

MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR

ESTUDO DE VIABILIDADE DO SISTEMA SOLAR NO ANTIGO TERRENO DO VIVEIRO DE MUDA

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:

PROPRIETÁRIO: Município de Itaúba – Terreno do Antigo Viveiro de Muda.
Endereço: Avenida Tancredo Neves, nº 799, Centro, CEP: 78510-000, Itaúba/MT.
Endereço de Instalação: Rua Me Bárbara Maix, s/nº, Centro, CEP: 78510-000, Itaúba/MT.
CNPJ: 03.238.961/0001-27
COORDENADAS GEOGRÁFICAS: -11.003060, -55.243103 (11°00'11.0"S 55°14'35.2"W)
COORDENADAS UTM: 21L 692060.93mE 8783276.68mS
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 trajetos 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”.

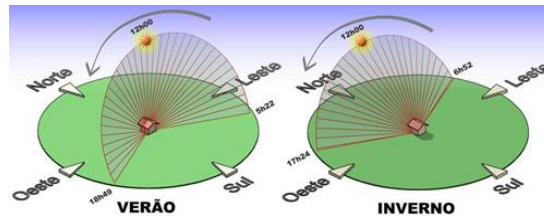


Figura 01 – Trajetória da incidência solar

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 **7.499kWh totalizando ao ano 89.988kWh**.

TERRENO DO ANTIGO VIVEIRO DE MUDAS			
SEQ.	UNIDADE CONSUMIDORA (UC)	CONSUMO (KWH)	VL. TOTAL (R\$)
01	2604134	129	136,54
02	2392	3.253	3.443,20
03	2375	100	105,85
04	2118143	100	105,85
05	689602	230	243,45
06	817154	462	489,01
07	859043	100	105,85
08	870977	913	966,38
09	895773	176	186,29
10	895780	667	706,00
11	959715	297	314,37
12	2380	388	410,69
13	605230	100	105,85
14	605242	484	512,30
15	1000332	100	105,85
MÉDIA MENSAL		7.499	7.937,47

Tabela 01 – Perfil de Consumo mensal e anual

DESCRIÇÃO	VALORES (R\$)
Tarifa com impostos	1,05847
Custo Mensal	7.937,47
Custo Anual	95.249,60

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 13ºN 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]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	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
✓	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
✓	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
✓	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)

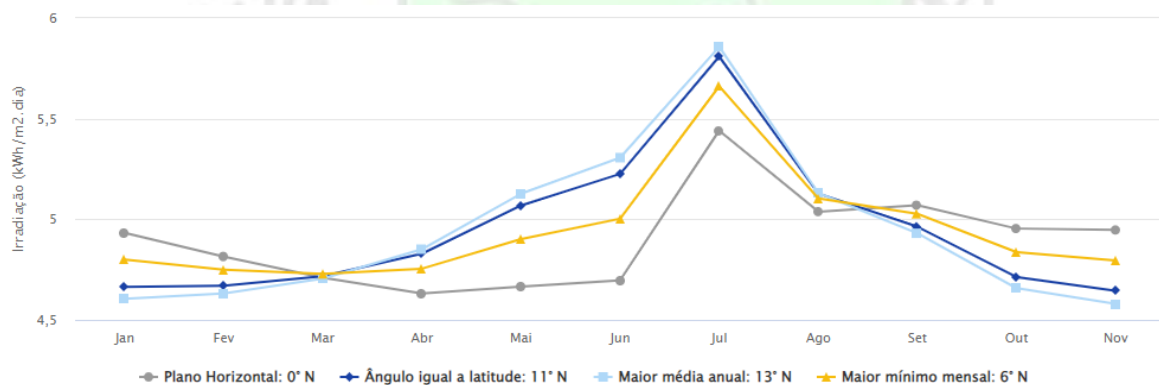


Gráfico 01: Irradiação solar no plano inclinado (CRESESB)

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 350m², vale ressaltar que no local não tem sombreamento, o que facilita a instalação com



direção para norte geográfico, conforme demonstrado na figura 02.



Figura 02 - Previsão da Instalação dos Módulos fotovoltaicos

Vale ressaltar, que as adequações elétricas e serviços administrativos para efetivação da obra serão por conta da empresa que executará a obra, é importante salientar, que deverá ser feito todo o serviço em acordo com as exigências da concessionária, devendo a empresa na qual vai executar se responsabilizar pela implantação, instalação e acompanhamento de ligação junto à concessionária (ENERGISA), até a homologação / efetivação da instalação do **padrão de entrada, do tipo T6**.

