



ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE UMA PROPOSTA DE RETROFIT EM UM EDIFÍCIO COMERCIAL

F S Westphal; R Lamberts

Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

CEP 88040-900 – Florianópolis/SC – Brasil

Fax: + 55 (48) 331-9770

e-mail: fernando@labeee.ufsc.br, lamberts@ecv.ufsc.br

RESUMO Este trabalho apresenta a análise de investimento em uma proposta de retrofit para um edifício comercial da cidade de Florianópolis, SC, que proporcionará uma redução de 60% na conta de energia elétrica e 40% no consumo. O estudo de viabilidade econômica é feito através do cálculo da Taxa Interna de Retorno, Método do Valor Presente, e Payback Corrigido, seguindo-se a metodologia do Projeto 6 Cidades - PROCEL/ELETROBRÁS.

ABSTRACT This work presents the investment analysis of a retrofit proposal for a commercial building in the city of Florianópolis, SC, that will provide a reduction of 60% in the electric energy bill and 40% in the consumption. The study of economic viability is made using the calculation of the Internal Rate of Return, Method of the Present Value, and Corrected Payback, in accord of the methodology of the "Projeto 6 Cidades - PROCEL/ELETROBRÁS".

1 Introdução

O presente trabalho faz parte do Projeto 6 Cidades, coordenado pelo PROCEL/ELETROBRÁS, que visa implementar propostas de demonstração de melhoria na eficiência energética (*retrofit*) de edificações em 6 capitais brasileiras. Uma delas é Florianópolis, onde o Projeto é desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e um dos edifícios em estudo é o Condomínio FIESC/SESI/SENAI. Com 10 900 m², o prédio apresenta um consumo anual de 1,24 GWh, o que corresponde a 114 kWh/m².ano. Desse consumo, estima-se que 50%

corresponde ao sistema de condicionamento de ar, 41% ao sistema de iluminação e 9% aos demais equipamentos elétricos. Maiores detalhes sobre o edifício e uma proposta de *retrofit* para o mesmo são encontrados em **WESTPHAL (1998)**.

2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é determinar a viabilidade econômica de uma proposta de *retrofit* justificando sua implantação em um edifício comercial, no caso o Condomínio FIESC/SESI/SENAI, situado em Florianópolis, Santa Catarina.

3 Metodologia

O estudo de *retrofit* segue a metodologia proposta no Projeto 6 Cidades. O consumo de energia elétrica de cada proposta é determinado por simulação computacional utilizando-se o VisualDOE (desenvolvido por *Eley Associates*), que é uma interface comercial do *software* DOE2.1E (desenvolvido pelo *Lawrence Berkeley Laboratory* em conjunto com o *Department of Energy - DOE*). O custo da conta de energia elétrica é determinado através do *software* EnerCalc (desenvolvido pela UFSC). Foram simuladas 4 alternativas de *retrofit* para o sistema de condicionamento artificial do prédio e 2 para o sistema de iluminação. Outras opções, propondo alterações no envoltório, como aplicação de tinta branca no telhado, por exemplo, também foram simuladas, mas apresentaram benefícios insignificantes e foram ignoradas. A proposta final de *retrofit*, analisada neste trabalho, envolve as melhores alternativas para o sistema de iluminação e condicionamento de ar. A viabilidade econômica da proposta é definida através do cálculo e análise dos índices: Taxa Interna de Retorno (TIR); Valor Presente (VP); e *Payback* Corrigido.

Informações a respeito de análise de investimentos podem ser encontradas em **COSTA (1998)**, **CASAROTO FILHO (1992)** e **GHISI (1997)**.

3.1 Montagem dos fluxos de caixa

Para os 3 índices calculados, utiliza-se a mesma entrada de dados. Monta-se um fluxo de caixa, em planilha eletrônica, considerando os desembolsos mensais previstos para a manutenção do prédio com os sistemas de iluminação e condicionamento de ar atuais; e outro fluxo de caixa prevendo a manutenção do edifício pós-*retrofit*.

