

# ESTUDO DE VIABILIDADE PARA PROPOSIÇÃO DE UMA COOPERATIVA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA SERRA NORDESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Fernando Cousseau – [fercousseau@hotmail.com](mailto:fercousseau@hotmail.com)

Dra. Aline Cristiane Pan – [Aline.pan@pucrs.br](mailto:Aline.pan@pucrs.br)

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Física

**Resumo.** *O presente trabalho refere-se ao estudo de implantação, dimensionamento e viabilidade econômica de uma cooperativa solar fotovoltaica para geração de energia entre vinte e seis cooperados da serra nordeste do Rio Grande do Sul. Foi elaborado um plano de instituição para a cooperativa em questão e então coletada as demandas individuais desses interessados por meio da fatura de energia elétrica. Após a tabulação dos dados e estabelecida a divisão energética de cada sócio foi realizado o dimensionamento do sistema fotovoltaico que resultou em uma minigeração. Também foram estudados os demais parâmetros que englobam o projeto como área de implantação, obras civis, rede elétrica e sombreamento. Nos resultados, foi analisada a estimativa de geração energética da cooperativa para cada cooperado individual, na qual implica em um estudo de viabilidade financeira, onde cada sócio, com um sistema de potência diferente, submeteu-se a investimentos em R\$/Wp distintos. O trabalho foi finalizado com uma análise de investimento do capital ao longo de vinte e um anos para a cooperativa de forma geral, que resultou em um tempo de retorno médio do investimento de 6,5 anos. O tempo de retorno de investimento para cada cooperado individual sofreu variações de acordo com o percentual de geração de energia e capital investido respectivamente.*

**Palavras-chave:** *Energia Renovável, Cooperativa Solar Fotovoltaica, Central Fotovoltaica.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), criou a normativa nº 482/2012, alterada pela revisão nº 687/2015, que de acordo com a ANEEL (2015), regulamenta a conexão com a rede elétrica da distribuidora de energia para micro e minigeradores. Após a criação deste regulamento, criou-se um caminho de viabilidade econômica para a geração distribuída. O aprimoramento do sistema de compensação permitiu que consumidores constituíssem cooperativas para gerar energia solar fotovoltaica, eólica e biomassa, entre outras. Entre os modelos de geração distribuída existentes, o presente trabalho destaca a geração compartilhada de energia solar fotovoltaica, na qual, um conjunto de consumidores, através de uma cooperativa, se junta e desenvolve um projeto e instalação de uma unidade de geração em um único ponto, para usarem os créditos em suas devidas unidades consumidoras.

O sistema de geração fotovoltaica se tornou uma solução interessante para essas modalidades, primeiramente porque até uma faixa de geração até 5MWp não é necessário o licenciamento ambiental. Tendo em vista a norma regulamentadora, o potencial de radiação solar do Estado e a acessibilidade de linhas de transmissão e subestações, um estudo de geração solar fotovoltaica compartilhada através de cooperativa fica atrativo conforme Peraza (2013).

Através de outro estudo científico já realizado por Peraza (2013), é possível identificar que existem pontos atrativos para instalação de geração fotovoltaica centralizada no Rio Grande do Sul, e alguns se destacam a serra nordeste gaúcha. Sendo assim o presente artigo tem como objetivo geral desenvolver uma proposta de uma cooperativa de energia solar fotovoltaica para a serra nordeste do Rio Grande do Sul, incluindo o projeto e o dimensionamento da central fotovoltaica, constituída por empresários de microempresas da região e pessoas físicas que tenham interesse na modalidade.

Assim, o trabalho proposto consiste em um plano de viabilidade técnica e econômica para o perfil de consumidores citados anteriormente, que possam vir a remeter o interesse de investir em energias renováveis na área de solar fotovoltaica na forma de cooperativa ou consórcio.

## 2. COOPERATIVA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA SERRA NORDESTE DO RIO GRANDE DO SUL

A metodologia utilizada para propor a instituição da cooperativa de energia solar fotovoltaica para a Serra Nordeste do estado do Rio Grande do Sul foi baseada no método utilizado pelas cooperativas mencionadas na seção anterior. Um sistema fundamentado na reunião de pessoas e não no capital, onde visa às necessidades do grupo e sua demanda de energia, não se enquadra na modalidade de lucro por venda de energia.

O fluxograma da Fig. 1 apresenta a sequência de passos norteados para atingir o objetivo do trabalho, que é a proposta de implantação de uma cooperativa solar fotovoltaica.

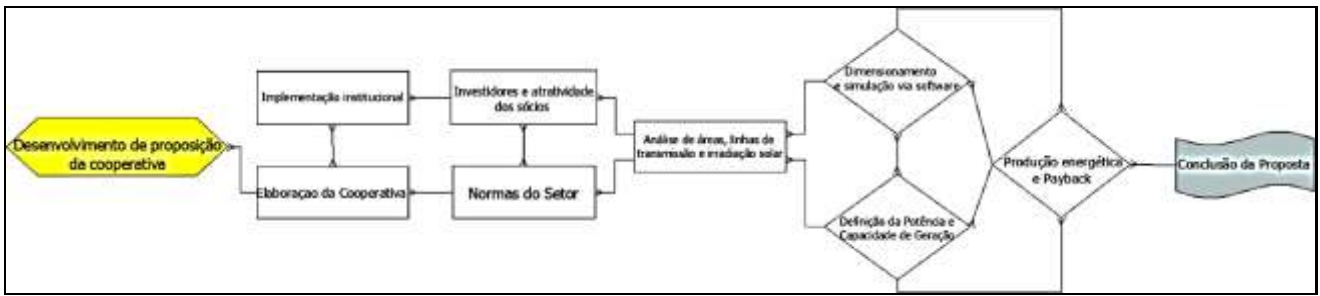


Figura 1 - Fluxograma com passos da implantação da cooperativa solar fotovoltaica.

