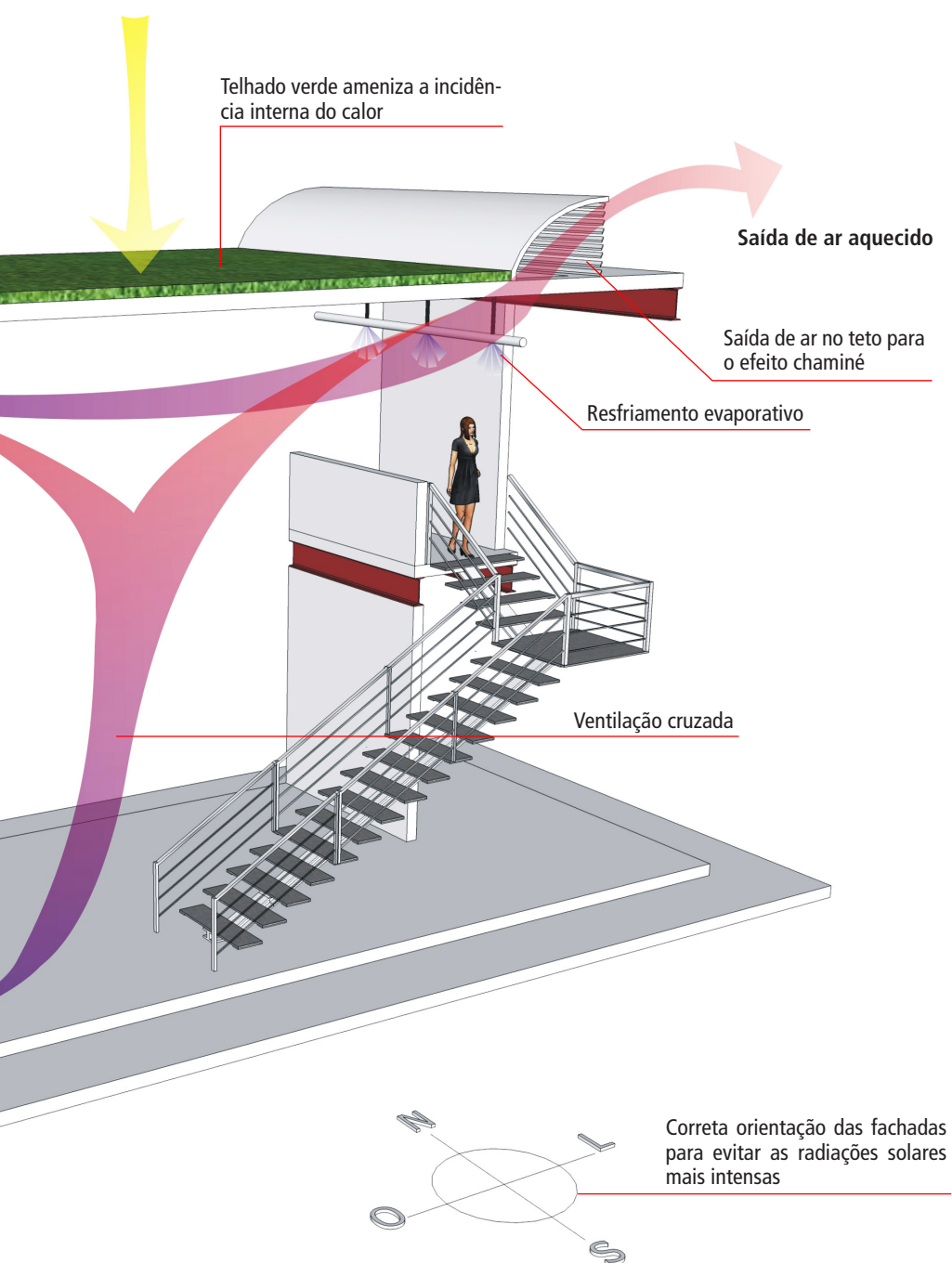
[www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={60F8B9E9-77F5-4-C5B-9E94-B1CC0CEF1EAB}](http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={60F8B9E9-77F5-4-C5B-9E94-B1CC0CEF1EAB})

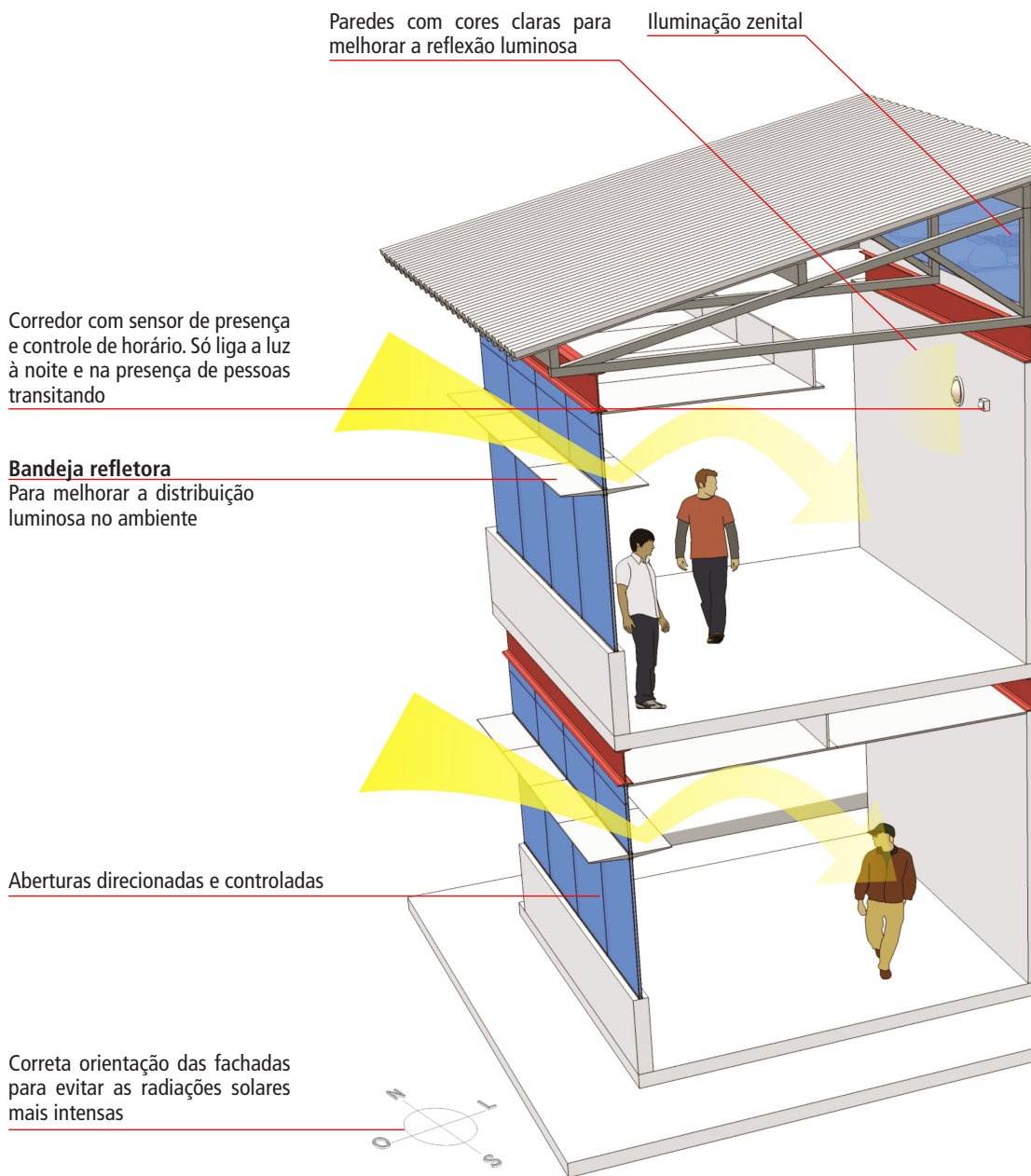
Sobre o projeto com diretrizes bioclimáticas em VIGGIANO, 2003, disponível em: <http://issuu.com/marioviggiano/docs/diretrizesbioclimaticas>

- 3) Utilização de sistemas passivos de climatização tais como: paredes ventiladas, ventilação por efeito chaminé e coberturas verdes;
- 4) Utilização de equipamentos e sistemas de climatização ativos com baixo consumo de energia tais como os equipamentos de **resfriamento evaporativo**;

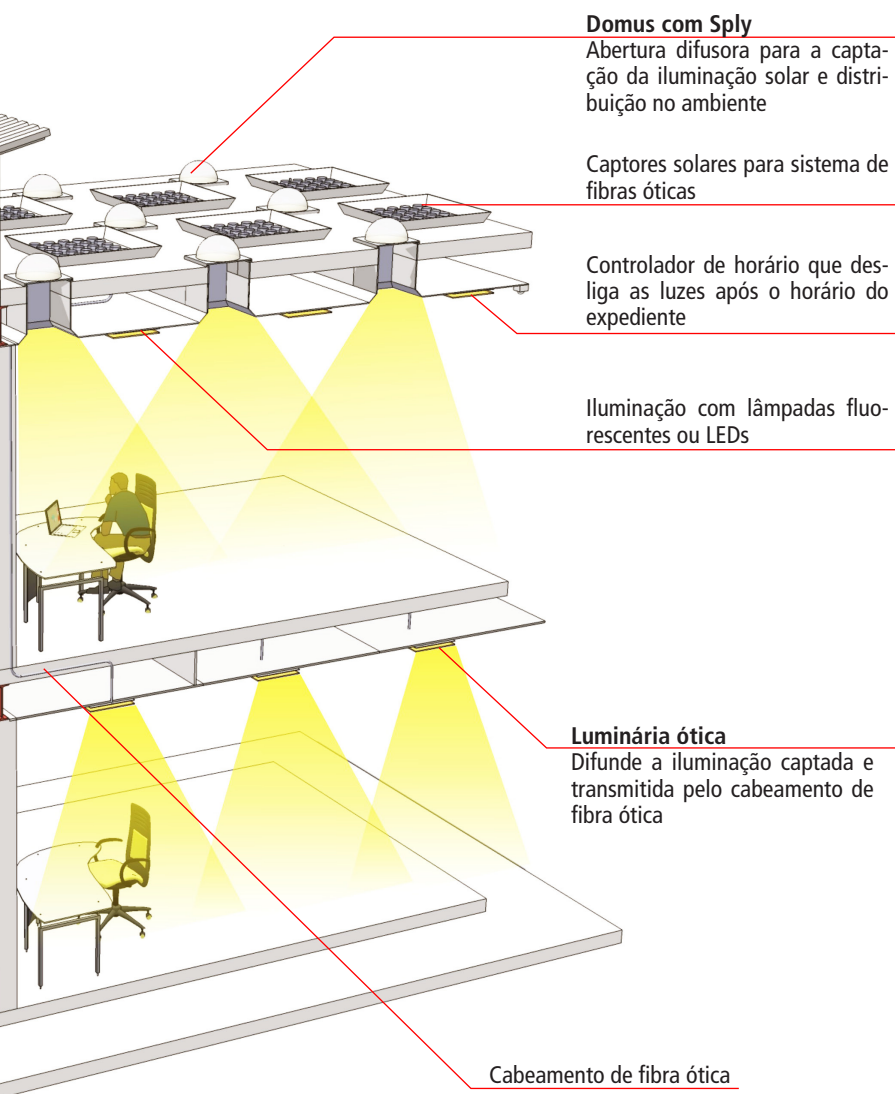








- 5) Iluminação natural dos ambientes internos conseguida com a correta orientação do edifício, levando-se em conta a necessidade de proteção contra a penetração excessiva do calor e de utilização de recursos arquitetônicos como as bandejas refletoras, os domos translúcidos, as aberturas zenitais e a transferência da luz por meio de fibras óticas;



- 6) Projeto luminotécnico que leve em conta as necessidades exatas dos ambientes e das tarefas executadas; e
- 7) Utilização de lâmpadas de baixo consumo energético como as fluorescentes e LEDs, luminárias e reatores com alta eficiência e equipamentos economizadores como os sensores de presença, controladores de luminosidade (*dimmer*) e controladores de tempo (*timer*).

## Diretrizes bioclimáticas

As diretrizes bioclimáticas são proposições gerais que norteiam as decisões de projeto e geram as soluções bioclimáticas, que são recursos arquitetônicos criados para cumprir as diretrizes. Essas diretrizes são propostas a partir do estudo dos elementos e fatores climáticos.

