

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ALESSSANDRO FELIPSEN

NICHOLAS KLAYTERSOM BOTH

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA EMPRESA
PARANÁ EQUIPAMENTOS**

**CASCADEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ALESSSANDRO FELIPSEN

NICHOLAS KLAYTERSOM BOTH

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA EMPRESA
PARANÁ EQUIPAMENTOS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Professor Mestre Engenheiro Agrícola Mauricio Medeiros.

**CASCADEL - PR
2017**

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos pais pelo apoio, compreensão, amor e pela confiança depositada em nós durante todos esses anos.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho devemos ao apoio e o estímulo de várias pessoas importantes em nossas vidas. Agradecemos aos professores, amigos, colegas e familiares, os quais foram fundamentais para a conclusão deste TCC. Cada um, do seu jeito, contribuiu para que pudéssemos encontrar a força e o incentivo necessário para seguirmos motivados e superar os obstáculos e as dificuldades encontradas no decorrer do desenvolvimento do trabalho.

Agradecemos a Deus pela oportunidade que nos foram dados em compartilhar tamanha experiência, ajudando-nos a seguir em frente, estando sempre presente conosco, para que não perdêssemos o foco.

Ao nosso orientador Mauricio Medeiros, por todo auxílio prestado a nós neste projeto, mostrando-nos os caminhos a seguir e onde tínhamos que melhorar no desenvolvimento do trabalho. Ao qual sempre esteve disposto a auxiliar-nos nas atividades e discussões sobre o tema, sendo de grande valia para desenvolvermos este trabalho.

Por fim um agradecimento mais que especial aos nossos familiares, que sempre nos apoiaram em tudo, servindo de alicerce e fortalecimento nas conquistas e dificuldades que encontramos ao longo da nossa caminhada.

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho um estudo de viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema solar fotovoltaico para geração de energia elétrica na empresa Paraná Equipamentos – SA na cidade de Cascavel – PR. A metodologia aplicada determinou o custo médio anual de energia elétrica da empresa, com base nas faturas do ano de 2016 e comparou com custo anualizado de implantação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede (*on-grid*), e também o dimensionamento de um sistema para que pudessem comparar com os apresentados pelas três empresas especializadas que foram contatadas para dimensionar o sistema fotovoltaico necessário para suprir a demanda de energia na empresa, que era em média 9.593 kWh/mês. A determinação da viabilidade econômica foi demonstrada com a realização dos orçamentos das empresas e com a determinação do tempo de retorno do investimento através de *payback* descontado. Com os resultados apresentados neste trabalho, conclui-se que com a implantação do sistema solar fotovoltaico, a empresa terá o retorno do seu investimento em aproximadamente 8 anos, com um saldo econômico de R\$ 2.669.389,93 ao final do vigésimo quinto ano. Apesar de ser um investimento a longo prazo e custo elevado, o retorno financeiro é satisfatório, tornando assim o sistema economicamente viável.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Fotovoltaica, Viabilidade econômica, Energia solar, Sustentabilidade.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Características do Sol.	15
Figura 2: Principais características do Sol.....	15
Figura 3: Regiões do espectro eletromagnético.	16
Figura 4: Espectro eletromagnético	17
Figura 5: Distribuição da radiação solar na superfície terrestre.	18
Figura 6: Média anual de insolação diária no Brasil.	19
Figura 7: Composição da célula fotovoltaica.	21
Figura 8: Sistema solar off grid	22
Figura 9: Sistema solar On grid	22
Figura 10: Escritório administrativo da empresa Paraná Equipamentos – SA.	30
Figura 11: Mapa via satélite da localização da empresa.	30
Figura 12: Reajustes tarifários de energia elétrica.	33
Figura 13: Tarifa vigente.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Média do consumo de energia elétrica.	34
Tabela 02: Fluxo de caixa.	36
Tabela 03: Cálculo do payback descontado.	37

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Potência de pico do painel fotovoltaico	31
Equação 2: Número de painel fotovoltaico	31
Equação 3: Número de inversor.....	32

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	10
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo geral.....	11
1.2.2 Objetivos específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE	12
1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	12
CAPÍTULO 2	13
2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1.1 O que trata a legislação e as normas da ABNT	13
2.1.2 Universalização dos serviços de energia	13
2.1.3 Programa de desenvolvimento da geração distribuída de energia elétrica	14
2.1.4 O sol e suas características	14
2.1.5 Radiação solar.....	16
2.1.6 Radiação solar sobre a terra	17
2.1.7 Insolação	18
2.1.8 Energia solar fotovoltaica	19
2.1.9 Painéis fotovoltaicos	20
2.1.10 Células fotovoltaicas.....	21
2.1.11 Sistemas de energia solar fotovoltaica.....	22
2.1.12 Componentes do sistema fotovoltaico (on grid)	23
2.1.13 Inversores de potência CC-CA.....	24
2.1.14 Decisão e análise de investimento	24
2.1.15 Fluxo de caixa	25
2.1.16 Fluxo de caixa descontado	26
2.1.17 Taxa mínima de atratividade (TMA)	26
2.1.18 Valor presente líquido – VPL	27
2.1.19 Período de retorno de capital (payback)	28
CAPÍTULO 3	29
3.1 METODOLOGIA	29

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa	29
3.1.2 Caracterização da amostra.....	31
3.1.3 Coleta de dados	31
3.1.4 Análise de dados.....	32
CAPÍTULO 4	34
4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1.1 Taxa mínima de atratividade (TMA) e índice de reajuste	36
4.1.2 Fluxo de caixa	36
4.1.3 Valor presente líquido – (VPL).....	36
4.1.4 Cálculo do payback descontado	37
4.1.5 Taxa interna de retorno (TIR)	38
CAPÍTULO 5	39
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	39
REFERÊNCIA.....	40
ANEXO A: FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA DA EMPRESA PARANÁ	
EQUIPAMENTOS – SA	44
ANEXO B: MAPA BRASILEIRO DE INSOLAÇÃO DIÁRIA MÉDIA ANUAL	45
ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017.	46
ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).	47
ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).	48
ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).	49
ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).	50
ANEXO D: ORÇAMENTO MASTER SOLAR, 2017.....	51
ANEXO D: ORÇAMENTO MASTER SOLAR, 2017 (CONT.).	52
ANEXO D: ORÇAMENTO MASTER SOLAR, 2017 (CONT.).	53
ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017.....	54
ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).	55
ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).	56
ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).	57
ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).	58
ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).	59
ANEXO F: PAINEL FOTOVOLTAICO CANADIAN SOLAR 325W.	60
ANEXO G: INVERSOR FOTOVOLTAICO ABB 32 KWp.....	61

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Os constantes problemas ambientais causados pela utilização de energias não renováveis, aliados ao esgotamento dessas fontes, têm despertado o interesse pela utilização de fontes alternativas de energia. A energia solar é uma boa opção na busca por alternativas menos agressivas ao meio ambiente, pois consiste numa fonte energética renovável e limpa (FRANCISCO, 2017).

A captação de energia solar pode ser obtida de forma direta através de células fotovoltaicas, geralmente feitas de silício. Pois quando a luz solar incide sobre as células, os fótons começam a se agitar internamente gerando pares de elétrons, e ligados a um condutor transformam-se em energia elétrica em corrente contínua (FRANCISCO, 2017).

As células fotovoltaicas disponibilizadas comercialmente são elaboradas à base de silício monocristalino, policristalino e amorfo, mas também há células fabricadas com outros materiais, como o disseleneto de cobre-indio (CIS) e telureto de cádmio (CdTe), onde variam entre elas a sua eficiência energética e o valor de mercado (JANNUZZI, 2009).

Diariamente a energia solar incidente sobre a superfície da terra é maior, do que, a demanda total de energia consumida por todos os habitantes do nosso planeta durante um ano. Dentre todos os tipos aplicações da energia solar, gerar eletricidade diretamente através do efeito fotovoltaico, é umas das formas mais atrativas de gerar potência elétrica (RUTHER, 2004).