## 2.1 Plano de elaboração da cooperativa

Muito se houve falar em cooperativa de crédito, agrícola e tantas outras. Uma forma para o consumidor que não possui área suficiente para a instalação de microgeração, pode ser o sistema de geração compartilhada.

Para compor e criar uma cooperativa é necessário o número mínimo de 20 pessoas de acordo com o sistema OCERGS (2017), órgão de registro, cadastro e certificação das cooperativas gaúchas. Isso também inclui o cooperativismo de energia renováveis. É através desse formato que o atual trabalho propõe em formar uma cooperativa com 26 associados em forma de pessoas físicas e jurídicas de micro empresas da região nordeste do Rio Grande do Sul. O número de associados foi definido para ser um patamar tangível ao tamanho do trabalho proposto, ficando dentro de uma potência que não ultrapassaria o grupo de minigeração, onde a modalidade ainda se atrela a geração compartilhada no modo cooperativo, com estudos de ampliação futura no caso de interesse do mesmo perfil de associados. O perfil desses empresários arbitrados e escolhidos pelos projetistas são pessoas jurídicas com tarifas de energia do grupo B que tenha uma faixa de consumo médio de energia mensal entre 300 a 10.000 kWh/mês. Sendo assim, não foram realizados estudos de viabilidade dessa modalidade nestas condições para unidades consumidoras do grupo A.

## 2.2 Elaboração da cooperativa através da Lei

Para constituição de uma cooperativa singular é requerido o concurso de associados, em número mínimo necessário de 20 associados para compor a administração da sociedade, órgão de administração e conselho fiscal (inciso II do art. 1.094 do CC), levando em conta a necessidade de renovação; 3 cooperativas singulares para formar uma cooperativa central ou federação; e no mínimo, 3 cooperativas centrais ou federação de cooperativa para formarem uma confederação de cooperativas (incisos I, II, e III do art. 6º da Lei nº 5.764/71).

O ingresso nas cooperativas é livre a todos que desejarem utilizar dos serviços prestados pela sociedade, desde que adiram aos propósitos sociais e preencham as condições estabelecidas no estatuto. O número de associados é ilimitado, salvo impossibilidade técnica de prestação de serviços (art. 6º do inciso I, e art. 29 da Lei nº 5.764/71).

## 2.3 Implementação institucional

O primeiro passo da implementação da cooperativa de energia é o objetivo de todos os associados em investirem com recursos próprios ou através de financiamento particular de cada um em geração de energia elétrica através da conversão de energia solar fotovoltaica. Todos os associados entram em acordo em participar da modalidade de geração compartilhada, onde os associados através do sistema de compensação de energia, possibilitado pela geração distribuída, compensam a energia injetada na rede elétrica através de créditos em forma de kWh, no consumo de suas unidades consumidoras que estejam dentro da área de abrangência da concessionária RGE.

O percentual de capital líquido investido que corresponde ao tamanho do sistema e sua quantidade de geração são proporcionais ao percentual de investimento em despesas de uso comum, como: adequação do terreno; cercamento da propriedade; iluminação do local; investimento em segurança como alarme e câmeras; construção da casa de geração onde ficará os inversores, quadro de proteção e controle; obras de subestação e linha de transmissão;

## 2.4 Dimensionamento e capacidade de geração

Nessa parte pode-se estudar uma curva de carga onde representaria a carga total de todos os associados da usina que utilizariam dos créditos de energia, levando-se em conta o percentual de energia que cada associado deseja obter, que não necessariamente condiz à curva de carga total de consumo em suas unidades.

Os programas a serem utilizados para o dimensionamento da cooperativa serão o PV\*Sol e o RADIASOL. A metodologia para o dimensionamento considerada foi o sistema conectado à rede de distribuição elétrica com base de cálculos na literatura atual e o livro Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, Pinho e Galdino (2014), em que os valores obtidos foram confrontados com os valores extraídos do programa de cálculo.

Para atender a demanda de energia estimada, primeiramente foi dimensionado o arranjo fotovoltaico. Dentro desse dimensionamento, faz-se necessário atentar a custos de mercado para módulos e estruturas, de tal forma que o sistema seja o mais customizado possível.

### 2.5 Divisão do dimensionamento por cooperado

Para a divisão da compensação de energia por unidade consumidora foi primeiramente calculada a média de consumo para cada fatura de energia. Para os valores das médias de consumo mensal, foram utilizados os últimos 12 meses do histórico da fatura de energia de cada cooperado. O valor já tem o desconto da taxa mínima de disponibilidade que é obrigatoriamente cobrado de cada cooperado pela concessionária de energia. Também fica destacado o valor calculado para o cooperado (hospital) que optou por compensar apenas 10% da média do consumo da fatura de energia.

Na Tab. 1 são apresentados os valores de consumo mensais totais somados de todos os cooperados, retirados do histórico da fatura de energia. Os valores apresentados já estão descontados da taxa mínima total referente a cada mês. São 18 cooperados com custo de disponibilidade para unidade consumidora trifásica de 100 kWh/mês e 7 cooperados com custo de disponibilidade para unidade consumidora monofásica de 30 kWh/mês que totalizam 2.010 kWh/mês de disponibilidade.

Tabela 1 - Consumo mensal total em kWh/mês somados de todos os cooperados.

MÊS	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
kWh	47736	42711	43291	40586	38067	35616	33301	36019	36975	34834	37994	40861	<b>38999</b>

### 2.6 Definição dos parâmetros para projeto

O sistema deve ser composto por módulos fotovoltaicos multicristalinos de 320 Wp instalados em estrutura de solo. A energia elétrica CC oriunda das saídas desses módulos será convertida em energia elétrica CA através de inversores de frequência denominados *Grid-tie* (conectados a rede). As saídas desses inversores estarão conectadas a rede da concessionária através de um sistema de proteção e por se tratar de uma minigeração, um transformador de acoplamento. Assim, a energia é direcionada para a rede da concessionária, que utilizará essa energia para abastecer seus clientes durante o dia, compensando toda energia injetada em kWh da cooperativa, em percentuais de créditos de kWh nas faturas dos 26 cooperados. Como parâmetro de projeto será usado o valor médio mensal de 38.999 kWh obtido na Tab. 1, que representa a média mensal de consumo durante todo o ano no somatório dos 26 cooperados.