### Exemplo

Habitação de clima quente-úmido



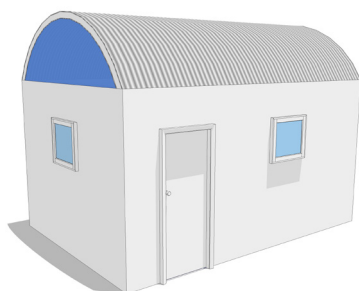
As tradicionais habitações construídas em clima quente-úmido, trazem a característica de serem leves e bastante permeáveis aos ventos. Para esse clima, as diretrizes ventilação em abundância, telhados leves e construção permeável são adequadas.

Habitação de clima quente-seco



As construções em clima quente-seco devem ser compactas e impermeáveis ao vento seco. As diretrizes válidas para esse clima são: paredes e telhados com alta inércia térmica, pequenas aberturas evitando os ventos secos, construção compacta.

Habitação de clima frio



Construções em clima frio requerem uma mínima área de superfície externa, pequenas aberturas e máximo isolamento.

Habitação de clima temperado



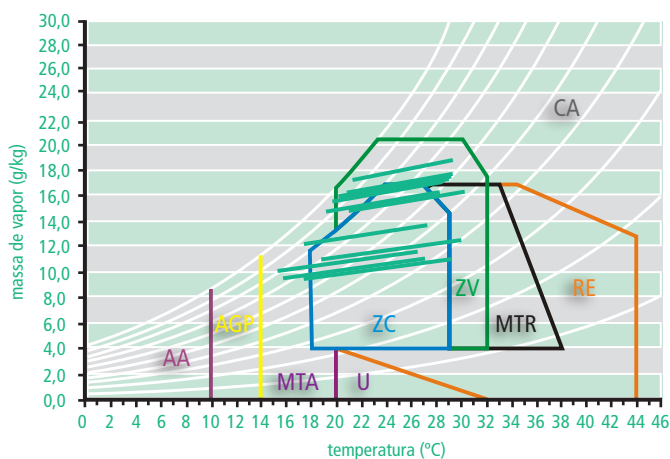
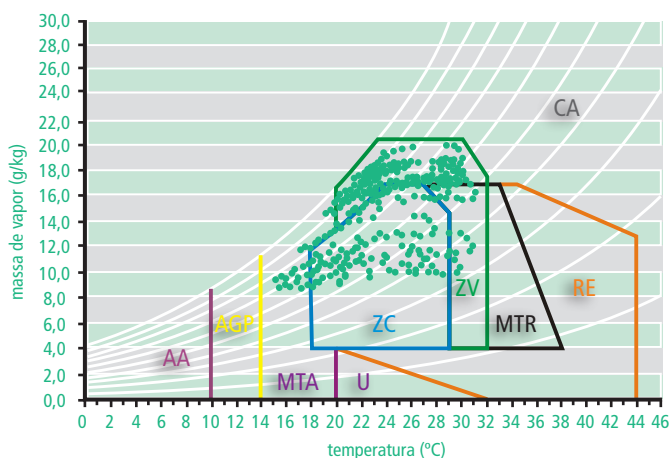
Em clima temperado, uma diretriz importante é a adaptabilidade à variação de temperatura. (VIGGIANO, 2003)



## Cartas bioclimáticas

As cartas bioclimáticas são diagramas que relacionam as informações da umidade relativa, a razão de umidade, a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido, nas quais são lançados os dados climáticos diários do local estudado. O resultado da análise dos dados na carta possibilita a elaboração de estratégias de projeto, considerando as nove zonas de atuação:

- 1) Zona de conforto ambiental;
- 2) Zona de ventilação;
- 3) Zona de resfriamento evaporativo;
- 4) Zona de massa térmica para resfriamento;
- 5) Zona de ar-condicionado;
- 6) Zona de umidificação;
- 7) Zona de massa térmica para aquecimento;
- 8) Zona de aquecimento solar passivo; e
- 9) Zona de aquecimento artificial (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F., 2004).



Fonte: LABAUT

## Eficiência energética

Eficiência energética é a obtenção do máximo benefício de um equipamento ou sistema com o mínimo de gasto energético.

## Resfriamento evaporativo

Equipamentos de resfriamento evaporativo são excelentes redutores de temperatura em climas quente-secos. O princípio consiste em induzir a umidificação do ar mediante pressurização da rede hidráulica e vaporizadores especiais, que criam minúsculas gotas de água na forma de névoa. A névoa úmida reduz a temperatura do ambiente ao mesmo tempo que aumenta a umidade relativa.

## LED

Os LEDs (Light Emitting Diode) ou diodos emissores de luz, são componentes utilizados em luminotécnica que iluminam com baixo consumo de energia. Podem funcionar com baixas tensões, como as geradas por sistemas fotovoltaicos (12v), ou tensão da rede elétrica (110 ou 220v), propiciando uma grande variedade de usos. A variação ocorre também com as cores, pois os LEDs emitem luzes coloridas sem a necessidade de filtros.

## Leitura fundamental

Eficiência energética na Arquitetura (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F., 2004)

## Você sabia?

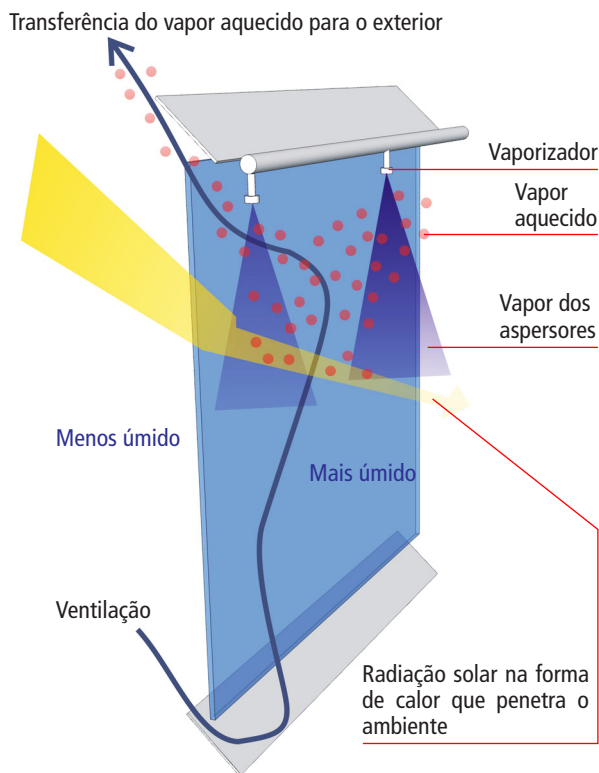
A Eletrobrás, por meio do selo PROCEL, mantém sistemática e periódica avaliação da eficiência energética de lâmpadas, motores e eletrodomésticos.

## Softwares de apoio tecnológico

**Climaticus (LABAUT):** Auxilia no estudo das variáveis climáticas (temperatura, umidade relativa, radiação solar, ventos, precipitação, nebulosidade e insolação e iluminância) e das estratégias de projeto (diagnóstico climático, geometria ótima e eficiência energética).

**Analyses Bio (LABEEE):** Apoio no estudo das cartas bioclimáticas para a adequação das edificações ao clima local.

## Resfriamento evaporativo

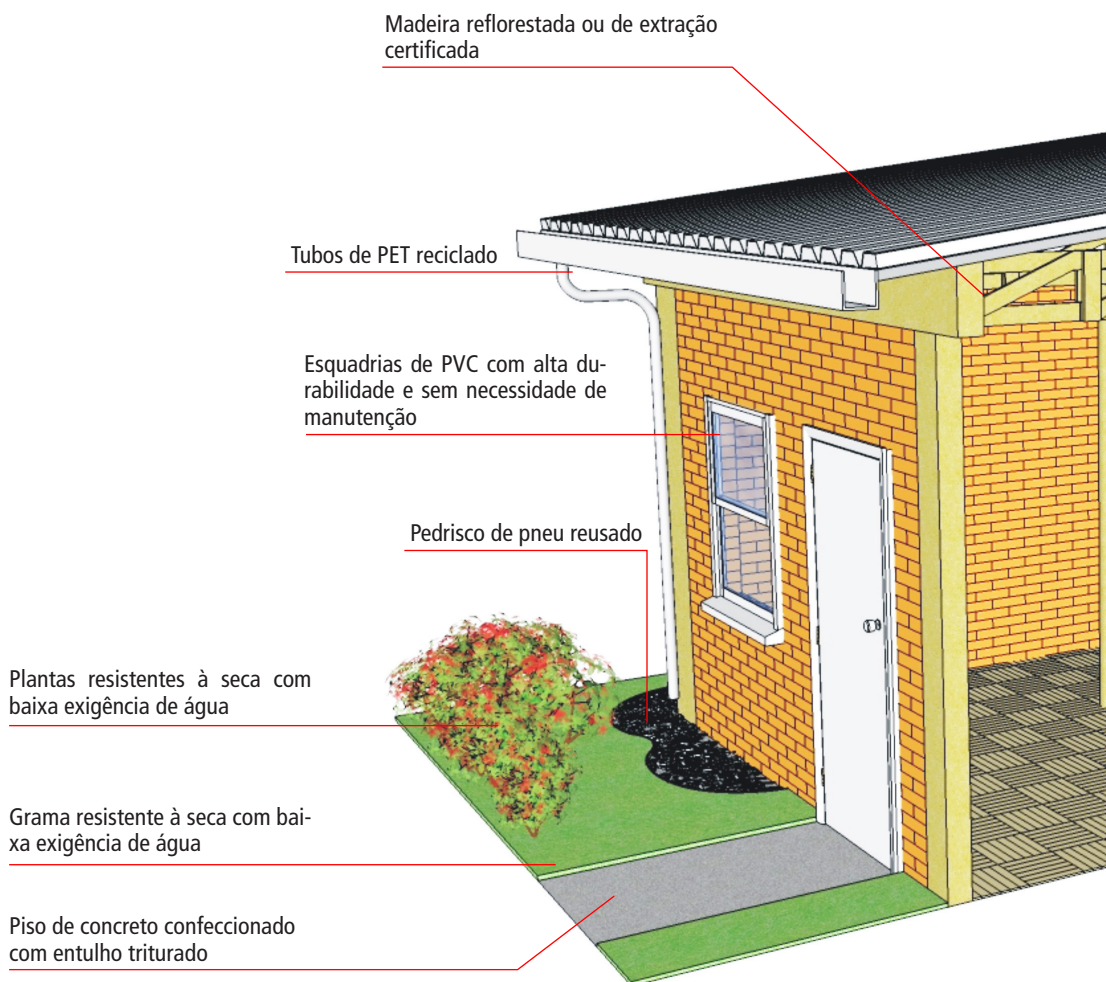


# Materiais: união da estética, eficiência e economia

A avaliação do potencial e a consequente escolha baseada em critérios sustentáveis pode ser uma tarefa complexa que exige o desdobramento de todo o ciclo de produção, aplicação e uso do material de construção.

categoria	tipo de material	características	exemplo
Natureza do insumo	reciclado	decomposição do material original e recomposição com alteração da forma	telha de garrafa PET
	reusado	reutilização de material na sua forma original	estrutura de madeira de pallet
	renovável e certificado	com rápida reposição pela natureza	madeira reflorestada
	híbrido	uso de dois ou mais materiais com características sustentáveis	tesoura estrutural de pallet e tubos de papelão
Impacto ambiental direto	baixo impacto	de baixo impacto na extração	madeira reflorestada
	baixa emissão	com baixa emissão de resíduos e/ou CO2	tijolo de solocimento
	inerte	sem substâncias perigosas na composição	tintas terrosas sem metais pesados
Energia incorporada	regional	baixo ou nulo consumo de energia no transporte	tijolo de solocimento
	fabricação econômica	de baixo consumo de energia na fabricação	Estrutura de madeira de pallet
Ciclo de vida	durável	com grande vida útil	concreto com resíduos de entulho
Função social	mão de obra local	com mão de obra local na extração do insumo	blokret de concreto com lascas de pneu
	manufaturado	manufaturado com mão de obra local	tijolo de superadobe
	de extrativismo	retirado do local sem a extinção das matrizes fornecedoras	cobertura de palha vegetal
Custos	baixo custo produtivo	baixo custo de produção	tijolo de solocimento
	de baixo custo no seu ciclo de vida	baixa necessidade de manutenção	concreto com resíduos de entulho
Propriedades bioclimáticas	aquecimento passivo	com propriedades de efetuar o aquecimento passivo dos ambientes	tijolo maciço
	resfriamento passivo	com propriedades de efetuar o resfriamento passivo dos ambientes	telhado verde

Para efeito de análise, os critérios de avaliação de materiais sustentáveis podem ser reunidos em sete categorias: natureza do insumo, impacto ambiental direto, energia incorporada, ciclo de vida, função social, custos e propriedades bioclimáticas (vide tabela na página 51).



