

## **AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO INSTALADO EM UM RESTAURANTE DE BELO HORIZONTE/MG**

**Francisco Aristides dos Santos Neto (1); Simone Queiroz da Silveira Hirashima (2)**

(1) Engenheiro de Produção Civil, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, francisco.neto1989@yahoo.com.br

(2) PhD, Professora do Departamento de Engenharia Civil, simoneqsh@civil.cefetmg.br  
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, Departamento de Engenharia Civil, Av. Amazonas, 7675 - Nova Gameleira, Belo Horizonte - MG, 30510-000, Tel.: (31) 3319 6722

### **RESUMO**

Considerando a importância da energia fotovoltaica para uma matriz energética e a compreensão dos custos para se investir nessa tecnologia, o presente artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico descentralizado e conectado à rede elétrica (SFCR) através do cálculo do valor presente líquido, da taxa interna de retorno e do *payback*. Uma vez que o sistema instalado atualmente atende apenas 7,92% da demanda energética do estabelecimento, realizou-se um orçamento junto a uma empresa nacional especializada na instalação desta tecnologia para um sistema que atendesse a toda sua demanda energética mensal, a fim de analisar o tempo de retorno em dois cenários diferentes, sendo um com o SFCR já existente e mal dimensionado e o outro com o SFCR orçado e bem dimensionado. Pelo método do *payback* simples os resultados obtidos para o sistema já instalado e o sistema orçado foram muito diferentes, com o segundo retornando o capital investido 12 anos mais rápido que o primeiro. Dessa forma, o presente estudo demonstra a importância do correto dimensionamento do sistema para um retorno financeiro satisfatório. Os resultados obtidos também evidenciam que o apoio governamental é um fator determinante para se disseminar a tecnologia no Brasil, uma vez que os investimentos iniciais são quase sempre muito altos e, nos cenários considerados neste estudo, as taxas de juros foram maiores que as taxas internas de retorno. Espera-se que este estudo auxilie no incentivo e na catalisação da implantação em massa dessa tecnologia que é reconhecidamente válida e vantajosa para a geração de energia limpa nas cidades.

Palavras-chave: energia fotovoltaica, *payback*, viabilidade econômica.

### **ABSTRACT**

Considering the importance of photovoltaic energy for an energy matrix and the understanding of the costs to invest in this technology, this article aims to evaluate the economic viability of a decentralized photovoltaic system connected to the grid (SFCR) by calculating the net present value, internal rate of return and payback. Since the currently installed system serves only 7.92% of the restaurant's energy demand, a budget with a national company specialized in the installation of this technology was made for a system that would meet all its monthly energy demand, in order to analyze the time of return in two different scenarios, one with the SFCR already existing and wrongly dimensioned and the other with the SFCR budgeted and well dimensioned. By the simple payback method the results obtained for the installed system and the budgeted system were very different, with the second returning the invested capital 12 years faster than the first one. In this way, the present study demonstrates the importance of the correct sizing of the system for a satisfactory financial return. The results obtained also show that government support is a determining factor for disseminating the technology in Brazil, since the initial investments are often high and in the scenarios considered in this study the interest rates were higher than the internal rates of return. It is hoped that this study will assist in encouraging and catalyzing the mass implantation of this technology which is recognized as valid and advantageous for the generation of clean energy in cities.

Keywords: photovoltaic energy, *payback*, economic viability.

## 1. INTRODUÇÃO

Considerando o panorama atual da energia elétrica na América Latina, o setor que mais requer atenção da engenharia é o da distribuição. Os países que fazem parte desta região, incluindo o Brasil, possuem características comuns (como a presença de cidades com alta densidade demográfica, alguns centros urbanos secundários e uma significativa parcela da população distribuída em zonas rurais com acesso dificultado aos centros urbanos devido a uma geografia inóspita), o que torna o custo para a instalação do cabeamento padrão de transmissão e distribuição bastante elevado. O crescimento da demanda por energia elétrica e o limitado capital investido para o fornecimento desta têm forçado o Brasil e outros países a buscarem novas alternativas para a geração de energia elétrica (SILVEIRA; TUNA; LAMAS, 2012).