A Fig. 2 apresenta o diagrama com toda a conexão elétrica principal do sistema de corrente contínua, caixas de proteções e os componentes que fazem parte; conexão com o barramento de baixa e média tensão CA e suas proteções obrigatórias; equipotencialização do aterramento.

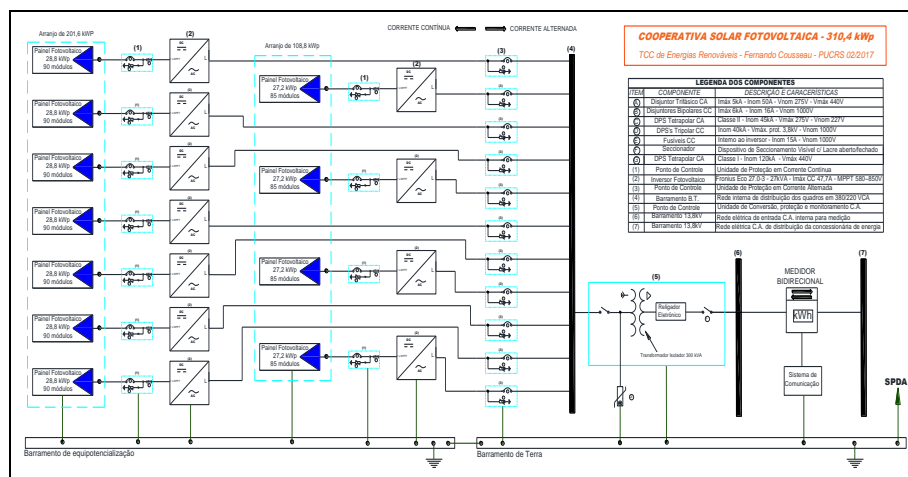


Figura 2 - Diagrama elétrico unifilar completo da cooperativa solar fotovoltaica via programa AutoCAD, (2017).

O sistema de conexão elétrica da cooperativa que configura uma minigeração distribuída necessita além dos itens de qualquer microgeração, particularidades no sistema de proteção para a rede elétrica como: transformador isolador, religador ou disjuntor com acionamento de comando secundário como relês ou controle eletrônico, disjuntor seccionador visível (DSV), medição com sistema de comunicação.

### 2.7 Avaliação da irradiação solar na área da cooperativa

Para a determinação da irradiação solar média mensal, os dados do Radiasol foram consultados da base de dados do SWERA, dados de irradiação fornecidos pelo INPE, irradiação global horizontal. As coordenadas a seguir do local da instalação foram obtidos pelo *Google Earth*:

**Latitude: -29.241014 - Longitude: -51.512645 - Altura: 683 m**

A Tab. 2 informa os dados de irradiação solar diária retirados do banco de dados do SWERA exatamente no ponto de coordenada com latitude de -29.24, onde se encontra a área proposta para o projeto da cooperativa solar.

Tabela 2 - Dados de irradiação do local proposto para a cooperativa.

Irradiação Solar diária média global horizontal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
6.066	5.547	5.175	4.354	3.178	3.025	2.699	3.574	4.546	5.240	6.770	6.414	<b>4.657</b>

Fonte: Base de dados do SWERA (2017).

Na Fig. 3 é apresentado o gráfico dos valores da irradiação solar diária mensal que aparecem na Tab. 2, onde pode ser visualizada a curva de irradiação global horizontal incidente no local.

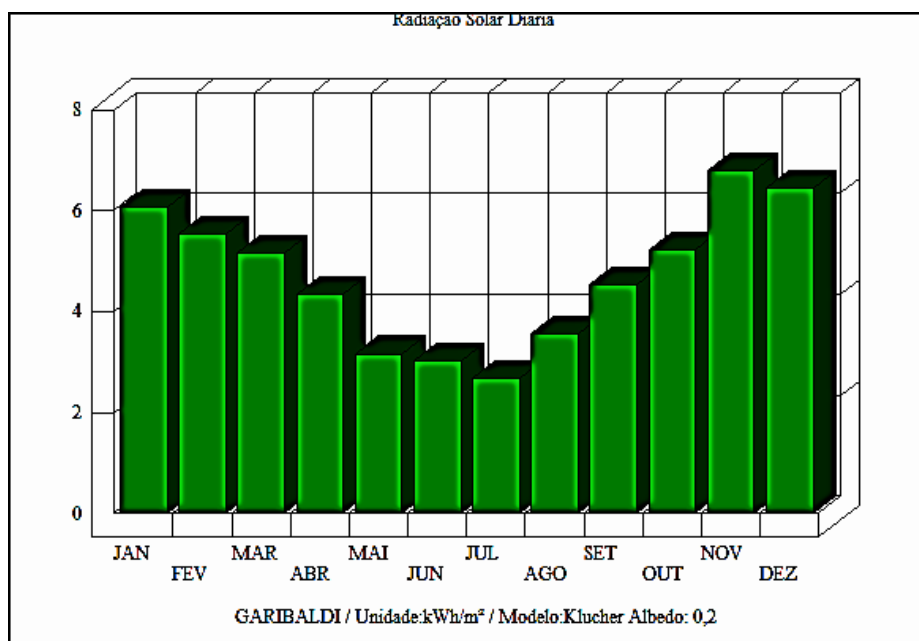


Figura 3 - Irradiação global horizontal anual em kWh/m<sup>2</sup>.dia para área da cooperativa via Programa Radiasol, (2017).