### **Matriz de avaliação de materiais**

Uma matriz é uma representação gráfica bidimensional que auxilia na avaliação quantitativa de qualquer fenômeno e nela são relacionados os elementos e suas propriedades. Na avaliação da matriz, são estabelecidos os quesitos que são os itens a serem avaliados, que podem ser os itens ambientais ou outros de escolha do avaliador.

Para a avaliação, são estabelecidos dois critérios: a pontuação e o peso. O valor final da avaliação é o somatório de todos os valores dos quesitos (após a multiplicação da pontuação pelo peso) e dá a posição relativa do material em comparação aos outros materiais estudados.



Uma maneira prática de se obter uma avaliação criteriosa da escolha do material para a aplicação no projeto sustentável é por intermédio de uma matriz de avaliação de materiais.

Telha térmica com enchimento de poliuretano

Treliça estrutural de tubos de papelão reusados da indústria gráfica

Treliça estrutural de madeira reaproveitada de pallets

### **Tutorial**

*No Anexo I é apresentado um tutorial para a formulação de matrizes de avaliação de materiais.*

Piso de sobras de madeira

Tijolo de solocimentado feito na obra

### **Leitura recomendada**

*Sobre a seleção de materiais em:*

*Levantamento do estado da arte: consumo de materiais (SOUZA; DEANA: 2010)*

*Sobre a formulação de matrizes:*

*Matrizes sistêmicas de avaliação em projetos ecológicos de arquitetura (VIGGIANO: 2003)*

### **Softwares de apoio tecnológico**

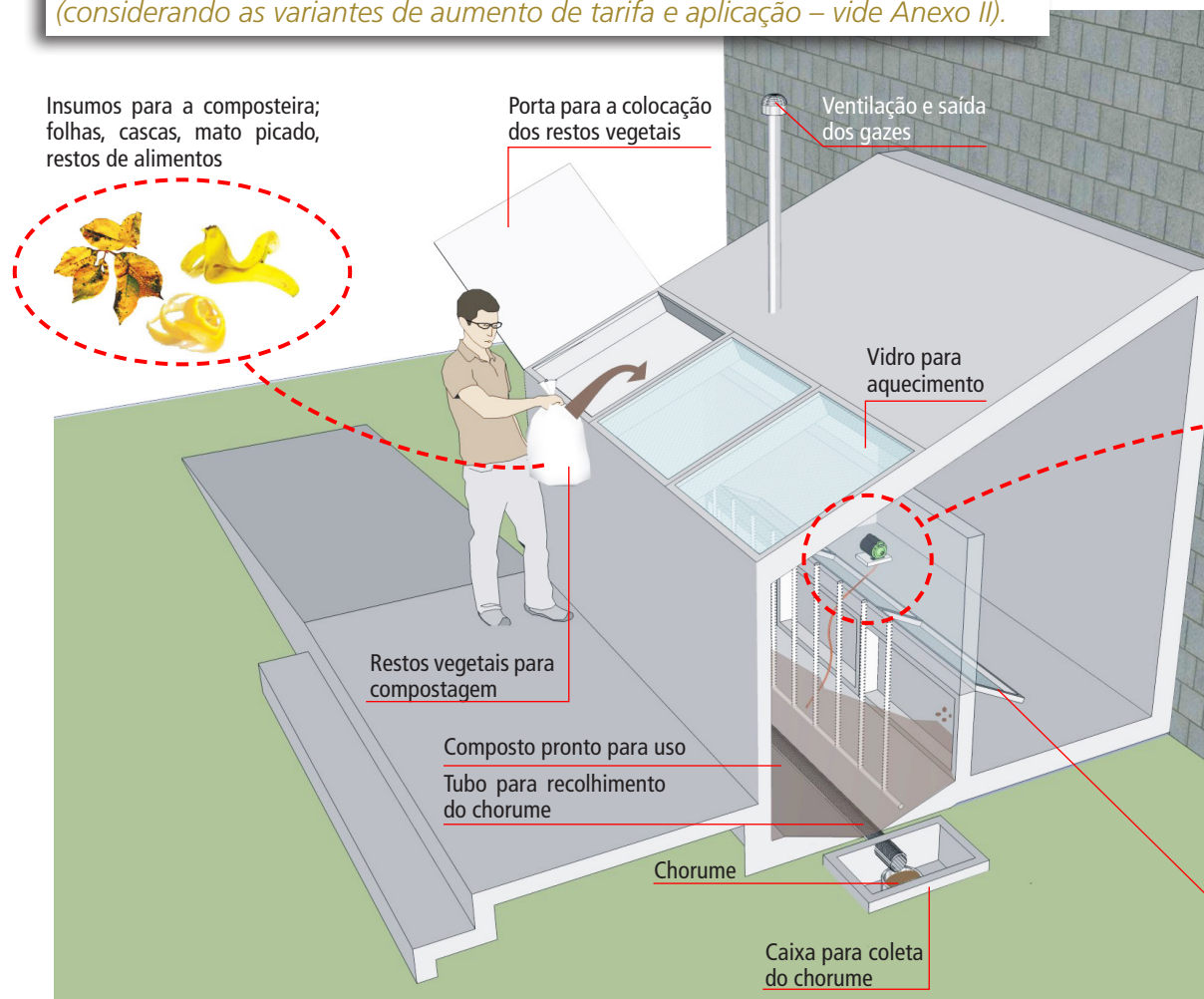
*BEES – Building for Environmental and Economic Sustainability (NIST): analisa a performance econômica e ambiental dos produtos utilizados na construção civil.*

# Lixo: riqueza disfarçada

O lixo urbano se apresenta como um dos maiores problemas a serem enfrentados pelas cidades contemporâneas. Paradoxalmente, a solução é simples, pois demanda somente a correta separação do lixo (orgânico, reciclável e não reciclável) e o processamento imediato e local do que pode ser transformado com reciclagem e a **compostagem**.

## Retorno do investimento

*Uma composteira de tamanho médio com 5 m<sup>3</sup> produzirá, já contabilizadas as reduções do volume da matéria, 8.000 litros de composto ao ano e terá o retorno do investimento em 3,4 anos (não considerando os aumentos das tarifas acima da inflação e o custo financeiro do investimento aplicado) ou 4,66 anos (considerando as variantes de aumento de tarifa e aplicação – vide Anexo II).*



### **Leitura recomendada**

*Sobre compostagem:*

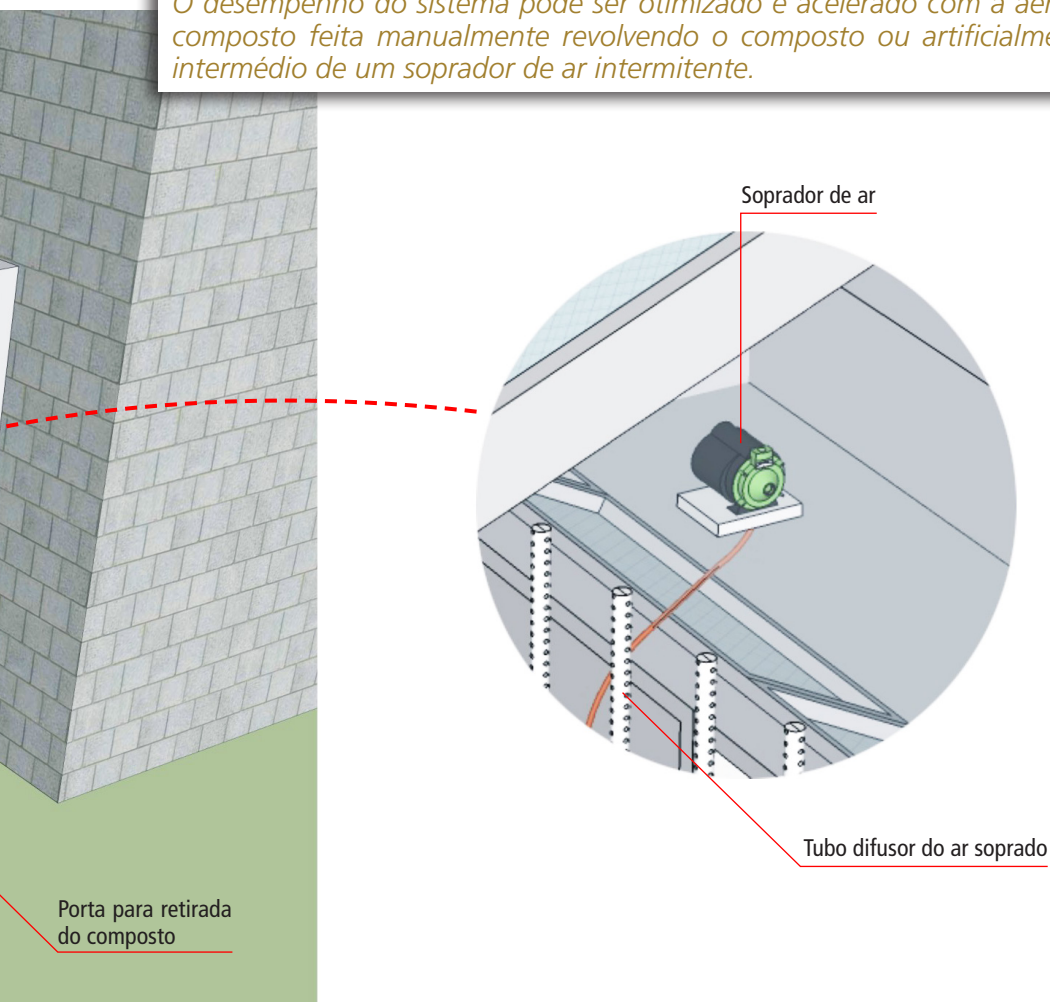
*Compostagem: solução prática para o problema do lixo urbano nos pequenos e grandes centros (VIGGIANO: 2008)*

### **Compostagem**

*A compostagem é a transformação da matéria tendo como insumo o material orgânico e produto final um composto rico em nutrientes utilizado como adubo vegetal. Essa decomposição é executada por bactérias que processam o insumo em ambiente prioritariamente aeróbico.*

*O processo de transformação por compostagem necessita basicamente de uma câmara fechada, localizada de forma a receber o sol durante pelo menos uma parte do dia, ventilação adequada, possibilidade de acessar a parte inferior para a coleta do composto e um coletor e armazenador de **chorume**.*

*O desempenho do sistema pode ser otimizado e acelerado com a aeração do composto feita manualmente revolvendo o composto ou artificialmente por intermédio de um soprador de ar intermitente.*



# Anexo I

## Dimensionamentos

### 1. Como dimensionar um sistema de aproveitamento de água da chuva

#### 1º passo

Coletar os dados básicos do edifício para a rotina de cálculo

##### **Exemplo**

Área total do edifício: 1.500 m<sup>2</sup>

Área de cobertura com coleta de água da chuva: 500 m<sup>2</sup>

Nº de pavimentos: 3

Quantidade de funcionários: 150

Área de jardim interno irrigado: 100 m<sup>2</sup>

Quantidade de automóveis: 5

Área de lavagem (pisos laváveis): 150 m<sup>2</sup>

Valor pago à concessionária pelo fornecimento de água e coleta com tratamento do esgoto: R\$ 12,70

#### 2º passo

Descobrir o índice de precipitação mensal da cidade e somar os índices para se obter o valor anual. O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), em seu sítio na internet, e o LABAUT, por meio do *software* Climaticus (LABAUT: 2005), fornecem as médias registradas nos últimos anos. Os índices são fornecidos em *mm* (milímetros) que é o mesmo que *L/m<sup>2</sup>* (litros por metro quadrado).

