



Estudo da viabilidade de realização de retrofit sustentável em edificação existente

Feasibility study of execution of sustainable retrofit in an existing building

Adriano Lucio Dorigo* e Anna Rhoden Cari**

*Arquiteto e Urbanista (UFPR, 1999), Mestre em Tecnologia (UTFPR, 2007). Professor de graduação e pós-graduação pela Universidade Positivo e pela FAG - Cascavel, é sócio da empresa Logi Arquitetura, onde trabalha com projetos do setor imobiliário, corporativo e de varejo.

**Arquiteta e Urbanista (FAG - Cascavel, 2006), especialista em Auditoria e Perícia Ambiental (Univel, 2011), especialista em Sustentabilidade em Arquitetura e Desenvolvimento Urbano (Universidade Positivo, 2012), trabalha com projetos arquitetônicos residenciais, comerciais e industriais.

Resumo

Este trabalho avaliou a viabilidade de implantação de estratégias sustentáveis em uma edificação comercial, visando sua readequação ambiental. Os resultados poderiam servir como forma de incentivo ao retrofit sustentável, evitando demolições e favorecendo o reaproveitamento de edifícios existentes, contribuindo assim para diminuir o impacto gerado pela construção civil. Foram simulados e analisados os resultados que seriam obtidos com a inserção de diversas estratégias usualmente presentes em construções sustentáveis, capazes de reduzir o consumo de recursos e aumentar a sua eficiência energética. Comparando-se os resultados, o investimento e o tempo de “payback”, pode-se verificar a viabilidade da proposta.

Palavras-chave: Retrofit. Construções sustentáveis. Eficiência energética.

Abstract

This study evaluated the feasibility of implementing sustainable strategies in a commercial building, aiming their environmental readjustment. The results could serve as incentive to sustainable retrofit avoiding demolitions and encouraging the reuse of existing buildings, contributing to decrease the environmental impact generated by constructions. It were simulated and analyzed the results which could be obtained with the inclusion of different strategies usually found in sustainable buildings, capable of reducing resource consumption and increase energy efficiency. Comparing the results, the investment and the “payback” time, it was possible to verify the feasibility of the proposal.

Keywords: Retrofit. Sustainable buildings. Energy efficiency.

Introdução

O conceito de “sustentável” é, segundo Gonçalves e Duarte (2006), multidisciplinar, abrangendo aspectos sócio-econômicos e ambientais. Aplica-se, assim, a todos os ramos do desenvolvimento, dentre os quais inclui-se a construção civil, atividade que, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente do Brasil (2012), está entre as atividades mais impactantes negativamente para o meio ambiente. O surgimento de novas edificações traz uma série de consequências: além do impacto causado com sua implantação, fundações, poluição do ar, sonora e resíduos, entre outros, requer também a extração de minerais do meio ambiente para a utilização durante a obra, como pedra brita e areia. Além disso, em uma situação pós-ocupação, tem-se os impactos gerados pela manutenção da edificação, com seu consumo de recursos, dentre os quais se destacam energia e água.

O impacto ao meio ambiente gerado pela construção civil tem sido alvo de grandes dis-

cussões. A busca de novas técnicas e tecnologias que o reduzam, não somente nas fases de projeto e obra, mas também no pós-uso da edificação e em sua manutenção - o que se torna cada vez mais interessante para o usuário - vem sendo objetivo de diversos estudos realizados em todo o mundo. No Brasil, o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2010) previu que nos próximos 15 anos haverá maior exigência por certificações de qualidade, maior rigidez no controle e no tratamento de resíduos, bem como leis obrigando as empresas a implementarem sistemas de “produção verde” nos moldes dos *green buildings*.

Devido à existência de um grande número de edificações que ainda não contam com a aplicação de nenhuma iniciativa sustentável, o que colabora para o aquecimento global, formações de ilhas de calor e consequente impac-

to ambiental, torna-se evidente a necessidade de adaptação destas construções para a redução destes fatores. Assim, este trabalho diz respeito à verificação da viabilidade de implantação de propostas para readequação de uma edificação existente, onde hoje funciona um Laboratório de Análises Clínicas, situada no município de Campo Mourão, no estado do Paraná, aproximando-a dos conceitos de edificação sustentável. Ao tipo de readequação que é objeto dessa pesquisa comumente é dado o nome de retrofit.

De acordo com Mendonça (2012), etimologicamente a palavra retrofit se origina da seguinte maneira: retro, prefixo do latim que significa “para trás” e fit, verbo em inglês que significa “ficar bem, adaptar”. Portanto, retrofit significa readaptar, reabilitar ou requalificar, em qualquer dos seus aspectos. Logo, na construção civil, conclui-se que diz respeito à modificação de uma edificação para adaptá-la a novas necessidades e tendências.

