

# Viabilidade Econômica da Geração Distribuída para Classe de Consumidores B1 do Rio Grande do Sul

Marcelo Borchardt Blasi  
Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, Brasil.  
marcelo\_blasi@hotmail.com

Prof. Dr. Maurício Sperandio  
Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, Brasil.  
mauricio.sperandio@ufsm.br

**Resumo**— Estudo de viabilidade econômica de geração distribuída para classe B1 de consumidores sob as variadas condições geográficas, climáticas e econômicas do estado do Rio Grande do Sul. Conclusões que comparam o tempo de retorno de investimento entre as regiões do estado, indicando as regiões que mais favorecem as instalações de equipamentos e empresas do ramo. Suposição de cenários com a entrada do sistema de tarifa branca nos próximos anos e seu efeito no investimento em geração fotovoltaica.

**Palavras-chave**—Engenharia Elétrica, Geração Distribuída Residencial, Geração Fotovoltaica, Geração Eólica, Viabilidade Econômica.

## I. INTRODUÇÃO

Este artigo é motivado pelo cenário atual da geração distribuída. Seu objetivo é apontar, dentro do estado do Rio Grande do Sul, quais as localidades que oferecem melhores condições tarifárias, climáticas e econômicas para implementação de pesquisas e empresas focadas em instalação de geração distribuída para consumidores da classe B1. Para isso, leva em conta todos os fatores relevantes como tarifas, temperatura, incidência de ventos, distribuidoras e outras, em uma série de simulações e faz uma análise comparativa.

Estima-se que a classe B1 (classificação imposta pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica), que se constitui do consumidor residencial, é o próximo público a começar a instalar, em grande escala, a geração distribuída. Por isso, o estudo se dá em torno desta. Este artigo é recomendado para todo aquele consumidor que pretende instalar módulos fotovoltaicos ou turbinas eólicas de pequeno porte em sua residência, e, principalmente, para aquele que pretende começar uma empresa de instalação e montagem destes equipamentos no estado.

O estado do Rio Grande do Sul foi selecionado para o estudo, pois, de acordo com a ANEEL e CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, possui tarifas de energia elevadas, alta insolação e temperatura baixa em relação aos demais estados. Isto gera um ambiente de incentivo, pois diminui o tempo de retorno de investimento.

Este artigo visa ter utilidade direta para investidores, empreendedores e pesquisadores da área de geração distribuída.

## II. METODOLOGIA

O estudo foi feito utilizando categorização. O estado foi dividido em partes que tem condições semelhantes para limitar o número de simulações. Para fazer isso, foram considerados alguns fatores que estão descritos no item A. As simulações, obtenção de gráficos e análise destes estão na sequência. O tamanho do sistema para simulação é a média de consumo da classe estudada, mas vale para toda a faixa (a partir de 80 kWh mensais, aproximadamente).

### A. Categorização

1) *Insolação*: O estado foi dividido em três partes devido à insolação. Estas três partes se fazem distintas de acordo com o atlas do Rio Grande do Sul fornecido pela CEPEL. São estas:

a) *Região oeste*: 24 MJ/m<sup>2</sup>d, sendo a região com maior índice.

b) *Região intermediária*: 22 MJ/m<sup>2</sup>d.

c) *Região leste*: 20 MJ/m<sup>2</sup>d, sendo a região com menor índice. Para converter esta unidade em kWh/m<sup>2</sup>d basta multiplicar por 0,27.

2) *Temperatura*: Assim como no item anterior, também foi feita a divisão entre quatro regiões do estado que podem ser vistas no atlas de temperatura da SCP/DEPLAN – Departamento de Planejamento Governamental, através do mapa de temperaturas da primavera. Neste mapa, observam-se quatro cores, que tem média de temperatura anual aproximada de:

a) *Região em azul*: média anual de 13,75°C.

b) *Região em verde*: média anual de 16,25°C.

c) *Região em amarelo*: média anual de 19°C.

d) *Região em laranja*: média anual de 20,5°C.

3) *Distribuidoras*: No estado, segundo a ANEEL, são predominantes três distribuidoras de energia com tarifas distintas, são elas:

a) *Rio Grande Energia (RGE)*: Com a de menor custo entre as três (0,434 R\$/kWh antes dos impostos) atua nas cidades do norte.

b) *RGESul*: Com a tarifa mais cara entre as três (0,547 R\$/kWh antes dos impostos) atua nas cidades centrais, entre norte e sul do estado.

c) *Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica (CEEE-D)*: Com a tarifa de 0,505 R\$/kWh antes dos impostos, atua nas cidades ao sul do estado.

