

MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

ESTUDO DE VIABILIDADE DE SISTEMA SOLAR NA PISTA DE ARRANCADÃO DE MOTOS

PROPRIETÁRIO: MUNICÍPIO DE ITAÚBA/MT

DADOS DO RESPONSÁVEL TÉCNICO:

NOME: Erivaldo Evaristo de Lima

TÍTULO: Engenheiro Eletricista e Segurança do Trabalho

CREA/MT: 044772

ENDEREÇO: Chácara Boa Esperança

CEP: 78.500-000

FONE: (66) 9 9930-0299

E-MAIL: evaristomt@hotmail.com



1. EDIFICAÇÃO:

Município de Itaúba - Pista de Arrancada de Motos.

Endereço: Rodovia MT 320, s/nº, CEP: 78510-000, Itaúba/MT.

CNPJ: 03.238.961/0001-27

Coordenadas Geográficas: -10.998444, -55.241500 (10°59'54.4"S 55°14'29.4"W)

Coordenadas UTM: 21L 692134.46mE 8783629.97mS

CONTRATO: 096/2022.

2. RESPONSÁVEL TÉCNICO:

Erivaldo Evaristo de Lima

Engenheiro Eletricista e Segurança do Trabalho – CREA/MT: MT44772

E-mail: evaristomt@hotmail.com

Telefone: (66) 9-9930-0299.

3. INTRODUÇÃO:

Tendo em vista a sustentabilidade energética para as edificações municipais neste município, este documento visa analisar as condições de investimento / retorno para instalação do sistema de microgeração de energia fotovoltaica.

4. OBJETIVO:

Realizar o estudo de viabilidade econômico e financeiro do retorno do investimento para instalação deste projeto, bem como descrever as fases de implantação do sistema:

- ✓ Ciclo 01: Tempo de investimento e retorno da instalação do sistema;
- ✓ Ciclo 02: Execução do projeto na edificação.

5. CONTEXTO EDIFICAÇÃO, CONSUMO E PRODUÇÃO:

A configuração dos arranjos de conjuntos de módulos solares (placas fotovoltaicas) em série / paralelo para sistemas fotovoltaicos devem ser cuidadosamente analisados e obedecer a critérios técnicos relacionados à condição de funcionamento dos equipamentos de conversão da energia fotovoltaica, observando níveis de tensão e corrente.

A posição geográfica da edificação e consequente trajetórias do Sol devido à rotação terrestre e sua inclinação, consta que a instalação de sistemas fotovoltaicos com placas fixas apresenta o melhor potencial de conversão quando inclinadas ao norte, por garantir menores perdas da área de exposição devido à variação angular da superfície das placas com a direção da radiação solar incidente, conforme evidenciado na “Figura 01 – Trajetória de Incidência Solar”.

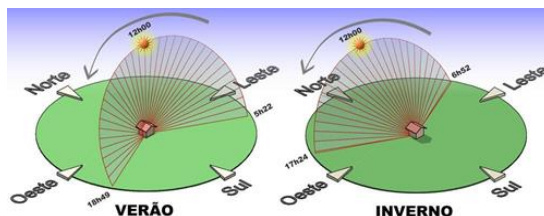


Figura 01 – Trajetória da incidência solar

O dimensionamento da micro usina fotovoltaica é extraída da demanda de consumo da edificação e apresentado na “Tabela 01 – Perfil de Consumo Medido”, registrado pelas unidades consumidoras e apresentada nas faturas de energia elétrica, com média mensal de **13.956kWh totalizando ao ano 167.472kWh.**

PISTA DE ARRANCADÃO DE MOTOS			
SEQ.	UNIDADE CONSUMIDORA (UC)	CONSUMO (KWH)	VL. TOTAL (R\$)
01	2388	6.343	6.713,88
02	2389	7.613	8.058,13
MÉDIA MENSAL		13.956	14.772,01