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo de viabilidade econômica de um sistema solar fotovoltaico ligado à rede elétrica (*on grid*), na empresa Paraná Equipamentos – S.A., situada na cidade de Cascavel – PR, pois a mesma possui um elevado gasto anual com consumo de energia que pretende-se reduzir a um custo anualizado zero.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade econômica de implantação de um sistema solar fotovoltaico para geração de energia elétrica na empresa Paraná Equipamentos – S.A. localizada na cidade de Cascavel – PR.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar o custo de energia elétrica da empresa Paraná Equipamentos – S.A., com base no histórico de consumo das faturas do ano de 2016;
- Dimensionar o sistema solar fotovoltaico necessário para suprir a demanda de energia elétrica da empresa;
- Realizar orçamentos do sistema solar fotovoltaico dimensionado.
- Avaliar o projeto realizado pela empresa especializada em sistemas fotovoltaicos;
- Comparar a viabilidade do sistema fotovoltaico realizado pelas empresas com os custos atuais da empresa com energia elétrica.

1.3 JUSTIFICATIVA

Devido ao sistema fotovoltaico ser uma fonte de energia limpa e renovável, subsidiada pelo governo com seu programa de créditos de energia quando gerado em excesso, tornou-se uma referência no mercado para a geração de energia.

Comparado a outras fontes de energia elétrica, a energia solar gera menos impacto ambiental e também não necessita de amplo espaço para instalação, como exemplo: os utilizados para uma usina hidrelétrica. Apesar de ainda estar em expansão no cenário energético, a energia elétrica solar, tem viabilizado muitos projetos utilizando essa nova tecnologia.

O alto custo anual de energia elétrica na empresa Paraná Equipamentos – SA impulsionou seus responsáveis a buscar uma alternativa para diminuir este gasto. A fim de possibilitar as melhorias descritas e a redução de custos, propõe-se neste trabalho a aplicação a análise dos custos de investimento e a demanda necessária para a mesma.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O sistema solar fotovoltaico conectada à rede elétrica dimensionado para a empresa Paraná Equipamentos – S.A. apresentará viabilidade econômica e conseguirá reduzir os custos anuais de energia elétrica da empresa?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPÓTESE

Os sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede elétrica, em geral, trazem retorno econômico entre 5 à 12 anos. Almeja-se, que com o sistema dimensionado para a empresa Paraná Equipamentos consiga-se eliminar os custos com energia elétrica quando considerado um balanço anual de geração de energia fotovoltaica.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa será limitada ao dimensionamento do sistema fotovoltaico e o estudo de viabilidade econômica de implantação do mesmo na empresa Paraná Equipamentos – S.A. localizada na BR-277, Km 590, no bairro Maria Luiza da cidade de Cascavel, Paraná.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico será realizado através da bibliografia e irá somente até o inversor, os equipamentos restantes serão especificado conforme normas técnica da concessionária distribuidora de energia. A apresentação da viabilidade econômica do sistema será definida pelo método do tempo de retorno do investimento (*payback*).

CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 O que trata a legislação e as normas da ABNT

Em 2013, o Instituto Brasileiro do Cobre – PROCOBRE, integrou uma comissão de estudos de Sistemas Fotovoltaicos (FV): CE-03:082 do COBEI (Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Telecomunicações e Iluminação), capitaneada pelos associados da ABINEE do grupo setorial Fotovoltaico, das distribuidoras e dos organismos neutros da sociedade (laboratórios e centros de pesquisa). Após um trabalho de dois anos resultou na criação das normas ABNT NBR 16.149, ABNT NBR 16.150 e NBR/IEC 62116, publicadas em 1º e 4 de março daquele ano com o intuito de normatizar a interface (inversores) de conexão do sistema de geração FV às redes de distribuição, bem como especificar os procedimentos de ensaio para os mesmos.

A última alteração na legislação feita pela a ANEEL, ao qual diz respeito ao sistema de microgeração e minigeração de energia distribuída, foi a Resolução Normativa nº 687/2015, onde foi revisado a Normativa nº 482/2012, com o objetivo de reduzir os custos e tempo para a conexão e a compatibilização do Sistema de Compensação de Energia Elétrica com as condições Gerais de Fornecimento; aumentar o público alvo; e melhorar as informações na fatura de energia.

2.1.2 Universalização dos serviços de energia

A Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015, aperfeiçoou o regulamento, onde, no Art. 1, incisos:

I - microgeração distribuída: conforme a regulamentação da ANEEL, é toda central geradora de energia elétrica conectada na rede de distribuição, através das instalações de unidades consumidoras, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, ou que utiliza-se de fontes renováveis para a geração de energia elétrica;

II - minigeração distribuída: segundo a ANEEL, é qualquer central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas

ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição;

III - sistema de compensação de energia elétrica: a energia gerada excedente ao consumo, pela microgeração ou minigeração, injeta-se na rede, ou seja, é cedida por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

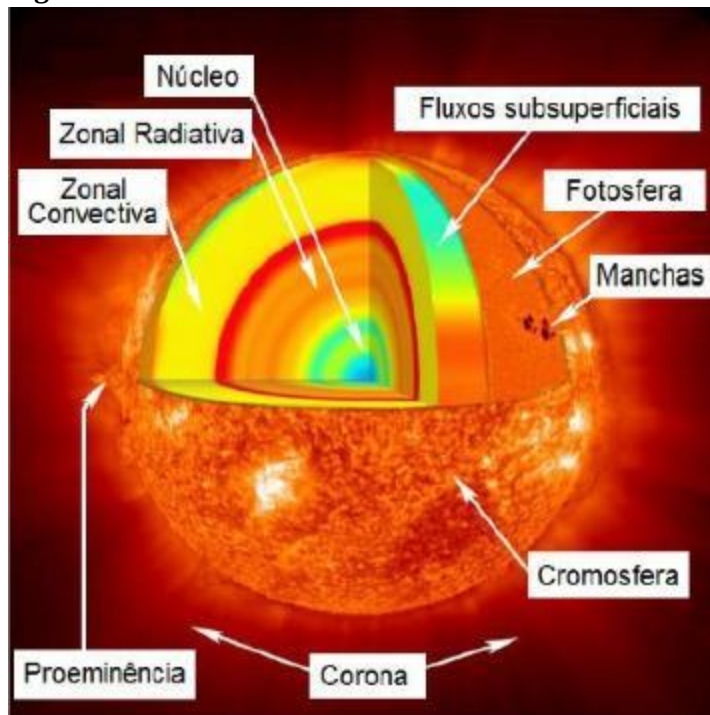
2.1.3 Programa de desenvolvimento da geração distribuída de energia elétrica

Segundo o site do Ministério de Minas e Energia (MME) foi lançado no dia 15 de dezembro de 2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica). O Programa pode movimentar pouco mais de R\$ 100 bilhões em investimentos, até 2030.

A geração distribuída traz benefícios para o consumidor e para o setor elétrico: está no centro de consumo, o que reduz a necessidade de estrutura de transmissão elétrica e evita perdas. Até 2030, 2,7 milhões de unidades consumidoras poderão ter energia gerada por elas mesmas, entre residência, comércio, indústrias e no setor agrícola, o que pode resultar em 23.500 MW (48 TWh produzidos) de energia limpa e renovável, o equivalente à metade da geração da Usina Hidrelétrica de Itaipu. Com isso, o Brasil conseguirá evitar que sejam emitidos 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera.

2.1.4 O sol e suas características

O sol é uma estrela, semelhante a diversas outras que se encontram no universo. É responsável direto pela vida, pois é a principal fonte de luz na terra, com um formato basicamente de uma esfera, é composto por gases incandescentes. Sendo que sua principal composição estão o hidrogênio e o hélio. Ele apresenta uma imensa capacidade de geração de energia através de radiação proveniente de seu núcleo por reações termonucleares. Sua estrutura é composta pelas regiões do núcleo, zona radiativa, zona convectiva, fotosfera, cromosfera e coroa ou corona, conforme Figura 1 (CRESESB, 2014).