Como a cidade de Garibaldi não consta na base de dados do Radiasol, foi criado uma nova estação, onde o programa permite a entrada de valores manuais de irradiação que foram retirados do banco de dados do Atlas Solarimétrico do SWERA.

A inclinação que apresenta a maior média para a estação cadastrada de Garibaldi é de 19° e 20°. Ambas iguais, adotando assim a inclinação de 20° para o projeto. O valor da irradiação corrigida é apresenta na Tab. 3.

Tabela 3 - Dados de irradiação corrigidos no local proposto para a cooperativa com base de dados do Radiasol.

Irradiação Solar diária média global em superfície inclinada de 20° [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
6.034	5.684	5.654	5.166	3.922	4.008	3.288	4.270	5.110	5.490	6.798	6.334	<b>5.147</b>

Com a inclinação de 20° corrigida, é possível verificar um ganho em kWh/m<sup>2</sup> na irradiação do local significativo nos meses de inverno, mantendo os valores de irradiação dos meses de verão próximos aos valores da irradiação global horizontal das coordenadas estudadas. Logo, a média passa de 4.657 kWh/m<sup>2</sup>.dia para 5.147 kWh/m<sup>2</sup>.dia.

## 2.8 Dimensionamento do sistema fotovoltaico

A partir dos dados de consumo e irradiação, o primeiro é definir a potência dos módulos fotovoltaicos em kWp através da Eq. (1):

$$P_{FV} = \frac{E \times G_{CNTP}}{H_{TOT}} \times TD \quad (1)$$

Onde:

$E$ : Energia gerada (Wh);

$P_{FV}$ : Potência Fotovoltaica (Wp);

$H_{TOT}$ : Irradiância diária média mensal para a área considerada ( $\frac{Wh}{m^2}$ );

$G_{CNTP}$ : Irradiância na condições normais de temperatura e pressão ( $1.000 \frac{W}{m^2}$ );

$TD$ : Taxa de desempenho.

Logo, para estimar a produção a cada mês da cooperativa, foi considerada a irradiação diária para cada mês do ano, o resultado final para Energia média anual do arranjo em kWh/mês ficou em 38.835,31 kWh/mês, demandando uma potência média anual do arranjo de 310,43 kWp.

**Dimensionamento do arranjo fotovoltaico.** Definida a potência a ser instalada, pode ser determinado o número de módulos que serão necessários para o sistema. Para o projeto da cooperativa solar será utilizado o módulo de silício multicristalino de 72 células CS6X-320P do fabricante *Canadian Solar* que tem suas características definidas na Tab. 6. A marca do módulo escolhido foi definido por se tratar de uma marca que já possui unidade fabril instalada no Brasil, tecnologia multicristalina por ter um custo benefício relativamente atrativo neste caso que tem área de sobra para implantação. E a potência de 320 Wp, foi definida pela economia de peças de fixação nas estruturas em relação aos tamanhos de módulos menores, onde seriam necessários mais módulos para compensar a mesma potência instalada.

Para obter o número de módulo foi realizada a divisão da potência fotovoltaica pela potência de cada módulo, conforme Eq. (2):

$$N^{\circ} \text{ mód} = \frac{P_{FV}}{Pot. \text{ Mód}} \quad (2)$$

Onde:

$N^{\circ} \text{ mód}$ : Número de módulos a ser utilizado;

$P_{FV}$ : Potência total fotovoltaica (kWp);

$Pot. \text{ Mód}$ : Potência nominal indicado pelo fabricante do módulo (kWp em STC).

O número total de módulos fotovoltaicos dimensionados para a cooperativa solar foi de 970. Para saber a área que estes módulos ocuparam em solo é necessário utilizar o número de fileiras que serão necessárias de acordo com o tamanho da área disponível, para enfim, realizar o cálculo do espaçamento de módulos em sistemas fotovoltaicos que possuam mais de uma fileira de módulos. Para Plínio e Galdino (2014), a Eq. (3) apresenta um método para estimar a distância mínima que o módulo deve ser colocado da fonte de sombreamento.

$$d = F_e(h_{ob} - h_i) \quad (3)$$

$$d = 2,4 * cat. \text{ oposto mód.} = 2,4 * (1,968 * \text{sen}(20^{\circ})) = 1,62m \quad (3)$$

Onde:

$d$ : distância mínima a ser mantida entre o gerador fotovoltaico e o obstáculo (m);

$F_e$ : fator de espaçamento;

$h_{ob}$ : altura do obstáculo (m);

$h_i$ : altura de instalação do módulo fotovoltaico (m).

**Dimensionamento do inversor.** Para atender as necessidades do projeto foi selecionado o inversor da marca *Fronius*, modelo ECO 27.0-3-S com potência de 27 kW. A escolha por mais inversores com potências menores foi basicamente por dois fatores: a garantia estendida de 7 anos direta em relação aos demais que na maioria apresentam 5 anos; menor parcela do sistema fora de operação por manutenção ou falhas do equipamento de conversão. O fator de dimensionamento dos inversores (FDI) implica a relação entre a potência nominal C.A. do inversor e a potência de pico do gerador FV. A Eq. (4) define segundo Pinho et al.

$$FDI = \frac{P_{Nca}(W)}{P_{FV}(Wp)} \quad (4)$$

Onde:

$FDI$ : Fator de dimensionamento do inversor;

$P_{Nca}(W)$ : Potência nominal em corrente alternada dos inversores;

$P_{FV}(Wp)$ : Potência de pico do painel fotovoltaico.

Um valor recomendado para o FDI é normalmente um mínimo de 0,85 e o máximo de 1,05. A planta da Fig. 4 apresenta a disposição inicial para a potência de 310,4 kWp, a unidade de conversão e proteção, onde ficaram instalados os 11 inversores, transformador, religador, quadros de proteção C.C. e C.A. e também sistema de monitoramento por *wi-fi* entre outros. Para o projeto serão 35 fileiras de 18 módulos e 20 fileiras de 17 módulos. A área total ocupada pelos painéis fotovoltaicos, contados os espaçamentos para muros e unidade de geração será de 6.580 m<sup>2</sup>.