##### **Pesquisa na Internet**

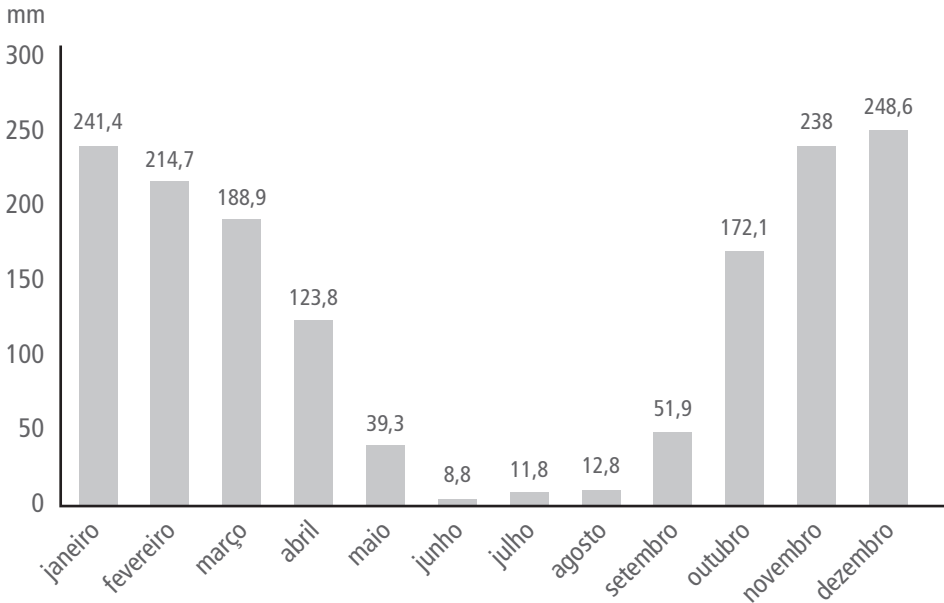
Índices pluviométricos das capitais: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)

nas seções: clima/climatologia/gráficos climatológicos



### Exemplo

Precipitação para Brasília – DF: 1552,10 mm ou 1552 L/m<sup>2</sup> ao ano.



### Precipitação total (mm)

cidade	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro	Total
Porto Alegre	100,1	108,6	104,4	86,1	94,6	132,7	121,7	140	139,5	114,3	104,2	101,2	1347,4
Florianópolis	176,2	197,7	186,3	96,6	96,9	75,2	94,6	92,5	126,8	126	129,1	146,2	1544,1
Foz do Iguaçu	188,3	191,2	184,4	146,3	135,5	137,4	90,2	110,6	142,2	231,9	150	171,5	1879,5
São Paulo	238,7	217,4	159,8	75,8	73,6	55,7	44,1	38,9	80,5	123,6	145,8	200,9	1454,8
Rio de Janeiro	114,1	105,3	103,3	137,4	85,6	80,4	56,4	50,5	87,1	88,2	95,6	169	1172,9
Brasília	241,4	214,7	188,9	123,8	39,3	8,8	11,8	12,8	51,9	172,1	238	248,6	1552,1
Salvador	110,9	121,2	144,6	321,6	324,8	251,4	203,6	135,9	112,2	122,2	118,5	132	2098,9
Teresina	248,3	261	286,3	267,9	109,5	25,4	12,7	11,6	16,9	18	64,8	126,1	1448,5
Manaus	260,1	288,3	313,5	300,1	256,3	113,6	87,5	57,9	83,3	125,7	183	216,9	2286,2
Belém	366,5	417,5	436,2	360	304,4	140,2	152,1	131,1	140,8	116,1	111,8	216,4	2893,1

Fonte: LABAUT

### 3º passo

Multiplicar o índice anual pelo tamanho do telhado em m<sup>2</sup> para se obter o total de água captada ao ano .

### Exemplo

Assim, no exemplo: 1552 L/m<sup>2</sup> x 500 m<sup>2</sup> = 776.000 L ou 776 m<sup>3</sup> ao ano.

#### 4º passo

Deve-se considerar o fator de eficiência do sistema de filtragem utilizado. Se o filtro do sistema descarta 10% da quantidade total de água, temos um fator de eficiência de 90%. Esse fator deve ser multiplicado pelo volume total.

##### Exemplo

$776 \text{ m}^3 \times 0,9 = 698,40 \text{ m}^3$  ao ano. Valor relativo ao filtro autolimpante tipo cascata

#### VALORES DE REFERÊNCIA DO DESCARTE DO FILTRO

Filtro autolimpante tipo cascata	0,9
Filtro autolimpante de passagem com saída lateral	0,7
Filtro de passagem direta com manutenção frequente	1,0
Filtro de passagem direta sem manutenção	0,5
Filtro de sobrepor à calha com manutenção frequente	1,0
Filtro de sobrepor à calha sem manutenção	0,5

### Agora vamos dimensionar o reservatório

Para dimensionar o reservatório, temos vários métodos descritos no anexo da NBR 15527. Além desses métodos disponíveis, propomos o seguinte:

#### 1º passo

Estimar o consumo não potável no qual será utilizada a água da chuva armazenada.

#### VALORES REFERENCIAIS DE CONSUMO DE ÁGUA NO SERVIÇO PÚBLICO (Tomaz, 2000)

	consumo médio	unidade
Chuveiro	110	litros/banho
Irrigação de jardins	1,5	litros/m <sup>2</sup>
Lavagens de autos	100	litros/auto
Lavagens de pisos e calçadas	1	litros/m <sup>2</sup>
Lavanderia	30	litros/kg de roupa seca
Restaurante	25	litros/refeição
Vaso sanitário	30 a 50	litros/funcionário/dia

### **Exemplo**

Vaso sanitário: 22.500 litros/semana (150 funcionários x 30 litros x 5 dias)

Lavagem de pisos e calçadas: 600 litros/semana (150 m<sup>2</sup> x 1 litros/m<sup>2</sup> x 4 lavagens/semana)

Irrigação de jardim: 450 litros/semana (100 m<sup>2</sup> x 1,5 litros x 3 dias)

Lavagem de autos: 1500 litros/semana (5 carros x 100 litros x 3 dias)

Total: 25.050 litros/semana = 100.200 litros/mês ou 100,20 m<sup>3</sup>/mês

## **2º passo**

Visualizar a média de precipitação nos meses mais chuvosos em uma semana típica, com o objetivo de saber se o sistema será capaz de armazenar água excedente.

### **Exemplo**

Média de precipitação dos meses mais chuvosos: 217,28 litros/m<sup>2</sup> ao mês (média de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março)

$$\frac{172,1 + 238 + 248,6 + 241,4 + 214,7 + 188,9}{6} = 217,28$$

Média de captação da semana: 217,28 litros/m<sup>2</sup> x 500 m<sup>2</sup> (área da cobertura) = 108.640 litros / 4 semanas = 27.160 litros/semana

Observa-se que, nos meses mais chuvosos, a precipitação semanal está um pouco maior que o consumo, o que significa que irá sobrar um pouco de água a cada semana para o armazenamento extra (27.160 - 25.050 = 2110 litros/semana).

Esse exemplo considera a cidade de Brasília, que tem um regime de chuvas bem definido em duas estações. Para localidades com regimes de chuvas mais distribuídos, sugerimos considerar todos os meses no cálculo da média.

## **3º passo**

Estabelecer a autonomia do sistema de armazenagem, ou seja, quantas semanas o reservatório será capaz de suportar quando as chuvas reduzirem ou cessarem totalmente.

### **Exemplo**

Para uma autonomia de uma semana, dimensionou-se um reservatório com 50.100 litros (25.050 litros x duas semanas, ou seja, uma semana de consumo mais uma semana de autonomia).

Caso o consumo seja superior à média de captação, significa que não irá sobrar água para a armazenagem extra. Nesse caso, não adiantaria colocar volume extra no reservatório. Adota-se, então, a média de captação da semana como parâmetro de tamanho de reservatório.

### **Retorno do investimento**

Para saber quanto esse volume de água significa em termos de retorno financeiro, deve-se utilizar a metodologia de cálculo proposta no Anexo II.

## 2. Como dimensionar um sistema de geração fotovoltaica em sistemas autônomos e interligados

O método proposto para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico é o da estimativa do número de horas de sol pico sobre plano horizontal (HSP), baseado no roteiro proposto pelo Censolar (Centro de Estudios de la energia solar), descrito em PROGENSA, 2003, com contribuições do autor.

### **Horas de sol a pico**

*Exemplo: "Em uma localidade, se recebe, em um mês determinado, uma média diária de 3,53 kWh/m<sup>2</sup>, o resultado é o mesmo que se incidisse uma intensidade de 1kW (1 sol pico) durante 3,53 horas, e diz-se que o número de HSP neste mês é igual a 3,53." (PROGENSA, 2003)*

### **1º passo**

Obter a quantidade de horas de sol pico (HSP) para a localidade de instalação. O valor de HSP pode ser obtido pelos dados da quantidade de horas de insolação ou da radiação incidente fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e o LABAUT, por meio do *Software* CLIMATICUS (LABAUT, 2005).

### **Exemplo**

*No exemplo, foi considerada a média dos 4 meses de menor insolação – janeiro, fevereiro, novembro e dezembro ( $157,4 + 157,5 + 142,5 + 138,1 = 595,50/4 = 148,875$  horas por mês = HSP para Brasília  $\approx 5,0$  horas por dia). É importante que sejam considerados os meses de menor incidência solar para que não se corra o risco de sobreconsumo e pane do sistema.*

### **Sobreconsumo**

O sobreconsumo ocorre quando se tem um consumo pelos aparelhos elétricos superior à produção de energia pelos painéis fotovoltaicos. As sucessivas ocorrências do sobreconsumo vão exaurindo a quantidade de energia armazenada nas baterias, acarretando um bloqueio da liberação de energia pelo controlador de carga e descarga.

### **Pesquisa na Internet**

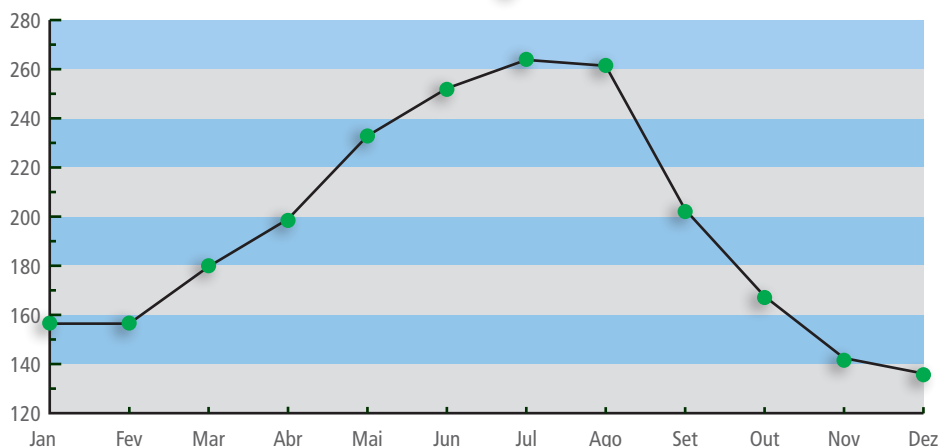
Índices pluviométricos das capitais: [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)  
nas seções: clima/climatologia/gráficos climatológicos



## Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

Gráfico de Normais Climatológicas

—●— Brasília - 1961 a 1990 - Insolação (horas)



### Horas de insolação (horas no mês)

cidade	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
Porto Alegre	239	208,1	200,7	180,3	166,1	136	148,6	151,1	151,2	201,9	216,6	245,2
Florianópolis	197,9	180,6	186,7	178,6	185	163,2	169,5	152,6	129,4	159,1	173,9	188,7
Foz do Iguaçu	178,5	145	147,4	138,8	141,8	131,1	157,8	124,1	117,6	155,1	197,4	216,8
São Paulo	148,6	144,5	144,6	140	152,4	145,2	164,4	156,5	125,8	135,6	144,7	130,4
Rio de Janeiro	196,2	207	195,6	166	171,4	157,2	182,5	178,4	136,9	158,5	168,7	160,1
Brasília	157,4	157,5	180,9	201,1	234,3	253,4	265,3	262,9	203,2	168,2	142,5	138,1
Salvador	245,6	226,4	231,1	189,7	174,3	167,2	181,2	202,6	211,4	228	213,6	224,7
Teresina	166,5	151	167,8	175,9	231	264,1	296,7	287,2	248,9	249,9	232,6	201,3
Manaus	114,3	87,7	98,5	111,9	148,6	184,8	214,2	225	155,9	171,2	140,9	130,9
Belém	135,5	99	103,7	121,8	186,9	225,4	252,8	255,8	228,3	228,3	203,3	179

Fonte: LABAUT

## 2º passo

Dimensionar a energia diária demandada dos painéis (Ep), ou seja, a quantidade de energia necessária para acionar os equipamentos.