Tabela 01 – Perfil de Consumo mensal e anual

DESCRIÇÃO	VALORES (R\$)
Tarifa com impostos	1,05847
Custo Mensal	14.772,01
Custo Anual	177.264,09

Tabela 02 – Perfil de Valores mensal e anual

A tecnologia das placas solares nos proporciona comercialmente valores de eficiência em aproximadamente 17% de conversão da energia eletromagnética incidente pela radiação solar, e a radiação incidente, conforme dados da CRESESB, para a estação mais próxima, apresentado na Tabela nº 03 e no Gráfico nº 01, é de 4,91kWh/m².dia, para plano inclinado e 5,00kWh/m².dia, para o plano inclinado de 13°N mais próximo ao aplicado no projeto.

Estação: Itauba
Município: Itauba, MT - BRASIL
Latitude: 11,001° S
Longitude: 55,249° O
Distância do ponto de ref. (11,011083° S; 55,23675° O): 1,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	4,93	4,81	4,71	4,63	4,67	4,70	5,05	5,44	5,04	5,07	4,95	4,95	4,91	,81
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	11° N	4,66	4,67	4,72	4,83	5,07	5,23	5,58	5,81	5,13	4,96	4,71	4,64	5,00	1,16
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	13° N	4,60	4,63	4,70	4,85	5,13	5,31	5,66	5,86	5,13	4,93	4,66	4,58	5,00	1,28
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	6° N	4,80	4,75	4,73	4,75	4,90	5,00	5,36	5,66	5,10	5,03	4,84	4,80	4,98	,93

Tabela 03: Irradiação solar no plano inclinado (CRESESB)

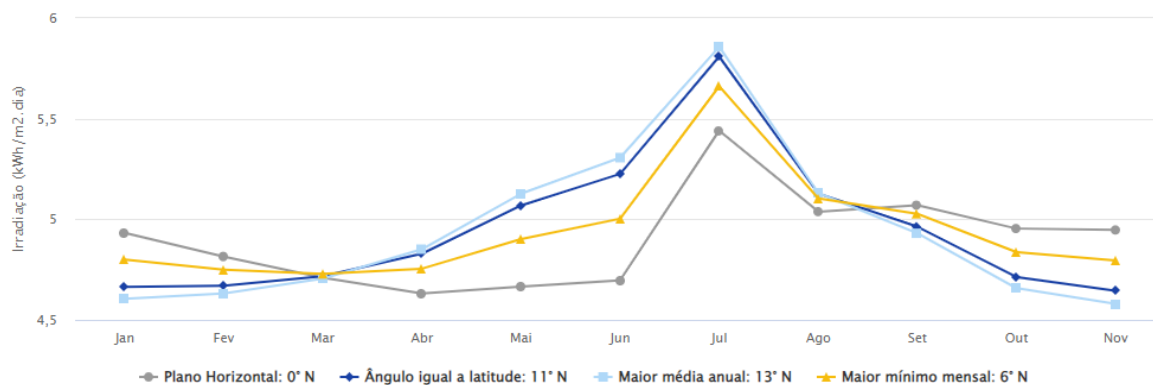


Gráfico 01: Irradiação solar no plano inclinado (CRESESB)

Através das condições acima apresentadas, a cobertura foi observada para determinar quais coberturas apresentariam menores custos de instalação, e assim uma melhor atratividade de investimento.

Os sistemas de geração de energia solar se tornaram mais atrativos após a possibilidade de injeção da energia produzida, diretamente na rede de distribuição pública, em regime de compensação, evitando equipamentos de armazenamento de energia, até então um entrave para utilização desta tecnologia. Assim, no conjunto dos equipamentos a serem instalados, o inversor de frequência, equipamento necessário para injeção da energia produzida na rede pública, é o equipamentos mais custoso do sistema bem como onde se concentra todo o cabeamento elétrico do sistema.

