



Estudo de viabilidade de sistema de reuso de águas cinzas em um edifício residencial multifamiliar – Estudo de caso

Maria Gabriela Coral Maccarini ¹, Flávia Cauduro ², Jaison Araujo Speck ³, Christiane Ribeiro da Silva ⁴, Márcio Vito ⁵

¹Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense (maria_gabriela35@hotmail.com)

² Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense (flavia.cauduro@unesc.net)

³ Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense (jspeck@casan.com.br)

⁴ Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense (christiane@unesc.net)

⁵ Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense (marciovito@unesc.net)

Resumo

Ações para racionalizar o consumo de água devem ser implantadas. Alternativas como o uso de águas pluviais e o reuso de águas cinzas ambas para fins não potáveis em edificações são maneiras possíveis de racionalizar e gerenciar os recursos hídricos em grandes centros. O presente estudo de caso, tendo como objeto um edifício residencial, objetiva estudar a viabilidade do sistema de reuso de águas cinzas. No dimensionamento do estudo foram consideradas a demanda e a oferta de águas cinzas, sistema de tratamento, economia gerada, quantitativo e custos de materiais, serviços e mão de obra para implantar o sistema. Com os custos de implantação, manutenção e economia de água foi realizada a análise financeira. O investimento do sistema mostrou ser economicamente viável com economia anual de R\$7.783,64 e retorno do investimento menor que 11 anos. Desde o início da implantação do sistema a edificação tem ganhos intangíveis com a preservação dos recursos ambientais, sociais, econômicos e a valorização da edificação.

Palavras-chave: *Reuso. Águas cinzas. Racionalização da água.*

Área Temática: Águas resíduárias.

Viability study of wastewater reuse system in a multifamily residential building - case study

Abstract

Actions to rationalize water use must be implemented. Alternatives such as the use of rainwater and wastewater reuse are potential in buildings and They are possible ways to rationalize and manage water resources in big cities. The objective is to study the viability of the wastewater reuse system in a multifamily residential building. In the study were considered for the implementation of the system: the design, demand and supply of wastewater, treatment system, generated economy, quantitative and costs of materials and services. The system's investment proved to be economically viable with annual savings of R\$ 7,783.64 and return on investment of less than 11 years. The implantation of the system of building has intangible gains with a preservation of the environmental, social, economic resources and a valorization of the building.

Key words: Reuse water. Wastewater. Rationalization of water.

Theme Area: wastewater.



1 Introdução

A água é um recurso natural renovável, fundamental para sobrevivência humana e ocupa cerca de 70% da superfície terrestre, sendo somente 2,5% de água doce. A escassez do recurso em vários países é justificada pela má distribuição de água doce pelo planeta. Além disso, a poluição e contaminação de rios e lagos diminuem a quantidade de água de qualidade disponível.

A disponibilidade da água é um dos mais importantes fatores de controle habitacional e de desenvolvimento regional. Em termos de bacia hidrográfica, o volume de água é sempre constante, enquanto a demanda de uso regional na bacia é sempre crescente, em função do crescimento populacional, industrial, irrigação e de outros usos (LEME, 2014).

Regiões áridas e semiáridas não são as únicas atingidas pela escassez de água. Muitas áreas com recursos hídricos abundantes vivenciam problemas de uso e sofrem restrições de consumo que afetam o desenvolvimento econômico e qualidade de vida, já que possuem demandas excessivamente elevadas, sendo os recursos insuficientes para atendê-las (TUNDISI, 2003).

As edificações são grandes consumidoras de recursos naturais, segundo Wines (2000), consumindo 16% do fornecimento mundial de água potável. É de fundamental relevância que este consumo seja feito de maneira racional e consciente, reduzindo os índices de perdas e desperdícios.