Para este passo, é necessário conhecer:

- 1) A quantidade de equipamentos;
- 2) A potência dos equipamentos a serem alimentados;
- 3) A estimativa do consumo diário médio em quantidade de horas do equipamento ligado.

## POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS

Equipamento	Potência média W
Aparelho de som	80,0
Bomba 1cv	1.051,0
Bomba ¾ cv	849,00
Bomba Shuflo 12V*	615,0
Bomba afogada 1/4 cv	335,0
Computador com impressora e estabilizadores	180,0
Furadeira pequena*	360,0
Geladeira pequena (frigobar)	90,0
Lâmpada fluorescente 9W*	9,0
Lâmpada fluorescente 9W c/reator inversor*	9,90
Lâmpada fluorescente 11W com reator inversor*	13,0
Lâmpada fluorescente 15W com reator inversor*	17,0
Lâmpada fluorescente 23W com reator inversor*	25,0
Motor 1cv	1.051,0
Liquidificador	300,0
Televisor 14"	60,0
Televisor 29"	110,00
Ventilador pequeno	65,0

Fonte: PROCEL / ELETROBRÁS

\*Valor extraído da especificação do equipamento

Para instalações com inversor, acrescentar ao valor da potência um adicional relativo ao fator de potência indicado pelo fabricante.

### Exemplo

*Instalação para um escritório de administração de obras em localidade isolada contendo iluminação, computador e uma bomba para água dos banheiros.*

Equipamento	quant.	potência	tempo h	consumo Wh
Lâmpadas 9W com inversor	10	9,9	1	99
Bomba de irrigação 3/4cv com inversor	1	933,90	1	933,90
Computador completo com inversor	1	198,00	6	1.188,00
Total				2.220,90

$E_p = 2.220,90 \text{ Wh/dia}$

### 3º passo

A definição da quantidade de painéis necessários para o atendimento da energia demandada pelo consumo diário é dada pela fórmula:

$$N = \frac{E_p \times Fr}{F_p \times P \times HSP}$$

Onde:

N = número de painéis

$E_p$  = energia demandada dos painéis

$Fr$  = fator de recarga

$P$  = potência nominal do painel escolhido (tabela à página 62)

HSP = horas de sol a pico, calculadas no primeiro passo

$F_p$  = fator de perda

#### No exemplo

$$N = \frac{E_p \times Fr}{F_p \times P \times HSP} \quad N = \frac{2220,90 \times 1,05}{0,9 \times 80 \times 5,0}$$

$N = 6,47$  ou 7 painéis de 80W

#### Fator de recarga

Refere-se à capacidade do sistema em repor a energia retirada do banco de baterias nos dias em que a geração não foi suficiente para o consumo diário. Considerar os valores:

- Para as localidades onde raramente ocorrem dias nublados  $Fr=1,0$ ;
- Para as localidades onde os dias nublados são intercalados com dias de sol pleno  $Fr=1,05$ ; e
- Para as localidades onde os dias nublados são constantes e não intercalados  $Fr=1,1$ .

#### Fator de perda

Refere-se às perdas do sistema em função das variantes. Valores para o exemplo: funcionamento do controlador: 0,225

perdas por reflexão: 0,225

sujeira nos painéis: 0,225

inclinação não ideal dos painéis: 0,225

Total: Fator 0,9

Observação: valores passíveis de mudanças em função das especificações dos equipamentos.

### Característica dos módulos solares

Potência W	110W	100W	90W	80W	50W	20W	10W
Tensão nominal V	17,7	17,5	17,0	16,8	16,6	15,8	15,6
Corrente nominal A	6,2	5,6	5,3	4,8	3,0	1,3	0,6

*Características extraídas de módulos comerciais a partir de valores médios de referência*

### 4º passo

Para o caso de sistemas autônomos, determinar a quantidade de baterias que irão atender ao sistema.

Utilizaremos a seguinte fórmula:

$$C = \frac{E_p \times N_a}{R \times p_d}$$

Onde:

C = capacidade final do banco de baterias

E<sub>p</sub> = energia demandada dos painéis

N<sub>a</sub> = número de dias de autonomia (1)

R = rendimento do sistema (2)

p<sub>d</sub> = potencial de descarga da bateria (3)

(1) O número de dias de autonomia (N<sub>a</sub>) é definido pelo projetista como sendo a real capacidade do sistema em suportar a carência de geração e refere-se aos dias nublados, chuvosos e com poucas horas de insolação, ou seja, aqueles dias que irão reduzir a quantidade média de horas de insolação (HSP). Nesses dias, a bateria deverá ser capaz de suportar a retirada de carga sem colocar em risco a capacidade do sistema.

(2) O rendimento do sistema (R) leva em consideração as diversas perdas adicionais pelo funcionamento e carregamento da bateria (perdas pela dissipação do calor, autodescarga e fiação) e do inversor.

Para instalações com inversor, utilizaremos R=0,50

Para instalações sem inversor, utilizaremos R = 0,75

Observação: valores passíveis de mudanças em função das especificações dos equipamentos.



- (3) O potencial de descarga da bateria dependerá da tecnologia utilizada na sua fabricação. As baterias automotivas normais possuem a característica de liberarem uma grande quantidade de corrente durante um curto período de tempo. As baterias de ciclo profundo, ideais para as instalações fotovoltaicas, são capazes de liberar uma corrente constante durante um longo período de tempo, possuindo um potencial de descarga (pd) superior ao das baterias comuns. Para nossa metodologia de cálculo, utilizaremos:

Baterias com baixo potencial de descarga:  $Pd = 0,6$

Baterias com alto poder de descarga:  $Pd = 0,9$

**Assim, no exemplo:**

$$C = \frac{Ep \times Na}{R \times pd} \quad C = \frac{2.220,90 \times 5}{0,5 \times 0,9}$$

$C = 24.676 \text{ Wh}$  ou  $2.056,38 \text{ Ah}$  (a corrente é igual à potência dividida pela tensão - 12V)

Se utilizarmos as baterias de 200 Ah, teremos um banco com 11 baterias ( $200 \times 11 = 2.200 \text{ Ah}$ )

### 5º passo

O próximo passo é dimensionar o controlador de carga e descarga. Esse dimensionamento está relacionado diretamente com a quantidade de energia produzida pelos painéis no pico da produção e também com o consumo simultâneo dos equipamentos.

#### Capacidade de carga

No nosso exemplo, temos 7 painéis de 80W = 560 Wpico, ou ainda, 46,6 A ( $560W/12V$ ). Isso quer dizer que o controlador de carga deve ser capaz de receber essa quantidade de carga simultaneamente.

#### Capacidade de descarga

Para sabermos o potencial de descarga, devemos calcular a potência instalada e somar as potências de todos os equipamentos considerando também o que consome os reatores e inversores.

No exemplo, teremos 1.230,90 W (99 W das lâmpadas, 933,90W da bomba e 198W do computador) de potência que pode ocorrer simultaneamente, ou seja, em determinado momento, todos os equipamentos estarem ligados. Se isso ocorrer, o controlador de descarga deve ser capaz de suportar essa demanda e ser capaz de liberar 102,57 A ( $1.230,90W / 12V$ ).

Considerando o valor maior, o controlador de carga e descarga deve ser capaz de suportar cargas de até 102,57 A.

### 3. Como montar matrizes de avaliação de materiais

Para o entendimento do processo de montagem da matriz, é importante nos aprofundarmos em dois conceitos: pontuação e peso.

#### Pontuação

É a valoração numérica do quesito estudado. Essa valoração deve ser fruto de uma pesquisa da literatura técnica específica, da averiguação *in loco* e de testes práticos e matemáticos. A pontuação pode ser uma escala de 0 a 5:

5 – *excelente*

4 – *muito bom*

3 – *bom*

2 – *razoável*

1 – *ruim*

0 – *péssimo*

#### Peso

É o grau de importância relativa do quesito em relação aos outros quesitos e ao projeto como um todo. A atribuição de peso deve ser fruto da reflexão do projetista acerca dos quesitos mais importantes para cada projeto estudado. Por exemplo, se o projeto encontra-se em uma área delicada em termos de equilíbrio ecológico, deve-se pesar mais quesitos como comprometimento ecológico e impacto ambiental. Por outro lado, se a obra tiver limitação de orçamento, os critérios preço final e disponibilidade de mão de obra são mais significantes. O peso pode ser uma escala de 1 a 3:

3 – *muito importante*

2 – *importante*

1 – *pouco importante*

#### 1º passo

Escolha dos materiais a serem avaliados.

#### Exemplo

No nosso exemplo, vamos avaliar três tipos de telhas: telha de fibrocimento tipo calhetão, telha metálica com enchimento de poliuretano e telha metálica comum.

## 2º passo

Definição dos quesitos de avaliação com os respectivos pesos.

### Exemplo

No exemplo proposto, avaliamos uma escola na qual as questões sociais, de custo e bioclimáticas são as mais relevantes, ou seja, terão um peso diferenciado:

Natureza do insumo – peso 2

Impacto ambiental direto – peso 2

Função social – peso 3

Custo final – peso 3

Propriedades bioclimáticas – peso 3

Caráter estético – peso 1

## 3º passo

Avaliação de cada quesito estabelecendo uma pontuação.

## 4º passo

Preenchimento da planilha multiplicando a pontuação pelo peso e somando os valores de cada nota para se obter o valor final referente a cada tipo de telha avaliado.

### Exemplo

O valor final estabelece a posição relativa de cada telha em relação às outras e serve para embasar a tomada de decisão acerca de qual material é o ideal para o projeto em questão

	Natureza do insumo	Impacto ambiental direto	Função social	Custo final	Propriedades bioclimáticas	Caráter estético	
Peso	2	2	3	3	3	1	
Telha metálica convencional	3	2	2	3	2	3	
Nota com peso	6	4	6	9	6	3	34
Telha metálica com enchimento	3	2	2	1	5	4	
Nota com peso	6	4	6	3	15	4	38
Telha calhetão de concreto	1	1	2	5	1	1	
Nota com peso	2	2	6	15	3	1	29

# Anexo II

## Memoriais de Cálculo

### *Memorial de cálculo para o retorno do investimento*

Para o cálculo do retorno do investimento nas instalações utilizando os sistemas sustentáveis, apresentamos dois métodos de cálculo que não levam em conta as externalidades:

#### **Externalidade**

*É o valor externo ao custo do produto, serviço ou sistema que não é computado no valor agregado. Exemplo: limpeza de rios e córregos, tratamentos de doenças respiratórias e perda da biodiversidade. A introdução das externalidades no cálculo do retorno dos investimentos, apesar de fundamental para se estabelecer as dimensões ecológicas do uso, ainda é polêmica, de difícil assimilação e carente de métodos de cálculo práticos e eficazes.*

#### **Método 1**

Cálculo simples desconsiderando as variantes de custo de tarifa e aplicação financeira

$$Ri = \frac{C}{Ci \times Q}$$

$Ri$  = retorno do investimento em meses  
 $C$  = custo total de implantação e manutenção em Reais  
 $Ci$  = custo do insumo – tarifa mensal em Reais  
 $Q$  = quantidade do insumo economizado ao mês

Na variante C, deverão ser computados todos os gastos com manutenção previstos, incluindo mão de obra, troca de equipamentos ao término da vida útil e peças de reposição.

#### **Método 2**

Baseado na fórmula dos juros compostos. Duas variantes importantes são colocadas. A primeira considera o provável rendimento líquido que o valor investido na instalação teria caso o montante fosse aplicado no sistema financeiro. Essa variante vai funcionar como um redutor do valor do retorno do investimento. Sabemos que há uma tendência real de que o preço dos insumos (água e energia) subam progressivamente nos próximos anos. Assim, a segunda variante considera a diferença entre o aumento real da tarifa e a

inflação do ano anterior, funcionando como um fator de aumento do valor do retorno do investimento. Porém, se o valor da tarifa se reduzir, a variante também refletirá essa redução no valor totalizado.