A edificação possui espaço o suficiente para instalação do sistema. Conforme visita "in loco", foi observado que para instalação e execução do projeto, precisa-se de aproximadamente 450m², vale ressaltar que no local não tem sombreamento, o que facilita a instalação com direção para norte geográfico, conforme demonstrado na figura 02. Vale ressaltar, que no local, não há ao padrão de entrada, que deverá ser instalado pela empresa que executará os serviços incluindo os produtos e todos os serviços administrativos.



Figura 02 – Previsão da Instalação dos Módulos fotovoltaicos

Vale ressaltar, que as adequações elétricas para efetivação da obra serão por conta da empresa vencedora, é importante salientar, que não há padrão de entrada, devendo a empresa na qual vai executar se responsabilizar pela implantação, instalação e acompanhamento de ligação junto à concessionária, até a homologação / efetivação da instalação do **padrão de entrada, do tipo T6**, e que atenda as exigências atuais de concessionária (ENERGISA).

Através do estudo acima, foi elabora projeto de instalação para **204 (duzentos e quatro) módulos fotovoltaicos de mínimo 550W, 01 (hum) Inversor trifásico de no mínimo de 75kW**, totalizando um sistema de 112,2kWp, e seu custo elaborado em planilha de custo de referência de R\$ 496.573,19, para uma produção mensal inicial de 14.000kWh e anual inicial de 168.000kWh e depreciação de 1% ao ano conforme dados de placa dos módulos fotovoltaicos.



6. REFERENCIAL TEÓRICO:

• ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA.

O Estudo de Viabilidade Econômico-financeira fundamenta-se na teoria das Decisões de Investimentos (ASSAF NETO, 2008), que objetiva a maximização da eficiência na alocação de recursos. Um investidor costuma ter um portfólio de alternativas de investimento a sua disposição. No processo de tomada de decisão, deve avaliar qual e o melhor uso de seus recursos, podendo incluir as seguintes opções:

- ✓ Mantê-los aplicados no mercado financeiro;
- ✓ Aplicá-los no projeto em questão; ou
- ✓ Aplicá-los em projeto alternativo que apresente melhor desempenho.

A tomada de decisão passa por considerações sobre a relação retorno / risco, para que um investimento seja interessante ao empreendedor, é necessário que a relação retorno / risco seja melhor do que a melhor alternativa deixada de lado.

É importante ressaltar que o *investimento público deve-se levar em considerações critérios sociais e ambientes na tomada de decisão*, considerando neste caso os benefícios ambientais quanto à ampliação do sistema de produção de energias limpas e consequente redução de emissão dos gases do efeito, conforme tratado COP21 e o Acordo de Paris qual o Brasil é signatário.

• INDICADORES DE VIABILIDADE E CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.

A viabilidade econômico-financeira é estimada através do cálculo de indicadores de viabilidade com base na projeção de fluxos de caixa incrementais, na qual interessam ao analista somente os investimentos, custos, despesas e receitas incrementais proporcionados pelo projeto (ASSAF NETO, 2008), ao longo do período determinado para a análise.

Esse período é definido pela expectativa de recuperação do investimento em função do montante inicial investido e dos fluxos de caixa operacionais e/ou da expectativa do investidor em obter retorno do seu investimento. Os principais indicadores de viabilidade econômico-financeira é o *Valor Presente Líquido (VPL)*, *Taxa Interna de Retorno (TIR)* e o *Payback Descontado*. Esses indicadores permitem interpretações complementares sobre o investimento.