Figura 1: Características do Sol.

Fonte: Cepel, 2014.

As principais características do sol estão representadas na Figura 2.

Figura 2: Principais características do Sol

Principais características do Sol	
Massa	$1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$
Raio	696.000 km
Densidade média	$1,409 \text{ kg m}^{-3}$
Densidade central	$1,6 \cdot 10^7 \text{ kg m}^{-3}$
Distância	1 UA ou $1,499 \cdot 10^8 \text{ km}$
Potência Luminosa	$3,83 \cdot 10^{26} \text{ W}$
Temperatura efetiva	5.785 K
Temperatura central	$1,5 \times 10^7 \text{ K}$
Composição química principal	Hidrogênio = 91,2 % Hélio = 8,7 % Oxigênio = 0,078 % Carbono = 0,043 %
Período rotacional no Equador	25 dias
Período rotacional na latitude 60°	29 dias

Fonte: Filho e Saraiva, 2014.

2.1.5 Radiação solar

São ondas de radiações eletromagnéticas que se propagam no espaço com altíssima velocidade, mesmo vazio. No vácuo, todas as radiações eletromagnéticas se propagam com a mesma velocidade, aproximadamente igual a 300.000 km/s. Essas radiações são caracterizadas por uma frequência, f , que se relaciona com o comprimento de onda, λ , e com a velocidade de propagação, V (VIANELLO e ALVES 1991).

O conjunto de radiações eletromagnéticas ordenadas de acordo com as suas frequências, seus comprimentos de onda, ou, ainda, números de onda, formam o espectro eletromagnético, onde está dividido em diversas faixas, como mostra na Figura 3 (VIANELLO e ALVES 1991).

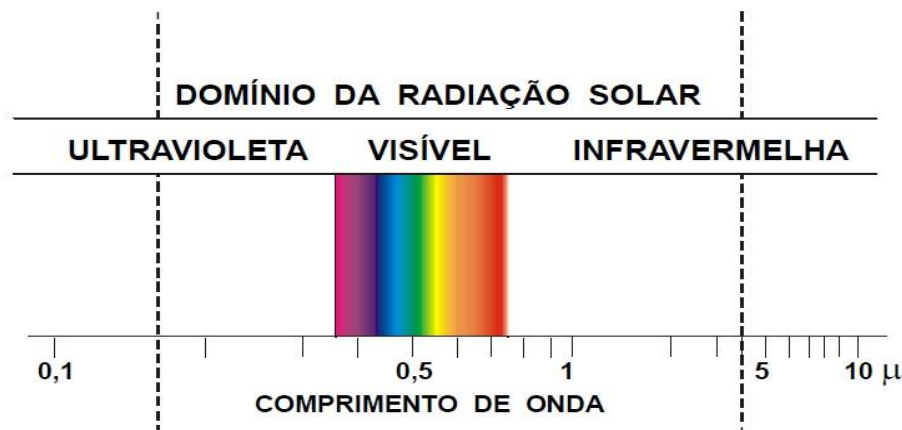
Figura 3: Regiões do espectro eletromagnético.

Tipo de Onda Eletromagnética	Comprimento de Onda	Observação
Rádio, TV, Radar	de 3 km a 1 cm	1 km = 1.000 m = 10^3 m 1m = 100 cm = 10^2 m
Raios Infravermelhos	de 0,01 cm a 8.000 Å	Å = angstrom 1 Å = 10^{-8} cm = 10^{-10} m
Luz Visível	de 7.500 Å a 3.900 Å	-
Raios Ultravioleta	de 3.900 Å a 2.000 Å	-
Raios X	de 100 Å a 0,1 Å	-
Raios Gama	de 0,1 Å a 0,0001 Å	-

Fonte: <https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/analise-espectro-eletromagnética>, Vianello e Alves, 1991.

De acordo com Varejão-Silva (2005), apenas as radiações de comprimentos de onda compreendidos entre 0,36 e 074 μm podem ser detectadas pelo olho humano, constituindo a faixa visível do espectro eletromagnético ou luz visível, Figura 4. Os intervalos de cores são arbitrários e aproximados, pois não há limites nítidos entre as mesmas. A transição entre cores vizinhas se dá de maneira gradual, como se pode verificar em um arco-íris. Dentro dessa faixa, a vista humana consegue diferenciar as seguintes cores:

- Violeta 0,36 à 0,42 μm ;
- Índigo-azul 0,42 à 0,49 μm ;
- Verde 0,49 à 0,54 μm ;
- Amarelo 0,54 à 0,59 μm ;
- Laranja 0,59 à 0,65 μm ;
- Vermelho 0,65 à 0,74 μm .

Figura 4: Espectro eletromagnético

Fonte: Livro Meteorologia e Climatologia, versão digital, 2005.

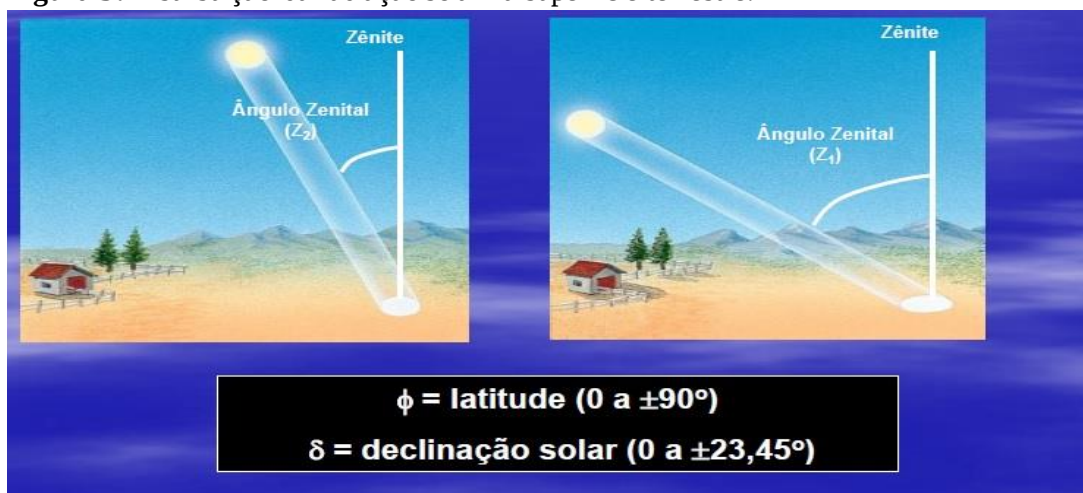
Pela teoria corpuscular ou fotônica, através da mecânica quântica determina-se a potência emissiva espectral do corpo negro em termos de sua temperatura e do índice de refração do meio em que está imerso. Esta teoria explica também a conversão direta da energia solar em eletricidade. Onde a potência de um feixe luminoso é descrita como o fluxo de fótons com energia unitária hf , sendo f a frequência da onda eletromagnética associada e h é a Constante de Planck ($6,62 \times 10^{-34}$ Js). A energia solar incidente no meio material pode ser refletida, transmitida e absorvida (CRESESB, 2004).

2.1.6 Radiação solar sobre a terra

Segundo Schoffel (2010), a constante solar é o fluxo de radiação (taxa de transferência de energia = J/s) solar que chega ao topo da atmosfera terrestre e é recebida em uma superfície perpendicular à direção do sol, ou ainda, é a quantidade de energia radiante do sol que incide perpendicularmente a uma unidade de superfície na ausência de partículas (topo da atmosfera) a uma distância média Terra-sol. Além desses conceitos, a constante solar pode ser definida como sendo a irradiância solar sobre uma superfície normal aos raios solares.

A irradiância solar varia de acordo com o ângulo de incidência dos raios solares. Esse ângulo formado entre o zênite local e os raios solares, denomina-se Ângulo Zenital (Z). Quanto maior o Z, menor a irradiância solar, conforme a Figura 5 (GALVANI, 2007).