No entanto, além da consideração dos fatores econômicos, a preocupação com os fatores ambientais e sociais também está crescendo. Segundo Silva (2015), visando combater o aquecimento global, vários países estão adotando políticas de incentivo ao uso de fontes alternativas de energia para reduzir a utilização das fontes de origem fóssil, que liberam um dos gases causadores do efeito estufa - o gás carbônico.

De maneira geral, as fontes de energia renováveis são as mais adequadas, pois, se apropriadamente administradas, permitem uma exploração ilimitada, ou seja, sua quantidade disponível não reduz na medida em que é utilizada. Dentre as formas de geração de energia elétrica, o uso da energia solar tem crescido de maneira gradual e vem se tornando uma importante alternativa, aceitável social e ambientalmente além de economicamente viável (SILVEIRA; TUNA; LAMAS, 2012).

Dessa forma, considerando a importância do setor energético no contexto da sustentabilidade e a relevância da utilização das fontes renováveis, destaca-se a produção da energia elétrica proveniente da energia solar através do efeito fotovoltaico. Segundo Lamberts et al. (2010), trata-se de um processo de conversão silencioso, sem emissão de gases e sem a assistência de um operador para o sistema.

Nos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (SFCR) a energia elétrica produzida pelo gerador fotovoltaico é injetada diretamente à rede e não há necessidade de banco de baterias (PINHO; GALDINO, 2014).

Segundo Freitas e Hollanda (2015), os SFCR possuem uma configuração padrão no mercado brasileiro, sendo constituídos pelos painéis fotovoltaicos, por um inversor de frequência e por um medidor bidirecional, conforme indicação na Figura 1.

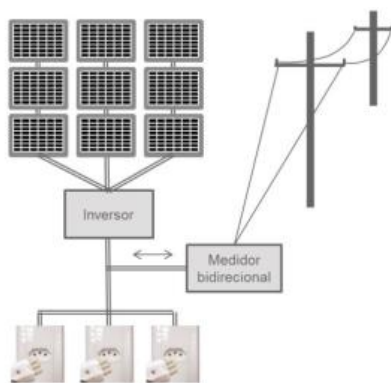


Figura 1 – Desenho esquemático de um SFCR (SOLARIZE, 2017)

Os painéis fotovoltaicos são formados por módulos que possuem as células fotovoltaicas, as quais representam as unidades básicas do gerador fotovoltaico, pois são capazes de converter a luz solar em eletricidade. O inversor de frequência é o equipamento utilizado para converter o sinal gerado em corrente contínua para corrente alternada, permitindo a injeção da energia gerada na rede da concessionária ou a utilização pela unidade consumidora. O medidor bidirecional é responsável pela leitura do fluxo de entrada e saída de energia da unidade consumidora.

Os sistemas solares fotovoltaicos integrados a edificações urbanas e interligados à rede elétrica da concessionária oferecem vantagens significativas para o sistema elétrico, dentre as quais muitas delas estão relacionadas a custos que podem ser evitados, como a minimização de perdas por transmissão e distribuição de energia e a redução de investimentos nessas linhas de transmissão e distribuição (RÜTHER, 2004).

De acordo com Pinho e Galdino (2014), o território brasileiro recebe elevados índices de irradiação solar se comparado com países do continente europeu, onde a energia fotovoltaica já está mais difundida para a geração de energia elétrica. Porém, constata-se que o avanço tecnológico brasileiro para produção de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos tem passado por fases de crescimento.

Os obstáculos que dificultam a implantação de tecnologias de energias renováveis tanto em países em desenvolvimento quanto nos países industrializados são grandes e reais. Tais obstáculos estão atrelados a fatores como: organização do mercado, preços e impostos da energia, legislações e forças políticas, disponibilidade e desempenho tecnológico e decisões tomadas por consumidores e empresas (VIANNA, 2010).

Segundo Lamberts et al. (2010), há a expectativa de que num futuro próximo a energia solar fotovoltaica componha a matriz energética brasileira a custos competitivos, tendo em vista o excelente potencial para aplicação dessa fonte renovável num país tropical e com altos níveis de radiação solar.