O VPL é calculado pela soma dos fluxos de caixa incrementais do investimento ao longo do período relevante de análise, descontados a uma taxa de desconto que representa o custo de oportunidade do capital investido. Essa taxa de desconto costuma ser denominada de *Taxa Mínima de Atratividade (TMA)* em análise do setor privado, e reflete o retorno mínimo requerido pelo investidor sobre o capital investido (ASSAF NETO, 2008). Segundo Belli et al. (2001), a fórmula do VPL é dada por:

$$VPL = \frac{(B_0 - C_0)}{(1+r)^0} + \frac{(B_1 - C_1)}{(1+r)^1} + \frac{(B_2 - C_2)}{(1+r)^2} + \dots + \frac{(B_n - C_n)}{(1+r)^n} \quad \text{ou} \quad VPL = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$



Onde B se refere a benefícios, C a custos, t ao tempo, n ao numero de períodos e r a taxa de desconto (i.e. a TMA). Os valores são apurados no fim do respectivo período. Conceitualmente, o VPL , expressa à variação no nível de riqueza gerada pelo projeto. Os critérios de avaliação com base no VPL são os seguintes:

- ✓ $VPL \geq 0$, o investimento é considerado viável; quanto maior for o VPL , maior e o benefício gerado pelo projeto;
- ✓ $VPL < 0$, o investimento é considerado inviável.

A TIR representa a “rentabilidade do projeto expressa em termos de taxa de juros composta equivalente periódica” (ASSAF NETO, 2008). Ela é equivalente à taxa de desconto que iguala os fluxos de custos e benefícios descontados, zerando o VPL . Portanto, seu cálculo é feito iterativamente até que o VPL iguale-se a zero. A TIR permite um entendimento sobre o retorno do projeto sobre o capital inicial investido, e também informa preliminarmente sobre o nível de risco do investimento. A fórmula da TIR é dada por:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + TIR)^t}$$

Os parâmetros da formula são os mesmos descritos, anteriormente, na fórmula do VPL . Os critérios de avaliação com base na TIR são os seguintes:

- ✓ $TIR \geq TMA$, o investimento é considerado viável; quanto maior for a TIR em relação à TMA , menor o risco do projeto;
- ✓ $TIR < TMA$, o investimento é considerado inviável.

Apesar de o uso da TIR ser muito popular na avaliação de investimentos, o VPL é o melhor indicador, pois a TIR possui limitações, podendo apresentar resultados incorretos em determinadas condições (CASSAROTO & FILHO, 2006). O $Payback$ descontado, também chamado de *Tempo de Recuperação do Investimento (TRI)*, descontado, demonstra o tempo que o projeto leva para pagar (retornar) o investimento inicial considerando o custo de oportunidade do capital.

É um indicador muito popular, mas limitado, pois despreza os fluxos posteriores ao $Payback$ e tampouco considera o valor de liquidação do investimento. Pode ser usado para determinar a viabilidade do empreendimento, de forma conservadora, desde que se determine um $Payback$ mínimo aceitável. Também pode, alternativamente, ser utilizado como medida do nível de risco do projeto, ainda que limitada. Quanto menor o $Payback$, menor seria o risco do projeto. A representação da fórmula do $Payback$ pode ser dada pela seguinte expressão:

$$t \left(\sum_{i=1}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+r)^i} = I_t \right)$$

A definição I_t refere-se ao montante do investimento inicial e os outros parâmetros são os mesmos descritos, anteriormente, na formula do VPL .



7. INFORMAÇÃO DO INVESTIMENTO:

• BASE DE DADOS DO INVESTIMENTO

Valor da Tarifa de Energia Elétrica (R\$/kWh)	1,05847
Taxa de Correção Anual da Tarifa (%)	3
Consumo (kWh/mês)	13.956
Potência Instalada (kWp)	112,20
Produção (kWh/mês)	14.000
Custo Inicial (R\$)	496.573,19

Tabela 04 - Dados do investimento

ANÁLISE DE PRODUÇÃO E CONSUMO (KWH)			
Produção	14.000		
Consumo da Produção	13.956	Residual	44
Venda da Produção	44		
Consumo da Produção	14.000		