Figura 5: Distribuição da radiação solar na superfície terrestre.



Fonte: Galvani, 2007.

O fluxo de energia eletromagnética ao atingir um objeto (energia incidente) sofre interações com o material que o compõe, sendo parcialmente refletido, absorvido e transmitido pelo objeto. A absorção, reflexão e transmissão da energia incidente poder ser total ou parcial, guardando sempre o princípio de conservação de energia. A capacidade de um objeto absorver, refletir e transmitir a radiação eletromagnética é denominada, respectivamente, de absorvância, reflectância e transmitância (DE MORAES, 2002).

2.1.7 Insolação

A duração solar do dia ou período de visibilidade do Sol varia em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (o Sol fica o dia todo abaixo da linha do horizonte) a 24 horas (Sol encontra-se acima da linha do horizonte). Com variações mais intensas nas regiões polares e nos períodos de solstício. Próximo à linha do Equador e durante os equinócios, isso ocorre ao contrário (ANEEL, 2005).

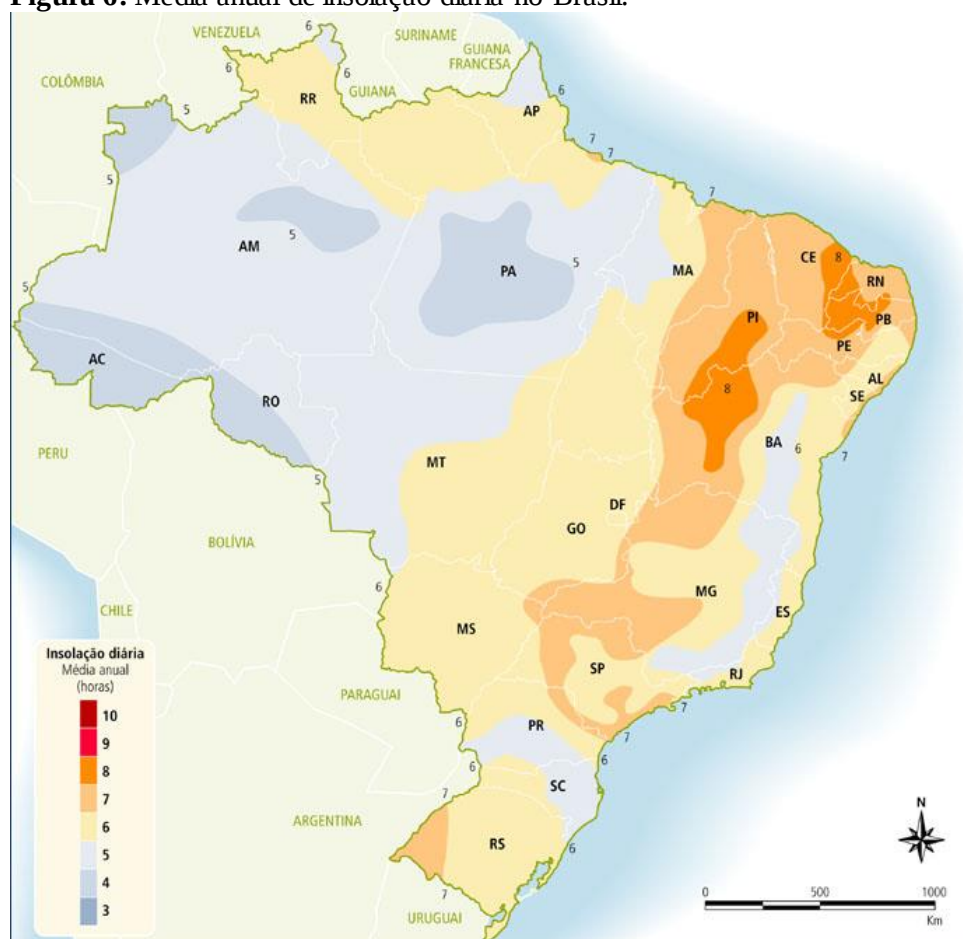
A insolação representa o número de horas nas quais, durante um dia, o disco solar é visível para um observador situado à superfície terrestre, em local com horizonte desobstruído. A heliose é o intervalo total de tempo entre o nascimento e o ocaso do sol, em que o disco solar não esteve oculto por nuvens ou fenômenos atmosféricos de qualquer natureza. Ela é sempre menor ou no máximo igual ao fotoperíodo, sendo este designado como insolação máxima teoricamente possível (VAREJÃO SILVA, 2005).

A maior parte do território brasileiro localiza-se próximo da linha do Equador, ao qual não se observam grandes variações na duração solar do dia. No entanto, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do país concentram-se nas regiões abaixo da linha

do Equador, desse modo, para melhorar o aproveitamento da radiação solar, deve-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. Para o Hemisfério Sul um sistema de captação solar fixo deve ser orientado ao Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local (ANEEL, 2005).

O mapa da Figura 6 apresenta a média anual de insolação diária, segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000).

Figura 6: Média anual de insolação diária no Brasil.



Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.

2.1.8 Energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica obtém-se através da conversão direta da luz em eletricidade, chamado de efeito fotovoltaico, onde a célula fotovoltaica é formada por um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental no processo de conversão (CRESESB, 2014).

Segundo Severino e Oliveira (2010), o efeito fotovoltaico é gerado através da absorção da luz solar, que ocasiona uma diferença de potencial na estrutura do material semicondutor. Complementando esta informação, Nascimento (2014, p.14) afirma que “Uma célula fotovoltaica não armazena energia elétrica. Apenas mantém um fluxo de elétrons num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela. Este fenômeno é denominado Efeito Fotovoltaico”.

O Efeito Fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmund Becquerel, numa solução de selênio. Becquerel notou o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos da solução condutora, quando esta era iluminada pela luz solar. Por volta do ano de 1870, o efeito fotovoltaico foi estudado no selênio no estado sólido e dez anos após a primeira célula fotovoltaica foi construída utilizando-se esse material com uma eficiência muito baixa em torno de 2% (ALVARENGA, 2001).

Basicamente, a conversão fotovoltaica se dá através de três processos diferentes: A absorção de luz para criar pares de elétron e lacuna em um semicondutor, a coleta e distribuição destas portadoras através de campos elétricos, a distribuição para uma carga (SIQUEIRA, 2013).

2.1.9 Painéis fotovoltaicos

Hoje, as células fotovoltaicas comerciais contêm eficiência entre 12% e 22, por isso precisam ser associadas de uma forma que consigam suprir os requerimentos de potência e tensão dos controladores de carga. Essa associação de células fotovoltaicas é chamada de módulo/painel fotovoltaico, onde duas ou mais células são associadas em série e/ou paralelo até atingirem os requisitos mínimos necessários do controlador de carga do equipamento a que elas serão ligados (CRESESB, 2014).

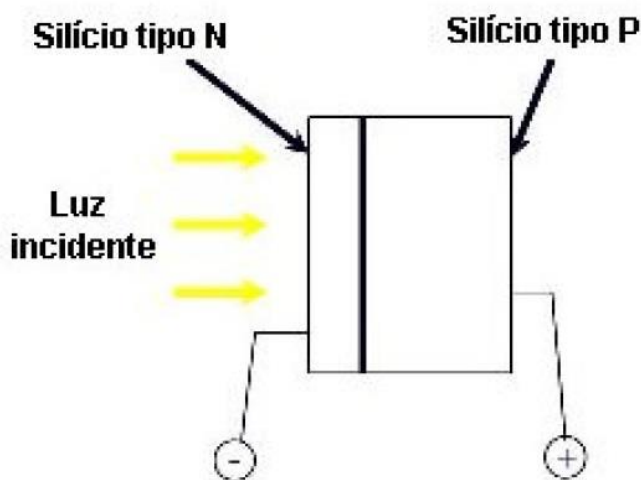
O sombreamento é uma questão crítica. Um gerador fotovoltaico apresenta excelente desempenho quando iluminado homogeneamente. O método construtivo da maioria dos módulos fotovoltaicos, é disposto de células solares individuais conectadas em série, se uma pequena sombra projetar-se sobre uma destas células, obstruindo a radiação solar sobre as mesmas, pode reduzir acentuadamente o rendimento de todo o sistema. Isto se deve ao fato de que a célula obtiver a menor incidência de radiação solar, é a que irá determinar a corrente (e portanto a potência) de operação de todo o conjunto a ela conectado em série (RUTHER, 2004).