São considerados "custos de manutenção" os gastos com reposição de equipamentos e a conta de energia elétrica do prédio. O período de estudo adotado deve ser o mínimo múltiplo comum da vida média dos equipamentos que compõem os sistemas.

3.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade, também chamada de custo de oportunidade ou taxa de desconto, é aquela paga pelo mercado financeiro em investimentos correntes

(poupança, fundos de investimento, etc.). Essa taxa é utilizada para representar os fluxos de caixa em valores presentes.

3.3 Valor Presente (VP)

O Valor Presente é a soma de todas as capitalizações do fluxo de caixa, calculadas como valor presente através de uma taxa de juros. Geralmente utiliza-se a TMA para se determinar o VP. Quando se está trabalhando com o fluxo de caixa dos investimentos em manutenção de um sistema, a alternativa que apresentar maior VP é a que provoca maiores gastos com manutenção, logo é a menos viável.

3.4 Payback Corrigido

Geralmente, utiliza-se em análises de investimentos de propostas de *retrofit*, o cálculo do *payback* simples, traduzido pelo cociente entre os custos com a implantação da medida e a redução obtida na conta de energia. Porém esse cálculo não considera a taxa de desconto na qual o investidor poderia ter aplicado seu capital a juros, nem a diferença entre os custos com manutenção do sistema atual com o sistema proposto pelo *retrofit*. O cálculo do período de retorno que considera esses fatores é chamado de *Payback Corrigido*.

3.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR é a taxa de juros para a qual o somatório do Valor Presente do fluxo de caixa é nulo, no período de tempo adotado. Neste caso, ao comparar duas alternativas, considera-se despesas (saída de capital no fluxo de caixa) os custos com manutenção do sistema a ser avaliado e são considerados benefícios (entrada de capital no fluxo de caixa) os custos com manutenção do sistema tomado como base na análise (edifício com sistema atual).

Quando a TIR de um investimento for superior a TMA à disposição do investidor, tal investimento é economicamente viável, dentro do período de estudo. Da mesma forma, ao comparar duas alternativas de investimento, a que oferecer Taxa Interna de Retorno mais elevada possibilita o retorno do capital investido em menos tempo.

4 Resultados

4.1 Fluxos de caixa

Montou-se 2 fluxos de caixa, representando os gastos com manutenção do prédio na situação atual e na situação pós-*retrofit*. Foram consideradas as reposições apenas dos equipamentos do sistema de iluminação e que apresentavam maior participação no custo total da obra. Os demais tiveram seus custos capitalizados apenas na implantação do *retrofit*. A reposição e manutenção dos equipamentos do sistema de condicionamento de ar não foram considerados, pois os fabricantes não fornecem tais informações. Os custos com mão-de-obra de manutenção do sistema de iluminação não foram computados porque o prédio mantém uma equipe responsável por essa atividade, e que não será dispensada caso o *retrofit* ocorra. Quanto ao sistema de condicionamento de ar, a redução nos custos com mão-de-obra não pôde ser

numericamente determinada, mas sabe-se que com o sistema de automação, os gastos com operação do ar condicionado devem baixar.

O período de análise adotado para os cálculos é de 216 meses (18 anos), que é o menor múltiplo comum do período de reposição dos equipamentos de iluminação. Esse prazo corresponde à vida média de um reator eletrônico funcionando 2 500 horas por ano. Para análise de sistemas de iluminação esse período de estudo é elevado, pois atingido este prazo, provavelmente o sistema estará obsoleto e necessitando de outro *retrofit*. No entanto, mantém-se esse valor para que a metodologia possa ser aplicada.

4.1.1 Situação atual

O sistema de iluminação atual do prédio é composto por equipamentos (lâmpadas, luminárias e reatores) de baixa eficiência energética (lâmpadas fluorescentes de 40 W e reatores eletromagnéticos de partida rápida, instalados em luminárias embutidas no forro), quando comparados com a atualidade do mercado. Não há um projeto do sistema elétrico existente (*as built*) sendo que ocorreram alterações desde a época da construção do prédio. Algumas mudanças não seguem critérios técnicos, pondo em risco a segurança do edifício. Para solucionar esses problemas, propôs-se a troca total do sistema de iluminação e reforma geral do sistema elétrico.