Tem-se então que, incentivando o retrofit sustentável das construções pode-se, com a sua readequação, não só evitar a demolição, mas também propiciar um melhor reaproveitamento das suas instalações. Como consequência, tem-se a redução do impacto gerado com o aparecimento de novas edificações, sejam elas ecologicamente corretas ou não.

Objetivo

O objetivo deste artigo é apresentar dados relativos à inserção de estratégias sustentáveis em uma edificação comercial existente, visando a redução da demanda energética, do consumo de água, da geração de resíduos, entre outros, avaliando sua viabilidade a partir da comparação entre os custos de implantação e o tempo necessário para recuperação do investimento.

Método

O trabalho iniciou-se com um levantamento do local onde as iniciativas seriam implantadas, para verificação dos materiais existentes, das condições de insolação, ventilação, assim como do consumo de recursos para manutenção do edifício e demais aspectos que pudessem interferir no seu desempenho.

Na sequência, para fins de redução dos custos de manutenção da edificação foram definidas algumas estratégias passivas que poderiam tornar o edifício mais sustentável, abordando sobretudo a gestão da água e a gestão energética, conforme apresentado a seguir.

Telhado verde

A técnica de telhado verde, também conhecido como jardim elevado, consiste no cultivo de plantas, geralmente rasteiras, sobre lajes e co-

berturas. A principal vantagem para o usuário do edifício é o conforto térmico, visto que, segundo Abreu (2011), essa estratégia pode trazer uma redução de mais de 40% no aquecimento da edificação, reduzindo gastos com energia para a manutenção de equipamentos climatizadores. Essa, porém, não é a única vantagem: a estratégia ainda auxilia na qualidade do clima urbano, melhora a vida útil das edificações, já que protege os fechamentos contra as grandes variações de temperatura, e reduz a velocidade de escoamento de águas de chuva para a rede pública, aliviando o sistema e diminuindo os riscos de enchentes. Ferreira e Moruzzi (2012) comprovam essa última vantagem dizendo que, nas regiões de índice pluviométrico elevado, essas áreas podem reter até 100% do volume de água da chuva, liberando então aos poucos para a rede.

A substituição do telhado convencional pelo telhado verde se torna bastante viável em edificações existentes dotadas de laje, visto que o peso da cobertura verde saturada é equivalente ao peso da cobertura cerâmica convencional, sendo de aproximadamente 50 Kg/m², de acordo com o engenheiro João Manuel Linck Feijó, em Arcoweb (2012).

Parede verde

O sistema da parede verde pode servir como revestimento tanto de paredes internas quanto externas, apresentando vários benefícios como proteção térmica, valorização do imóvel e isolamento térmico.

Existem atualmente no mercado diversos sistemas de parede verde, mas independentemente da forma de construção, os sistemas funcionam de maneira semelhante. Basicamente, consistem de uma estrutura metálica que é fixada na parede e, sobre ela, painéis modulares onde as espécies são plantadas. Faz-se necessária a irrigação e, para isso, mangueiras de gotejamento são intercaladas entre os painéis. Em alguns casos, deve-se impermeabilizar a parede onde será fixada a estrutura. Entre a parede e a estrutura ocorre um afastamento, onde se dá a ventilação do fechamento.

Torneiras dosadoras

Tendo em vista a degradação dos recursos hídricos e a consequente escassez de água potável, torna-se importante o seu uso racional e gerenciamento eficaz. Apesar disso e mesmo com todas as discussões a respeito do assunto, sabe-se que o mau uso e o desperdício desse recurso são comuns e originados por diversos motivos. No entanto, as estratégias que auxiliam para a reversão desse quadro mostram-se atualmente bastante diversificadas e acessíveis.

Assim, como contribuição para a melhoria da gestão da água, as torneiras de fechamento automático com mecanismo de pressão vêm sendo cada vez mais utilizadas, principalmente em empreendimentos comerciais e empresariais, com dados de fabricantes apontando para economias de até 40% quando comparadas com sistemas

convencionais. Mostram-se, portanto, uma alternativa interessante quando o objetivo é controlar os desperdícios e reduzir o consumo de água, indo de encontro aos propósitos dessa pesquisa.

Coleta e reuso de água pluvial

Seguindo o mesmo pensamento do uso racional de água, uma das maneiras para se conseguir isso se refere ao reaproveitamento da água de chuva.

No Brasil, o desenvolvimento da captação e utilização das águas pluviais aumentou com a criação, em 8 de julho de 1999, da Associação Brasileira de Manejo e Captação da Água de Chuva – ABCMAC, que reúne equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto. A Lei das Águas, que regulamenta a utilização deste recurso ainda não cita a utilização das águas pluviais. Porém, em algumas cidades, como Curitiba, capital do estado do Paraná, já existe uma legislação (decreto 293/2006) regulamentando a obrigatoriedade da implantação de cisternas para captação de água pluvial para reutilização em fins não potáveis, algo que só vem a contribuir para a disseminação da cultura de preservação.

