

# **MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR**

## **ESTUDO DE VIABILIDADE DO SISTEMA SOLAR NO TERRENO DO POÇO EM FRENTE À CRECHE SANTA RITA DE CÁSSIA**

**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](mailto:evaristomt@hotmail.com)



### 1. EDIFICAÇÃO:

**PROPRIETÁRIO:** Município de Itaúba – Terreno do Poço (frente à Creche Santa Rita de Cássia).

**ENDEREÇO:** Rua do Agricultor, s/nº, Cidade Alta, frente à Creche Santa Rita de Cássia, CEP: 78510-000, Itaúba/MT.

**CNPJ:** 03.238.961/0001-27

**COORDENADAS GEOGRÁFICAS:** -11.010965, -55.235558 (11°00'39.5"S 55°14'08.0"W)

**COORDENADAS UTM:** 21L 692775.74mE 8782241.09mS

**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”.

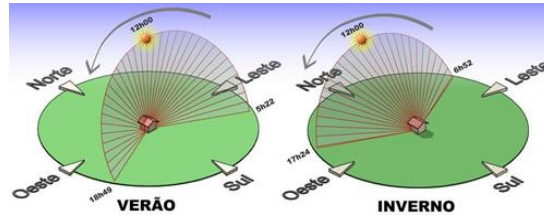


Figura 01 – Trajetória da incidência solar

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 **10.298kWh totalizando ao ano 123.576kWh.**

TERRENO DO POÇO (FRENTE À CRECHE SANTA RITA DE CÁSSIA)			
SEQ.	UNIDADE CONSUMIDORA (UC)	CONSUMO (KWH)	VL. TOTAL (R\$)
01	6/1029023-7	1.572	1.663,91
02	2392	3.253	3.443,20
03	2604134	129	136,54
04	2960147	343	363,06
05	2739117	578	611,80
06	1991563	136	143,95
07	2670311	140	148,19
08	2374	30	31,75
09	2375	100	105,85
10	2118143	100	105,85
11	689602	230	243,45
12	817154	462	489,01
13	859043	100	105,85
14	870977	913	966,38
15	895773	176	186,29
16	895780	667	706,00
17	959715	297	314,37
18	2380	388	410,69
19	605230	100	105,85
20	605242	484	512,30
21	1000332	100	105,85
<b>MÉDIA MENSAL</b>		<b>10.298</b>	<b>9.765,44</b>

Tabela 01 – Perfil de Consumo mensal e anual



DESCRIÇÃO	VALORES (R\$)
Tarifa com impostos	1,05847
Custo Mensal	9.765,44
Custo Anual	117.185,33

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/m<sup>2</sup>.dia, para plano inclinado e 5,00kWh/m<sup>2</sup>.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 <sup>2</sup> .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)

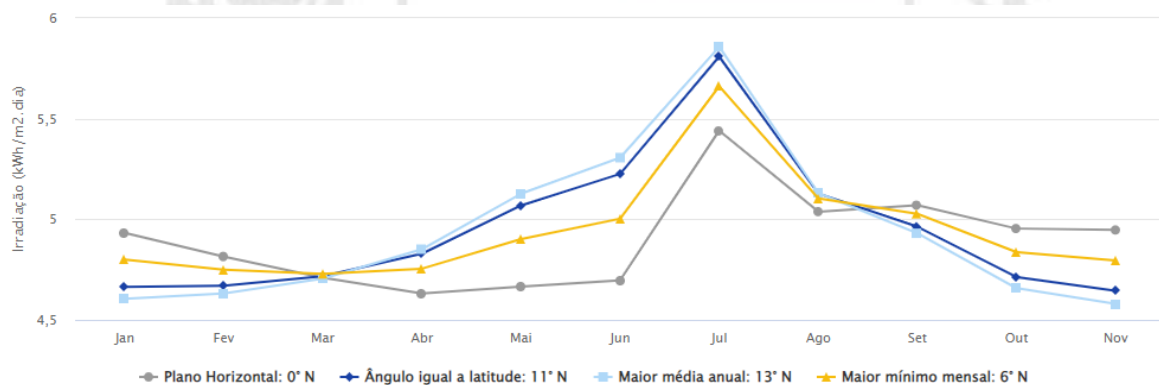


Gráfico 01: Irradiação solar no plano inclinado (CRESESB)

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 320m<sup>2</sup>, 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 no local, há padrão de entrada (conforme imagem abaixo), do tipo T3, porém não atenderá a demanda exigida pelo projeto a ser instalado, segue abaixo imagens do padrão e do disjuntor que esta atualmente no local.



