

# SOFTWARE PARA ANÁLISE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ON GRID APLICADOS A UNIDADES CONSUMIDORAS DO GRUPO B.

**Lucas Eusebio Lima<sup>1</sup> (EG), Sergio Batista da Silva<sup>1</sup> (PQ)**

<sup>1</sup>Instituto Federal de Goiás, *Câmpus Itumbiara* - NupSOL.

**Área do Conhecimento: Geração da Energia Elétrica;**

## Resumo

*O Brasil é um país de destaque no que se refere a potencial solar, entretanto a contribuição da eletricidade provinda dessa fonte na matriz energética brasileira é ainda reduzida. Baseado nisso, este projeto visa desenvolver um aplicativo livre em linguagem Python que possa ser utilizado pelos consumidores da Classe B como fonte de pesquisa a respeito da viabilidade do uso de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede. De forma a auxiliar estes usuários, o software fornece funções como a geração de gráficos para a previsão de retorno e aproximação para o dimensionamento de um sistema de potência adequada. Além disso, também conterá informações a respeito de diretrizes para instalação, funcionamento, manutenção, cobranças, dentre outras.*

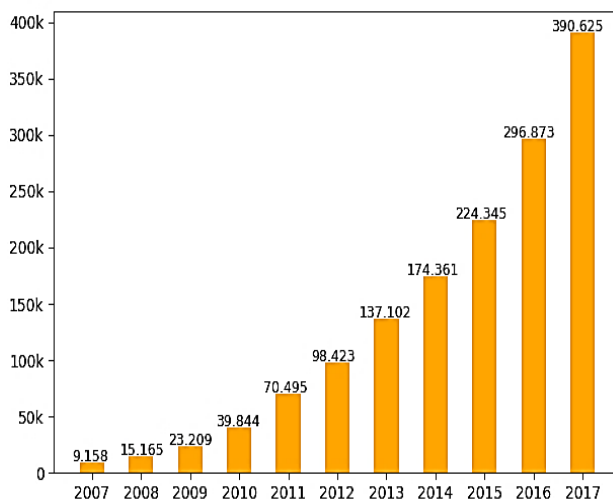
**Palavras-chave:** Software; Fotovoltaico; Investimento; Payback; Python;

## Introdução

Apesar das altas incidências de radiação solar diária no território brasileiro, a aplicação de tecnologia Solar Fotovoltaica (FV), mesmo já tendo passado da fase de testes, ainda é recente e pouco significativa na matriz elétrica do país, principalmente por fatores como o custo elevado de seus componentes e o desconhecimento pelos consumidores, cenário que aparenta mudar nos próximos anos.

Atualmente, de acordo com dados do banco de informações da Aneel, a capacidade instalada da tecnologia solar FV no país ultrapassa 1,4 GW totais, representando cerca de 0,87% da matriz elétrica nacional (ANEEL - BIG, 2018). Além dessa capacidade instalada, mais 260 MW foram instalados no Brasil na forma de micro e mini geração distribuída registrados na ANEEL até maio de 2018 no âmbito da resolução 482 da Aneel, publicada em 17 de abril de 2012 (ANEEL - Atlas de Energia, 2018). A Figura 1 apresenta a capacidade global de energia solar FV acumulada.

Installed Capacity (MW)



**Figura 1** - Crescimento da potência solar fotovoltaica acumulada no mundo nos últimos 10 anos.  
**Fonte:** IRENA, 2018.

Dentre os fatores que ajudam a explicar a crescente adesão dos consumidores está a resolução normativa 482 de 2012 da ANEEL, a qual permite que qualquer cidadão possa conectar o sistema FV à rede elétrica das concessionárias de energia. Além disso, outras facilidades foram incorporadas à norma no ano de 2015, dentre elas foi estabelecido que os créditos gerados pelos consumidores passariam a valer durante cinco anos, e não apenas por três como determinava a primeira regra (Portal Terra, 2018).

Esta rápida expansão dos sistemas FV conectados à rede vem causando uma acelerada queda nos custos de equipamentos e tem influenciado as concessionárias de energia a simplificarem o processo de integração destes à sua rede, tornando-os mais acessíveis e simples de serem utilizados para uma camada cada vez maior da população. Neste contexto, justifica-se a realização de estudos de viabilidade técnica e econômica para implantação de geração distribuída aplicada à autoprodução de energia elétrica.