Uma alternativa para enfrentar este problema é adotar processos de reuso de água. Segundo Fernandes et al. (2006) “Reuso da água é a reutilização da água, que, após sofrer tratamento adequado, destina-se a diferentes propósitos, com o objetivo de se preservarem os recursos hídricos existentes e garantir a sustentabilidade.”. O reuso da água em edificações permite o aproveitamento deste recurso para usos menos nobres, minimizando a produção de efluentes e o consumo de água fornecida pelas companhias de saneamento, gerando resultados positivos tanto para o meio ambiente como para a economia.

Segundo o Manual da FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo) (2005), “Água cinza para reuso é o efluente doméstico que não possui contribuição da bacia sanitária e pia de cozinha, ou seja, os efluentes gerados pelo uso de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas.”.

O reuso de águas cinzas pode resultar em economia de água potável, economia de energia elétrica e menor produção de esgoto sanitário na escala das edificações. Em uma escala maior, resulta em preservação dos mananciais de água, por diminuir a quantidade de água captada e por reduzir o lançamento de esgoto sanitário pelas áreas urbanas, além de reduzir o consumo de energia elétrica (GONÇALVES, 2006).

Para determinar ações de conservação de água, como o reuso de águas cinzas, é indispensável o conhecimento da distribuição do consumo, que pode variar com o clima da região, renda familiar, tipologia da edificação e características culturais. Estudo realizado pela USP, publicado na BIO em 2002, lista o consumo de água num ambiente residencial, são 29% destinados a descargas de bacias sanitárias, 28% no chuveiro, 17% em pia de cozinha, 9% no lavatório e os demais aparelhos com contribuições inferiores a 6%.

A implantação do sistema de reuso de águas cinzas ocorre principalmente por fatores ambientais e econômicos, o qual gera uma economia significativa no consumo de água potável e consequentemente na fatura da mesma. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade de implantação de sistema de reuso de águas cinzas para fins não potáveis em um edifício residencial existente na cidade de Criciúma, Santa Catarina.

Para realização deste estudo será necessário: estudar o emprego das águas cinzas e a distribuição física destas na edificação; projetar a oferta e demanda de águas cinzas na



edificação; determinar o tratamento adequado para o estudo de caso; e analisar a viabilidade financeira do estudo de caso.

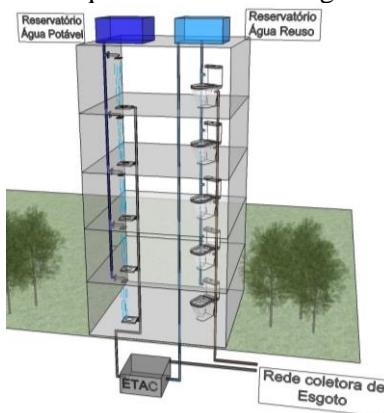
2 Materiais e métodos

Este estudo de caso será realizado em um edifício residencial multifamiliar com 9 pavimentos, sendo 7 pavimentos tipo, um subsolo e o térreo. Três apartamentos por pavimento com exceção da cobertura que são 2 apartamentos. Cada apartamento contém 4 banheiros, somados com os banheiros do salão de festas, área da piscina e área dos funcionários totalizam 84 banheiros.

2.1 Sistema de reuso de águas cinzas

O esquema apresentado na figura 1 representa o funcionamento do sistema, de reuso de águas cinzas, proposto para o estudo de caso. O sistema consiste nas seguintes etapas: o reservatório de água potável é abastecido pela rede pública da concessionária ou qualquer sistema particular de fornecimento de água; a água armazenada pelo reservatório atende os pontos que necessitam de água potável, como chuveiros, lavatórios, pia da cozinha, máquina de lavar e tanque; as águas cinzas são coletadas e tratadas na ETE, Estação de Tratamento de Efluentes ou ETAC - Estação de Tratamento de Águas Cinzas; e são reservadas; o reservatório superior abastece as descargas de bacias sanitárias; por fim a água de reuso, utilizada nas descargas, agora considerada água negra, é destinada à rede pública coletora de esgoto.

Figura 1. Esquema de reuso de águas cinzas.