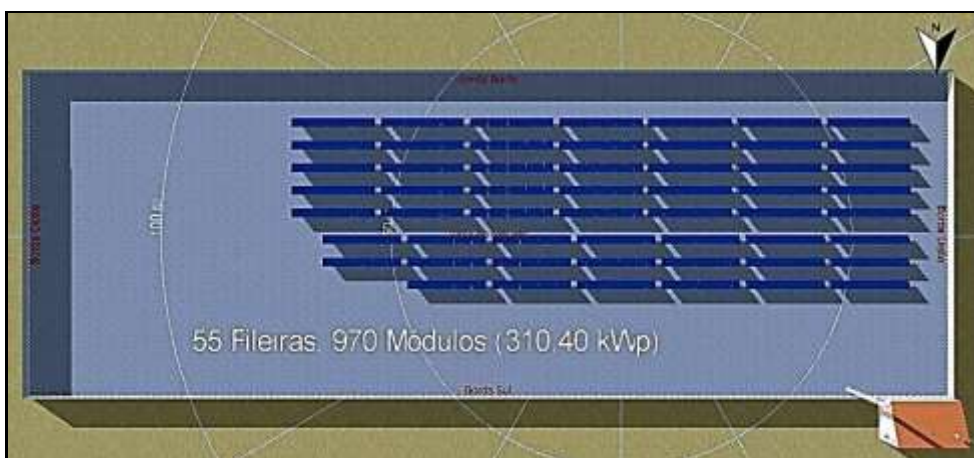


Figura 4 - Planta ilustrativa da cooperativa solar com disposição dos painéis obtida pelo programa PV\*Sol, (2017).

## 2.9 Produção energética

Para conseguir sintetizar com valores mais concretos as análises financeiras do projeto da cooperativa, foi necessária estimar integralmente a futura geração do sistema fotovoltaico. A Tab. 4 apresenta as curvas de produção anual para o primeiro ano com seus respectivos dados obtidos pelos programas *Excel* e *PV\*Sol*.

Tabela 4 - Energia do gerador fotovoltaico (rede C.A.) pelo *PV\*Sol* e *Excel*.

Mês MWh	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Méd
<i>PV*Sol</i>	45,55	39,96	44,46	40,87	33,66	33,56	29,42	36,39	41,08	44,64	51,39	48,20	<b>40,76</b>
<i>Excel</i>	46,45	39,52	43,53	38,49	30,19	29,86	25,31	32,87	38,07	42,26	50,65	48,81	<b>38,84</b>

A energia total para o primeiro ano estimada pelo programa *PV\*Sol* injetado na rede C.A. é de 468.372 kWh/ano, enquanto a estimada pelos cálculos da planilha *Excel* é de 466.023 kWh/ano. A Fig. 5 apresenta a curva de geração anual prevista e comparada com a do consumo retirada do histórico das faturas de energia dos cooperados e somadas.

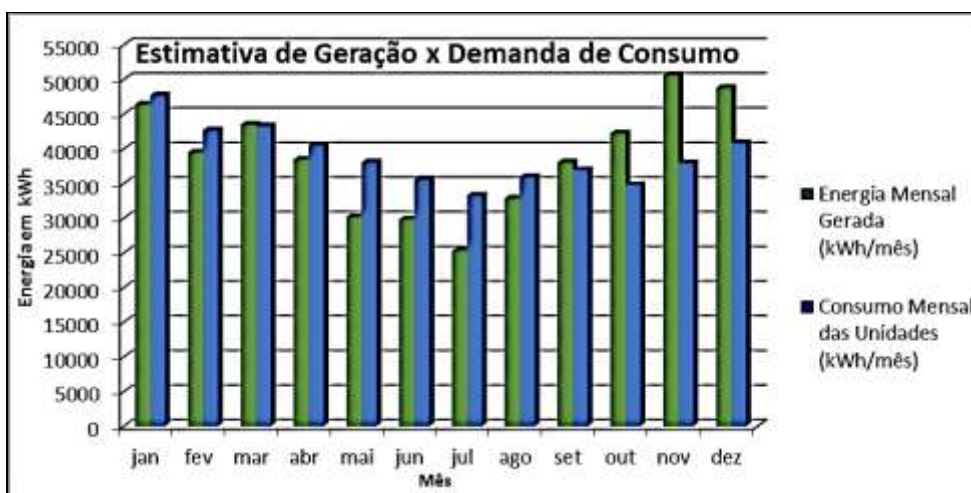


Figura 5 - Gráfico com estimativa de produção prevista *versus* a demanda de consumo.

Como definido na parte de dimensionamento, a energia gerada será dividida em percentuais de acordo com o consumo e respectivamente a potência em kWp que cada cooperado resolveu investir dentro da cooperativa. Todos os cooperados definiram investir o equivalente ao seu consumo da fatura de energia descontado a taxa de disponibilidade.

Como o esperado pelos dados do fabricante dos módulos fotovoltaicos, a eficiência de conversão fotovoltaica diminui em torno de 0,7 a 1% ao ano devido à degradação das células fotovoltaicas, entre as mais predominantes são a corrosão, delaminação e descoloração segundo Thomas (1999). Na Fig. 6 é demonstrada a perda de eficiência energética de geração de energia pelo sistema fotovoltaico ao longo de 21 anos através da simulação do programa PV\*Sol. Foi considerado na simulação o pior caso, perda de 1% ao ano na produção dos módulos fotovoltaicos.