Baseado nisso, este projeto apresenta o desenvolvimento de uma aplicação gratuita para computadores em linguagem Python, com o objetivo de servir como uma ferramenta para a obtenção de previsões de retorno de investimentos em sistemas fotovoltaicos conectados à rede, específicos para classe de consumidores Grupo B.

O aplicativo fornece ainda informações importantes sobre o funcionamento dos sistemas FV, manutenção, diretrizes de instalação e cobrança da concessionária de energia, dentre outras, visando familiarizar o consumidor com essa tecnologia.

Portanto, é realizado um estudo aprofundado na forma de cobrança e desconto para a energia que foi consumida e a que foi injetada na rede, além de pesquisas voltadas para o dimensionamento de sistemas de microgeração FV. O desenvolvimento do projeto se dá principalmente com uso da IDE PyCharm e do software Qt Designer para construção da Interface Gráfica de Usuário (GUI), ambos disponíveis gratuitamente online.

## Material e Métodos

### 1. Escolha da Linguagem de Programação

A linguagem de Programação Python foi escolhida juntamente com a IDE PyCharm, disponível gratuitamente online, com base em sua capacidade para satisfazer os requisitos mais importantes para o desenvolvimento do projeto, dentre eles: Rápida curva de aprendizagem; Possibilidade de geração de gráficos em 2D com ferramentas para personalização e interação com os dados; Facilidade para geração de interface gráfica de usuário (GUI) (INVENSIS, 2018).

### 2. Métodos de Previsão de Retorno

Como forma de oferecer ao usuário diferentes métodos para a visualização da sua receita ao longo do prazo de vida útil dos equipamentos, são utilizados dois métodos para previsão de retornos: Payback Simples e Payback Descontado.

#### 2.1 Payback simples

A técnica de comparação de alternativas de investimento pelo método chamado Payback Simples apresenta uma grande facilidade em ser aplicada e, por esta razão, é muito usada. Consiste em avaliar o tempo que um determinado investimento levaria para que o retorno ficasse maior que o valor investido. O método não leva em consideração qualquer tipo de juros (CAMARGO, 1998).

De forma a realizar os cálculos e apresentar um gráfico final que compare a receita do cliente com e sem o uso do sistema FV, o algoritmo segue as seguintes equações enquanto gera conjuntos de valores a serem associados com o período de tempo a que se referem:

$$R = -FV + \sum_{n=1}^{300} (P * IPH * \eta * 30 - C) * T \quad (1)$$

$$r = \sum_{n=1}^{300} -C * T \quad (2)$$

Onde:

- FV - Custo total do sistema FV (R\$);
- P - Potência pico do sistema FV (kWp);
- IPH - Irradiação no Plano Horizontal diária (kWh/m<sup>2</sup>.dia);
- $\eta$  - Coeficiente de Desempenho (Adimensional);
- C - Energia mensal consumida (kWh);
- T - Média anual do Custo de energia (R\$/kWh);
- R - Receita com o uso do sistema FV (R\$);
- r - Receita sem o uso do sistema FV (R\$).

Na Equação (1), o valor 30 representa o número de dias no mês. O período de tempo utilizado nos somatórios é o prazo de vida útil dos módulos FV, que está em torno de 25 a 30 anos. Além disso, o algoritmo também é ajustado para adicionar o custo de reposição do inversor FV (Aproximadamente 30% do custo total do sistema) a cada 10 anos aos cálculos da receita R.

A Equação (2) serve apenas ao objetivo de gerar um gráfico da receita do cliente numa situação onde o investimento num sistema FV nunca foi feito, como forma de comparação.

## 2.2 Payback Descontado

Apesar de funcional, o método de Payback Simples gera uma resposta muito pobre, uma vez que não considera qualquer tipo de taxa de juros, nem o valor temporal do dinheiro (CAMARGO, 1998). Em consideração a isso, também foi adicionado ao aplicativo a função de calcular o Payback Descontado, como forma de oferecer ao usuário outro método de previsão que apresente uma informação mais adequada e precisa.

Como forma de implementar essa função, o algoritmo é programado para realizar os cálculos para a receita seguindo as equações (1) e (2), mas com a regra de que a cada 12 meses (1 ano) o custo T do kWh deve aumentar em 10%.