Sensores de presença

O desperdício de energia elétrica é tão preocupante quanto de outros recursos. Questão comum em edificações diz respeito ao acendimento desnecessário de lâmpadas ou ao seu não-apa-

gamento, mesmo em áreas não ocupadas. Diversos recursos de automatização apresentam-se como possíveis soluções para esses “pequenos” descuidos, de grandes consequências.

A instalação de sensores de presença para acendimento automático de lâmpadas é um exemplo disso. O sistema consiste em substituir o interruptor pelo sensor e configurá-lo para que deixe a lâmpada acesa o tempo necessário, normalmente variando entre 5 segundos e 5 minutos.

O custo benefício dessa iniciativa é bastante evidente, visto que nos ambientes onde ocorre pode-se obter uma economia de energia bem significativa, já que muitas vezes esquece-se de apagar a lâmpada e esta fica acesa sem a real necessidade de iluminação.

Vidros

O fato de ser impermeável, resistente e translúcido torna o vidro um material bastante interessante no que diz respeito a questões arquitetônicas. Segundo Lamberts (2004), a radiação solar, ao bater no vidro, transforma-se em energia, sendo que parte dessa é transmitida para dentro do ambiente (ganho direto), parte é refletida e parte é absorvida pelo vidro, sendo depois irradiada para ambos os lados, como pode ser visto na figura 1. A energia solar que entra em um local através do vidro é absorvida pelos objetos e pelas paredes internas, que se aquecem

o conseqüentemente aquecem também o ambiente interno.

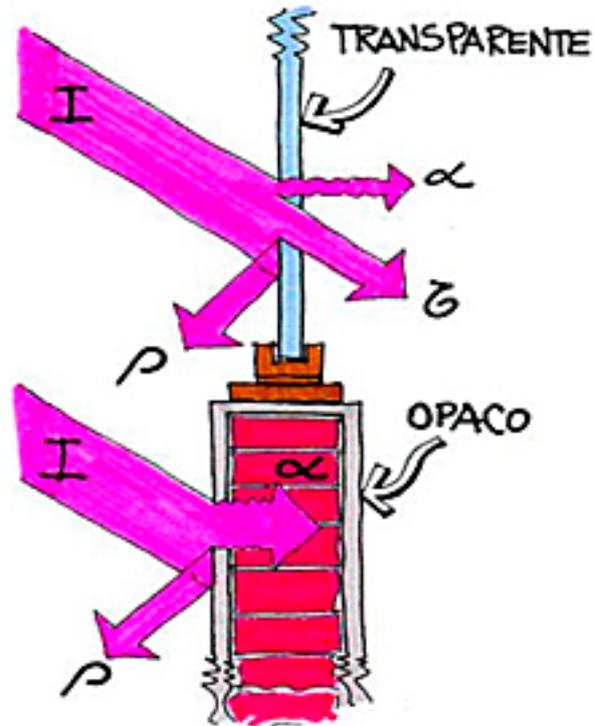


Figura 1. Transmissão solar nos fechamentos. Fonte: Lamberts et al (2004)

A parte transmitida é composta por raios ultravioleta, raios infravermelho e luz visível. O índice que mede a transmissão de raios ultravioleta é o fator solar (FS). Os raios infravermelhos, medidos pelo índice de transmitância térmica (U) são responsáveis pela passagem do calor através do vidro para dentro dos ambientes. A luz visível é a quantidade de iluminação passada através do vidro e é representada pelo índice de transmissão luminosa. Cada tipo de vidro permite a passagem de uma certa quantidade de cada tipo de raios

e, além dos vidros comuns, existem no mercado também vidros especiais para controle solar, produzidos por diferentes fabricantes.

A especificação de um vidro de maior desempenho térmico reduz os ganhos térmicos do ambiente, contribuindo, por sua vez, em um menor consumo de energia com climatização artificial. Vale ressaltar que não se deve considerar apenas a questão térmica. A tonalidade do vidro pode auxiliar nesse quesito, mas deve-se tomar cuidado para não prejudicar significativamente a contribuição do fechamento quanto à luz natural.

Placas fotovoltaicas

Como uma das premissas básicas das construções sustentáveis envolve o aumento de sua eficiência energética, é extremamente importante levar em consideração a utilização de fontes alternativas de energia. A energia solar, fonte renovável, enquadra-se dentre essas opções, e basicamente pode ser utilizada para aquecimento de água (termosolar) ou para geração de energia elétrica (solar fotovoltaica). Esse último caso envolve investimentos mais altos, mas tem tido sua tecnologia bastante desenvolvida nos últimos anos.