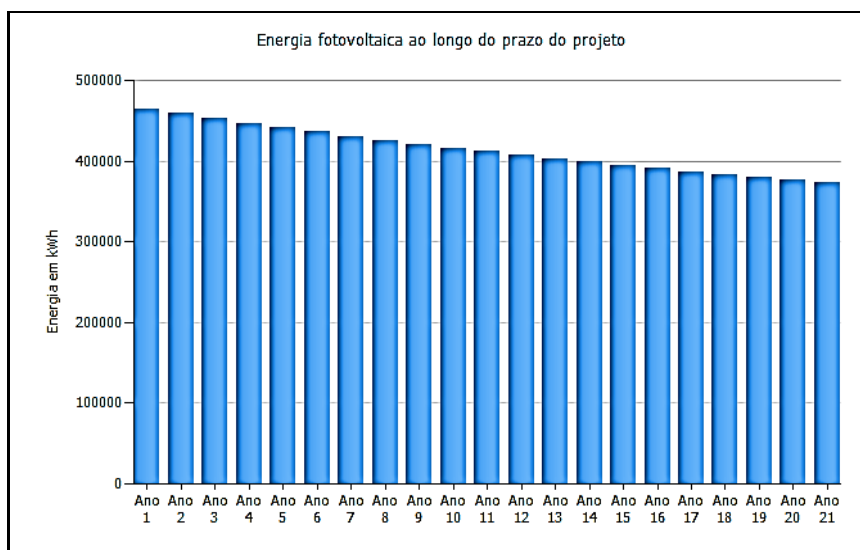


Figura 6 - Curva de degradação da eficiência do sistema na geração fotovoltaica em kWh/ano obtidos pelo programa PV\*Sol, (2017).

## 2.10 Análises financeiras

Através da Tab. 5, foram estimados os custos envolvidos com o projeto além dos principais componentes como módulos fotovoltaicos e inversores. A consulta de valores para o kit gerador fotovoltaico foi realizado com dois distribuidores do Brasil. Também foram mostrados os custos do sistema com obra civil sua implantação, incluindo custos institucionais, onde estes foram divididos em grupos para uma análise mais abrangente.

Como determinado anteriormente o valor dos custos do kit gerador, obras civis (muro, terreno e unidade de geração), será repassado proporcionalmente a cada cooperado através da porcentagem de consumo/geração em que cada cooperado representa para a cooperativa, com exceção dos custos em comum como os institucionais, construção da rede C.A., subestação e outros (câmeras, alarme, etc), que serão divididos igualmente entre os 26 cooperados.

Tabela 5 - Grupo dos custos em comum rateados pelos 26 cooperados.

Componente	Valor unit.	Valor total
Projeto de Engenharia (Elétrico + Estrutural)	*	R\$ 20.000,00
Custos institucionais de abertura da cooperativa	*	R\$ 10.000,00
Contrato entre cooperados e cooperativa	*	R\$ 8.000,00
Despesas de escritório, meio ambiente e public.	*	R\$ 10.000,00
Câmeras de monitoramento	R\$ 800,00	R\$ 4.000,00
Instalação da rede internet	*	R\$ 850,00
Alarme com sensor de barreira a laser	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Extintores e placas de sinalização	R\$ 300,00	R\$ 1.000,00
Postes de concreto padrão do ramal de entrada	R\$ 1.000,00	R\$ 5.000,00
Transformador 300kVA c/transporte	R\$ 16.000,00	R\$ 16.000,00
Religador	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
Chave seccionadora c/lacre - DSV	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Medição Indireta Bidirecional	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Sistema de comunicação (Medição)	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
DPS's	R\$ 150,00	R\$ 600,00
<b>Total dos custos divididos em comum pelos 26 cooperados</b>		<b>R\$ 91.450,00</b>
<b>Custo em comum dividido para cada cooperado</b>		<b>R\$ 3.517,31</b>
<b>Total dos custos divididos proporcional ao capital dos sócios</b>		<b>R\$ 1.281.850,00</b>
<b>TOTAL do Sistema</b>		<b>R\$ 1.373.300,00</b>

No gráfico da Fig. 7 é possível verificar a curva de investimento em R\$/Wp em função da aquisição em kWp em que os cooperados estão inseridos, cada um com seu respectivo consumo/produção. O sistema com investimento mais

elevado em torno de 7,00 R\$/Wp ficou com o menor sistema, ou melhor, o menor percentual de geração. Se observa que para o cooperado de geração com respectiva potência de pico entre 11 a 13 kWp, o preço investido é similar ao preço total de 4,42 R\$/Wp que foi o de implantação da cooperativa, isso representa um valor em torno de R\$ 53.000,00. Com potencias acima dessas, o valor investido respectivo de cada sócio se torna inferior ao médio de aquisição geral.

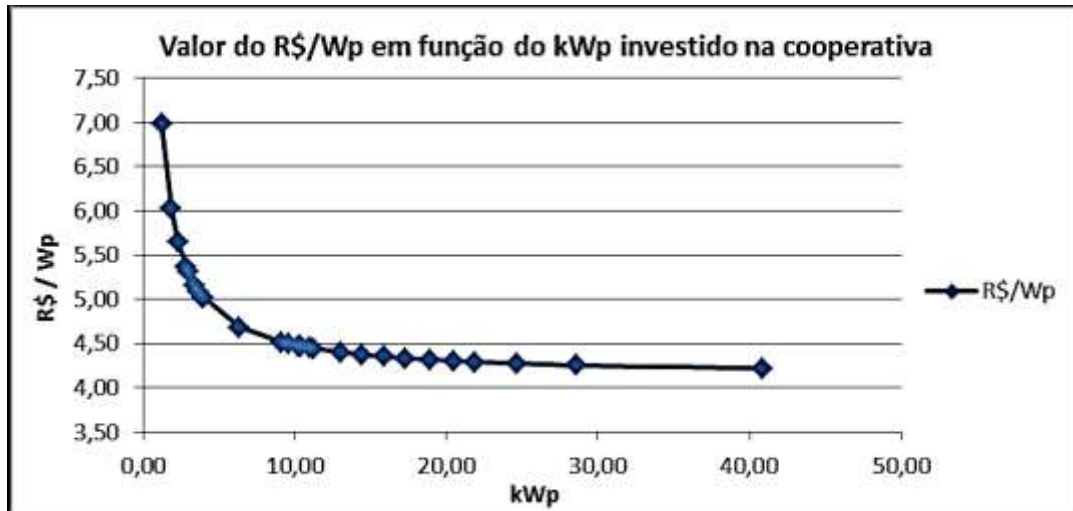


Figura 7 - Gráfico do valor R\$/Wp em função da potência respectiva adquirida.