Através do estudo acima, foi elabora projeto de instalação para **109 (cento e nove) módulos fotovoltaicos de mínimo 550W, 01 (hum) Inversor trifásico de no mínimo de 60kW**, totalizando um sistema de 59,95kWp, e seu custo elaborado em planilha de custo de referência de R\$ 300.593,87, para uma produção mensal inicial de 7.500kWh e anual inicial de 90.000kWh e depreciação de 01% 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:

$$I_t \left(\sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = I_t \right)$$

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 (%)	03
Consumo (kWh/mês)	7.499
Potência Instalada (kWp)	59,95
Produção (kWh/mês)	7.500
Custo Inicial (R\$)	300.593,87

Tabela 04 – Dados do investimento

ANÁLISE DE PRODUÇÃO E CONSUMO (KWH)			
Produção	7.500		
Consumo da Produção	7.499	Redidual	01
Venda da Produção	01		
Consumo da Produção	7.500		

Tabela 05 – Consumo x Expectativa de Produção

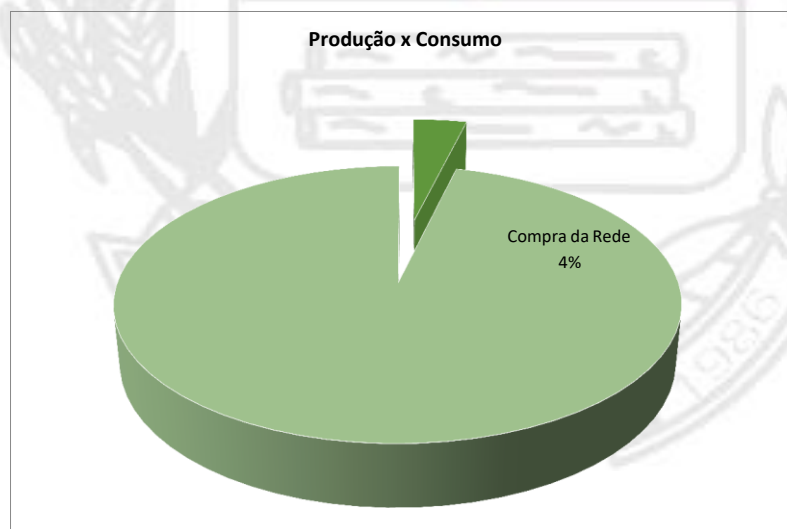


Gráfico 02 – Consumo x Expectativa de Produção



PREFEITURA DE

ITAÚBA

www.itauba.mt.gov.br

FLS N° _____

VISTO SERVIDOR

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	89.988	89.988	95.249,60	95.249,60	90.000	90.000	95.262,30	95.262,30	-12	-12	-12,70	-12,70
2	92.688	182.676	98.107,09	193.356,68	89.100	179.100	94.309,68	189.571,98	3.588	3.576	3.797,41	3.784,71
3	95.468	278.144	101.050,30	294.406,98	88.209	267.309	93.366,58	282.938,56	7.259	10.835	7.683,72	11.468,43
4	98.332	376.476	104.081,81	398.488,79	87.327	354.636	92.432,91	375.371,47	11.005	21.840	11.648,89	23.117,32
5	101.282	477.759	107.204,26	505.693,05	86.454	441.090	91.508,59	466.880,06	14.829	36.669	15.695,68	38.813,00
6	104.321	582.079	110.420,39	616.113,44	85.589	526.679	90.593,50	557.473,56	18.732	55.401	19.826,89	58.639,89
7	107.450	689.530	113.733,00	729.846,45	84.733	611.412	89.687,56	647.161,12	22.717	78.118	24.045,44	82.685,32
8	110.674	800.204	117.144,99	846.991,44	83.886	695.298	88.790,69	735.951,81	26.788	104.906	28.354,30	111.039,63
9	113.994	914.198	120.659,34	967.650,78	83.047	778.345	87.902,78	823.854,59	30.947	135.853	32.756,56	143.796,19
10	117.414	1.031.612	124.279,12	1.091.929,90	82.217	860.561	87.023,75	910.878,35	35.197	171.050	37.255,37	181.051,55
11	120.936	1.152.548	128.007,50	1.219.937,40	81.394	941.956	86.153,52	997.031,86	39.542	210.592	41.853,98	222.905,53
12	124.564	1.277.112	131.847,72	1.351.785,12	80.580	1.022.536	85.291,98	1.082.323,84	43.984	254.576	46.555,74	269.461,27
13	128.301	1.405.414	135.803,15	1.487.588,27	79.775	1.102.311	84.439,06	1.166.762,91	48.527	303.103	51.364,09	320.825,36
14	132.150	1.537.564	139.877,25	1.627.465,51	78.977	1.181.288	83.594,67	1.250.357,58	53.174	356.276	56.282,58	377.107,94
15	136.115	1.673.679	144.073,56	1.771.539,08	78.187	1.259.475	82.758,72	1.333.116,30	57.928	414.204	61.314,84	438.422,78
16	140.198	1.813.877	148.395,77	1.919.934,85	77.405	1.336.880	81.931,14	1.415.047,44	62.793	476.997	66.464,63	504.887,41
17	144.404	1.958.282	152.847,64	2.072.782,49	76.631	1.413.511	81.111,83	1.496.159,26	67.773	544.770	71.735,82	576.623,23
18	148.736	2.107.018	157.433,07	2.230.215,57	75.865	1.489.376	80.300,71	1.576.459,97	72.872	617.642	77.132,37	653.755,60
19	153.199	2.260.217	162.156,07	2.392.371,63	75.106	1.564.482	79.497,70	1.655.957,67	78.092	695.734	82.658,37	736.413,96
20	157.795	2.418.011	167.020,75	2.559.392,38	74.355	1.638.838	78.702,72	1.734.660,39	83.439	779.174	88.318,02	824.731,98
	2.418.011		2.559.392,38		1.638.838		1.734.660,39		779.174		824.731,98	

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 04 e 05 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.