Uma vez calculados os conjuntos de valores R e r pelo Payback Simples, deve-se aplicar uma nova Equação para estimar o valor presente dos retornos futuros e, para isso, utilizamos a Equação abaixo (CAMARGO, 1998):

$$Vp = \frac{F}{(1+i)^t} \quad (3)$$

Onde:

Vp- Valor presente: Quantia equivalente no momento inicial de uma série de pagamentos efetuados ou recebidos;

F - Valor Futuro: Quantia equivalente no momento final de uma série de pagamentos efetuados ou recebidos;

i - Taxa de juros;

t - Tempo.

### 3. Dimensionamento

O dimensionamento do sistema FV é realizado com o intuito de suprir apenas a carga consumida pelo cliente, de forma com que não existam excedentes na produção de energia.

A potência do microgerador que compõe o sistema FV adequado para um certo consumo C é calculada pelo algoritmo seguindo a Equação (5) (CRESESB, 2014):

$$P(\text{kWp}) = \frac{C}{30 * \text{IPH} * \eta} \quad (4)$$

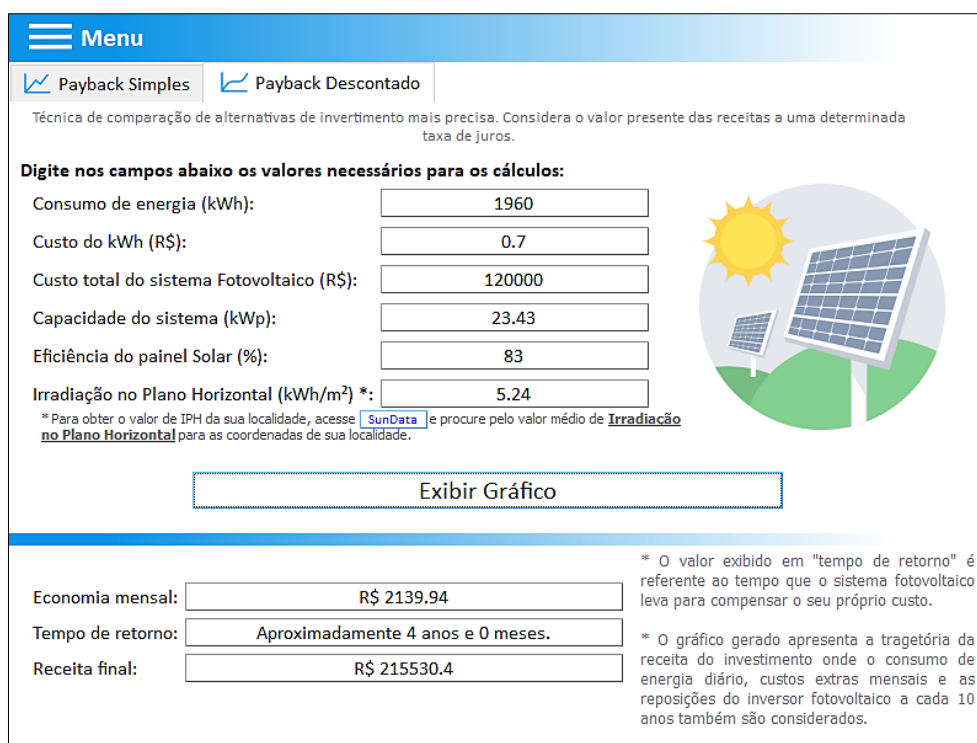
A taxa de desempenho ou o desempenho global do sistema (razão de performance -  $\eta$ ) é definido como sendo a razão entre a produtividade do sistema e a produtividade de referência obtida a partir dos dados de fabricação dos módulos FV.

## Resultados e Discussão

### 1. Previsões de Retorno

Através das Equações (1), (2) e (3), foram desenvolvidas as funções a serem aplicadas na seção de Previsão de Retorno, que é subdividida em cálculo do Payback Simples e do Payback Descontado.

Uma vez preenchidos os campos com as informações requeridas, o usuário deve clicar no botão “Exibir Gráfico”, então serão calculados os valores referentes ao investimento e exibido um gráfico da variação na receita do investidor ao longo de 25 anos apresentando a comparação entre os resultados obtidos com e sem a realização do investimento em produção de energia FV. O exemplo de dados apresentado na Figura 2 é referente a um sistema FV de 23,43 (kWp) instalado na cidade de Itumbiara, com custo total de R\$ 120.000,00.