Com base no valor final de R\$ 1.373.300,00, o valor do Wp fixou em 4,42 R\$/Wp. Na tabela de custo para implantação do sistema, foram divididos os valores de investimento para os cooperados onde cada tem um valor de investimento inicial igual a R\$ 3.517,31 mais o seu percentual de investimento vezes o valor total dos custos proporcionais que ficou em R\$ 1.281.850,00. Esta divisão é demonstrada na Tab. 6, é possível verificar o tamanho do sistema respectivo em kWp para cada cooperado, assim como o investimento total e em R\$/Wp.

Tabela 6 - Investimento, valor do Wp, potência de pico e retorno respectivo de cada cooperado.

COOPERADO	Percentual	kWp	Investimento	R\$/Wp	Retorno (anos)	Média - kWh
Marcia Lorensset	0,40%	1,23	R\$ 8.611,97	6,98	10,26	154,35
Ledir Capitanio	0,59%	1,85	R\$ 11.142,87	6,03	8,87	231,03
Vidraçaria Garibaldense	0,74%	2,31	R\$ 13.049,26	5,65	8,31	288,78
Everaldo João Moretto	0,92%	2,84	R\$ 15.251,47	5,37	7,89	355,50
Mauricio Lazaretti	0,96%	2,99	R\$ 15.875,97	5,30	7,79	374,42
Irineu Cousseau	1,10%	3,42	R\$ 17.650,89	5,16	7,58	428,20
Pilatti comércio de móveis - Itafinea	1,18%	3,66	R\$ 18.636,95	5,09	7,48	458,07
Milton Ghilardi	1,27%	3,94	R\$ 19.787,36	5,02	7,38	492,92
Alvaro Ludvig	1,28%	3,96	R\$ 19.885,97	5,02	7,37	495,91
Sindicato Trab. Rurais	2,05%	6,36	R\$ 29.779,47	4,68	6,88	795,65
Valsir Pavoni	2,94%	9,11	R\$ 41.152,07	4,52	6,63	1140,19
Friza materiais elétricos hidráulicos	3,10%	9,62	R\$ 43.255,68	4,50	6,60	1203,93
João Rosalen	3,30%	10,24	R\$ 45.786,57	4,47	6,57	1280,60
Possamai Moveis Ltda	3,37%	10,46	R\$ 46.706,90	4,47	6,56	1308,48
Contel Segurança Eletrônica 24Hs	3,55%	11,02	R\$ 49.007,72	4,45	6,54	1378,19
Distribuidora Armani Ltda	3,62%	11,23	R\$ 49.895,17	4,44	6,53	1405,08
Posto Geremias Leste Coronel Pilar	4,20%	13,04	R\$ 57.356,39	4,40	6,46	1631,12
Estúdio rádio Garibaldi AM 1410	4,64%	14,40	R\$ 62.976,95	4,37	6,43	1801,41
Padaria Perin Farroupilha	5,13%	15,92	R\$ 69.254,89	4,35	6,39	1991,61
Jandir João Piloto	5,58%	17,33	R\$ 75.072,67	4,33	6,37	2167,86
Hospital Manoel Francisco Guaporé	6,10%	18,94	R\$ 81.745,03	4,32	6,34	2370,01
Posto abastecimento Marin	6,61%	20,50	R\$ 88.187,31	4,30	6,32	2565,19
Tarciane Maria Mazuti Ltda - ME	7,06%	21,90	R\$ 93.972,22	4,29	6,30	2740,45
Padaria Sol Nascente	7,94%	24,63	R\$ 105.246,22	4,27	6,28	3082,01
Comercial de Alimentos Oiggab	9,22%	28,61	R\$ 121.647,74	4,25	6,25	3578,92
Supermercado Bes Veranópolis	13,17%	40,89	R\$ 172.364,29	4,22	6,19	5115,44
<b>Média do sistema para a cooperativa</b>		<b>11,94</b>	<b>R\$ 52.819,23</b>	<b>4,78</b>	<b>6,50</b>	<b>38835,31</b>
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>310,40</b>	<b>R\$ 1.373.300,00</b>	<b>4,42</b>	<b>6,50</b>	



**Retorno do investimento (payback).** A análise pelo método de retorno do investimento foi realizada através do programa *PV\*Sol*. Foi considerado o preço do kWh com impostos, a maioria dos cooperados são unidades consumidoras do Grupo B2 comercial, logo, foi utilizado o valor médio atual de R\$ 0,66 ao kWh. Com essa progressão a injeção na rede no primeiro ano ficaria em 464.735 kWh/ano. A taxa interna de retorno de 14,47% renderia um fluxo de caixa acumulado em 21 anos de R\$ 2.441.195,45 reais com o prazo dos 6,5 anos para amortização total do investimento conforme ilustra o gráfico de barras da Fig. 8. Neste cenário o custo de geração de energia ficaria em 0,18 R\$/kWh a um investimento específico de 4,42 R\$/Wp.

Para a análise foi considerado uma taxa 30% de imposto sobre a energia injetada referente ao ICMS que não fica isento no RS por se tratar de unidades consumidoras com titularidades diferentes, conforme determina a CPFL Energia.