Figura 03 – Localização do Padrão de Entrada

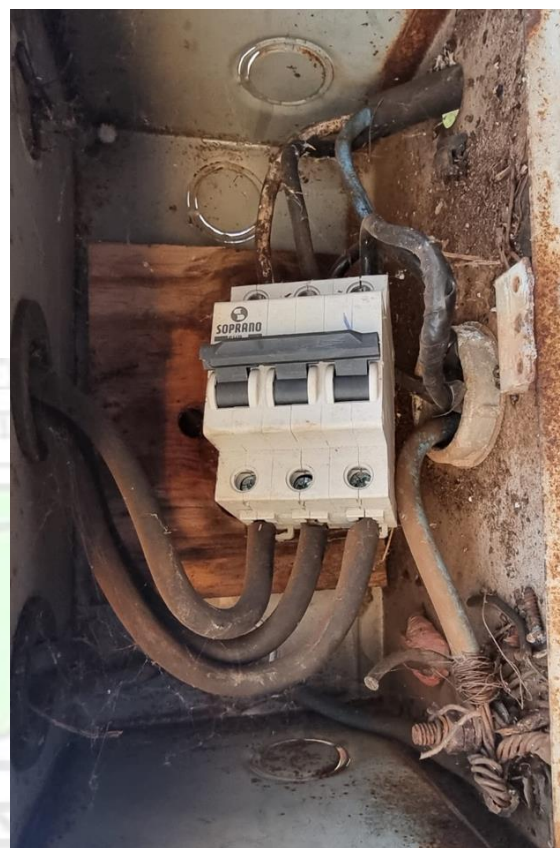


Figura 04 – Disjuntor do Padrão de Entrada

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 **152 (cento e cinquenta e dois) módulos fotovoltaicos de mínimo 550W, 01 (hum) Inversor trifásico de no mínimo de 60kW**, totalizando um sistema de 83,6kWp, e seu custo elaborado em planilha de custo de referência de R\$ 380.595,94, para uma produção mensal inicial de 10.300kWh e anual inicial de 123.600kWh e degradação 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 é 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)	10.298
Potência Instalada (kWp)	83,60
Produção (kWh/mês)	10.300
Custo Inicial (R\$)	380.595,94

Tabela 04 – Dados do investimento

ANÁLISE DE PRODUÇÃO E CONSUMO (KWH)			
Produção	10.300		
Consumo da Produção	10.298	Residual	2
Venda da Produção	2		
Consumo da Produção	10.300		