A ANEEL (2012) afirma que somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. A luz solar atravessa cada camada da atmosfera tendo parte da sua energia refletida,

parte absorvida e parte irradiada. Ao terminar de passar por todas as camadas somente parte da energia atinge a superfície terrestre.

A cidade de Campo Mourão está localizada em uma região onde, segundo a ANEEL, a quantidade de horas de insolação é de aproximadamente 5 horas por dia, dado a partir do qual se pode determinar o potencial fotovoltaico do local e conseqüentemente sua contribuição no fornecimento de energia em uma construção.

Verificação da viabilidade

Definidas as estratégias, o passo seguinte foi partir para o seu dimensionamento, como por exemplo, o cálculo da capacidade necessária para a cisterna de captação da água pluvial ou a quantificação de painéis fotovoltaicos, através da análise das condicionantes da cidade de Campo Mourão-PR. Com a quantificação feita, passou-se a fazer o levantamento financeiro para a implantação de cada iniciativa, coletando dados reais de mercado junto a fornecedores especializados, a fim de obter-se um custo estimado de cada iniciativa.

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento necessário foram levantadas, baseadas em dados atuais, as reduções de consumo mensais possíveis de serem alcançadas com a implantação de cada estratégia, baseando-se em estudos já realizados ou em informações de fornecedores. Com os valores em mãos, fez-se o cálculo do payback

simples, ou seja, tomou-se o valor total obtido em orçamento, dividindo-se pelo valor estimado que passaria a ser economizado pelo proprietário a cada mês, conforme fórmula a seguir :

$$\frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Mediá retorno mensal}} = \text{meses para retorno}$$

O resultado indicou a quantidade de meses que seriam necessários para que a implantação da iniciativa se pagasse, considerando os valores atuais de consumo, e passasse então a dar lucro ao proprietário.

Para a conclusão da viabilidade da implantação da iniciativa elegeram-se o prazo máximo de 15 anos para retorno do investimento, tomando por base outros estudos. Caso a implantação da iniciativa não conseguisse se pagar nesse prazo, esta seria considerada inviável financeiramente. Porém, em alguns casos, considerou-se mesmo assim a geração de lucros após seu pagamento devido à sua vida útil e/ou à redução do impacto ambiental como norteadora da decisão da implantação da viabilidade.

Apresentação do objeto de estudo

O edifício da clínica objeto desse estudo - cuja fachada pode ser vista na Figura 2 - situado em uma das principais vias do município de Campo Mourão, no estado do Paraná, e está implanta-

do há 10 anos no local. No terreno de 950 m², a edificação totaliza 856,82 m² de área construída, setorizada em três setores que se distribuem por dois pavimentos.



Figura 2. Fachada da edificação. Fonte: Autores

No pavimento térreo da clínica encontram-se os setores de administração, atendimento e convivência. Neste pavimento acontece o atendimento ao público, onde são atendidos cerca de 1.800 pacientes ao mês, sendo aproximadamente 5%

destes vindos de cidades pequenas próximas e áreas rurais. No setor técnico, situado no pavimento superior, são realizadas as análises clínicas. Nesse piso encontram-se também áreas de apoio e administração do estabelecimento, que conta com 14 funcionários, para que a média de 15.000 exames ao mês seja atendida.

Dentre os dados levantados, constatou-se que no período do verão o conforto ambiental interno da edificação é mantido através da utilização de equipamentos eletrônicos de resfriamento, quando o consumo de energia aumenta de 1200Kw para 1600Kw, o que gera um custo de aproximadamente R\$630,00/mês, considerando-se R\$0,45 por Kw. O consumo médio de água é de aproximadamente 20.000 litros/mês, gerando um gasto mensal de aproximadamente R\$160,00.

Análise de resultados

A seguir estão apresentados os resultados obtidos na pesquisa, considerando a implantação das estratégias previamente relacionadas. Todos os cálculos consideraram valores obtidos ao longo dos anos de 2012 e 2013, em pesquisas de mercado ou junto a fornecedores específicos, representativos para a pesquisa.

As estratégias passam agora a ser dimensionadas conforme as necessidades da edificação, de maneira que se possa conhecer o investimento necessário para sua implantação.

Telhado verde

Para a implantação do sistema em 308m², área total da cobertura do prédio principal, a empresa Ecotelhado orçou o serviço em aproximadamente R\$140,00/m², resultando em um custo total de R\$43.120,00 em abril de 2012. Em 2010, Mello e Costa (2010) desenvolveram um estudo de caso para implantação de telhado verde e concluíram que a economia geral no consumo de energia com a instalação do telhado verde é da ordem de 40%, se comparada com sistemas de cobertura tradicionais. Considerando que, segundo os dados levantados, o consumo de energia elétrica anual da clínica é de 16.800Kwh, com uma redução de 40% - equivalente a 6.720Kwh por ano - ter-se-ia uma economia anual de R\$3.024,00. Assim, pelo método de payback simples, tem-se que:

$$\frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Media retorno mensal}} = \text{meses para retorno}$$

Onde:

Investimento inicial = R\$ 43.120,00 e

Retorno anual = R\$ 3.024,00

Logo:

$$\frac{R\$43.120,00}{R\$3.024,00} = 14,25$$

Tem-se então que o tempo de amortização do valor gasto na implantação do sistema de telha-

do verde é de aproximadamente 14 anos e 3 meses, até que este passe a dar retorno financeiro.