Portanto, considerando-se a importância da energia fotovoltaica para uma matriz energética e da compreensão dos custos que envolvem esse investimento, o presente artigo avalia a viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico descentralizado e conectado à rede elétrica, o qual está instalado em um restaurante do município de Belo Horizonte/MG.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar, de maneira simplificada, a viabilidade econômica de dois sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em um restaurante do município de Belo Horizonte/MG. Um sistema, já existente, atende uma parcela da demanda de energia do estabelecimento; o outro sistema foi orçado junto a uma empresa especializada para atender a demanda total de energia do estabelecimento.

## 3. METODOLOGIA

Este trabalho avalia de modo simplificado a viabilidade econômica de dois sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica através do cálculo de quatro variáveis econômicas.

A análise será efetuada em três etapas principais que estão enumeradas e detalhadas nos subitens a seguir.

### 3.1. Definições e premissas

Nesta etapa serão definidas as variáveis econômicas, o intervalo de tempo para análise, o fluxo de caixa e os cenários econômicos.

### 3.2. Coleta de dados

Nesta etapa será efetuado o levantamento de dados do local de estudo, tais como as características do SFCR instalado e seus custos iniciais de instalação e manutenção, a energia consumida e a energia injetada pelo estabelecimento e as tarifas cobradas pela energia consumida e pagas pela energia injetada pela concessionária local. Também será efetuado um orçamento de um SFCR junto a uma empresa especializada, visando atender a demanda total de energia do estabelecimento.

### 3.3. Estudos simplificados das viabilidades econômicas

Utilizando as informações obtidas nos itens 3.1 e 3.2, nesta etapa serão realizados os estudos simplificados das viabilidades econômicas dos SFCR instalado e orçado.

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1. Definições e premissas

#### 4.1.1. Variáveis econômicas

O método do valor presente líquido (VPL) mede o valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo investimento durante sua vida útil, conforme a Equação 1 a seguir. O objetivo do VPL é encontrar alternativas de investimento que tenham um custo de implantação menor do que o retorno obtido (Samanez, 2007).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+K)^t} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

VPL é o valor presente líquido [R\$];

FC<sub>t</sub> representa o fluxo de caixa no t-ésimo período [R\$];

I é o investimento inicial [R\$]

K é o custo do capital [%];

Critério de decisão: se VPL > 0 → projeto economicamente viável.

O método da taxa interna de retorno (TIR) tem como objetivo encontrar uma taxa intrínseca de rendimento. Por definição, a TIR é a taxa de retorno do investimento. Ela é uma taxa hipotética ( $i$ ) que anula o VPL na Equação 2 a seguir (Samanez, 2007). Após a obtenção do valor da TIR, deve-se compará-la com a o custo do capital ( $K$ ).

$$VPL = -I + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$i$  é a taxa interna de retorno [%];

VPL é o valor presente líquido [R\$] e deve ser igual a zero nesse caso;

$FC_t$  representa o fluxo de caixa no  $t$ -ésimo período [R\$];

$I$  é o investimento inicial [R\$];

$K$  é o custo do capital [%];

Critério de decisão: se  $i > K \rightarrow$  projeto economicamente viável.

O método do *payback* é utilizado para determinar o tempo de recuperação do investimento, ou seja, quanto tempo decorrerá até que o valor dos fluxos de caixa previstos se iguale ao investimento inicial. A diferença entre o *paybacks* simples e o descontado é que no segundo considera-se o custo do capital no tempo. O método consiste basicamente em se calcular o valor do tempo ( $t$ ) na Equação 3 a seguir (Samanez, 2007).

$$I = \sum_{t=1}^n FC_t \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

$I$  é o investimento inicial [R\$];

$FC_t$  representa o fluxo de caixa no  $t$ -ésimo período [R\$];

#### 4.1.2. Intervalo de tempo para análise

Para os cálculos do valor presente líquido, taxa interna de retorno e para as análises dos *paybacks* simples e descontado, levou-se em consideração um período de 30 anos. Este período foi definido considerando as observações de Rüter (2004) de que os painéis fotovoltaicos são projetados e fabricados para serem utilizados em ambiente externo, sob sol, chuva e outros agentes climáticos, devendo operar de maneira satisfatória por no mínimo 30 anos.