2.1.10 Células fotovoltaicas

Diversas tecnologias de fabricação de células fotovoltaicas foram desenvolvidas nos últimos 60 anos e as células de laminas de silício cristalino (monocristalino ou policristalino) dominam o mercado mundial atualmente (CRESESEB, 2014).

Cada célula solar compõe-se de camada fina de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P, conforme Figura 7.

Figura 7: Composição da célula fotovoltaica.



Fonte: SOLENERG, 2004.

Separadamente, ambas as capas são eletricamente neutras. Porém ao se unirem, na região P-N, forma-se um campo elétrico devido aos elétrons livres do silício tipo N ocupando os vazios da estrutura do silício tipo P. Quando incide-se luz sobre a célula fotovoltaica, seus fótons chocam-se com outros elétrons da estrutura do silício fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores. Ao juntar P-N gera um campo elétrico, onde os elétrons são orientados e transitam da camada “P” para a camada “N”. Através de um condutor externo, ligando a camada negativa à positiva, gera-se um fluxo de elétrons (corrente elétrica). Deste modo enquanto a luz incidir na célula, o fluxo se mantém. A intensidade da corrente elétrica gerada também depende da intensidade da luz incidente sobre as placas (ALVARENGA, 2001).

Uma célula fotovoltaica apenas mantém um fluxo de elétrons estabelecidos num circuito elétrico enquanto houver incidência de luz sobre ela, pois a mesma não armazena energia elétrica como as baterias (CRESESEB, 2014).

2.1.11 Sistemas de energia solar fotovoltaica

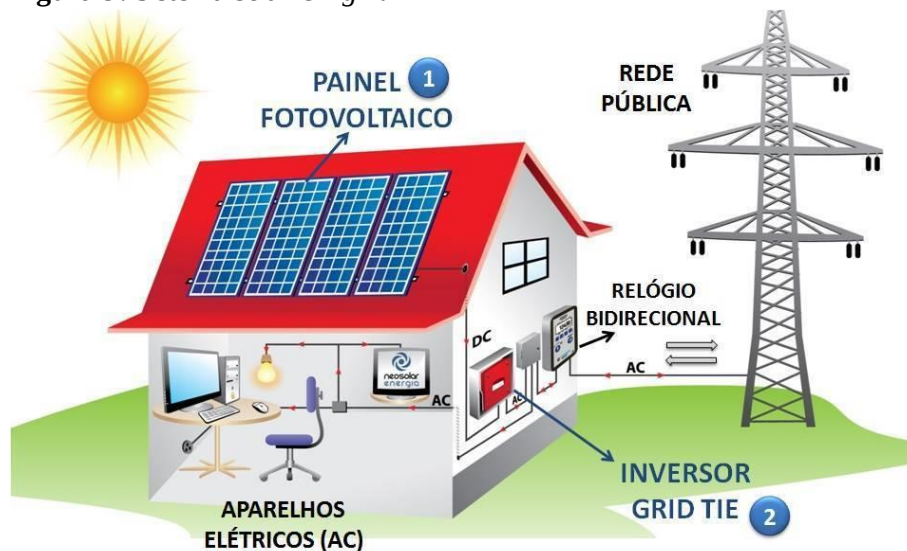
Um sistema de energia solar fotovoltaico é capaz de gerar energia elétrica através da radiação solar. Existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: sistemas isolados (*Off-grid*), e sistemas conectados à rede (*on grid*), conforme Figuras 8 e 9.

Figura 8: Sistema solar *off grid*



Fonte: Neosolar, 2017.

Figura 9: Sistema solar *On grid*



Fonte: Neosolar, 2017.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, *on grid*, são aqueles em que a energia gerada pelos painéis é consumida imediatamente pelo consumidor, ou enviada para a rede elétrica para ser distribuída a um grupo de consumo. A vantagem desse sistema é a

independência de um sistema de armazenamento de energia, pois quando não há radiação solar, utiliza-se a energia da própria rede distribuidora padrão (LOUZADA, 2016).

As principais vantagens desse tipo de sistema são: a elevada produtividade (toda a energia disponibilizada pelos módulos é utilizada) e a ausência do conjunto de baterias (um elo frágil nos sistemas fotovoltaicos isolados devido à baixa vida útil em relação a dos módulos FV e dos inversores) (RÜTHER, 2004).

Sistemas fotovoltaicos isolados se caracterizam por não possuírem interligação com a rede de distribuição de energia, geralmente utilizados para fins específicos. Sistemas isolados podem ter as seguintes configurações (CRESESB, 2014):

- Carga CC sem armazenamento de energia: Onde a energia elétrica é usada no momento da geração por equipamentos que operam em corrente contínua.
- Carga CC com armazenamento de energia: É o caso que se deseja usar equipamentos elétricos, em corrente contínua, independentemente de haver ou não geração fotovoltaica instantânea. Para este sistema, é comum o uso de controlador de carga para proteger as baterias de armazenamento de possíveis danos por sobrecarga ou descarga profunda.
- Carga CA sem armazenamento de energia: É um sistema cujo arranjo fotovoltaico é conectado direto ao equipamento ou carga por meio de inversor.
- Carga CA com armazenamento de energia: É um sistema semelhante ao CC com armazenamento incluindo inversor, banco de baterias e controlador de carga.

2.1.12 Componentes do sistema fotovoltaico (*on grid*)

Segundo Rütther (2004), para a instalação solar fotovoltaica integrada a uma edificação e conectada à rede elétrica é necessário vários itens, incluindo painéis solares, sistema de fixação ao envoltório da construção, sistema inversor de corrente contínua para corrente alternada, diodos de by-pass e diodos de bloqueio, fusíveis e disjuntores, cabos elétricos, terminais, proteções contra sobretensões e descargas atmosféricas e caixas de conexão.

Os módulos solares geralmente apresentam tensões de circuito aberto próximo de 20V, apropriadas para sistemas autônomos, onde é conectado às baterias que possuem carga de 12V, visto que esta era a aplicação mais comum. Com o aumento no interesse por instalações conectadas à rede elétrica - onde as tensões de 110 ou 220V são utilizadas - a indústria passou a lançar no mercado módulos com tensões de circuito aberto mais elevadas (e.g. 95V). Em

qualquer caso, para atingir a potência instalada de projeto, normalmente utilizam-se combinações série/paralelo de vários módulos, para que obtenham-se as tensões e correntes desejadas (RÜTHER, 2004).

Os sistemas conectados à rede dispensam o uso de baterias, pois toda potência gerada pelo sistema fotovoltaico é consumida pelas cargas ou são injetadas diretamente na rede elétrica, podendo dividir-se em dois tipos:

- De forma centralizada, como se fosse uma usina convencional e longe dos consumidores (grandes centrais fotovoltaicas);
- De forma integrada a edificação, próxima ao consumidor e descentralizada (pequeno porte).

2.1.13 Inversores de potência CC-CA

Segundo Ruther (2004), os módulos solares fotovoltaicos geram energia em corrente contínua. Com isso, é necessário o uso de um inversor de corrente, equipamento eletrônico que converte corrente contínua para corrente alternada (CC-CA), para que se obtenha tensão em corrente alternada com as características (frequência, conteúdo de harmônicos, forma de onda, etc.) necessárias para satisfazer as condições impostas pela rede elétrica pública e possibilitar assim a ligação com à rede. Os inversores comumente utilizados podem ser de dois tipos: Comutados pela própria rede elétrica, onde utiliza-se o sinal da rede para sincronizar o inversor com a rede, ou Auto-comutados, onde um circuito eletrônico no inversor controla e sincroniza o sinal do inversor ao sinal da rede.