Parede verde

De acordo com pesquisas de mercado, o custo médio para implantação de uma parede verde é da ordem de R\$ 900,00/m². Visto que se trata de uma edificação comercial e sendo a fachada Norte do edifício a mais adequada para o sistema, com área de 110m², temos a necessidade de um investimento inicial de R\$ 99.000,00 para a implantação.

Considerando a valorização imobiliária da edificação através da implantação da parede verde como sendo de 5% sobre o valor total do imóvel, avaliado em R\$2.000.000,00 (dois milhões de reais), tem-se um aumento no valor comercial do imóvel de R\$100.000,00 (cem mil reais). Com isso conclui-se que a instalação do sistema de parede verde é viável, visto que o retorno do investimento é imediato, mesmo desconsiderando a redução no consumo de energia que haverá com a diminuição do aquecimento interno da edificação.

Torneiras dosadoras

Levantou-se que o custo atual médio de uma torneira de fechamento automático por pressão,

temporizada, é de aproximadamente R\$95,00 (conforme loja de materiais de construção na cidade de Cascavel-PR) e considerou-se que, do consumo mensal médio da cínica, de 20.000 litros de água, 5.000 litros são gastos com torneiras. Com a substituição das torneiras convencionais existentes por modelos de fechamento automático por pressão, temporizada, a diminuição de consumo será de 2.000 litros, e a redução de gastos de aproximadamente 10% ao mês na conta de água, ou seja, R\$16,00.

Figura 3. Banco de dados climáticos - Campo Mourão. Fonte: <http://www.bdclima.cnpem.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=159>

Município: Campo Mourão - PR							
Latitude: 24,05 S Longitude: 52,37 W Altitude: 616 m Período: 1967-1990							
Mês	T	P	ETP	ARM	ETR	DEF	EXC
Jan	22,9	175	113	100	113	0	62
Fev	22,7	165	101	100	101	0	64
Mar	21,3	120	93	100	93	0	27
Abr	19,1	97	68	100	68	0	29
Mai	16,4	124	48	100	48	0	76
Jun	15,4	123	39	100	39	0	84
Jul	16,2	83	45	100	45	0	38
Ago	16,9	84	50	100	50	0	34
Set	18,2	138	60	100	60	0	78
Out	18,6	162	69	100	69	0	93
Nov	21,8	136	98	100	98	0	38
Dez	22,4	196	111	100	111	0	85
TOTAIS	231,9	1.603	895	1.200	895	0	708
MÉDIAS	19,3	134	75	100	75	0	59

Considerando a necessidade de substituição de 21 torneiras temos um investimento inicial de R\$1.995,00. Então, pelo método de payback simples temos que:

$$\frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Média retorno mensal}} = \text{meses para retorno}$$

Onde:

Investimento inicial = R\$ 1.995,00 e

Retorno mensal = R\$ 16,00

Logo:

R\$1.995,00 = 124,687, divididos por 12 meses = 10 anos e 3 meses

R\$16,00

Obtém-se então que o tempo de retorno do investimento referente à substituição das torneiras gira em torno de 10 anos e 3 meses.

Coleta e reuso de água pluvial

Segundo EMBRAPA (2012), na cidade de Campo Mourão a média pluviométrica anual é de 1.603mm. Isso dá uma média de 134mm / mês, sendo que na época chuvosa (setembro a fevereiro), em função do clima subtropical, a precipitação média mensal aumenta em até 196mm, diminuindo na época de seca (março a agosto) para o mínimo de 83mm, conforme figura 3, a seguir.

Onde:

T - Temperatura Média mensal do Ar

ETR - Evapotranspiração Real

P - Precipitação Total Média
 DEF - Deficiência Hídrica
 ETP - Evapotranspiração Potencial
 EXC - Excedente Hídrico
 ARM - Armazenamento

Para fins de dimensionamento do reservatório de água pluvial optamos pelo método de Azevedo Neto que, segundo Ghisi (2012), é calculado pela equação:

$$Van=0,0042 \times Pa \times A \times T$$

Equação 2. Cálculo para dimensionamento de reservatório de água pluvial (acima). Fonte: Ghisi (2012)