#### 4.1.3. Fluxo de caixa

O cálculo do fluxo de caixa considera as entradas e as saídas de dinheiro ao longo do tempo, podendo-se considerar o custo do capital ou não. Para a análise econômica proposta, considerou-se o fluxo de caixa total do ano 1 (Junho/14 – Maio/15) para realizar a construção dos fluxos de caixa dos cenários futuros, ou seja, repetiu-se o mesmo fluxo de caixa nos anos seguintes.

Dessa forma, nos cálculos simplificados dos indicadores da viabilidade econômica durante o período de 30 anos utilizado como o tempo de vida útil do sistema:

- Foram desconsideradas eventuais modificações nas tarifas paga pela concessionária (ex: aumento anual da tarifa paga);
- Foram desconsideradas eventuais modificações na geração de energia (ex: interrupções na geração para manutenções ou devido a defeitos do sistema);
- Foram desconsideradas eventuais modificações no preço das manutenções periódicas (ex: aumento do preço cobrado pelo serviço);
- Foram desconsiderados eventuais gastos com substituição de placas ou com quaisquer outros componentes da instalação inicial.

#### 4.1.4. Cenários econômicos

A construção dos cenários econômicos envolve a definição do valor do custo do capital ( $K$ ) para o intervalo de tempo analisado. Para o SFCR instalado, definiu-se três cenários econômicos denominados ‘A’, ‘B’ e ‘C’; e para o SFCR orçado, um único cenário denominado ‘U’.

Para o SFCR instalado, foram considerados os valores da taxa SELIC ao ano, obtida no histórico das taxas de juros fornecido no site do Banco Central do Brasil (2015). As taxas são apresentadas por períodos

de vigência e, durante o período analisado para o investimento do estabelecimento, ocorreram oito períodos de vigência relativos às taxas SELIC anuais. Portanto, três cenários para as taxas de juros nesses períodos de vigência foram adotados, dentre os quais o cenário A corresponde ao valor da menor taxa SELIC ao ano (10,90% a.a.), o cenário B corresponde ao maior valor da taxa SELIC ao ano (13,15% a.a.) e o cenário C corresponde à média das taxas SELIC ao ano (11,68% a.a.) nesses períodos considerados.

Para o SFCR orçado, foi considerado o valor da taxa SELIC ao ano (13,15% a.a.) para o período de vigência mais recente disponível no histórico das taxas de juros no site do Banco Central do Brasil (2015).

## **4.2. Coleta de dados**

### *4.2.1. Instalações do SFCR do local de estudo*

O sistema fotovoltaico instalado no restaurante é descentralizado e conectado à rede elétrica da concessionária local, sendo composto por dois módulos fotovoltaicos fabricados pela Kyocera com células de silício policristalino (p-Si), da série KD 140 F, SX Series. Eles estão orientados para o norte geográfico e dispostos numa inclinação de 20°. De acordo com a especificação do fabricante cada painel fotovoltaico possui 36 células fotovoltaicas, 150 cm de comprimento por 66,8 cm de largura e potência nominal máxima de 140 W.

A leitura da energia injetada é feita por um relógio bidirecional que lê a entrada e a saída de energia do estabelecimento registrando o valor das duas leituras e não somente o da leitura líquida (saída de energia menos entrada de energia).

### *4.2.2. Energia consumida pelo estabelecimento x energia injetada pelo SFCR*

Foram analisadas as contas de energia do estabelecimento num intervalo de 12 meses, sendo este período do mês de Junho/2014 ao mês de Maio/2015. Durante este período, foram consumidos 10799 kWh (média de 899,91 kWh/mês) e injetados 855 kWh (média de 71,25 kWh/mês).