4) *Geral*: Considerando os fatores anteriormente listados, o estado foi categorizado em doze partes. Cada uma destas possui uma combinação específica de temperatura, insolação e tarifação. O mapa dividido de acordo com as categorias pode ser visto na fig. 1. Para esta classificação, foram consideradas variáveis influentes para geração fotovoltaica. A geração eólica depende do atlas de ventos que mostra a variação de velocidade média no do vento no estado entre 3,5 m/s e 7,5 m/s no litoral e também no extremo sul gaúcho.

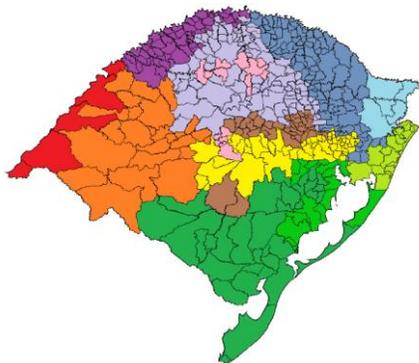


Figura 1. Estado dividido em doze categorias

## B. Simulações

Considerando os valores pesquisados de aquisição de módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas, conversores, relógio de medição bidirecional, reposição dos itens, baterias, informações sobre isenção de ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – para geração de energia limpa, equações de valor presente líquido, multiplicadores de tarifa branca, pluviometria e outras, foram realizadas simulações no software Homer Energy com estas estradas. O funcionamento do software pode ser verificado nas bibliotecas do mesmo.

## C. Obtenção de Gráficos de Tempo de Retorno de Investimento

Para cada simulação, foi possível traçar uma série de gráficos informativos que indicam o quanto uma variável impacta o tempo de retorno de investimento. Para tal, limitou-se a vida útil dos equipamentos entre quatro e sete anos, conectadas com o tempo total de simulação para que assim a resposta do programa fosse equivalente ao esperado. Nessa etapa, é possível fazer uma série de análises de forma a investigar o impacto de fatores climáticos e econômicos,

inclusive da possível entrada da tarifa branca no sistema de cobrança.

## D. Obtenção dos Resultados

Com os gráficos gerados, foi possível analisar de forma minuciosa quais as regiões de maior potencial fotovoltaico do estado e onde estão as regiões com maior potencial para a abertura de uma empresa no ramo, por exemplo. Esses constam no item III juntos com um mapa que indica, escalonadamente, quais as regiões mais e menos favoráveis para esse tipo de geração.

## E. Suposição de cenários

Para um diagnóstico econômico completo, é necessário supor cenários possíveis para os próximos anos. Nessa etapa, é suposta a entrada da tarifa branca e é calculado o impacto dela sob o tempo de retorno de investimento total. Para isso, foi desenvolvida a equação 1.

$$\tau = \alpha + [(\alpha - \chi) / \alpha] (\beta - \alpha) \quad (1)$$

Nesta equação,  $\tau$  o tempo de retorno de investimento,  $\alpha$  é o tempo de retorno no caso de tarifa convencional durante todo o período,  $\beta$  é o tempo de retorno caso a tarifa branca seja vigente por todo o período, e  $\chi$  é o momento da entrada da tarifa branca. Com ela, é possível supor toda e qualquer situação de mudança de tarifa que possa prejudicar o investimento nos próximos anos se substituirmos os termos por equivalentes.

## F. Análise dos resultados e discussão

A análise dos resultados, detalhada no item III, pode levar a conclusões sobre os efeitos de cada uma das variáveis sobre o potencial do estado do Rio Grande do Sul nesse aspecto. Além disso, é possível saber quais as regiões do estado que oferecem as melhores condições. A discussão sobre estes resultados pode ser muito produtiva para a abertura de empresas no ramo quando esses forem interseccionados com análises de densidade demográfica e o número de empresas já existentes por região.

## III. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho estão de acordo com os objetivos iniciais. Comparações de cenários, análises econômicas, técnicas e geográficas constarão na sequência. A variável usada como parâmetro será sempre o tempo de retorno de investimento e todas as outras variáveis interferem nesta.