O sistema de águas cinzas não deve ter contato com o sistema de água potável para assegurar a potabilidade desta última. Os reservatórios de águas cinzas e de água de reuso, água tratada, devem possuir extravasor e limpeza com destino final para a rede pública coletora de esgoto.

2.2 Tratamento para água de reuso

O manual da FIESP propõe os possíveis tratamentos a serem implantados de acordo com as fontes alternativas de água em uma edificação, apresentados na tabela 1.

O processo de tratamento proposto pelo modelo da figura 2, atendendo a tabela 1 para uso nas descargas das bacias sanitárias, consiste nas seguintes etapas: o efluente é captado e gradeado, sólidos grosseiros são retirados; o efluente é armazenado no reservatório de água bruta, a seguir são feitos os processos de floculação, decantação e filtragem em areia e carvão; o tratamento é finalizado com desinfecção por cloro no reservatório de água tratada; o efluente é bombeado para o reservatório superior de água de reuso, estando pronto para ser



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

utilizado. O lodo gerado é desidratado através de “geobag” que acelera a secagem. Deve ser gerenciado pelo condomínio para correto destino final, por exemplo, aterro sanitário.

A estação compacta proposta tem operação automática: dosagem dos produtos químicos; tratamento; bombeamento do processo e retro lavagem do filtro. Dependendo de processos manuais as manutenções do conjunto e limpezas dos reservatórios e tratamento preliminar.

Tabela 1. Sistemas de tratamentos recomendados em função dos usos potenciais e fontes alternativas de água.

USOS POTENCIAIS	FONTES ALTERNATIVAS DE ÁGUA					
	Pluvial	Drenagem	Máquina de lavar roupas	Lavatório + chuveiro		
Lavagem de roupas	A + B + F + G	C ou D + F	(D ou E) + B + F + G	(D ou E) + B + F + G		
Descargas em bacias sanitárias						
Limpeza de pisos		C + F + G				
Irrigação, rega de jardins						
Lavagem de veículos		C ou D + F + G				
Uso ornamental						

Tratamentos Convencionais:

A= Sistema físico: gradeamento

B = Sistema físico: sedimentação e filtração simples através de decantador e filtro de areia

C = Sistema físico: filtração através de um filtro de camada dupla (areia + antracito).

D = Sistema físico-químico: coagulação, floculação, decantação ou flotação.

E = Sistema aeróbio de tratamento biológico lodos ativados.

F = Desinfecção.

G = Correção de pH.

Fonte: FIESP, 2005.

Figura 2. ETA de reuso com reservatórios enterrados, modelo com vazões de 800 a 5.000 l/h.



Fonte: Adaptado de ALFAMEC, 2017.

Tabela 2. Norma brasileira NBR 13.969/97 e padrões recomendados pelo manual da FIESP (2005).

Parâmetros	Manual da FIESP (BRASIL et al., 2005)	NBR 13.969 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997)
pH	6,0 - 9,0	-
Cor (UH)	≤ 10	-
Turbidez (NTU)	≤ 2	< 10
Odor e aparência	Não desagradáveis	
Óleos e graxas (mg/L)	≤ 1	-
DBO (mg/L)	≤ 10	-
Coliformes fecais (NMP/100mL)	Não detectáveis	< 500
Compostos orgânicos voláteis	Ausentes	-
Nitrato (mg/L)	≤ 10	-
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	≤ 20	-
Nitrito (mg/L)	≤ 1	-
Fósforo total (mg/L)	≤ 0,1	-
Sólido suspenso total (SST) (mg/L)	≤ 5	-
Sólido dissolvido total (SDT) (mg/L)	≤ 500	-

Fonte: FIESP (2005) e NBR 13.969/97



O sistema de tratamento utilizado neste estudo de caso atende, segundo o fabricante, a proposta de tratamento recomendada pela NBR 13.969/97 e pelo manual da FIESP, apresentado na tabela 2. Durante o funcionamento do sistema o efluente tratado deve ser monitorado, sendo que as concentrações obtidas no efluente tratado dependem das características da água cinza gerada.