### *4.2.3. Tarifa cobrada pela energia consumida x tarifa paga pela energia injetada*

Analisando-se o mesmo período de meses descrito no item 4.2.2., obteve-se que o preço médio cobrado pelo kWh consumido foi de R\$0,608010954 e o preço médio pago pelo kWh injetado foi de R\$0,585361908, os quais representam as tarifas considerando-se os impostos.

### *4.2.4. Custos iniciais de instalação e custos de manutenção*

De acordo com os proprietários do restaurante, o SFCR instalado teve um custo inicial de R\$10.000,00 e possui um custo anual de manutenção de R\$133,33 para a limpeza de duas placas fotovoltaicas a cada três meses.

A partir das informações obtidas nos itens 4.2.2 e 4.2.3., solicitou-se um orçamento de um novo sistema fotovoltaico conectado a rede elétrica para o estabelecimento junto a uma empresa especializada.

Como o SFCR instalado atende somente uma parcela da demanda mensal do restaurante, neste orçamento solicitou-se que o sistema fotovoltaico pudesse gerar até 100% da energia consumida mensalmente pelo estabelecimento. O preço considerado para a tarifa cobrada pela concessionária foi igual ao preço médio da energia consumida obtido no item 4.2.2.

Para instalar o SFCR orçado é necessário um investimento de R\$65.060,00 e, baseando-se no mesmo valor, atividade e frequência de manutenção do SFCR instalado, o custo anual para limpeza das 28 placas fotovoltaicas do sistema orçado seria de R\$1.866,62.

### *4.2.5. Características e estimativa de produção do SFCR orçado*

O sistema fotovoltaico orçado junto a empresa especializada se caracteriza por ser um sistema descentralizado e conectado a rede elétrica da concessionária local, sendo composto por 28 painéis solares fotovoltaicos da marca Yingli, modelo YL250P 28b, com 165 cm de comprimento, 990 cm de largura e potência nominal máxima de 250W .

Apesar de ter sido solicitado que o SFCR orçado atendesse 100% da demanda mensal de energia do estabelecimento, a empresa que efetuou o orçamento realizou uma estimativa da produção de energia elétrica para cada mês do ano, conforme o Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1– Leituras mensais estimadas do SFCR orçado para a energia que seria injetada em 1 ano.



A empresa considera em seu orçamento que a média anual estimada para a geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico é igual à média mensal multiplicada por doze meses, totalizando 10584 kWh/ano.

### 4.3. Estudos simplificados das viabilidades econômicas

#### 4.3.1. SFCR instalado

Para a realização do estudo simplificado da viabilidade econômica do SFCR instalado, utilizou-se o Microsoft Excel® para calcular o fluxo de caixa, o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, o *payback* simples e o *payback* descontado.

Primeiramente, definiu-se que o fluxo de caixa anual, para o período analisado, consideraria entrada e saída de capital. No ano 0, foi considerada uma saída de capital referente ao investimento inicial, conforme item 3.2.4., e nenhuma entrada de capital. A partir do ano 1, na entrada de capital foi considerado o valor descontado pela concessionária nas contas de luz do estabelecimento. Este valor foi obtido considerando-se a multiplicação entre o valor anual injetado pelo estabelecimento e o preço médio anual pago pela concessionária pela energia injetada, conforme itens 4.2.2. e 4.2.3. Na saída de capital foi considerado o valor anual gasto com manutenções conforme item 4.2.4. O fluxo de caixa pode ser observado na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Fluxo de caixa simples do SFCR instalado

Variável	Ano	Ano	Ano	Ano
	0	1	2	n
Entrada de Capital	R\$ -	R\$ 500,87	R\$ 500,87	R\$ 500,87
Saída de capital	R\$ (10.000,00)	R\$ (133,33)	R\$ (133,33)	R\$ (133,33)
Fluxo de Caixa Simples	R\$ (10.000,00)	R\$ 367,54	R\$ 367,54	R\$ 367,54

Aplicando-se os conceitos e fórmulas descritos no 4.1.1. e os cenários econômicos explicados no item 4.1.4., foram obtidos os resultados para a análise da viabilidade econômica do SFCR instalado, mostrados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Resultados das variáveis econômicas para o SFCR instalado