Figura 4. Redução dos índices com implantação do telhado verde. Fonte: Autores

MESES	P(mm)	CHUVOSOS		SECOS		MÉDIA
		-10%	-35%	-65%	-100%	
jan	175,0	157,5	113,8			135,6
fev	165,0	148,5	107,3			127,9
mar	120,0	108,0	78,0			93,0
abr	97,0			34,0	0,0	17,0
mai	124,0			43,4	0,0	21,7
jun	123,0			43,1	0,0	21,5
jul	83,0			29,1	0,0	14,5
ago	84,0			29,4	0,0	14,7
set	138,0			48,3	0,0	24,2
out	162,0	145,8	105,3			125,6
nov	136,0	122,4	88,4			105,4
dez	196,0	176,4	127,4			151,9
TOTAIS	1603,0	-	-	-	-	852,9
MEDIAS	134,0	-	-	-	-	71,1

Onde:

Van = Volume do reservatório em litros

Pa = precipitação volumétrica anual média(mm/ano=litros/m² por ano)

A = área de captação

T = Número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional)

A área a ser considerada para a captação de água pluvial do edifício é de 308,41m², situada na cobertura do edifício. Então, considerando:

Pa = 1603mm/ano

A = 308m² (área de cobertura do edifício)

T = 6 meses

$$Van = 0,0042 \times 1603 \times 308 \times 6 = 12.442 \text{ litros}$$

Portanto, tem-se a necessidade de um reservatório para captação de água pluvial de no mínimo 12.442 litros. Considerando a implantação do telhado verde na área de cobertura do edifício, em conjunto com a captação de água pluvial, tem-se uma redução, conforme Ferreira e Moruzzi (2012), de 10% a 35% em épocas chuvosas e de 65% a 100% em épocas de seca. Com isso, pode-se modelar a figura 4, onde os dados de Pluviometria (P, em mm) foram retirados da figura 3, e a coluna final, em cinza, significa os índices pluviométricos finais aproximados para a coleta de água pluvial conjuntamente instalada ao telhado verde.

Em função desta redução e aplicando novamente o método de Azevedo Neto para dimensionamento de reservatório de água pluvial, tem-se:

$$Pa = 853\text{mm/ano}$$

$$A = 308\text{m}^2$$

$$T = 6 \text{ meses}$$

$$Van = 0,0042 \times 853 \times 308 \times 6 = 6.620 \text{ litros}$$

Baseando-se nesse cálculo, chega-se à conclusão da necessidade de um reservatório para armazenamento da água pluvial captada no telhado, após a implantação do telhado verde, com capacidade de no mínimo 6.620 litros.

Em orçamento feito com a empresa Irrigarden, obteve-se o valor de R\$ 3.225,00 para fornecimento e instalação de uma cisterna de 6.000 litros, mais aproximadamente R\$1950,00 de materiais e mão de obra para preparação do local para instalação. Ou seja, seria necessário um investimento inicial de R\$5.175,00.

Segundo dados da clínica, são gastos em média 20.000 litros de água por mês, totalizando um gasto mensal aproximado de R\$160,00. No caso de haver uma utilização de 5.000 litros de água por mês oriunda da cisterna, diminuindo essa quantia do consumo mensal, este baixará para 15.000 litros, a um custo aproximado de R\$120,00 gerando uma economia mensal de R\$40,00, ou seja, de 25% do valor.

Pelo método de payback simples, tem-se que:

$$\frac{\text{Investimento inicial}}{\text{Media retorno mensal}} = \text{meses para retorno}$$

Onde:

Investimento inicial = R\$ 5.175,00 e

Retorno mensal = R\$ 40,00

Logo:

$$\frac{R\$5.175,00}{R\$40,00} = R\$129,375, \text{ dividido por } 12 \text{ meses} \\ = 10 \text{ anos e } 9 \text{ meses}$$

Conclui-se que o retorno aproximado do investimento em um sistema de captação, tratamento e reutilização de água pluvial, sem considerar os gastos com manutenção, terá seu custo pago e começará a dar retorno em um período de 10 anos e 9 meses.

Sensores de presença

No caso específico da clínica, considerou-se a instalação de sensores de presença, associados à iluminação, nas áreas de circulação, nos banheiros, vestiários e copa, totalizando 14 sensores. Segundo a loja Bigolin Materiais de Construção, de Cascavel-PR, cada interruptor com sensor de presença custa à época R\$35,50, o que resulta em um investimento inicial de R\$497,00. Considerando um cálculo de que 10 lâmpadas fluo-

centes de 16w cada (equivalente à incandescente de 60w), acesas por seis horas por dia, durante cinco anos, geram um consumo de 1.728Kwh, cada lâmpada consome cerca de 34,56Kwh por ano. Como tem-se 14 pontos para inserção do interruptor com sensor, chega-se ao consumo anual de:

$$34,56Kwh \times 14 = 483,84Kwh$$

Estudos apontam que sensores de presença possibilitam uma redução de consumo da ordem de até 30%. Considerando então essa taxa de redução no consumo dessas lâmpadas, chega-se a:

$$483,84Kwh \times 90\% = 145,15Kwh \text{ de economia por ano}$$

Considerando o preço atual do Kwh em R\$0,45:

$$145,15Kwh \times R\$0,45 = R\$65,32 / \text{ano}$$

Logo, tem-se que, com a implantação de 14 interruptores com sensores de presença, obter-se-á redução no gasto anual com energia elétrica de R\$65,32. Logo, o sistema paga-se em 7 anos e 6 meses, passando então a dar lucros.