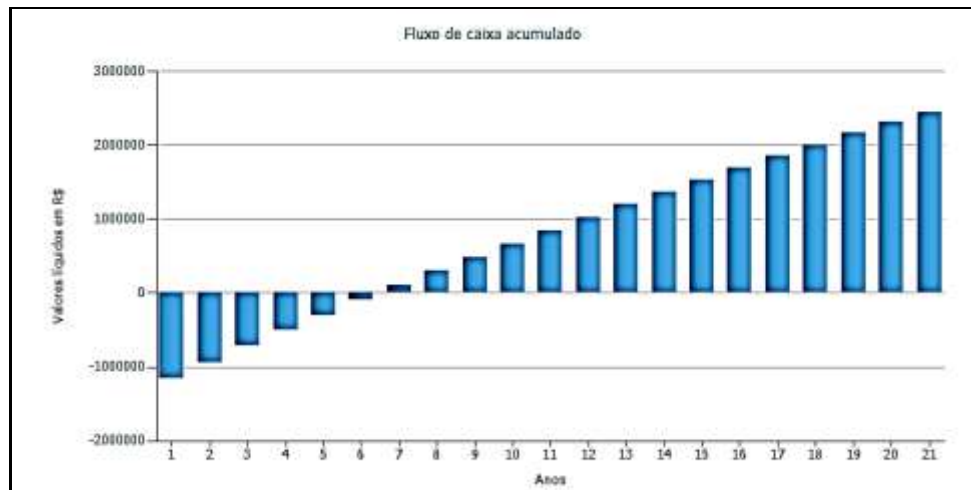


Figura 8 - Gráfico com fluxo de caixa acumulado total para o projeto unificado.

Se realizado os cálculos financeiros da cooperativa para um fluxo de caixa com isenção total de ICMS na energia injetada, na mesma modalidade de micro e minigeração distribuída em unidade consumidora ou auto consumo remoto, o retorno financeiro do capital investido contando todos os outros descontos encurtaria para 4,9 anos.

### 3. CONCLUSÕES

A partir do estudo apresentado, é possível concluir que o tempo de retorno do investimento de 6,5 anos para essa modalidade ficou dentro do *payback* que se encontra na atualidade para sistemas de microgeração fotovoltaica instalados de forma individual ou na modalidade auto consumo remoto. Os investimentos acima de R\$45.000,00 dos cooperados que se enquadram com sistemas acima de 10 kWp, esta relativamente abaixo do investimento praticado no mercado na atualidade presente desse trabalho, isso comparado ao consumidor que investe de forma individual, onde o proprietário da unidade consumidora de energia investe em um único sistema para uma unidade de sua titularidade.

Os valores obtidos entre 6,19 e 8,31 anos para o tempo de retorno do investimento da maioria dos cooperados e os valores de 4,22 a 6,98 do R\$/Wp que enquadra todos os cooperados, se mostraram compatíveis com os preços praticados no setor fotovoltaico nacional, onde os mesmos também oscilam, diminuindo o tempo de retorno e o valor do R\$/kWp a medida em que se investe em um sistema de maior potência e produção.

#### *Agradecimentos*

Em especial a prof. Dra. Aline Cristiane Pan, orientadora do desenvolvimento deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS

- Almeida, Pedro Machado de. 2011. Condicionamento da Energia Solar Fotovoltaica para Sistemas Interligados à Rede Elétrica. Universidade Federal de Juiz de Fora . [Online] 2011. <http://www.ufjf.br/labsolar/condicionamento>.
- Jardim, C. D. S. A Inserção da Geração Solar Fotovoltaica em Alimentadores Urbanos Enfocando a Redução do Pico de Demanda Diurno. Tese de Doutorado - PPGEC, UFSC, Florianópolis, 2007.
- MANUAL DE REGISTRO DE COOPERATIVA. Secretaria de Micro e Pequena Empresa. Instrução Normativa de DREI nº 26, de 10 de setembro de 2014. Brasília, Distrito Federal.
- OCERGS – SESCOOP/RS 2017. <http://www.sescooprs.coop.br/cooperativismo/como-criar-uma-cooperativa/>

- Peraza, Danielle Goulart. 2013. Estudo de Viabilidade da Instalação de Usinas Solares Fotovoltaicas no Estado do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Porto Alegre – UFRGS.
- Pereira, Enio, et al. 2006. Atlas Brasileiro de Energia Solar. ISBN: 85-17-00030-7 ISBN: 978-85-17-00030-0. São José dos Campos, 1ª Edição, INPE, 2006.
- Pinho, João Tavares e Galdino, Marco Antonio. 2014. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro : CEPTEL - CRESESB, 2014.
- SWERA. Solar and Wind Energy Resource Assessment Programme. UNEP. <https://maps.nrel.gov/swera>
- THOMAS, R. 1999. Photovoltaic in buildings: a design guide. ETSU. Londres.
- Zilles, Roberto, et al. 2012. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede Elétrica. São Paulo : Oficina de Textos, 2012. ISBN: 978-85-7975-052-6.

## **VIABILITY STUDY FOR THE PROPOSITION OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC COOPERATIVE FOR NORTHEAST SIERRA OF RIO GRANDE DO SUL**

**Abstract.** *The present work related to the study of the implantation, dimensioning and economic viability of a photovoltaic solar cooperative for the generation of energy between wines and six cooperatives of the northeast sierra of Rio Grande do Sul. A plan of establishment was elaborated for a cooperative in question and then collected as demands by means of electric energy. After tabulation of the data and established the energy division of each partner was carried out under the photovoltaic system that resulted in a minimentation. Also studied in the project, such as the deployment area, civil works, power grid and shading. In the results, we analyzed the energy generation estimate of the cooperative and for each collaboration, which implies in a financial feasibility study where each partner, with a different power system, underwent investments in different R \$ / Wp. The work was finalized with a capital investment analysis over twenty one years for a cooperative in general, which resulted in an average payback time of 6.5 years. The time of return of the investment for each individual cooperative suffered variations according to the percentage of generation of energy and invested capital respectively.*

**Keywords:** *Renewable Energy, Solar Photovoltaic Cooperative, Photovoltaic Power Plant.*