	VPL (R\$)	TIR (% a.a.)	<i>Payback</i> simples (anos e meses)	<i>Payback</i> descontado (anos e meses)
Cenário A (10,90% a.a.)	(6779,43)	0,64	27 anos e 2 meses	Não calculado*
Cenário B (13,15% a.a.)	(7273,71)	0,64	27 anos e 2 meses	Não calculado*
Cenário C (11,68% a.a.)	(6967,73)	0,64	27 anos e 2 meses	Não calculado*

\* Impossível de ser calculado para o período, pois no último ano considerado (ano 30), o fluxo de caixa descontado acumulado ainda apresenta valor negativo (R\$6779,43) e o valor presente do fluxo de caixa



descontado é muito baixo (R\$16,50), gerando péssima expectativa futura para o retorno financeiro. O mesmo acontece de maneira análoga para os outros dois cenários.

#### 4.3.2. SFCR orçado

Para realizar o estudo simplificado da viabilidade econômica do SFCR orçado adotou-se a mesma planilha desenvolvida e período de 30 anos utilizados no estudo da viabilidade econômica do SFCR já instalado no estabelecimento para calcular o fluxo de caixa, taxa interna de retorno, valor presente líquido e *payback* simples e descontado.

Em relação ao fluxo de caixa, no ano 0 considerou-se a mesma situação, na qual a saída de capital é igual ao investimento inicial, conforme item 4.2.4., e a entrada de capital não existiu. A partir do ano 1, na entrada de capital foi considerado um valor estimado descontado pela concessionária nas futuras contas de luz do estabelecimento, este valor foi obtido considerando-se a multiplicação entre a estimativa da produção média anual de energia elétrica do sistema fotovoltaico e o preço médio anual pago pela concessionária pela energia injetada, conforme itens 4.2.5. e 4.2.2., respectivamente. Na saída de capital foi considerado o valor anual que seria gasto com as manutenções trimestrais, conforme item 4.2.4. O fluxo de caixa supracitado pode ser observado na Tabela 2 a seguir:

Tabela 3 – Fluxo de caixa simples do SFCR orçado

Variável	Ano	Ano	Ano	Ano
	0	1	2	n
Entrada de Capital	R\$ -	R\$ 6.195,47	R\$ 6.195,47	R\$ 6.195,47
Saída de capital	R\$ (65.060,00)	R\$ (1.866,67)	R\$ (1.866,67)	R\$ (1.866,67)
Fluxo de Caixa Simples	R\$ (65.060,00)	R\$ 4.328,80	R\$ 4.328,80	R\$ 4.328,80

Novamente, aplicando-se os conceitos e fórmulas descritos no 4.1.1. e o cenário econômico ‘U’ explicado no item 4.1.4., foram obtidos os resultados para a análise da viabilidade econômica do SFCR orçado, mostrados na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Resultados das variáveis econômicas para o SFCR instalado

	VPL (R\$)	TIR (% a.a.)	<i>Payback</i> simples (anos e meses)	<i>Payback</i> descontado (anos e meses)
Cenário U (13,15% a.a.)	(32.950,07)	5,20	15 anos	Não calculado*

\* Impossível de ser calculado para o período, pois no último ano considerado (ano 30), o fluxo de caixa descontado acumulado ainda apresenta valor negativo (R\$32950,07) e o valor presente do fluxo de caixa descontado é baixo em relação ao fluxo de caixa (R\$106,35), gerando péssima expectativa futura para o retorno financeiro.

## 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 5.1. Coleta de dados

Nesta etapa observa-se que o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica instalado no restaurante está subdimensionado, pois ele produz aproximadamente 7,92% da energia que o estabelecimento demanda mensalmente, ou seja, o restante necessário é pago mediante utilização da provida pela concessionária.

Por outro lado, após analisar o Gráfico 1, observa-se que o SFCR orçado foi bem dimensionado para atender a demanda energética considerada no ato do orçamento (900 kWh por mês), pois a média de geração mensal apresentada pela empresa (882 kWh por mês) representa 98% desse valor. Dessa forma, o cliente reduziria de maneira magnífica o valor pago a concessionária pelo restante de energia necessária à sua demanda mensal.