Tabela 05 - Consumo x Expectativa de Produção

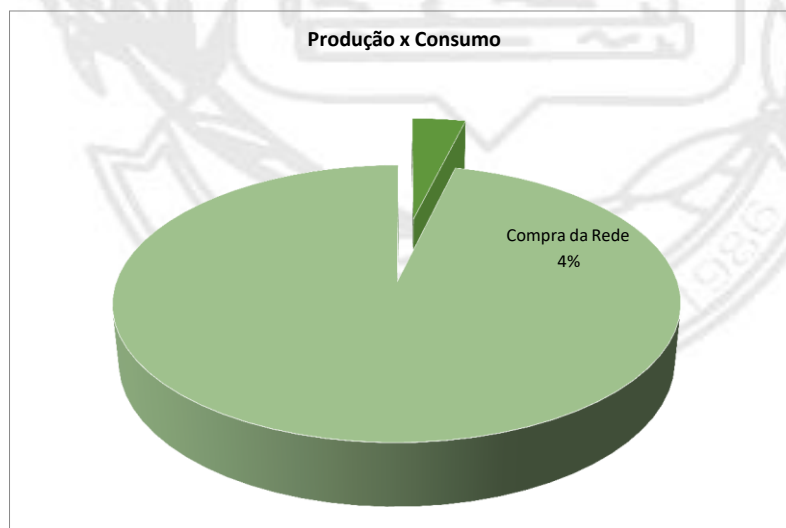


Gráfico 02 - Consumo x Expectativa de Produção



Ano	Consumo (kWh)**	Consumo Acumulado (kWh)	Consumo (R\$)	Consumo Acumulado (R\$)	Produção* (kWh)	Produção Acumulada (kWh)	Produção (R\$)	Produção Acumulada (R\$)	Residual (kWh)	Residual Acumulado (kWh)	Residual (R\$)	Residual Acumulado (R\$)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	167.472	167.472	177.264,09	177.264,09	168.000	168.000	177.822,96	177.822,96	-528	-528	-558,87	-558,87
2	172.496	339.968	182.582,01	359.846,10	166.320	334.320	176.044,73	353.867,69	6.176	5.648	6.537,28	5.978,41
3	177.671	517.639	188.059,47	547.905,57	164.657	498.977	174.284,28	528.151,97	13.014	18.662	13.775,19	19.753,60
4	183.001	700.640	193.701,25	741.606,82	163.010	661.987	172.541,44	700.693,41	19.991	38.653	21.159,81	40.913,41
5	188.491	889.132	199.512,29	941.119,12	161.380	823.367	170.816,03	871.509,44	27.111	65.764	28.696,27	69.609,68
6	194.146	1.083.278	205.497,66	1.146.616,78	159.766	983.133	169.107,87	1.040.617,31	34.380	100.144	36.389,80	105.999,47
7	199.970	1.283.248	211.662,59	1.358.279,37	158.169	1.141.302	167.416,79	1.208.034,09	41.802	141.946	44.245,80	150.245,28
8	205.969	1.489.217	218.012,47	1.576.291,84	156.587	1.297.889	165.742,62	1.373.776,71	49.382	191.328	52.269,85	202.515,13
9	212.149	1.701.366	224.552,84	1.800.844,68	155.021	1.452.910	164.085,19	1.537.861,90	57.127	248.456	60.467,65	262.982,78
10	218.513	1.919.879	231.289,43	2.032.134,11	153.471	1.606.381	162.444,34	1.700.306,25	65.042	313.498	68.845,09	331.827,86
11	225.068	2.144.947	238.228,11	2.270.362,22	151.936	1.758.317	160.819,90	1.861.126,14	73.132	386.630	77.408,21	409.236,08
12	231.820	2.376.768	245.374,95	2.515.737,17	150.417	1.908.734	159.211,70	2.020.337,84	81.404	468.033	86.163,26	495.399,33
13	238.775	2.615.543	252.736,20	2.768.473,38	148.913	2.057.647	157.619,58	2.177.957,42	89.862	557.896	95.116,62	590.515,96
14	245.938	2.861.481	260.318,29	3.028.791,67	147.424	2.205.070	156.043,39	2.334.000,81	98.515	656.411	104.274,90	694.790,86
15	253.316	3.114.797	268.127,84	3.296.919,50	145.949	2.351.020	154.482,95	2.488.483,76	107.367	763.778	113.644,89	808.435,74
16	260.916	3.375.713	276.171,67	3.573.091,18	144.490	2.495.509	152.938,12	2.641.421,88	116.426	880.204	123.233,55	931.669,30
17	268.743	3.644.457	284.456,82	3.857.548,00	143.045	2.638.554	151.408,74	2.792.830,62	125.698	1.005.902	133.048,08	1.064.717,38
18	276.806	3.921.262	292.990,53	4.150.538,53	141.614	2.780.169	149.894,65	2.942.725,28	135.191	1.141.094	143.095,87	1.207.813,25
19	285.110	4.206.372	301.780,24	4.452.318,77	140.198	2.920.367	148.395,71	3.091.120,99	144.912	1.286.005	153.384,54	1.361.197,79
20	293.663	4.500.035	310.833,65	4.763.152,42	138.796	3.059.163	146.911,75	3.238.032,74	154.867	1.440.872	163.921,90	1.525.119,69
	4.500.035		4.763.152,42		3.059.163		3.238.032,74		1.440.872		1.525.119,69	