2.3 Análise financeira

Para estudo e análise da viabilidade de implantação do sistema primeiramente identificou-se o quantitativo de material e os custos de material, operação e manutenção.

Na elaboração do orçamento foram utilizados valores de acordo com a tabela SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, tabela de preço da CASAN-Companhia Catarinense de Águas e Saneamento e orçamentos com empresas do mercado. Os valores relacionados a tabela da CASAN e SINAPI foram acrescidos BDI, Benefícios e Despesas Indiretas, de 24,18% de acordo com o TCU, Tribunal de Contas da União.

Com a economia anual do consumo de água devido a implantação do sistema de reuso, juntamente com o valor de implantação e gastos anuais realizou-se o fluxo de caixa com entradas e saídas em um período de 15 anos, de acordo com a vida útil do equipamento (15 a 20 anos).

O valor presente líquido, representado pela equação 1, é determinado pela soma dos valores do fluxo de caixa, trazidos para o tempo presente. Ou seja, valores futuros são descontados para a data presente e somados com o valor inicial do fluxo de caixa. (HOCHHEIM, 2002)

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

VPL: Valor presente líquido; F: Representa os valores do fluxo de caixa; i: Taxa mínima de atratividade (TMA); t: Representa os períodos.

A taxa mínima de atratividade, segundo Filho e Kopittke (2000) é a taxa a partir da qual o investidor acredita que está lucrando financeiramente. A taxa adotada no trabalho em questão, foi a taxa SELIC, Sistema Especial de Liquidação e Custódia, obtida no Banco Central do Brasil. A média dos valores entre janeiro até abril de 2017 foi de 12,07% ao ano.

Após o cálculo do VPL pode-se analisar a viabilidade do investimento. Se VPL for maior que zero, o investimento é viável e terá um retorno do capital investido com uma taxa maior que TMA; se o valor de VPL for igual a zero, o investimento ainda é viável, só que apresentará um retorno com taxa igual a TMA; já se o valor de VPL for negativo, o investimento não é viável, o retorno terá uma taxa inferior a TMA.

Para determinar o Tempo de Retorno do Capital (TRC) verifica-se em que instante o somatório dos valores no instante “0” torna-se positivo. O último período com valor negativo é o ano em que se tem retorno do investimento, somando-se o débito deste período com o crédito do ano seguinte e dividindo-se por 12, tem-se a economia em um mês.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa i para VPL igual a zero, como mostra a equação 2. Pode-se considerar um investimento viável se $TIR \geq TMA$.

$$\sum_{t=0}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

F: Representa os valores do fluxo de caixa; i: Taxa de juros obtida; t: Representa os períodos.



3 Resultados e discussões

3.1 Demanda e oferta de águas cinzas

Como forma de reuso, de acordo com as características do empreendimento, é previsto a utilização dos efluentes tratados e desinfetados na descarga dos vasos sanitários. A vazão de reuso necessária será a demanda provocada pelas descargas dos vasos sanitários. Considerando que 29% do consumo médio mensal de água é utilizado nas bacias sanitárias a demanda diária para abastecimento das bacias sanitárias é de 3.577,47 l/dia. Para determinar a oferta diária de águas cinzas foi considerado os dados do estudo realizado pela USP e o consumo médio mensal da edificação, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Oferta diária de águas cinzas

Ponto de consumo	Consumo mensal em %	Vazão em l/dia
Chuveiro	28	3.454,11
Lavatório	6	740,17
Maq. Lavar roupa	9	1.110,25
Tanque	6	740,17
Outros	49	6.044,69

Com base nos valores de demanda e oferta desta edificação, é constatado que a oferta de águas cinzas suprirá a demanda das bacias sanitárias neste estudo de caso.