Quanto ao sistema de condicionamento de ar, os equipamentos de climatização (*fan-coils*) não estão operando com todos os seus recursos, por falta de peças de reposição no mercado. Já o sistema primário (resfriadores de líquido), encontra-se no final de vida útil, operando há 16 anos, e necessita de uma reforma completa para trabalhar com segurança nos próximos meses. Dos 16 compressores que os equipamentos possuem, 2 estão inativos há 3 anos, e recentemente, durante uma queda de energia, um deles "explodiu". Através de medições de consumo de energia e de temperatura da água gelada que passa nos resfriadores de líquido, constatou-se que os mesmos consomem entre 0,9 e 1,1 kWh por TR (Tonelada de Refrigeração, equivalente a 12 000 Btu/h) retirada da água em uma hora. Esses valores estão 60% acima do apresentado pelas máquinas modernas: 0,5 a 0,7 kW/TR.

O fluxo de caixa do prédio na situação atual considera como investimento inicial 50% do valor de mercado dos equipamentos de iluminação que serão retirados do prédio, e que ainda poderão servir em outras edificações das instituições proprietárias. As luminárias não serão reaproveitadas.

Os custos de operação mensais para o sistema estão descritos na Tab. 1. O período de reposição dos equipamentos é obtido pelo cociente entre a vida média estimada pelos fabricantes e o período de funcionamento prédio (2 500 horas por ano). O gasto com energia elétrica corresponde a média mensal para o ano de 1 997.

Tab. 1 Fluxo de caixa correspondente aos custos com manutenção do prédio antes do *retrofit*.

Equipamento	Quantidade	Custo total (R\$)	Vida média (h)	Reposição (meses)
Reaproveitamento	-	17 072	-	-
Lâmpadas de 40 W	3 200	9 938	7 500	36
Reatores 1 x 40 W	3 200	24 206	15 000	72
Energia elétrica	-	14 089	-	1

4.1.2 *Retrofit* no sistema de Iluminação e reforma no sistema elétrico

O novo projeto luminotécnico emprega, nos escritórios, lâmpadas de tecnologia T5 (28 W), luminárias duplas com refletor de alumínio de alta pureza e aletas duplo-parabólicas, e reatores eletrônicos com alto fator de potência. Nos corredores são adotadas luminárias duplas com lâmpadas fluorescentes compactas de 11 W. O custo total desta alternativa (incluindo reforma no sistema elétrico) é estimado em R\$ 350 mil. O fluxo de caixa considerando as reposições futuras dos equipamentos e os novos custos com a conta de energia elétrica é mostrado na Tab. 2. O *retrofit* no sistema de iluminação deverá proporcionar uma redução de 47% na conta de energia elétrica do edifício e de 40% no consumo de energia, passando dos atuais 114 kWh/m².ano para 70 kWh/m².ano.

Tab. 2 Fluxo de caixa correspondente aos custos com manutenção do prédio após o *retrofit*.

Equipamento	Quant.	Custo total (R\$)	Vida média (h)	Reposição (meses)
Lâmpadas de 28 W	2 250	40 244	15 000	72
Reatores 2 x 28 W	1 125	100 668	45 000	216
Lâmpadas de 11 W	830	5 028	7 500	36
Reatores 1 x 11 W	830	3 012	15 000	72
Outros equipamentos	-	201 048	-	-
Energia elétrica	-	7 529	-	1