Os Inversores possuem a capacidade de serem ligados à rede de distribuição e fornecerem corrente elétrica a mesma. Eles têm aplicação em sistema de Microgeração, permitindo que um utilizador particular, que além de um consumidor seja também um produtor de energia elétrica (CRESESB, 2014).

2.1.14 Decisão e análise de investimento

Como base para a realização de um investimento, é fundamental realizar uma análise econômica/financeira criteriosa e rígida de um projeto, prevenindo ações de senso comum causadores de insucessos e prejuízos. Conforme orientam Brigham e Ehrhardt (2012), pontos

como custo de capital, custos operacionais, preços, rentabilidade, volumes operados, oportunidades, taxas de risco, taxas de atratividade são alguns itens fundamentais para uma eficiente avaliação, diminuindo, assim, os riscos de algo der errado e maximizando a criação de valor para os investidores e para a concretização do projeto.

Um investimento para qualquer empresa é um desembolso feito visando gerar um fluxo de caixa de benefícios futuros, usualmente superior a um ano. Atualmente, em função da própria dinâmica do negócio organizacional, as técnicas de análise de investimento estão sendo usadas, tanto para investimentos de porte, associados a longos horizontes de planejamento, como também para operações de curto prazo. A decisão de fazer investimento de capital é parte de um processo que envolve a geração e avaliação das diversas alternativas que atendam às especificações técnicas do investimento (SANTOS, 2006).

Analisar as alternativas de ação deve-se sempre questionar sobre o que obter em relação às opções oferecidas e qual decisão irá ser tomada. Projetar os reflexos financeiros em longo prazo é importantíssimo para uma comparabilidade do real valor monetário, a utilização de taxas de descontos e riscos de atratividade dos sócios sobre o capital (FREZZATI et al., 2012).

2.1.15 Fluxo de caixa

Fluxo de caixa é um instrumento de gestão financeira onde projeta-se para períodos futuros todas as entradas e as saídas de recursos financeiros da empresa, indicando qual será o saldo de caixa para o período projetado. Método de fácil elaboração, que auxilia no controle financeiro e, principalmente na tomada de decisões. Com essas informações, o empresário pode gerenciar seus resultados, realizar uma análise de sensibilidade, calcular a rentabilidade, a lucratividade, o ponto de equilíbrio e o prazo de retorno do investimento. O objetivo é verificar a saúde financeira da empresa ou investimento a partir de análise e obter uma resposta sobre a probabilidade de sucesso ou fracasso do investimento e a situação em que a empresa se encontra (SEBRAE, 2011).

O fluxo de caixa é o instrumento que auxilia o gestor financeiro avaliar com antecedência se as suas decisões de investimento ou financiamento poderão ser tomadas, mostrando os efeitos financeiros favoráveis ou desfavoráveis. Podendo assim reavaliar suas metas e planos com uma segurança maior, de maneira que possa diminuir os riscos e aumentar a riqueza da organização (DE JESUS et al., 2015).

De acordo com Frezatti (2006), o caixa seria o objetivo final do investidor ao optar por um certo investimento. Quando este investidor se dispõe a aplicar seus recursos ele está interessado no retorno financeiro que irá obter futuramente, que não é o resultado constante nas demonstrações financeiras da empresa investida, mas sim, o quanto irá efetivamente voltar para o seu caixa.

2.1.16 Fluxo de caixa descontado

A avaliação realizada pelo método do Fluxo de Caixa Descontado (FCD) se baseia na teoria de que o valor de um negócio depende dos benefícios futuros que ele irá produzir, descontados para um valor presente, através da utilização de uma taxa de desconto apropriada, a qual reflita os riscos inerentes aos fluxos estimados. Considerando-se que as empresas não possuem prazo de vida determinado, dado o princípio da continuidade, o cálculo de seu valor é baseado na estimativa de fluxos infinitos. Dessa forma, o valor em um instante de tempo “ t ” é o somatório dos valores presentes dos fluxos futuros, descontados por uma taxa que representa a taxa de retorno requerida (ENDLER, 2004).

De acordo com Bruni, Sousa e Loporini (1997) o valor de uma companhia obtido através do FCD é dado em função do resultado de suas operações, ou seja, através das esperanças dos fluxos de caixa futuro. Este valor deverá ser suficiente para efetuar o pagamento aos credores e depois disso efetuar a distribuição aos acionistas, por isso eles devem ser livres de qualquer necessidade de investimento.

Existem, basicamente, três fatores que possibilitam dimensionar o valor do negócio ao adotar a sistemática do fluxo de caixa descontado: o fluxo de caixa projetado, que considera diversas variáveis de natureza econômico-financeira nas simulações; o valor residual, que é o valor do negócio ao fim do período em análise e a taxa de desconto, que será utilizada para calcular o valor presente de caixa futuro e o valor residual (CERBASI, 2003).

2.1.17 Taxa mínima de atratividade (TMA)

A Taxa Mínima de Atratividade é a taxa mínima de juros exigida pela empresa para aceitar um projeto, conhecida também como custo de oportunidade (LAPPONI, 2007).

Segundo Casarotto Filho e Kopittke (2000), a TMA auxilia a análise de um projeto de investimento, considerando a possibilidade de perda da oportunidade de auferir retornos pela aplicação do mesmo capital em outros projetos.

Lapponi (2007) destaca que a determinação da taxa requerida de um novo projeto é fundamentada no mercado de capitais e é definida pelo retorno oferecido por outros investimentos disponíveis com risco equivalente ao do novo projeto.

Para Santos (2001) essa taxa é específica para cada empresa e significa a taxa de juros mínima aceitável quando ela faz um investimento ou a taxa de juros máxima a pagar por um financiamento.

2.1.18 Valor presente líquido – VPL

O Valor Presente Líquido (VPL) de um investimento é um valor monetário que representa a diferença entre as entradas e saídas de caixas trazidas a valor presente. Sendo efetuado com a utilização da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) da empresa como taxa de desconto (SANTOS, 2001).

Segundo Ross, Westerfield e Jaffe (2002), VPL é o valor presente dos fluxos futuros de caixa menos o valor presente do custo do investimento.

De acordo com Santos (2001), quando o VPL é maior do que zero, significa que é viável o investimento, pois além de tirar o valor dos custos, há uma margem de lucro econômico, o que indica também que a taxa interna de retorno do projeto é maior do que a TMA da empresa. Se o VPL for igual a zero, indica que tanto faz realizar ou não o investimento pois não há diferença entre os valores de entrada e saídas. E para um VPL menor do que zero, mostra que é economicamente inviável o investimento, pois o valor de saídas é maior do que o valor presente de entradas, ou seja, torna-se um prejuízo econômico.

É importante ressaltar que o VPL é um cálculo que evidencia resultados financeiros e não econômicos. Assim para um VPL menor que zero conclui-se que o investimento não é financeiramente atrativo. Enfim, o melhor projeto de investimento será o que apresentar um maior VPL ou maior que zero o que significa que o investimento terá um retorno acima do custo de oportunidade da empresa, assim o mesmo é vantajoso e deve ser realizado (MALLMANN, 2012).

2.1.19 Período de retorno de capital (*payback*)

Payback é o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento, assim quanto menor for o tempo de recuperação, mais atrativo se torna o empreendimento (MALLMANN, 2012).

Segundo Santos (2001) este método estima em quanto tempo ocorrerá a recuperação do capital investido em função do fluxo de caixa gerado, ou seja, o tempo que o investimento levará para se pagar.