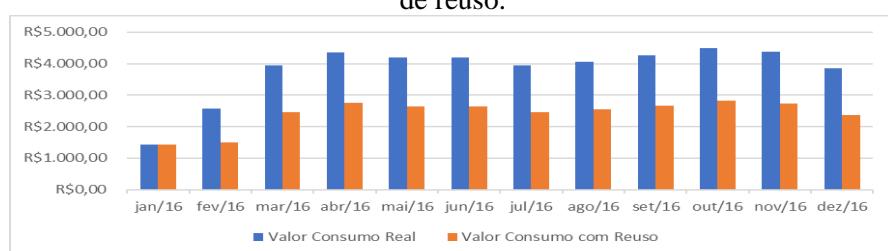
Para reservar o volume de águas cinzas foram projetados três reservatórios: um para água cinza bruta e dois para água cinza tratada. O reservatório de água cinza bruta com volume de 5.000 litros garante o funcionamento da ETE por 6,25 horas, considerando a vazão da ETE de 800 l/h. Os reservatórios de água cinza tratada, inferior e superior, foram adotados com 5.000 e 3.000 litros, respectivamente. Considerando a demanda diária das bacias sanitárias de 3.577,47 litros, o volume reservado atende o condomínio por 2,24 dias em caso de manutenção ou parada programada da ETE.

3.1.1 Análise do consumo do sistema de reuso

A utilização da água cinza tratada nas bacias sanitárias resulta na economia de 29% do consumo de água. Os valores de consumo foram calculados considerando a implantação do sistema de reuso de águas cinzas e obteve consumo monetário médio mensal de R\$ 2.418,29, representando economia média mensal de R\$ 1.392,93. Economia anual de 1.281m³ de água potável e, consequentemente, o impacto financeiro para os condôminos com a economia anual na conta de água, de R\$ 16.715,16.

As figuras 3 comparar graficamente o consumo real e o hipotético com o sistema de reuso e mostra a redução no valor de água potável consumida.

Figura 3. Gráfico comparativo do valor consumido real X valor hipotético consumido com o sistema de reuso.





6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

As reduções geradas, tanto de volume quanto de valor consumidos com água potável, pela aplicação deste sistema de reuso de águas cinzas são relevantes e motivadoras para as políticas de racionalização e uso consciente da água potável.

3.2 Análise financeira

A tabela 4, apresenta os custos para a implantação do sistema de reuso com valores orçados com empresas do mercado e a tabela 5, apresenta os custos para a implantação do sistema de reuso com os valores retirados da tabela do SINAPI e da CASAN com acréscimo de BDI.

Tabela 4. Custos para implantação do sistema de reuso de águas cinzas - I.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Uni. (R\$)	Preço Total
ETAC com fornecimento, instalação e treinamento	un	1	47.360,00	47.360,00
Cisterna em polietileno 5000l	un	2	4.175,27	8.350,54
Reservatório polietileno 3000l	un	1	1.070,91	1.070,91
Total				56.781,45

Tabela 5. Custos para implantação do sistema de reuso de águas cinzas - II.

Item	Unidade	Quantidade	Preço Uni. (R\$)	Preço Total
Bomba centrífuga com instalação 0,99HP 40m 600l/h	un	2	875,83	1.751,66
Escavação mecanizada de cavas em solo não rochoso com profundidade de até 2,00 m	m ³	36	4,44	159,84
Carga e descarga - solo	m ³	36	0,95	34,20
Transporte de material escavado (1Km)	m ³ xkm	36	0,62	22,32
Aterro /Reaterro de cavas com fornecimento de areia	m ³	26	47,19	1.226,94
Transporte de areia para aterro (5 km)	m ³ xkm	26x5	0,60	78,00
Tampão de ferro fundido simples com base 900 mm	un	2	1.286,67	2.573,34
Assentamento de tampão de ferro fundido 900 mm	un	2	90,23	180,46
Execução de base em concreto não estrutural	m ³	1,8	253,09	455,56
Tubo PVC DN 100mm para esgoto fornecimento e instalação	m	360	15,63	5626,8
Tubo PVC soldável água fria DN 25mm fornecimento e instalação	m	40	3,75	150
Total Sem BDI				12.259,12
Total com BDI (24,18%)				15.223,38

O sistema de reuso de águas cinzas apresentou um valor de investimento de aproximadamente 72 mil reais considerando: ETE, reservatórios, tubulações, estação elevatória, serviços e mão de obra. Nos custos mensais com a operação e manutenção do sistema, apresentados na tabela 6, foram considerados os seguintes itens: produtos químicos, geobag, energia elétrica, manutenção e revisão completa da estação de tratamento, foram determinados a partir de orçamentos com empresas do mercado.