### A. Efeitos das variáveis

Cada uma das variáveis gera uma diferença no tempo de retorno de investimento. Na sequência, será observada a diferença entre o pior e o melhor cenário do estado para cada uma dessas.

1) *Insolação*: Para a geração fotovoltaica, pressupõe-se que a insolação é um critério significativo. É possível observar na fig.2 (a distância entre os dois pontos pretos equivale a um

ano) que toda a variação de insolação presente no estado altera em meio ano o tempo de retorno. Esse valor pode ser considerado na tomada de decisão de um investidor.

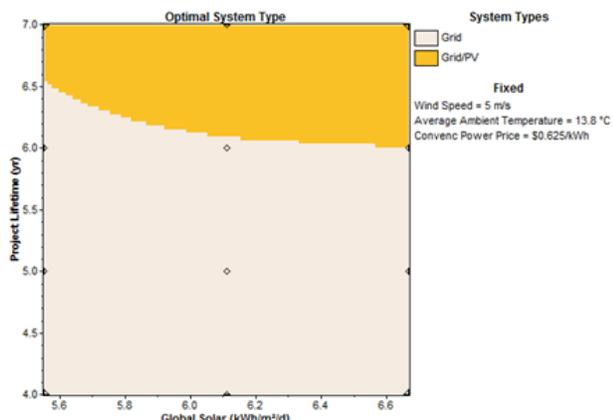


Figura 2. Influência da variação de insolação sobre *payback*.

2) *Temperatura*: Sabe-se que a temperatura inflige queda de eficiência em painéis fotovoltaicos. Na fig. 3 é possível observar o quanto o tempo de retorno de investimento varia de acordo com a diferença entre a média anual máxima e a média anual mínima. Essa variação é de aproximadamente dois meses, um valor baixo para ser levado em conta em uma tomada de decisão.

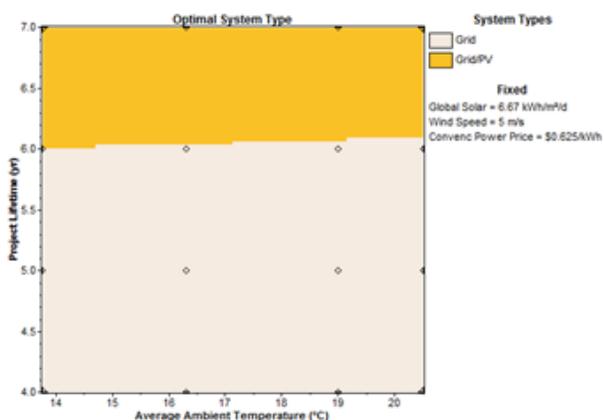


Figura 3. Influência da variação de temperatura sobre *payback*.

3) *Tarifação*: A tarifa apresentou-se como o fator de mais influência no *payback* dentro dos parâmetros analisados. A variação de preço dentro do estado é suficiente para variar o tempo de retorno de investimento em um ano, como pode ser observado na fig. 4.

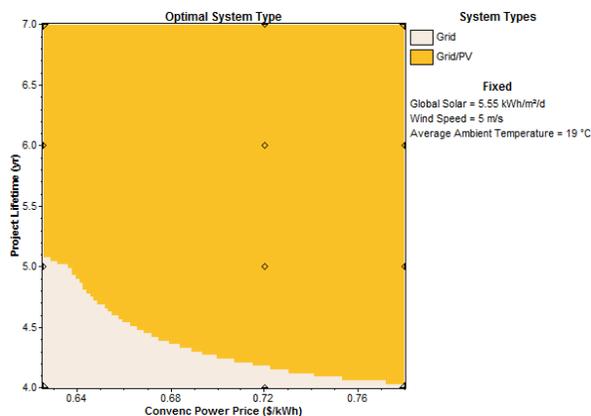


Figura 4. Influência da variação de tarifas sobre *payback*.

4) *Ventos*: Sem esquecer-se da alternativa eólica, é analisado o caso com ventos com média de 8m/s, muito específico dentro do estado. Este oferece *payback* de seis anos, mais tardio que o da instalação fotovoltaica numa mesma região. A condição tarifária para este caso não ocorre nas regiões com esta quantidade de vento, e, com a tarifa local, o tempo de retorno de investimento sobe para entre oito e dez anos. Toda essa informação pode ser obtida da fig. 5, onde a geração eólica está representada na cor verde.