4.1.3 Sistema de Condicionamento de Ar

O novo projeto de condicionamento de ar do edifício conta com a inclusão de um resfriador de líquido do tipo centrífugo, alguns *fan-coils* em substituição a unidades climatizadoras de expansão direta, um central termo-acumuladora e um sistema de automação. Um dos dois resfriadores de líquido atuais será reformado e mantido como reserva. As bombas de água serão substituídas por outras de maior eficiência e a rede hidráulica será refeita. O custo total desta reforma está orçado em R\$ 635 mil. Porém, como a reforma nesse sistema é inevitável, ou seja, o prédio teria que gastar com esse sistema mesmo sem aplicar o *retrofit* proposto, adota-se no fluxo de caixa apenas a

parcela dos custos com equipamentos incluídos com o objetivo específico de otimizar a eficiência energética do prédio, quais sejam:

Instalação de um sistema de termo-acumulação (R\$ 42 mil);

Substituição das bombas de água atuais por outras de frequência variável e maior eficiência (R\$ 12 200);

Substituição de climatizadores de expansão direta por *fan-coils* ligados à rede hidráulica da central (R\$ 17 620).

Foram escolhidos, para compor o novo sistema de condicionamento de ar, equipamentos com boa eficiência energética. O fato da diferença de preço entre esses equipamentos com similares de baixa eficiência ser pequena sugere que tais custos sejam desconsiderados.

De acordo com o exposto acima, a obra de *retrofit* no sistema de condicionamento de ar representa um investimento de R\$ 72 mil. Com estas alterações, a conta mensal da energia elétrica do prédio passaria a R\$ 5 503, que corresponde a 39% do valor atual (R\$ 14 089).

4.1.4 Sistema de automação

O sistema de automação a ser instalado deverá interligar os sistemas elétricos e de ar condicionado, possibilitando o controle de demanda e consumo de energia elétrica do prédio. O custo desta alternativa está orçado em R\$ 310 mil e não será incluído no estudo de viabilidade do *retrofit* proposto, pois os benefícios estimados pela instalação desse sistema não podem ser diretamente enumerados por simulação energética. Porém é o sistema de automação que irá garantir os seguintes itens:

- a. controle da demanda de energia do prédio, de acordo com a contratada, evitando multa por ultrapassagem;
- b. desativação do sistema de iluminação após o expediente do prédio;
- c. indicação de falhas no sistema de condicionamento de ar, permitindo a manutenção no momento adequado.

4.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

Adotou-se como Taxa Mínima de Atratividade o rendimento líquido oferecido pela caderneta de poupança, 6,0% a.a. (0,5% a.m.), por ser a aplicação mais segura e estável do mercado financeiro. A inflação incidente sobre o rendimento oferecido pela poupança é desconsiderada, portanto a TIR calculada (**ver** item 4.5) representa também o rendimento líquido propiciado pelo investimento, sem a influência da inflação.

4.3 Valor Presente (VP)

O VP de cada fluxo de caixa, bem como a redução obtida com o *retrofit*, encontra-se na Tab. 3. De acordo com a definição do Método do Valor Presente, a proposta de *retrofit* é economicamente viável, pois a diferença entre os custos de manutenção do prédio antes e depois da reforma é positiva.

O método do Valor Presente é mais apropriado quando se deseja comparar 2 ou mais investimentos entre si. Quando se está analisando apenas a viabilidade econômica de uma alternativa isolada seria mais apropriada o cálculo do *Payback* Corrigido (**ver** item seguinte).

Tab. 3 Valor Presente (VP) do fluxo de caixa de custos em manutenção do edifício antes e pós-*retrofit*.

Sistema	VPL (R\$)	Redução (R\$)	Redução (%)
Atual	1 969 728	-	-
<i>Retrofit</i> em iluminação e ar condicionado	1 276 015	693 713	35

4.4 *Payback* Corrigido

O retorno do investimento (*Payback* Corrigido) no *retrofit* aqui tratado ocorre entre os meses 52 e 53 após a implantação da obra, o que corresponde a aproximadamente 4,4 ano.