A economia anual com a implantação do sistema de reuso de águas cinzas, subtraindo o valor do custo anual com manutenções do valor da economia anual na conta de água, será de R\$7.783,64. Considerado o reajuste anual da tarifa de água de 10%, de acordo com o último reajuste feito pela CASAN.



6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 10 a 12 de Abril de 2018

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é de 17%, sendo superior à TMA, confirmado a viabilidade do investimento e o tempo de retorno do capital investido de 10 anos e 4 meses.

Tabela 6. Gastos mensais/anuais para manutenção e operação do sistema de reuso de águas cinzas.

Item	Preço (R\$)	Frenquênci a anual	Custo mensal	Custo anual
Produtos químicos	120,00	12	120,00	1.440,00
Troca da Geobag	180,00	4	60,00	720,00
Manutenção	3.500,00	1	291,67	3.500,00
Energia elétrica	172,46	12	172,46	2.069,52
Limpeza dos reservatórios (3 uni)	67x3	2	33,50	402,00
Troca dos filtros	800,00	1	66,67	800,00
Total			744,29	8.931,52

4 Conclusão

Este estudo confirma que o sistema de reuso de águas cinzas em edifícios residenciais é viável do ponto de vista técnico e gera benefícios ambientais e econômicos. Fatores que tornam pesquisas como esta possíveis de serem, de fato, aplicadas.

Em um ambiente residencial a oferta de águas cinzas é maior que a demanda, fato que proporciona que a água cinza tratada seja utilizada em outros pontos de consumo que não necessitam de água potável, não considerados no presente trabalho, como: lavagem de pisos e veículos, rega de jardins, etc. Valorizando o sistema de reuso e promovendo maior economia financeira e dos recursos hídricos.

As novas tecnologias de tratamento de efluentes permitem a implantação do sistema de reuso de forma prática e viável para os condôminos/investidores demandando pouco espaço físico, pouca manutenção e funcionamento automático.

A implantação do sistema de reuso é atrativo por gerar economia anual de R\$7.783,64 com retorno do investimento em período menor que 11 anos.

Por fim, os ganhos proporcionados pelo sistema de reuso são intangíveis com a preservação dos recursos ambientais, econômicos e sociais; e a valorização indireta das edificações no mercado imobiliário.

Referências

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13969**. Rio de Janeiro, 1997.
- ALFAMEC. **Estação de tratamento de água para reuso**. Ribeirão Pires, SP: 2017.
- ANA/FIESP/SINDUSCON-SP. **Conservação e reuso de água em edificações**. São Paulo, Prol Editora Gráfica, 2005.
- BIO: **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, jan/mar, 2002.
- CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento. **Tarifa residencial**: Disponível em: <<http://www.casan.com.br/menuconteudo/index/url/residencial#300>> Acesso em: 02 mar. 2017.
- FERNANDES, ET AL. **Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, 2006.
- FILHO, N. C. e KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 9ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.
- GONÇALVES, R. F. et al. **Uso Racional da Água em Edificações**. Vitória: ABES, 2006.
- HOCHHEIM, N. **Engenharia Econômica**. IBAPE. Florianópolis, 2002.
- LEME, **Manual prático de tratamento de águas residuárias**, 2. ed. São Carlos. SP. 2014.
- TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; RODRÍGUEZ, S. L. **Gerenciamento e Recuperação das Bacias Hidrográficas dos Rios Itaqueri e do Lobo e da Represa Carlos Botelho (Lobo-Broa)**. IIE, IIEGA, PROAQUA, ELEKTRO, 2003
- WINES, J. **Green Architecture**. Milan: Taschen, 2000.