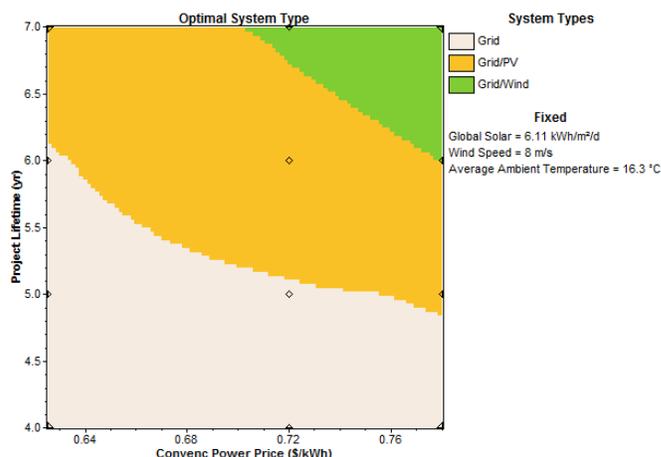


Figura 5. Variação de tarifas sob a condição de ventos médios a 8m/s.

## B. Tarifa Branca

Ao supor a entrada da tarifa branca como obrigatória para o consumidor existe receio diante do investimento em geração fotovoltaica. Isso ocorre, pois a energia no pico que normalmente é noturno é valorizada e a diurna desvalorizada. Para analisar, com o acréscimo de baterias, o quanto esta impacta no tempo de retorno de investimento, cabe análise da fig. 6 e 7. Observa-se que, para a tarifa mais baixa do estado (RGE), há uma diferença de dois anos em caso de inserção imediata da nova tarifa. Este número é de peso suficiente para impedir um investidor de continuar.

Não há previsões para obrigatoriedade da nova tarifa, o que nos leva a crer que nos próximos dois anos, aproximadamente, isso não acontecerá. A equação do item I.I.E pode ser aplicada para nos mostrar que, no caso de

entrada obrigatória de tarifa branca dois anos após o investimento, a diferença de tempo de retorno é de apenas meio ano.

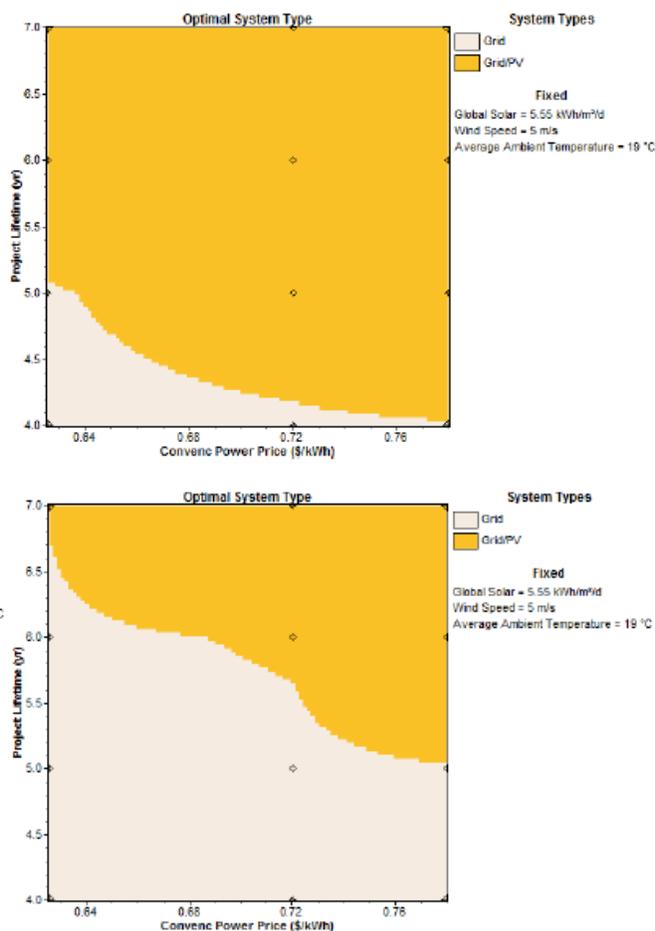


Figura 6 e 7. Influência da entrada da tarifa branca sobre *payback*.