O método 2 para o cálculo do retorno do investimento, é descrito a partir de dois passos:

O primeiro passo utiliza a expressão do *software* Excel:

$(C^*(1+J)^{\text{Mes\_Ri}}) + VF(Pa; \text{Mes\_Ri}; C\bar{i}^*Q;;1)$ , onde:

*Ri* = retorno do investimento em meses

*C* = custo total de implantação e manutenção em Reais

*J* = juros líquido de aplicação de baixo risco ao mês

*Ci* = custo do insumo – tarifa mensal em Reais

*Q* = quantidade do insumo economizado ao mês

*Pa* = previsão de aumento do custo do insumo acima da inflação cobrada ao mês

*VF* = valor futuro

A expressão acima é descrita matematicamente como a soma do capital investido corrigido por meio de juros compostos para um mês (inicialmente mês = 1) e do Valor Futuro do produto: Taxa inicial do insumo pela economia mensal (essa função acumula as parcelas mensais e seus respectivos juros, dando um resultado negativo, pois segue as regras de fluxo de caixa), ou seja:

Investimento inicial x (1 + J) Mês + (soma das parcelas de Taxa inicial de insumo x Economia até o mês do tempo de retorno do investimento).

O segundo passo é a obtenção do mês correto de retorno, ou seja, o mês em que a segunda parte da soma (economia) fica maior do que o primeiro (custo corrigido). Nesse mês, a expressão ficará negativa (economia maior do que custo). Esse valor foi obtido pela ferramenta Atingir meta do *software* Excel.

### **Software de apoio tecnológico**

O Programa Senado Verde disponibiliza para download e uso acadêmico a planilha automatizada para o cálculo do Retorno do Investimento que é parte do Software SIGES (Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis), na sua página na Internet:

<http://www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde/siges>



	2007	2008	2009
Taxa de inflação % a.a.	4,46	5,90	4,31

Fonte: Banco Central - [www.bcb.gov.br](http://www.bcb.gov.br)

É importante salientar que os custos de manutenção ao longo do tempo deverão ser incorporados ao valor de  $C$ . Em sistemas como o de aproveitamento das águas da chuva, essa variante não causa grandes impactos nos custos, pois os equipamentos envolvidos possuem uma grande vida útil (tão grande quanto a do próprio edifício) e requerem pouquíssima manutenção.

O valor de  $Ri$  é estimativo e não é aconselhável que seja utilizado em projeções financeiras que exijam precisão absoluta.

As variantes  $J$  (juros líquidos) e  $Pa$  (previsão de aumento acima da inflação) são flexíveis em função de mudanças conjunturais da economia. A metodologia de se estabelecer um histórico dos aumentos dos insumos acima da inflação não garante a estabilidade dos prognósticos futuros.

A margem de erro da fórmula será tão menor quanto:

- 1) Maior a precisão na coleta de dados para  $J$  e  $Pa$ ; e
- 2) Maior a capacidade de se prever as taxas futuras.

## Exemplos de cálculo de retorno de investimento

### 1. Sistema de aproveitamento de água da chuva

Dados citados no exemplo do dimensionamento do Anexo I.

Volume de água captado ao ano: 776 m<sup>3</sup> ao ano = 64,66 ao mês.

Custo total de implantação (estimativa levando em conta o custo do reservatório, instalações hidráulicas, filtros e equipamentos para melhoria da qualidade da água na cisterna): R\$ 24.000,00.

#### Método 1

$$Ri = \frac{C}{Ci \times Q} \quad Ri = \frac{24.000,00}{12,71 \times 64,66} \quad Ri = 29,20 \text{ meses ou } 2,43 \text{ anos}$$

#### Método 2

	2007	2008	2009
Tarifa mensal de água e coleta de esgoto – CAESB em Reais/m <sup>3</sup>	11,2987	11,9720	12,71
Diferença mensal da tarifa em relação ao ano anterior em Reais/m <sup>3</sup>		0,6733	0,738
Percentual de aumento total da tarifa		5,9590	6,164
Taxa de inflação percentual ao ano	4,46	5,90	4,31
$Pa$ = diferença entre o percentual de aumento da tarifa e o percentual de aumento da inflação no ano anterior		1,499	0,264

Fonte: contas cobradas do SENADO FEDERAL nos respectivos anos de referência

$P_a$  adotado = média entre os valores de 2008 e 2009:

$$\frac{1,499 + 0,264}{2} = 0,8815\% \text{ ao ano}$$

$$R_i = 36 \text{ meses ou 3 anos}$$



**SICES**  
Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis



Dados de Entrada	
C = Custo total de implantação e manutenção em Reais	R\$ 24.000,00
Ci = Custo do insumo - Taxa Inicial	R\$ 12,71
Q = Quantidade do insumo economizado ao mês	64,66
$P_a$ = Valorização/Desvalorização anual	0,8815000%
$P_a$ mensal	0,0731632%
J = Taxa Juros Mensal	0,6000000%

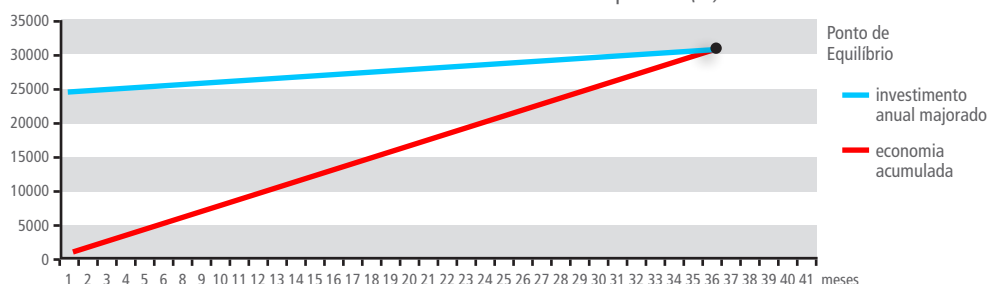
Calcular Ponto de Equilíbrio

Cálculo do Ponto de Equilíbrio	
Mês do ponto de equilíbrio	<b>36</b>
Valor no Ponto de Equilíbrio	<b>R\$ 222,48</b>

Projeto: Exemplo para a Cartilha

Sistema sustentável analisado: REAPROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA

Gráfico Demonstrativo do Ponto de Equilíbrio ( $R_i$ )



## 2. Sistema de tratamento de águas cinzas com filtragem

Considera-se um sistema para um pequeno prédio público com produção mensal de 90 m<sup>3</sup>, custo médio de R\$ 8.500,00.

### Método 1

$$R_i = \frac{C}{C_i \times Q} \quad R_i = \frac{15.000,00}{12,71 \times 90} = 13,11 \text{ meses} \approx 1,1 \text{ ano}$$

### Método 2

$P_a$  adotado = 0,8815% ao ano (do Sistema de Aproveitamento de Água da Chuva)

$Ri = 15$  meses ou 1,25 anos



**SICES**  
Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis



Dados de Entrada	
C = Custo total de implantação e manutenção em Reais	R\$ 15.000,00
Ci = Custo do insumo - Taxa Inicial	R\$ 12,71
Q = Quantidade do insumo economizado ao mês (1)	90,00
Pa = Valorização/Desvalorização anual(2)	0,8815000%
Pa mensal	0,0731632%
J = Taxa Juros Mensal	0,6000000%

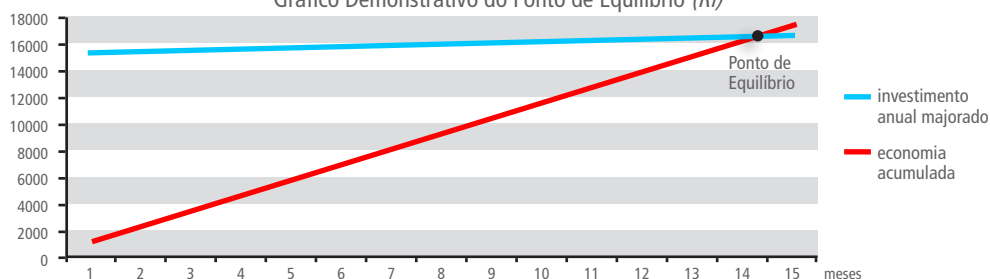
Calcular Ponto de Equilíbrio

Cálculo do Ponto de Equilíbrio	
Mês do ponto de equilíbrio	<b>15</b>
Valor no Ponto de Equilíbrio	<b>R\$ 851,07</b>

Projeto: Exemplo para a Cartilha

Sistema sustentável analisado: ÁGUA CINZA

Gráfico Demonstrativo do Ponto de Equilíbrio ( $Ri$ )



### 3. Sistema de aquecimento solar da água

Considera-se, no exemplo, uma garagem de carros oficiais com posto de lavagem no qual os funcionários tomam em média 30 banhos de 15 minutos por dia em chuveiros de 4.500 W, considerando 22 dias por mês, com consumo total de 742,5 kWh/mês.

Leva-se em conta que um conjunto para o aquecimento solar (considera-se neste estudo de viabilidade que o sistema de aquecimento auxiliar do *boiler*, com resistência elétrica, encontra-se permanentemente desligado, sendo o acionamento sempre no manual), composto de conjunto de *boiler* de 3600 litros e 24 coletores de 1,40m x 1,00 m, custa, em média, R\$ 16.000,00 e a instalação com tubos especiais, descontada a economia com os chuveiros elétricos, custa em média mais R\$ 10.000,00.

#### Método 1

$$Ri = \frac{C}{Ci \times Q} \quad Ri = \frac{26.000,00}{0,34 \times 742,5} = 102,99 \text{ meses} \approx 8,6 \text{ anos}$$

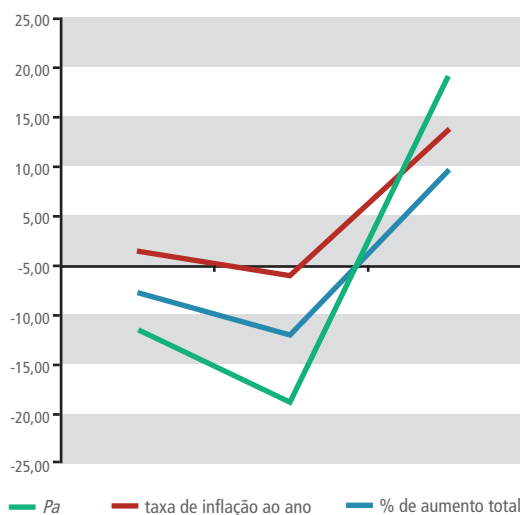
## Método 2

	2007	2008	2009
% de aumento total da tarifa de energia elétrica	-3,22	-7,30	9,52
Taxa de inflação % ao ano	4,46	5,90	4,31
Pa = diferença entre o % de aumento da tarifa e o % de aumento da inflação no ano anterior	-7,68	-13,20	5,21

Fonte dos percentuais de aumento de tarifas: Gerência de tarifas da CEB, disponível em [www.ceb.com.br/Ceb/Ceb/area.cfm?id\\_area=57&nivel=2](http://www.ceb.com.br/Ceb/Ceb/area.cfm?id_area=57&nivel=2)

Como observado na representação gráfica, a diferença entre o percentual de aumento da tarifa e o percentual de aumento da inflação (Pa), que vinha tendo uma tendência de queda nos anos 2007 e 2008, apresenta uma forte alta no ano 2009, demonstrando que, com os dados disponíveis, não é possível se fazer uma previsão confiável, visto que, se adotarmos a média  $(-7,28 - 13,20 + 5,21 / 3)$ , teremos um valor negativo  $(-5,22)$  contrariando a tendência do passado mais próximo, que é de alta.