Tabela 05 – Custos e retornos durante os anos

*Considerando perda de 1%/ano de produção das placas, conforme dados do fabricante.

**Considerando crescimento de 3%/ano o consumo de energia.



8. ANÁLISE DE DADOS:

Para determinação dos parâmetros *TIR*, *VPL* e *Payback* do Sistema, foram utilizadas os valores apresentados na planilha de *CUSTOS E RETORNOS AO LONGO DOS ANOS*.

- **TAXA DE ATRATIVIDADE MÍNIMA:**

A taxa de atratividade mínima (TMA) utilizada será o custo de oportunidade do capital de 6,27% referente ao CDB, representando investimento de baixo risco.

- **FLUXO DE CAIXA:**

Para estimativa do custo de caixa descontado, sabendo que o sistema requer manutenções apenas de limpeza dos módulos fotovoltaicos, e verificação do aterramento, serão considerados 0,5% do capital investido para manutenção do mesmo.





9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES:

Os equipamentos do sistema de geração fotovoltaicos são desenvolvidos para confiabilidade de uso de no mínimo 25 anos, assim, considerando os custos envolvidos de manutenção envolvidos apresentados, recomenda-se a instalação do sistema desde que seja garantida a estrutura instalada pelo período mínimo de 10 anos, sendo investimento interessante considerando este período do sistema em funcionamento e considerando o tempo de retorno do investimento (*Payback Descontado*) entre 03 e 04 anos.

Valem lembrar, que a iniciativa pública deve levar em consideração demais objetivos sociais como já mencionado no referencial teórico.

Para a garantia dos retornos do projeto, seguem algumas recomendações:

- ✓ **Periodicamente** é necessário realizar a *limpeza das superfícies dos módulos conversores* a fim de evitar acúmulo de sujeira e consequente barreira à incidência de radiação;
- ✓ O *sistema de aterramento* deve ser verificado **anualmente** e recomenda-se aplicação de gel para melhor a condutibilidade do solo com as hastes e cordoalha de aterramento.

É altamente recomendável realizar a análise para instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA), mesmo não conferindo uma proteção absoluta, esta medida protetiva garante maior confiabilidade dos equipamentos do sistema fotovoltaicos.



10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSAF NETO, *Finanças Corporativas e Valor*. 3ª Edição. São Paulo: Ed. Atlas, 2008. Pag. 716.

CASSAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, *Análise de investimentos*. São Paulo, Editora Atlas, 2006. Pag. 292.