O critério do período *payback*, na tomada de decisões de investimento, é simples. Seleciona-se certo período de corte, digamos, de dois anos. Todos os projetos que tiverem períodos de *payback* de dois anos ou menos serão aceitos, e todos os que proporcionarem recuperação do investimento em mais de dois anos serão rejeitados (ROSS, WESTERFIELD e JAFFE, 2002)

O método possui duas formas de aplicação: *payback* simples e *payback* descontado. Onde Santos (2001), considera os fluxos de caixa pelo seu valor presente, como alternativa para diminuir a imprecisão do critério de tempo de retorno, ao qual é denominado tempo de retorno descontado.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

O presente trabalho desenvolveu-se um estudo de viabilidade econômica da instalação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica existente, na empresa Paraná Equipamentos – S.A., onde foi realizado o dimensionamento do mesmo, através do manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos – CRESESB, o levantamento de custos, com base na média de consumo anual de 2016 das faturas de energia da COPEL, análise do tempo de retorno financeiro, pelos métodos da TMA, TIR, VLP e o *payback* descontado, também foram feitos orçamentos com as empresas especializadas no ramo de energia solar, as quais comercializam, projetam e instalam sistemas fotovoltaicos, para fins comparativos de dimensionamento e valores de investimento do sistema.

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

O presente estudo trata-se de uma pesquisa aplicada com abordagem qualitativa, com desenvolvimento baseado em estudo de caso. O local de estudo da viabilidade econômica para a implantação do sistema de energia solar fotovoltaica para geração de energia elétrica foi feito na Empresa Paraná Equipamentos – S.A., como mostra na Figura 10.

Figura 10: Escritório administrativo da empresa Paraná Equipamentos – SA.



Fonte: Autor (2017).

O empreendimento localiza-se nas margens da BR-277, km 590, no bairro Jardim Maria Luiza na cidade de Cascavel-PR, conforme a Figura 11, com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 24°58'37" S; Longitude: 53°26'46" O; Elevação aproximada: 745m.

Figura 11: Mapa via satélite da em localização da empresa.



Fonte: Google Earth (2017).

3.1.2 Caracterização da amostra

A empresa Paraná Equipamentos – S.A. atua no ramo de venda, locação e manutenção de maquinários pesados, onde conta com amplo espaço de âmbito comercial, com área total do terreno de aproximadamente 40.799,00 m², e uma área construída com cerca de 3.177,21 m², a qual é composta pela oficina de máquinas pesadas, serviços de pintura, sede administrativa com depósito de materiais da linha Rental, que são os equipamentos destinados para locação, acessórios de peças, refeitório, guarita e salão de festa.

3.1.3 Coleta de dados

Tomou-se como base para estimativa de consumo mensal da empresa, o levantamento de todas as faturas de energia elétrica da concessionária do ano de 2016 (ANEXO A).

Os equipamentos dimensionados para a instalação foram determinados para que venham suprir a demanda total necessária da empresa, abordada juntamente com os dados meteorológicos do atlas solarimétrico do Brasil, referentes a cidade de Cascavel-PR (ANEXO B). Para a determinação da quantidade de módulos fotovoltaicos e inversores necessários para o sistema, utilizou-se modelos que obtinham maior capacidade de geração e desempenho vendidos no comércio, de acordo com as suas características descritas pelo fabricante.

Após calcular-se a média do consumo de energia, o próximo passo, segundo CRESESB (2014), foi calcular a demanda necessária para os módulos fotovoltaicos gerarem através das fórmulas:

$$\mathbf{PFV (Wp)} = \frac{\left(\frac{E}{TD}\right)}{HSP_{MA}} \quad (1)$$

Onde:

P_{FV} – Potência de pico do painel fotovoltaico (FV) (Wp – watts pico);

E – Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste (Wh/dia);

HSP_{MA} – Média diária anual das horas solares de pico (HSP) incidente no plano do painel FV (h);

TD – Taxa de desempenho (adimensional).

$$\mathbf{NFV} = \frac{PFV}{P_{nom}} \quad (2)$$

Onde:

N_{FV} – Número de painel fotovoltaico;

P_{FV} – Potência de pico do painel fotovoltaico (FV) (Wp – watts pico);

P_{nom} – Potência nominal do painel fotovoltaico (Wp).

$$N_{IV} = \frac{P_{FV}}{P_{PIV}} \quad (3)$$

Onde:

N_{IV} – Número de inversor;

P_{FV} – Potência de pico do painel fotovoltaico (FV) (Wp – watts pico);

P_{PIV} – Potência pico do inversor fotovoltaico (Wp).

Foram realizadas cotações de preços juntamente a empresas especializadas no ramo de energia solar e fotovoltaica da cidade e também do próprio estado do Paraná, onde as mesmas fazem o serviço completo, desde o projeto até a instalação do sistema fotovoltaico.

As empresas desse ramo contam com uma equipe formada por engenheiros para realização de projetos, cálculos de demanda necessária de energia e quantitativos de materiais, onde repassam as informações aos vendedores para que façam o orçamento e o tempo de retorno para o investimento, de acordo com o consumo médio anual de cada caso, e também mão de obra qualificada para o manuseio e instalação desses equipamentos fotovoltaicos.

3.1.4 Análise de dados

O objetivo do dimensionamento do sistema fotovoltaico era para analisar se realmente o que as empresas apresentam ao cliente condiz com o necessário, para que não haja um superdimensionamento ou subdimensionamento do sistema, devido a ingenuidade do mesmo perante ao assunto.

A análise da viabilidade técnica levou-se em consideração o melhor local para a implantação do sistema, ou seja, qual a direção e inclinação das placas, pois devem estar voltadas na direção norte e inclinadas em relação à latitude do local, que para a cidade de Cascavel é de 25°, para um melhor aproveitamento dos raios solares durante todo o ano e a

localização para a sua instalação, a fim de evitar o sombreamento que outros elementos possam causar sobre as placas, o que diminuiria a sua eficiência.

Quanto aos esforços gerados pela sobrecarga dos painéis fotovoltaicos na estrutura de cobertura, não foram abordados neste trabalho, porém sugere-se que realizem uma inspeção antes da sua instalação para verificar se haverá a necessidade de reforço na estrutura.

Para verificar a viabilidade de investimento utilizou-se um dos orçamentos realizados pelas empresas, para estimar se haveria um retorno financeiro e qual seria o tempo de retorno através dos métodos da TMA, TIR, VPL e o *payback* descontado, onde considerou-se em todos os casos, um aumento anual de 5,84%, que foi à média dos reajustes tarifários de energia elétrica, nos últimos 10 anos (Figura 12).

Figura 12: Reajustes tarifários de energia elétrica.

Alterações Tarifárias

Clique no título da portaria ou resolução para ver seu conteúdo e os valores das tarifas em reais

Portaria / Resolução	Vigência	Variação Percentual
Resolução 2255/2017	24/06/2017	- Reajuste médio aplicado de 5,85%
Resolução 2214/2017	01/05/2017	- Reversão da previsão do EER de Angra III
Resolução 2096/2016	24/06/2016	- Reajuste médio aplicado de -12,87%
Resolução 1897/2015	24/06/2015	- Reajuste médio aplicado de 15,32%
Resolução 1858/2015	02/03/2015	- Reajuste médio aplicado de 36,79%
Resolução 1763/2014	24/06/2014	- Reajuste médio aplicado de 24,86%
Resolução 1565/2013	24/06/2013	- Reajuste médio aplicado de 9,55%
Resolução 1431/2013	24/01/2013	- Reajuste médio aplicado de -19,28%
Resolução 1296/2012	24/06/2012	- Reajuste médio aplicado de -0,65%
Resolução 1158/2011	24/06/2011	- Reajuste médio aplicado de 2,99%
Resolução 1015/2010	24/06/2010	- Reajuste médio aplicado de 2,46%
Resolução 839/2009	23/06/2009	- Reajuste médio aplicado de 12,98% para consumidores inadimplentes e de 5,00% para consumidores adimplentes
Resolução 663/2008	24/06/2008	- Reajuste médio aplicado de 0,04%.