Gráfico de variação percentual do insumo



Assim, para este exemplo, adotaremos o  $Pa = 0$



**SICES**  
Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis



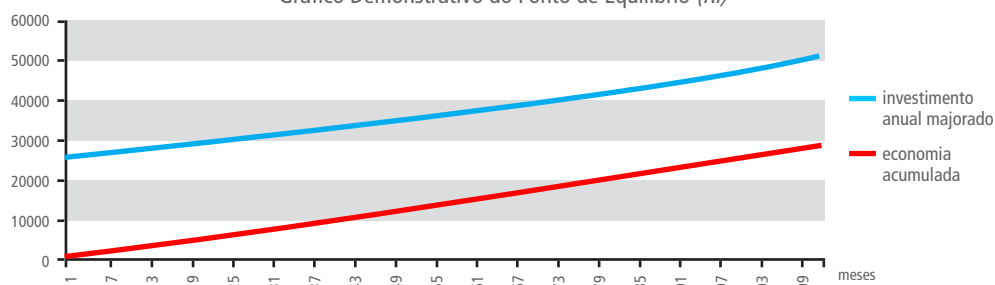
Dados de Entrada	
C = Custo total de implantação e manutenção em Reais	R\$ 26.000,00
Ci = Custo do insumo - Taxa Inicial	R\$ 0,34
Q = Quantidade do insumo economizado ao mês (1)	742,50
Pa = Valorização/Desvalorização anual(2)	0,0000000%
Pa mensal	0,0000000%
J = Taxa Juros Mensal	0,6000000%

Calcular Ponto de Equilíbrio

Cálculo do Ponto de Equilíbrio	
Mês do ponto de equilíbrio	PE não encontrado
Valor no Ponto de Equilíbrio	

Projeto: Exemplo para a Cartilha  
Sistema sustentável analisado: AQUECIMENTO SOLAR

Gráfico Demonstrativo do Ponto de Equilíbrio (Ri)



Para uma taxa de juros de 0,6% ao mês, o método de cálculo adotado na planilha não apresenta um valor existente, visto que o ponto de equilíbrio jamais será alcançado. Como demonstrado no gráfico, o investimento inicial majorado jamais irá coincidir com a economia acumulada (esse ponto de encontro é o chamado ponto de equilíbrio).



**SICES**  
Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis



Dados de Entrada	
C = Custo total de implantação e manutenção em Reais	R\$ 26.000,00
Ci = Custo do insumo - Taxa Inicial	R\$ 0,34
Q = Quantidade do insumo economizado ao mês (1)	742,50
Pa = Valorização/Desvalorização anual(2)	0,0000000%
Pa mensal	0,0000000%
J = Taxa Juros Mensal	0,3570000%

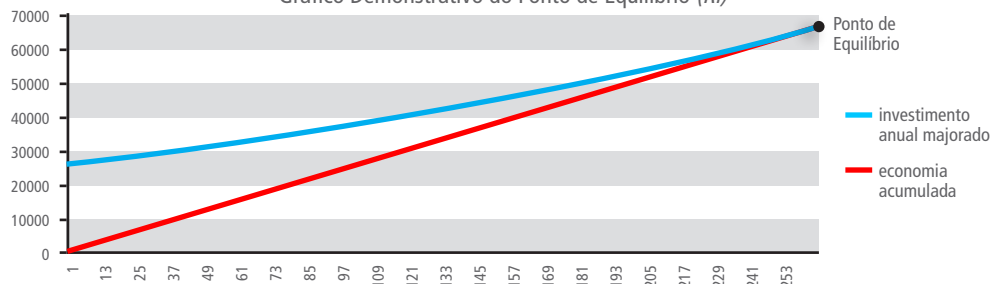
Calcular Ponto de Equilíbrio

Cálculo do Ponto de Equilíbrio	
Mês do ponto de equilíbrio	<b>262</b>
Valor no Ponto de Equilíbrio	<b>R\$ 2,08</b>

Projeto: Exemplo para a Cartilha

Sistema sustentável analisado: AQUECIMENTO SOLAR 2

Gráfico Demonstrativo do Ponto de Equilíbrio (Ri)



Para taxas de juros de até 0,357%, teremos pontos de equilíbrio inferiores a 262 meses ou 21,8 anos.



#### 4. Compostagem orgânica

Para uma composteira de 5 m³ e produção de 8.000 litros de composto ao ano ou 666,66 ao mês (conseguidos a partir de três coletas que duram, em média, quatro meses cada), considera-se um custo médio de R\$ 0,30 por litro de composto adquirido no mercado de varejo e o custo de implantação de R\$ 8.000,00.

##### Método 1

$$Ri = \frac{C}{Ci \times Q} \quad Ri = \frac{8.000}{0,30 \times 666,66} = 40 \text{ meses} \cong 3,4 \text{ anos}$$

##### Método 2

$Pa$  adotado = 0 (o valor do insumo não cresceu mais do que a inflação)

$Ri$  = 56 meses ou 4,66 anos



**SICES**  
Sistema de Gestão para Edifícios Sustentáveis

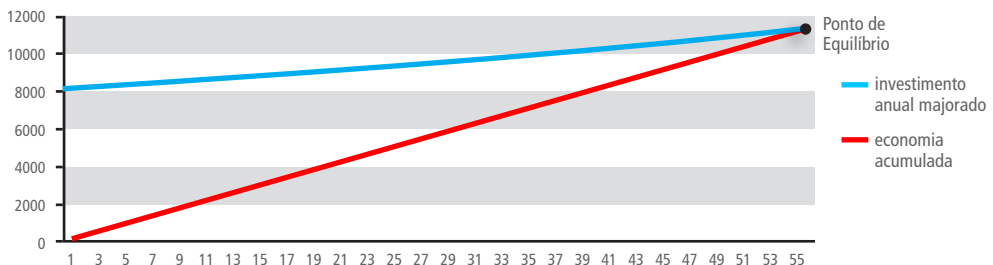


Dados de Entrada	
C = Custo total de implantação e manutenção em Reais	R\$ 8.000,00
Ci = Custo do insumo - Taxa Inicial	R\$ 0,30
Q = Quantidade do insumo economizado ao mês (1)	666,66
Pa = Valorização/Desvalorização anual(2)	0,0000000%
Pa mensal	0,0000000%
J = Taxa Juros Mensal	0,6000000%

Calcular Ponto de Equilíbrio

Cálculo do Ponto de Equilíbrio	
Mês do ponto de equilíbrio	<b>56</b>
Valor no Ponto de Equilíbrio	<b>R\$ 16,41</b>
Projeto: Exemplo para a Cartilha	
Sistema Sustentável analisado: COMPOSTAGEM	

Gráfico Demonstrativo do Ponto de Equilíbrio ( $Ri$ )



# Anexo III

## Agenda de Trabalho para Projetos Sustentáveis

A agenda de trabalho é uma lista de checagem que permite ao projetista uma visão geral das possibilidades de inserção de sistemas e soluções sustentáveis, facilitando a tomada de decisão sobre a aplicação nos projetos de edificações.

A relação apresentada a seguir está sendo pesquisada pelo programa Senado Verde e destina-se à aplicação em edifícios públicos. Foi elaborada a partir do *Green Building Rating system for new construction & major renovations* (LEED: 2002) e das *Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos* (MAGALHÃES: 2001)

### *Canteiro de obras*

- 1) Instalação de sistema de controle de emissão de particulados
- 2) Aproveitamento de água da chuva no canteiro
- 3) Tratamento séptico do esgoto

### *Ciclo de vida*

- 4) Redução do tempo das renovações superficiais
- 5) Redução do tempo das trocas de componentes
- 6) Redução do tempo da substituição total

### *Conforto ambiental*

- 7) Preservação da qualidade do ar interno e monitoramento do CO<sub>2</sub>
- 8) Controle da fumaça do cigarro
- 9) Correta orientação do edifício visando à equalização dos ganhos térmicos
- 10) Prover os ambientes de ventilação natural por meio de:
  - Ventilação de fachadas

- Efeito chaminé
- Ventilação cruzada
- Ático ventilado
- Ventilação pelo piso

11) Prover os ambientes de iluminação natural mediante:

- Domos translúcidos com *sply*
- Cabos de fibra ótica
- Bandejas refletoras
- Aberturas controladas e direcionadas
- Iluminação zenital

## ***Eficiência energética***

- 12) Troca de luminárias por modelos mais eficientes
- 13) Troca de reatores por modelos mais eficientes
- 14) Instalação de sensores de presença
- 15) Instalação de controle fotoelétrico
- 16) Instalação de controle de tempo
- 17) Instalação de controle de luminosidade
- 18) Manter limpas constantemente as luminárias e as lâmpadas
- 19) Retirada dos protetores de acrílico das luminárias
- 20) Propiciar iluminação de tarefas
- 21) Pintar paredes, tetos e pisos de cores claras
- 22) Proteger as fachadas da incidência direta do sol
- 23) Limpeza periódica dos filtros dos aparelhos de ar-condicionado
- 24) Instalar automação temporal para o sistema de ar-condicionado

- 25) Regular o termostato do sistema de ar-condicionado
- 26) Dimensionar o sistema de ar-condicionado para a carga real, sem excessos
- 27) Dar preferência a sistemas de ar-condicionado com volume de ar variável (VAV)
- 28) Priorizar a utilização de termostatos setorizada por ambientes
- 29) Isolar convenientemente as aberturas
- 30) Instalar controlador de tráfego nos elevadores
- 31) Instalar controlador temporal nos elevadores
- 32) Instalar sensores nas escadas rolantes
- 33) Conciliar o calor rejeitado na refrigeração com o aquecimento de água
- 34) Conciliar as atividades de limpeza com a programação horária da iluminação
- 35) Geração de energia por sistema fotovoltaico
- 36) Geração de energia por sistema eólico
- 37) Aquecimento solar da água

### ***Materiais, insumos e recursos***

- 38) Redução de materiais emissores de CO<sub>2</sub> e outros gases poluentes
- 39) Restringir a compra de equipamentos com baixa eficiência energética
- 40) Valorização do uso de materiais regionais de fontes sustentáveis
- 41) Valorização do uso de materiais rapidamente renováveis
- 42) Uso de madeira certificada
- 43) Uso de madeira de reflorestamento

### ***Metodologia de projeto***

- 44) Formulação de diretrizes bioclimáticas e estudo das cartas bioclimáticas
- 45) Formulação de matriz setorial para equalização do fluxo dos elevadores
- 46) Projeto luminotécnico direcionado à eficiência energética
- 47) Planejamento do canteiro de obras
- 48) Estudo do índice de compactidade
- 49) Uso de metodologias cíclicas de projeto

## ***Produtos e descartes***

- 50) Separação dos diversos tipos de lixo
- 51) Compostagem
- 52) Reúso de materiais descartados
- 53) Reciclagem de materiais descartados
- 54) Gerenciamento do entulho de obra e sucatas
- 55) Tratamento de químicos e resíduos tóxicos

## ***Recursos administrativos***

- 56) Licitações e compras sustentáveis
- 57) Treinamento
- 58) Campanhas de conscientização
- 59) Troca de combustíveis e de veículos da frota por modelos mais eficientes em termos energéticos

## ***Recursos hídricos***

- 60) Recarga do aquífero
- 61) Eficiência na irrigação com uso de gotejamento, aspersão e irrigação subterrânea
- 62) Troca das válvulas de descarga por caixas acopladas
- 63) Instalação de torneiras com desligamento automático
- 64) Instalação de torneiras com sensores de presença
- 65) Aproveitamento das águas da chuva
- 66) Reúso das águas cinzas
- 67) Tratamento e/ou reúso do esgoto sanitário

## ***Relação com o meio ambiente***

- 68) Construção de bicicletário
- 69) Plantio de árvores no espaço físico
- 70) Plantio de árvores no exterior
- 71) Valorização de fitofisionomias nativas no paisagismo
- 72) Preservação de espécies vegetais e animais nativas