Vidros

Constatou-se que a quantidade de iluminação natural na edificação é suficiente para as atividades desenvolvidas, porém no período de verão há um aquecimento dos ambientes internos, tornando necessária a utilização de aparelhos de condicionamento de ar. Comparando o desempenho do vidro comum, laminado incolor de 6mm, existente no local, com vidros de diferentes fornecedores, obtém-se a figura 5:

VIDRO	Espessura	Fator Solar (FS)(%)	Transmissão Térmica (U)	Transmissão de Luz (TL)
Laminado Incolor (GlassecViracon)	3mm+3mm	83	5,22	89
Cool Lite SKN (Cebrace)	4mm+4mm	33	5,7	50
Neutral 70 (#2) Clear (Sunguard)	6mm+6mm	54	1,91	69

Figura 5. Comparação de tipos de vidros. Fonte: Autores

Optou-se por considerar a implantação do vidro Super Neutral 70 (#2), da Sunguard, por ter, segundo a tabela 3, o índice de Fatos Solar (FS) mais baixo, com 54%, o que significa que somente 54% dos raios ultravioleta passam pelo vidro, com índice de transferência de calor de 1,91, ou seja, uma redução de 63,4% se comparado com o vidro atualmente instalado na clínica. A redução da transmissão de luz, de 89% do vidro laminado 6mm para 69% do Super Neutral, não prejudicam as atividades internas do edifício.

Com a substituição dos vidros nas fachadas Norte e Oeste, onde a radiação solar é mais intensa e as aberturas quantificam aproximadamente 82,00m², estima-se que pode-se conseguir uma redução de pelo menos 30% do ganho de calor na edificação, no período de temperaturas externas mais altas.

Logo, considerando o consumo de 1600 Kwh por mês, a um custo aproximado de R\$720,00, ter-se-ia uma redução de aproximadamente 30%, ou 480Kwh por mês no período de verão, o que resultaria em uma redução de custo de R\$216,00 por 8 meses (setembro a abril), totalizando uma economia de R\$1.728,00 por ano. Segundo a Guardian Sunguard, o vidro sugerido estaria custando R\$280,00/m².

Assim, tem-se um custo aproximado para a implantação de R\$ 22.960,00. Com essa informa-

ções chegamos à conclusão que esse investimento só passará a dar lucro ao proprietário em 13 anos e 4 meses.

Placas fotovoltaicas

Para a edificação em questão, a empresa Solar Energy considera 5 horas de insolação diárias e fornece a proposta de implantação de 43 painéis de energia solar fotovoltaica, para a geração de 1260Kwh/h/ mês, a um custo de R\$ 104.834,00. Pelo método de payback simples, tem-se um tempo estimado para início de retorno da implantação da iniciativa de 15 anos e 5 meses. O sistema tem garantia de 25 anos de produção de energia e após 10 anos essa produção tem seu percentual diminuído para 91,2%. Logo, tem-se:

$$\begin{aligned} 1.260\text{Kwh/mês} \times 91,2\% &= 1150\text{Kwh/mês} \\ 1150\text{Kwh/mês} \times \text{R}\$0,45^{(*)} &= \text{R}\$ 517,50 \text{ de economia por mês} \\ \text{R}\$ 517,50 \times (9 \text{ anos} + 7 \text{ meses}^{(**)}) &= \text{R}\$ 59.512,50 \text{ de retorno ao investimento, dentro da vida útil (25 anos) após o payback.} \end{aligned}$$

(*) – valor aproximado por Kwh, atual gasto no local.

(**) – tempo restante da garantia/vida útil após payback

Conclui-se que com a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica tem-se, além da quitação do seu sistema de funcionamento, a geração de aproximadamente mais 40% do valor

investido, considerando um período de 25 anos de funcionamento do sistema.

Conclusões

O estudo realizado teve ênfase, além da questão ambiental, nas questões de viabilidade econômica de implantação dos sistemas “verdes”, ou seja, sistemas com tecnologias sustentáveis. Além do tempo de retorno dos investimentos iniciais, deve-se levar em consideração também a redução do impacto ambiental e da pegada ecológica gerada pela implantação dessas iniciativas no empreendimento citado.

De acordo com os dados obtidos neste trabalho, os investimentos iniciais e os respectivos tempos de retorno podem variar bastante, conforme pode-se ver na figura 6, a seguir.