Ressalta-se que a concessionária local não paga pela energia que o cliente injeta na sua rede elétrica, o mesmo que ele cobra pela energia que ela fornece para esse mesmo cliente. Nesse caso, ela paga um valor menor.

As informações supracitadas podem ser observadas na tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Dados coletados em relação à demanda, estimativa de geração de energia e tarifas cobradas e pagas para os SFCR instalado e orçado.

Variáveis	SFCR instalado	SFCR orçado
Tarifa cobrada pela concessionária pela energia consumida (R\$)	R\$0,608010954	
Tarifa paga pela concessionária pela energia injetada (R\$)	R\$0,585361908	
Demanda média mensal considerada para os dois sistemas	899,91 kWh	
Estimativa da energia mensal média gerada por cada sistema	71,25 kWh	882,00 kWh
Atendimento da demanda média mensal por cada sistema	7,92%	98%

## 5.2. Estudos simplificados das viabilidades econômicas

Observa-se que em nenhum dos três cenários apresentados para o SFCR instalado o investimento foi economicamente viável quando analisado em relação ao custo do capital com o tempo, pois utilizando os critérios de decisão mostrados no item 4.1.1., o VPL sempre foi negativo e a TIR menor do que o custo do capital (SELIC) considerado para cada cenário.

O tempo de retorno do investimento para o *payback* simples do SFCR instalado é considerado muito longo (27 anos e 2 meses), pois apresenta um valor que representa 90% do tempo mínimo de vida útil das placas fotovoltaicas (30 anos), ou seja, o investidor teria somente hipotéticos 2 anos e 10 meses de lucro com o sistema.

Em relação ao SFCR orçado, o cenário apresentado também não se demonstrou economicamente viável quando analisado considerando-se o custo do capital com o tempo, tanto analisando o VPL quanto a TIR. No entanto, o tempo de retorno do investimento para o *payback* simples apresentou um valor relativamente melhor (15 anos), em relação ao sistema já instalado, pois representa metade da vida útil mínima do sistema.

Um sistema bem dimensionado melhora as perspectivas econômicas com relação ao uso da tecnologia fotovoltaica. A diferença do *payback* simples para os dois sistemas pode ser explicada mediante uma análise do fluxo de caixa dos dois sistemas. É evidente que quanto maior o saldo ao final de um período analisado, menor será o tempo de amortização do investimento inicial realizado. Portanto, nos dois casos, desconsiderando-se a possibilidade de o usuário não realizar as manutenções periódicas necessárias às instalações, o saldo ao final do período será maior quando a entrada de capital for maior. Como o valor da tarifa paga pela concessionária é igual para os dois casos, conforme aponta a tabela 5, a diferença entre os *paybacks* simples está na geração de energia. Desse modo, como fluxo de caixa do SFCR instalado representa 3,68% do capital inicial investido neste sistema e o fluxo de caixa do SFCR orçado representa 6,65% do capital inicial para investir no sistema orçado, o retorno do investimento no segundo caso será mais rápido, conforme aponta a tabela 6.

Tabela 6 – Custo inicial, fluxo de caixa em um ano e *payback* simples dos SFCR.

	Custo inicial	Fluxo de caixa em um ano	Porcentagem do fluxo de caixa em um ano com relação ao custo inicial	<i>Payback</i> Simples
SFCR instalado	R\$10000,00	R\$367,54	3,68%	27 anos e 2 meses
SFCR orçado	R\$65060,00	R\$4328,80	6,65%	15 anos

## 6. CONCLUSÕES

Concluiu-se na análise simplificada da viabilidade econômica dos investimentos que, tanto o sistema atual instalado, o qual atende aproximadamente 8% da demanda energética do empreendimento, quanto ao sistema



orçado, dimensionado para suprir a demanda energética total do restaurante, não se apresentaram economicamente atrativos, considerando nos cálculos as entradas e saídas de capital do cenário atual (sem eventuais modificações futuras), principalmente quando as variáveis econômicas envolviam o custo do capital no tempo.