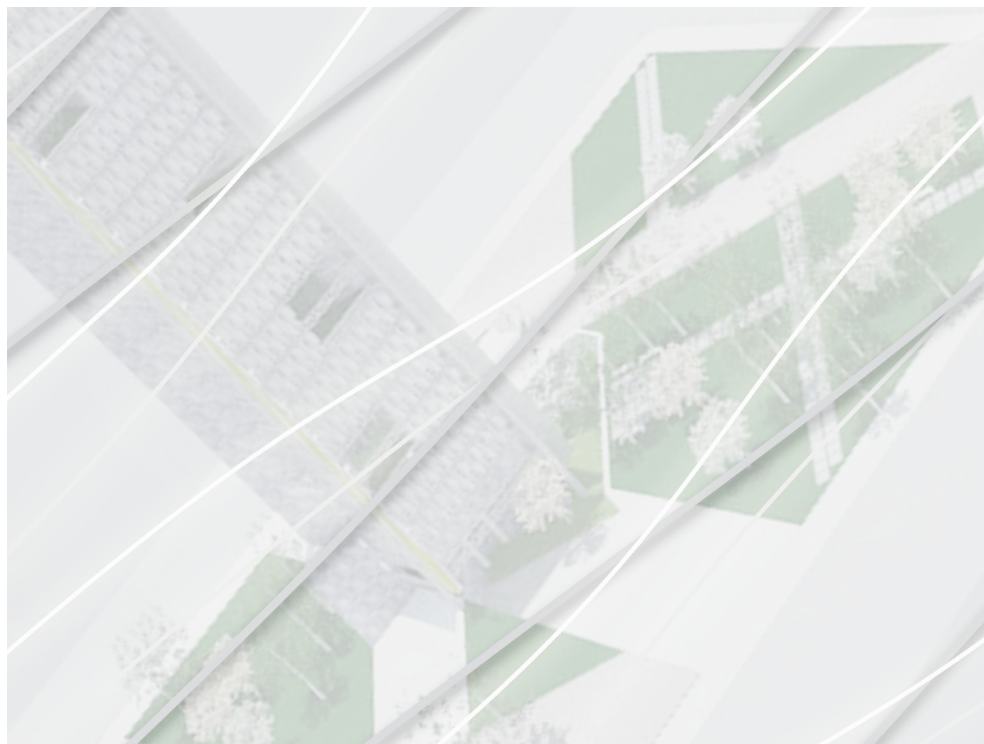
- 73) Jardim produtivo
- 74) Controle biológico de pragas sem uso de defensivos
- 75) Uso de adubos orgânicos e produção de húmus
- 76) Projeto de corredores verdes para a circulação animal

### *Sistemas sustentáveis*

- 77) Implantação de telhados verdes
- 78) Sistemas de resfriamento evaporativo
- 79) Sistemas de aquecimento passivo

### *Técnicas construtivas*

- 80) Coordenação modular na construção
- 81) Pré-fabricação na construção
- 82) Tecnologias tradicionais de uso da terra na construção



# Glossário

**Aeróbica**

Na presença do ar.

**Anaeróbica**

Na ausência do ar.

**Baterias de ciclo profundo**

As baterias de ciclo profundo são capazes de liberar uma corrente constante durante um longo período de tempo, enquanto as baterias automotivas normais possuem a característica de liberarem uma grande quantidade de corrente durante um curto período de tempo.

**CAD**

Computer-aided design – no português: desenho assistido por computador.

**Chorume**

Líquido proveniente da percolação das leiras de compostagem, de cor marrom e odor característico composto de matéria orgânica biodegradável e dissolvida e sais dissolvidos (INÁCIO;MILLER,2009).

**Fibras óticas**

Filamentos com capacidade de transmissão de luz.

**Ilhas de calor**

Bolsão de retenção de calor na cidade.

**Inércia térmica**

Capacidade do material em reter calor.

**Manta geotêxtil**

Manta porosa de fibra artificial, bastante durável, que permite a passagem da água mas retém os particulados (terra, areia, pedra).

**Parametrização**

Definição de variáveis para uma função ou sistema.

**Percolação**

Passagem da água pelos espaços vazios formados por particulados de solo (terra, areia e pedra).

## **Produtos saponáceos**

Sabões químicos ou vegetais, biodegradáveis ou não.

## **Raios ultravioleta**

São os raios de comprimento de onda compreendido entre 400 nm e 1 nm e menor do que a luz visível. As radiações ultravioleta compreendidas entre 280 e 100 nm são chamadas de UVC e possuem ação bactericida.

## **Razão de umidade**

"É o conteúdo de vapor no ar dado em gramas de vapor de água por quilo do ar seco (g/kg)" (LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F., 2004).

## **Temperatura de bulbo úmido**

Temperatura medida com o bulbo do termômetro envolto em gaze. Em situações de baixa umidade, a água contida na gaze evapora fazendo com a temperatura do bulbo se reduza. Em situações de alta umidade, praticamente não haverá evaporação e conseqüentemente a ausência de redução da temperatura medida.

## **Temperatura de bulbo seco**

Temperatura medida com o bulbo do termômetro sem a proteção da gaze.

## **Sistema auxiliar de aquecimento**

Resistência elétrica para o aquecimento auxiliar localizada nos reservatórios de água quente. Funciona em conjunto com um termostato que é um acionador tipo liga/desliga comandado por sensor de temperatura.

## **Sistema de retroalimentação**

Princípio no qual parte da informação de saída alimenta o sistema como informação de entrada.

## **Umidade relativa**

É a relação da umidade absoluta (peso do vapor d'água contido em uma unidade de volume de ar – g/m<sup>3</sup>) com a capacidade máxima do ar de reter vapor d'água àquela temperatura (FROTA, 1988).

# Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Conservação e reúso da água em edificações**. Disponível em: <[http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061127112009\\_Conservação%20e%20reuso.pdf](http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/arquivos/20061127112009_Conservação%20e%20reuso.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA. Grupo de Trabalho de Sustentabilidade. **Recomendações básicas de sustentabilidade para projetos de arquitetura**. Disponível em: <[http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/artigos/recomendacoes\\_basicas-asbea.php?>](http://www.cbcs.org.br/comitestematicos/projeto/artigos/recomendacoes_basicas-asbea.php?>). Acesso em: 10 jun. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13591**: compostagem. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2\\_RTQ\\_C.pdf](http://www.labee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2_RTQ_C.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Instrução Normativa nº1**, de 19 de janeiro de 2010. Disponível em: <[http://www.int.gov.br/Novo/pregao/pdfs/INT\\_RJ\\_Instrucao\\_Normativa\\_012010.pdf](http://www.int.gov.br/Novo/pregao/pdfs/INT_RJ_Instrucao_Normativa_012010.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2010.

CARDOSO, F.; ARAUJO, V. **Levantamento do estado da arte**: canteiro de obras. São Paulo: Projeto FINEP 2386/04, 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D1-6\\_canteiro\\_de\\_obras.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D1-6_canteiro_de_obras.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

CARVALHO, G. Estação solar de aquecimento de água. **Téchne**, São Paulo, edição 146, ano 17, p. 77-80, maio 2009.

CASADO, M; FUJIHARA, M. **Guia para sua obra mais verde**. São Paulo: Green Building Council Brasil, 2009.

CLARKE, R.; KING, J. **O atlas da água**. São Paulo: Publifolha, 2005.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. Comitê Temático de Projeto. **O Projeto e a sustentabilidade do ambiente construído**. Disponível em: <[http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/projeto/CT\\_projeto.pdf?>](http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/projeto/CT_projeto.pdf?>). Acesso em: 10 jun. 2010.

CONSELHO BRASILEIRO DE MANEJO FLORESTAL FSC BRASIL. **Cartilha Institucional**. Disponível em: <[http://www.fsc.org.br/arquivos/05abr2006\\_\\_cartilha\\_fsc\\_nr6.pdf](http://www.fsc.org.br/arquivos/05abr2006__cartilha_fsc_nr6.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

DEPARTMENT OF WATER RESOURCES – STATE OF CALIFORNIA. **Graywater guide: using graywater in your home landscape**. Disponível em: <[http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/graywater\\_guide\\_book.pdf](http://www.water.ca.gov/wateruseefficiency/docs/graywater_guide_book.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

FROTA, A. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 1988.

GORE, A. **Nossa escolha**. Barueri: Manole, 2010

GONÇALVES, R. (Coord.). **Uso racional da água em edificações**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

GONÇALVES, R. (Coord.). **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

ICLEI European Secretariat GmbH. **Guia de compras públicas sustentáveis**. 2. ed. 2008. Disponível em: <<http://www.catalogosustentavel.com.br/index.php?page=Conteudo&id=7>>. Acesso em: 28 jun. 2010.

INÁCIO, C; MILLER, P. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/index4.html>>. Acesso em: 11 jun. 2010.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. **Levantamento do estado da arte: energia**. São Paulo: Projeto FINEP 2386/04, 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-2\\_energia.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-2_energia.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.



LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: ProLivros, 2004.

LEED. Leadership in Energy & Environmental Design. **Green Building Rating system for new construction & major renovations (LEED-NC) versão 2.1**. LEED: 2002. Disponível em: <[http://www.usgbc.org/Docs/LEED-Ddocs/LEED\\_RS\\_v2-1.pdf](http://www.usgbc.org/Docs/LEED-Ddocs/LEED_RS_v2-1.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2010.

LIPPIATT, B. Building for environmental and economic sustainability: technical manual and user guide. **NIST – National Institute of Standards and Technology: 2007**. Disponível em: <<http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/download.html>>. Acesso em 21 jun. 2010.

LITTLE, W. **Graywater guidelines**. The water conservation alliance of southern Arizona. Disponível em: <<http://www.watercasa.org/graywaterguidelines.php>>. Acesso em: 11 jun. 2010.

MAGALHÃES, L. **Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos**. PROCEL, 2001. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID=%7b60F8B9E9-77F5-4C5B-9-E94-B1CC0CE1EAB%7d>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

OLIVEIRA, L. et al. **Levantamento do estado da arte: água**. São Paulo: Projeto FINEP 2386/04, 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-1\\_agua.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-1_agua.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

PRADO R. et al. **Levantamento do estado da arte: energia solar**. São Paulo: Projeto Finep 2386/04, 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-3\\_energia\\_solar.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-3_energia_solar.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

PROGENSA. **Instalaciones de energia solar**. t. 5. Sistemas de conversión eléctrica. 5. ed. Sevilla: ProgenSA, 2001.

SOUZA, U.; DEANA, D. **Levantamento do estado da arte: consumo de materiais**. São Paulo: Projeto FINEP 2386/04, 2007. Disponível em: <[http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-5\\_consumo\\_materiais.pdf](http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-5_consumo_materiais.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2010.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. São Paulo: Navegar Editora, 2000.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para apresentação de documentos científicos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2000.

VIGGIANO, M. Compostagem: solução prática para o problema do lixo urbano nos pequenos e grandes centros. **Sistemas prediais**, São Paulo, edição 10, p. 22-26, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.nteditorial.com.br/revista/Materias/?RevistaID1=7&Edicao=61&id=922>>. Acesso em: 11 jun. 2010.

VIGGIANO, M. **Diretrizes de sustentabilidade para edifícios públicos**. Brasília: Senado Federal, 2008.

VIGGIANO, M. Matrizes sistêmicas de avaliação em projetos ecológicos de arquitetura. In: **Encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis**. São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://issuu.com/marioviggiano/docs/matrizes>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

VIGGIANO, M. **Projetando com diretrizes bioclimáticas**. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://issuu.com/marioviggiano/docs/diretrizesbioclimaticas>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

VIGGIANO, M. **Reúso das águas cinzas**. Brasília: Mundo Futuro, 2008. Disponível em: <<http://issuu.com/marioviggiano/docs/aguascinzas2010>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

VIGGIANO, M. Sistema de reúso das águas cinzas. **Techne**, São Paulo, edição 98, ano 13, p. 76-79, maio 2005.

YEANG, K. **Proyectar con la Naturaleza**. Espanha: Gustavo Gilli, 1999.

### ***Publicações de interesse para os temas abordados na cartilha***

AISSE, M. (Coord.) **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198**: projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: água da chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

GREVEN, H.; BALDAUF, A. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Porto Alegre: ANTAC, 2007, Coleção Habitare, 9.

## Softwares *gratuitos*

LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética. **Climaticus 4.2**. São Paulo: FAUUSP, 2005. Dowload gratuito. Disponível em: <[www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html](http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html)>. Acesso em: 18 jun. 2010.

LABEEE – laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Analysis Bio 2.1.5**. Florianópolis: UFSC, 2009. Dowload gratuito. Disponível em: <[www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html](http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html)>. Acesso em: 18 jun. 2010.

NATURAL RESOURCES CANADA. **Retscreen 4**. Canada, 1997/2000. Dowload gratuito. Disponível em: <[www.retscreen.net/pt/home.php](http://www.retscreen.net/pt/home.php)>. Acesso em: 18 jun. 2010.

NIST – National Institute of Standards and Tecnology. **BEES 4.0** – Building for Environmental and Economic Sustainability – Build and Fire Research laboratory. 2007. Dowload gratuito. Disponível em: <[www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/download.html](http://www.bfrl.nist.gov/oe/software/bees/download.html)>. Acesso em: 21 jun. 2010.



**Realização**



**Apoio**



**[www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde](http://www.senado.gov.br/sf/senado/programas/senadoverde)**