	Investimento (R\$)	Tempo de retorno
Telhado Verde	43.120,00	14 anos e 3 meses
Parede Verde	99.000,00	Imediato
Água Pluvial	5.175,00	10 anos e 9 meses
Torneiras dosadoras	1.995,00	10 anos e 3 meses
Vidros	28.700,00	33 anos e 2 meses
Placas fotovoltaicas	104.834,00	18 anos e 10 meses
Sensores de presença	497,00	7 anos e 6 meses

Figura 6. Comparação Investimento x Tempo de Retorno.
Fonte: Autores

As análises, baseadas nos investimentos iniciais, no seu tempo de recuperação e nos benefícios gerados, foram comparadas com os dados do levantamento inicial. A partir dos resultados obtidos, pôde-se perceber que, na grande maioria dos sistemas considerados, há a necessidade de um alto investimento e, além disso, o payback se mantém em uma média de 15,7 anos, prazo considerado relativamente longo para o tipo de empreendimento (acima do prazo previamente estabelecido, de 15 anos). No entanto, o retrofit proposto não pode ser descartado ou considerado inviável, pois os investimentos são recuperados, embora alguns em longo prazo. O que pode dificultar a implantação dos sistemas é o alto custo inicial, porém, dados de mercado apontam que um imóvel com iniciativas sustentáveis tem uma valorização imobiliária maior que um imóvel convencional, podendo tornar o investimento viável, dependendo da situação. É importante ressaltar que não foram considerados valores de mão de obra para implantação, obras nos sistemas para receber as iniciativas, nem manutenção final.

É importante destacar também que o panorama sofreria alterações se houvessem iniciativas públicas, como redução de impostos que se refletissem no custo final de produtos ou estratégias sustentáveis, tornando-os mais acessíveis, ou mesmo reduções de impostos para quem os utilizasse como é comum em outros países.

De qualquer forma, não devem ser desconsiderados os benefícios em relação ao meio ambiente:

através da aplicação de estratégias sustentáveis que geram redução no consumo de energia elétrica e de água potável, consegue-se mitigar os impactos ambientais negativos oriundos da manutenção da edificação no restante do seu período de vida útil. Além disso, a implantação dessas iniciativas contribui promovendo a disseminação das práticas sustentáveis, auxiliando no conhecimento das mesmas por parte da população local.

Referências

ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. - disponível em: <http://www.abcmac.org.br>. Acessado em 11 jul. 2012.

ABREU, Carmosa de. **Obvious – Um olhar mais moderado**. Disponível em: http://obviousmag.org/archives/2009/06/telhados_verdes.html. Acessado em 25 set. 2011.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**, 2ª edição, Brasília-DF, ANEEL, 2005, 243 pag., disponível em: http://www3.aneel.gov.br/atlas/atlas_2edicao/download.htm. Acessado em 1 jun. 2012.

ARCOWEB. **Telhados e coberturas verdes**. disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/ecoeficiencia-telhados-e-21-12-2009.html>. Acessado em 11 abr. 2012.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesqui-

sa agropecuária – disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=159> – acessado em: 28 mai. 2012.

FERREIRA, Cesar Argentieri, MORUZZI, Rodrigo Braga. **Considerações sobre aplicação do telhado verde para captação de água de chuva em sistema de aproveitamento para fins não potáveis**. UNESP – Campus Rio Claro disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/rodrigo/consideracoes.pdf>. Acessado em: 23 jul. 2012.

GHISI, Enedir. **Métodos de Dimensionamento de Reservatórios de água Pluvial em Edificações**. LABEE–UFSC. Disponível em: <http://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/23251.pdf>. Acessado em: 16 mai. 2012.

GONÇALVES, Joana S. G.; DUARTE, Denise H. S.. “Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino”. In: **Ambiente Construído**, v. 6, n. 4, p 51-81, dez. 2006.

LAMBERTS, Roberto, DUTRA, Luciano & PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Pro Livros, 2004.

MELLO, Guilherme B. P.; COSTA, Mario D. P., et al. “Estudo de implantação de um telhado verde na faculdade de engenharia mecânica”. In: **Revista Ciência do Ambiente On-Line**, v. 6, n. 2, dez. 2010.

MENDONÇA, Ana Cristina Ubaldino. **Retrofit:** Arquitetura Sustentável. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: http://www.eticaengenharia.com.br/files/retrofit_arquitetura_sustentavel.pdf. Acessado em: 20 set. 2011.

SEBRAE - PR - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Tendências para o setor da construção civil:** uma visão para os próximos 15 anos. Disponível em: <http://www.sli-deshare.net/EdvaldoCorrea/tendencias-da-construo-civil-perspectivas-para-15-anos>. Acessado em: 29 jun. 2012.