Uma dificuldade encontrada no estudo de viabilidade econômica de uma proposta de *retrofit* é determinar se o período de retorno é aceitável ou não. Qual seria o prazo esperado para retorno de um investimento em *retrofit*, seja em iluminação ou climatização artificial? Poderia-se responder essa questão analisando a estimativa de vida de uma tecnologia aplicada, ou seja, em quantos anos o proprietário de um edifício teria que investir no aprimoramento tecnológico para garantir um nível de eficiência energética aceitável? Ou então, em quanto tempo esse investidor espera ter o retorno do capital investido? Para corroborar na solução deste impasse, seriam de grande utilidade informações sobre a vida média de sistemas de iluminação e ar condicionado de edifícios comerciais, informações estas não muito comuns na bibliografia nacional.

4.5 Taxa Interna de Retorno (TIR)

O cálculo da TIR depende diretamente do período de estudo adotado. Se este for menor que o *payback* corrigido, a TIR será menor que a TMA, e vice-versa. O cálculo da TIR isolada, para uma proposta de *retrofit* apenas, deve ser feito de acordo com o período disponível para o investidor aplicar o seu capital e aguardar o retorno. Quando se está analisando várias alternativas, o cálculo da TIR pode expressar qual fluxo de caixa apresenta maior viabilidade. No caso em estudo, a TIR calculada para o período de 216 meses é de 2,09% a.m. (28,16% a.a.). Essa taxa é superior a TMA adotada (0,5% a.m.) e, portanto o investimento é justificável.

5 Conclusões

A viabilidade econômica da alternativa de *retrofit* apresentada para o Condomínio FIESC/SESI/SENAI, pelo Projeto 6 Cidades em Florianópolis, apresenta um período de retorno de 52 a 53 meses, com TIR de 2,09% a.m., calculada em um período de 216 meses.

Os 3 índices calculados (VP, TIR e *Payback* Corrigido) utilizam os mesmos dados de entrada e são equivalentes, porém representam pontos de vista distintos que podem despertar mais, ou menos, interesse no proprietário do prédio, dependendo de sua filosofia de investimento.

Em um estudo de viabilidade econômica de uma alternativa de *retrofit*, deve-se ter o cuidado de considerar como investimento apenas os dispêndios com reformas ou instalação de equipamentos com a função específica de melhorar a eficiência energética do sistema. É comum que prédios que necessitem de uma atualização tecnológica de seu sistema elétrico, também requeiram reforma ou conserto de alguns equipamentos.

O Método do Valor Presente é útil na comparação entre duas alternativas. Quando se está analisando a viabilidade de uma alternativa isolada, o método da Taxa Interna de Retorno mostra-se mais coerente, pois compara a rentabilidade do *retrofit* com uma Taxa Mínima de Atratividade à disposição do investidor. Para tanto, ao fazer a análise de uma proposta de *retrofit* para determinada edificação o projetista deveria informar-se com o proprietário do prédio acerca de suas expectativas com o projeto, da disponibilidade de capital investido e, principalmente, da Taxa Mínima de Atratividade da qual o investidor dispõe. Dessa forma, o cálculo da TIR é coerente.

A análise do *Payback* Corrigido de um investimento em *retrofit* seria coerente, ou teria mais fundamento, se o analista dispusesse de informações estatísticas acerca de vida útil e custos com manutenção de sistemas elétricos. O estudo de viabilidade aqui apresentado não considera que as tarifas de energia elétrica tendem a subir mais do que a inflação. Neste caso, o acréscimo no lucro proporcionado pela redução na conta de energia elétrica seria maior do que o aumento de preços dos equipamentos de reposição, e o *Payback* diminuiriam.

6 Referências bibliográficas

Costa, G. J. C. (1998): Iluminação econômica: cálculo e avaliação, EDIPUCRS, 1998. pp. 133-184

Casaroto Filho, N.; Kopittke, B. H. (1992): Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão. 5ª edição, Vértice, Editora Revista dos Tribunais, São Paulo, pp. 99-100.

Ghisi, E (1997): Desenvolvimento de uma metodologia para *retrofit* em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, agosto/97, 246 p.

Westphal, F. S.; Lamberts, R. (1998): Simulação energética do edifício sede da FIESC: estudo de *retrofit* no sistema de iluminação, *Anais* do VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, volume I, Florianópolis/SC, pp. 429-437.