Tabela 05 – Consumo x Expectativa de Produção

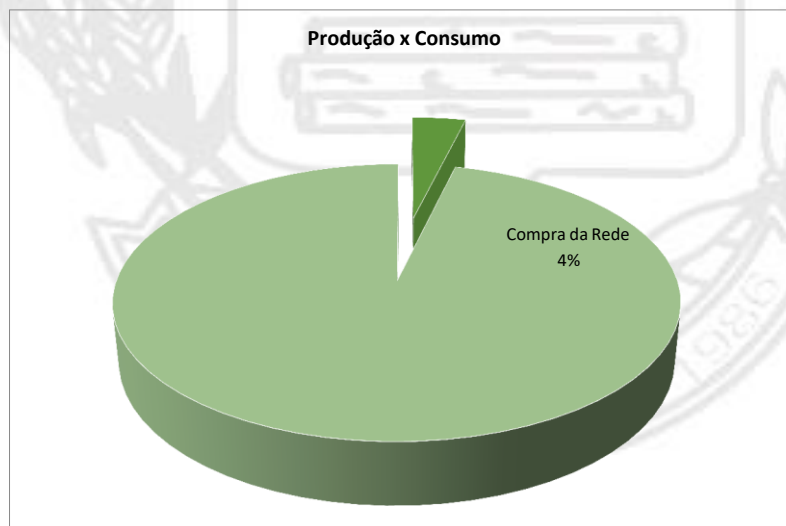


Gráfico 02 – Consumo x Expectativa de Produção



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	123.576	123.576	130.801,49	130.801,49	123.600	123.600	130.826,89	130.826,89	-24	-24	-25,40	-25,40
2	127.283	250.859	134.725,53	265.527,02	122.364	245.964	129.518,62	260.345,52	4.919	4.895	5.206,91	5.181,51
3	131.102	381.961	138.767,30	404.294,32	121.140	367.104	128.223,44	388.568,95	9.961	14.857	10.543,86	15.725,37
4	135.035	516.996	142.930,32	547.224,64	119.929	487.033	126.941,20	515.510,15	15.106	29.963	15.989,12	31.714,49
5	139.086	656.082	147.218,23	694.442,87	118.730	605.763	125.671,79	641.181,94	20.356	50.319	21.546,44	53.260,92
6	143.258	799.340	151.634,77	846.077,64	117.542	723.305	124.415,07	765.597,02	25.716	76.035	27.219,70	80.480,63
7	147.556	946.896	156.183,82	1.002.261,46	116.367	839.672	123.170,92	888.767,94	31.189	107.224	33.012,90	113.493,52
8	151.983	1.098.879	160.869,33	1.163.130,79	115.203	954.876	121.939,21	1.010.707,15	36.780	144.004	38.930,12	152.423,64
9	156.542	1.255.422	165.695,41	1.328.826,21	114.051	1.068.927	120.719,82	1.131.426,97	42.491	186.495	44.975,59	197.399,23
10	161.239	1.416.660	170.666,27	1.499.492,48	112.911	1.181.838	119.512,62	1.250.939,59	48.328	234.823	51.153,65	248.552,89
11	166.076	1.582.736	175.786,26	1.675.278,74	111.782	1.293.619	118.317,50	1.369.257,09	54.294	289.117	57.468,77	306.021,65
12	171.058	1.753.794	181.059,85	1.856.338,59	110.664	1.404.283	117.134,32	1.486.391,41	60.394	349.511	63.925,53	369.947,18
13	176.190	1.929.984	186.491,65	2.042.830,24	109.557	1.513.840	115.962,98	1.602.354,39	66.633	416.144	70.528,67	440.475,85
14	181.476	2.111.460	192.086,40	2.234.916,64	108.462	1.622.302	114.803,35	1.717.157,74	73.014	489.158	77.283,05	517.758,90
15	186.920	2.298.379	197.848,99	2.432.765,62	107.377	1.729.679	113.655,31	1.830.813,05	79.543	568.701	84.193,67	601.952,57
16	192.527	2.490.907	203.784,46	2.636.550,08	106.303	1.835.982	112.518,76	1.943.331,81	86.224	654.925	91.265,70	693.218,27
17	198.303	2.689.210	209.897,99	2.846.448,07	105.240	1.941.222	111.393,57	2.054.725,39	93.063	747.988	98.504,42	791.722,69
18	204.252	2.893.462	216.194,93	3.062.643,00	104.188	2.045.410	110.279,64	2.165.005,03	100.065	848.052	105.915,29	897.637,98
19	210.380	3.103.842	222.680,78	3.285.323,78	103.146	2.148.556	109.176,84	2.274.181,87	107.234	955.286	113.503,94	1.011.141,92
20	216.691	3.320.533	229.361,20	3.514.684,99	102.114	2.250.670	108.085,07	2.382.266,94	114.577	1.069.863	121.276,13	1.132.418,04
	<b>3.320.533</b>		<b>3.514.684,99</b>		<b>2.250.670</b>		<b>2.382.266,94</b>		<b>1.069.863</b>		<b>1.132.418,04</b>	

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.