### C. Geografia do Estado para Geração Fotovoltaica

Utilizando todas as informações e simulações aqui listadas, é possível mapear o Rio Grande do Sul de acordo com o potencial para geração fotovoltaica. Na fig. 7 é possível observar, em vermelho, os locais onde há o menor *payback* do estado para investimentos deste gênero. Em azul, constam as cidades em que há condição menos favorável e consequentemente o maior tempo de retorno. Os tons de roxo correspondem a condições intermediárias.

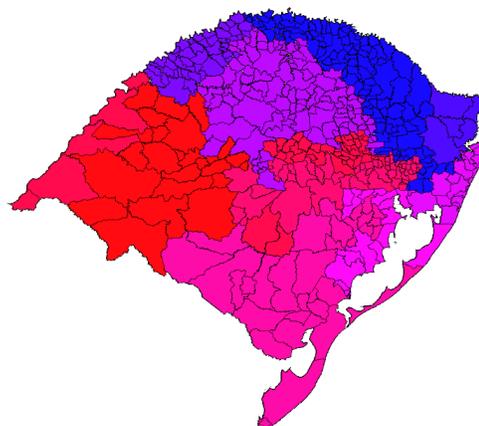


Figura 7. Escalonamento de retorno de investimento.

## IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O Rio Grande do Sul tem potencial para elevado crescimento no setor de geração fotovoltaica. Mais precisamente, nas regiões avermelhadas do mapa da fig. 7. A entrada da tarifa branca não inviabiliza o futuro provável, em que a classe B1 de consumidores, que representa a maioria das residências, é a próxima a aderir a este tipo de geração como alternativa às tarifas cada vez mais altas. A isenção de ICMS é um grande impulsor para as energias renováveis e desde 2016 é possível observar esse efeito com o grande crescimento da geração distribuída.

Os fatores climáticos influenciam no tempo de retorno de investimento. Porém, a influência de fatores políticos e econômicos é mais significativa.

A geração de energia elétrica por turbinas eólicas residenciais é viável em casos muito específicos, sendo lugares em que há incidência alta de vento e que o investidor está disposto a ter um *payback*, relativamente, alto.

O mapa da fig. 7 pode ser utilizado para averiguar em qual região é mais economicamente viável começar uma empresa de instalações fotovoltaicas residenciais. Para isso, deve ser incluído um estudo de empresas que já estão no mercado e a densidade demográfica das regiões.

## REFERÊNCIAS

- [1] A. F. Pinto, *Conversor de um andar para sistemas fotovoltaicos*. Universidade Técnica de Lisboa. 2009
- [2] ANEEL, Nota Técnica nº 0056/2017-SRD/ANEEL. Disponibilidade: <http://www.aneel.gov.br/documents/>. Maio. 2017.
- [3] ASTRASOLAR, *Geração distribuída – ANEEL revisa projeções para crescimento no setor*. Disponibilidade: <http://astrasolar.com.br/energia-solar/aneel-revisa-projecoes-geracao-distribuida/>
- [4] COSOL, *Como funciona um modulo fotovoltaico*. Disponibilidade: <http://www.cosol.com.br/>.
- [5] ECOCASA, *Turbinas Eólicas Residenciais*. Disponibilidade: <http://www.ecocasa.com.br/>. 2017.

- [6] GOV-RS, *Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul*. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Disponibilidade:<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/>. 2018.
- [7] GOV-RS, *Decreto nº 52964*. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Disponibilidade:  
<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/DEC%2052.964.pdf>. 2016.
- [8] MME, *Geração distribuída mantém crescimento com quase oito mil conexões*. Disponibilidade:<http://www.mme.gov.br/>. Janeiro. 2017.
- [9] Neosolar, *Painel Solar Fotovoltaico Canadian CSI CS6K-275P (275Wp)*. Disponibilidade:<https://www.neosolar.com.br/loja/painel-solar-fotovoltaico-275wp-canadian-csi-cs6k-275wp.html>. 2017.
- [10] SINDIFISCO. *Isonção de ICMS para geração solar começa a valer*. Disponibilidade:<http://www.sindifisco.org.br/noticias/re-sencao-de-icms-para-geracao-solar-comaca-a-valer/>. 2016.
- [11] SUNergy, *Como funciona a tributação sobre energia fotovoltaica*. Disponibilidade:<http://sunergia.com.br/blog/como-funciona-a-tributacao-sobre-energia-solar-fotovoltaica/>. 2017.