Nos cenários considerados, a utilização do método do valor presente líquido para o cálculo da viabilidade econômica do investimento no SFCR deixou claro que o atual panorama econômico do país afasta os consumidores de investir nessa tecnologia, pois os fluxos de caixa perdem muito valor com o tempo, impossibilitando o cálculo do *payback* descontado dentro dos 30 anos adotados.

Pelo método do *payback* simples, que não leva em consideração o custo do capital no tempo, obteve-se um resultado dentro dos 30 anos adotados. No entanto, os resultados obtidos para o sistema já instalado e o sistema orçado foram muito diferentes, com o segundo retornando o capital investido 12 anos mais rápido que o primeiro. Dessa forma, o presente estudo esclarece questões referentes aos custos de implantação e de manutenção dos sistemas fotovoltaicos, demonstrando a importância do correto dimensionamento do sistema para um retorno financeiro satisfatório. O correto dimensionamento do sistema fotovoltaico mostrou-se fundamental para se obter um benefício maior com a tecnologia.

Os resultados deste estudo evidenciam também que o apoio governamental é um fator determinante para se disseminar a tecnologia no Brasil, uma vez que os investimentos iniciais são muito altos, o preço pago pela energia injetada é comumente inferior ao preço cobrado pela energia consumida e, no cenário considerado neste estudo, as taxas de juros são extremamente maiores que as taxas internas de retorno.

Portanto, os resultados obtidos neste estudo de caso evidenciam que a tecnologia gera impactos satisfatórios em relação às instalações (processo de conversão silencioso e sem emissão de gases), às manutenções (limpezas periódicas simples) e ao fato do usuário poder gerar a sua própria energia elétrica (sistema descentralizado), diminuindo o gasto com a mesma (cobranças elevadas por transmissão e distribuição) e reduzindo impactos sociais e ambientais, trazendo, assim, satisfação pessoal.

Contudo, para fomentar o uso em massa dessa tecnologia, o governo e as empresas devem fornecer políticas favoráveis aos consumidores interessados, as quais levem à redução dos investimentos iniciais e/ou aumento do saldo positivo dos fluxos de caixa, fazendo com que o tempo de retorno do investimento seja mais interessante.

Isto pode ocorrer, por exemplo, através da redução das taxas de juros para os consumidores e empresas que queiram investir na tecnologia, no fornecimento de subsídios para implementação e/ou no aumento do preço pago pela energia injetada na rede elétrica pública.

Espera-se que este estudo venha incentivar e catalisar a implantação de tais políticas, contribuindo para a utilização em massa de tal tecnologia, reconhecidamente válida e vantajosa, para a geração de energia limpa nas cidades.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Ata da 185ª reunião do COPOM**. 2014. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?COPOM185/>>. Acesso em 15 março 2017.
- FREITAS, BRUNO M. R.; HOLLANDA, L. **Micro e mini geração no Brasil: Viabilidade econômica e entraves no setor**. White Paper nº1. FGV Energia, 2015.
- LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: consumo e geração de energia**. Florianópolis: UFSC, 2010.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. (Org.) **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf)>. Acesso em 14 março 2017.
- RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: Editora IFSC/LABSOLAR, 2004.
- SAMANEZ, C.P. **Gestão de investimentos e geração de valor**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- SANTOS NETO, F. A. **Estudo sobre a utilização do sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica pública em um restaurante de Belo Horizonte**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil, CEFET-MG, Belo Horizonte, 2015.
- SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: <[www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos)>. Acesso em 15 de fevereiro de 2017.
- SILVEIRA, J. L.; TUNA, C. E.; LAMAS, W. Q.; The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.20, p 133-141, 2012.
- SOLARIZE. **Sistema Solarize**. Disponível em: <http://www.solarize.com.br/consultoria-e-projetos/sistema-solarize>. Acesso em 15 de fevereiro de 2017.
- VIANNA, E. O. **Integração de tecnologia fotovoltaica em edifícios públicos. Estudo de caso do Fórum de Palmas – TO**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, UnB, Distrito Federal, 2010.