**Menu**

Payback Simples | Payback Descontado

Técnica de comparação de alternativas de investimento mais precisa. Considera o valor presente das receitas a uma determinada taxa de juros.

**Digite nos campos abaixo os valores necessários para os cálculos:**

Consumo de energia (kWh):	1960
Custo do kWh (R\$):	0.7
Custo total do sistema Fotovoltaico (R\$):	120000
Capacidade do sistema (kWp):	23.43
Eficiência do painel Solar (%):	83
Irradiação no Plano Horizontal (kWh/m <sup>2</sup> )*:	5.24

\* Para obter o valor de IPH da sua localidade, acesse [SunData](#) e procure pelo valor médio de **Irradiação no Plano Horizontal** para as coordenadas de sua localidade.

**Exibir Gráfico**

Economia mensal:	R\$ 2139.94
Tempo de retorno:	Aproximadamente 4 anos e 0 meses.
Receita final:	R\$ 215530.4

\* O valor exibido em "tempo de retorno" é referente ao tempo que o sistema fotovoltaico leva para compensar o seu próprio custo.

\* O gráfico gerado apresenta a trajetória da receita do investimento onde o consumo de energia diário, custos extras mensais e as reposições do inversor fotovoltaico a cada 10 anos também são considerados.

**Figura 2** - Área de cálculo e geração do gráfico para o Payback Descontado com exemplo de preenchimento e resultados.

Fonte: Autor.

É importante ressaltar que existem outros fatores não contabilizados no software e que podem vir a afetar o tempo de retorno do investimento, tais como algumas taxas mínimas cobradas pela disponibilidade de uso do sistema de distribuição da concessionária de energia, e que variam conforme o tipo de instalação da unidade consumidora e potência do sistema Fotovoltaico.

## 2. Dimensionamento

Aplicando a Equação (4), foi construído um algoritmo que realiza o dimensionamento de um sistema FV de potência adequada para suprir o valor de Consumo de energia fornecido pelo usuário sob as condições de Irradiação da Localidade.

## Conclusões

Em meio a diversas opções existentes de micro e minigeração conectadas à rede, a utilização de painéis fotovoltaicos vem adquirindo um grande destaque no Brasil devido a diversos fatores.

A proposta deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta de análise da viabilidade financeira associada à aquisição de sistemas de geração de energia pela fonte solar fotovoltaica, fornecendo aos consumidores informações de extrema importância na consideração de opções de investimento, tais como o tempo de retorno, economia, recomendações, lucro final, dentre outras. Buscando contribuir com a disseminação e popularização dessa tecnologia na região da cidade de Itumbiara e do estado de Goiás por meio do conhecimento.

Futuramente, todas as funcionalidades aqui descritas serão adaptadas para o caso de consumidores pertencentes ao Grupo A, que apresenta diferenças com relação à forma de cobrança e utilização da potência gerada pelo sistema FV, adequando o software para atender às necessidades dos grupos A e B.

## Agradecimentos

Ao IFG – Câmpus Itumbiara, ao Prof. Dr. Sérgio Batista e ao NUPSOL por fornecerem a oportunidade de realização deste trabalho.

## Referências Bibliográficas

ANEEL. Atlas de Energia. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa\(2\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/05-Biomassa(2).pdf)>. Acesso em 10 de maio de 2018.

ANEEL. BIG - Banco de Informações de Geração - Capacidade de Geração do Brasil. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 26 de out de 2018.

CAMARGO, Ivan. Noções básicas de engenharia econômica aplicações ao setor elétrico. Brasília: Finatec, 1998.

CRESESB. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro. 2014.

Invensis. Benefits of Python over Other Programming Languages. Disponível em: <<https://www.invensis.net/blog/it/benefits-of-python-over-other-programming-languages/>>. Acesso em: 05 de ago de 2018.

IRENA - International Renewable Energy Agency (2016). Renewable capacity statistics 2016. Disponível em: <<http://www.irena.org>>. Acesso em: 10 de jun de 2018.

TERRA. Energia solar atinge crescimento histórico no Brasil. Disponível em: <[www.terra.com.br](http://www.terra.com.br)>. Acesso em: 20 de julho de 2018.