Fonte: COPEL, 2017.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao realizar as cotações de custos desse sistema de energia solar, as taxas de investimentos à longo prazo, os índices de atratividade, mostrou-se muito positivo perante à análise de viabilidade do sistema fotovoltaico. O orçamento apresentado pela TECSULsolar de Curitiba-PR, ficou em torno de R\$ 368.360,00, com o tempo de retorno do investimento em aproximadamente 6 anos, já considerando um reajuste anual da tarifa em 10%, economizando assim cerca de R\$ 3.792.176,00 até o 25º (vigésimo quinto) ano (ANEXO C). Já a empresa Master Solar de Cascavel-PR, orçou em R\$ 354.790,00, com as mesmas características do orçamento anterior, porém não foi fornecido se haveria um retorno financeiro com a implantação do sistema (ANEXO D). Um terceiro orçamento foi realizado com a empresa Ilumisol, também de Cascavel-PR, orçado em R\$ 516.014,00, também com uma taxa de reajuste anual na tarifa de 10 %, obtendo um retorno financeiro a partir do 6º (sexto) ano, com uma economia de R\$ 7.103.126,00 nos próximos 25 anos (ANEXO E).

Para o dimensionamento utilizou-se a média do consumo anual de energia elétrica do ano de 2016, Tabela 01, sendo considerado o consumo de ponta e fora de ponta (ANEXO A):

Tabela 01: Média do consumo de energia elétrica.

ANO/2016	CONSUMO (KWh)
Janeiro	11069
Fevereiro	12954
Março	11857
Abril	12082
Maio	11558
Junho	10550
Julho	9310
Agosto	9409
Setembro	9374
Outubro	9950
Novembro	10116
Dezembro	9111
MÉDIA	10612 KWh/mês

Fonte: Autor, 2017.

Conforme o mapa brasileiro de insolação diária média anual (ANEXO B), para o a região do município de Cascavel-PR, o HSP_{MA} é igual à 5 horas. A taxa de desempenho do painel fotovoltaico considerou-se 80%, devido à sua estimativa de perda de eficiência até o 25º

(vigésimo quinto) ano. Com os seguintes dados obteve-se a potência de pico do painel fotovoltaico:

$$PFV = \frac{\left(\frac{10.612}{0,80}\right)}{5 * 30}$$

$$PFV = 88,43 \text{ kWp}$$

O sistema fotovoltaico necessário para suprir a demanda do consumo de energia elétrica da empresa, será de 88,43 kWp. Para determinar a quantidade de painéis e inversores fotovoltaicos, considerou-se os módulos da marca Canadian Solar e inversores da marca ABB, ambos considerados nos orçamentos citados de cada empresa, as quais são usualmente utilizadas no mercado, devido estarem de acordo com os padrões exigidos pela concessionária COPEL (ANEXOS F e G):

$$NFV = \frac{PFV}{P_{nom}}$$

$$NFV = \frac{88,43}{0,325}$$

$$NFV = 272,09 \cong 273 \text{ painéis fotovoltaicos.}$$

$$NIv = \frac{PFV}{P_{PIv}}$$

$$NIv = \frac{88,43}{32,0}$$

$$NIv = 2,76 \cong 3 \text{ inversores fotovoltaicos.}$$

O sistema de minigeração de energia necessário para suprir a demanda do consumo de energia da empresa Paraná Equipamentos, precisará de no mínimo 273 painéis fotovoltaicos de 325W e 3 inversores de 32,0 kWp. Pode-se se notar que os orçamentos realizados pelas empresas do ramo, está de acordo com o necessário, pois possui pouca diferença entre os dimensionamentos, por questão de valores considerados para o cálculo.

4.1.1 Taxa mínima de atratividade (TMA) e índice de reajuste

A TMA é uma taxa mínima de retorno para analisar uma viabilidade de projeto, também pode ser vista como o custo máximo que um tomador de dinheiro se propõe a pagar quando faz um financiamento. Sendo uma taxa que é utilizada para analisar fluxos de caixa e descontar esses fluxos de caixa, trazendo o mesmo para valor presente, onde levou-se em consideração a média dos reajustes da tarifa de energia elétrica 5,84%, e os índices usados pelas empresas, adotou-se então uma TMA de 10,0% ao ano.

4.1.2 Fluxo de caixa

Baseado no orçamento da empresa Master Solar, e a adotando a taxa mínima de atratividade de 10,0% para o reajuste anual, montou-se o fluxo de caixa que a produção de energia pelo sistema fotovoltaico gerará, ou seja, o valor de cada ano em que a empresa deixará de pagar na fatura de energia elétrica nos próximos 25 anos (Tabela 02).

Tabela 02: Fluxo de caixa.

Ano	Fluxo de caixa Reajuste de 10,0% a.a.	Ano	Fluxo de caixa Reajuste de 10,0% a.a.
1	R\$ 63.739,15	14	R\$ 363.900,57
2	R\$ 72.879,35	15	R\$ 416.083,91
3	R\$ 83.330,25	16	R\$ 475.750,34
4	R\$ 95.279,80	17	R\$ 543.972,94
5	R\$ 108.942,93	18	R\$ 621.978,66
6	R\$ 124.565,34	19	R\$ 711.170,40
7	R\$ 142.428,01	20	R\$ 813.152,23
8	R\$ 162.852,19	21	R\$ 929.758,26
9	R\$ 186.205,19	22	R\$ 1.063.085,60
10	R\$ 212.907,02	23	R\$ 1.215.532,07
11	R\$ 243.437,89	24	R\$ 1.389.839,37
12	R\$ 278.346,88	25	R\$ 1.589.142,34
13	R\$ 318.261,82		

Fonte: Autor, 2017.

4.1.3 Valor presente líquido – (VPL)

Para saber se o sistema fotovoltaico utilizou-se a técnica do Valor Presente Líquido (VPL), onde se o resultado for positivo significa que o investimento é viável, quando negativo o mesmo torna-se inviável e caso de valor zero, seria indiferente a compra do sistema

fotovoltaico. Com base no fluxo de caixa da Tabela 02, calculou-se o VPL, onde obteve-se o valor de R\$ 458.162,00, num período de 25 anos.

4.1.4 Cálculo do *payback* descontado

Para verificação de quanto tempo seria necessário para que o investimento no sistema fotovoltaico seja recuperado, utilizou-se o cálculo do *payback* descontado, com base nas informações da Tabela 02, no valor da tarifa sem os impostos de R\$ 0,28 kWh (Figura 13), e também considerando uma perda de desempenho dos painéis fotovoltaicos de 0,80% a.a. Descontou-se o valor que deixaria de ser pago à concessionária, devido a geração média anual do sistema, do valor total do investimento, ano à ano. Onde o retorno financeiro está no momento em que o valor descontado ultrapassa o valor do investimento inicial, ou seja, saindo do saldo negativo para um saldo positivo (Tabela 03).

Figura 13: Tarifa vigente.

Horossazonal VERDE	Resolução ANEEL N° 2.255,	
A4 (2,3 a 25 kV)	de 20 de junho de 2017	
Tarifas	Resolução	com Impostos:
	ANEEL	ICMS e PIS/COFINS
Demanda (R\$/kW)	14,17	22,23
Demanda Ultrapassagem (R\$/kW)	28,34	44,46
Consumo (R\$/kWh)		
Ponta	1,17346	1,84101
Fora de Ponta	0,27834	00,43668
Vigência em 24/06/2017		

Fonte: www.copel.com, 2017.

Tabela 03: Cálculo do *payback* descontado.

ANO	REND. DOS PAINÉIS	GER. ANUAL DE ENERGIA (KWh/ano)	% REAJ. ANUAL MÉDIO (TMA)	ECONOMIA GERADA/ANO (R\$)	ECONOMIA ACUMULADA (R\$)	RETORNO DO INVESTIMENTO (R\$)
0	100,00%	116136	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00	-R\$ 354.790,00
1	99,20%	115207	10,00%	R\$ 35.483,73	R\$ 35.483,73	-R\$ 319.306,27
2	98,40%	114278	10,00%	R\$ 38.717,33	R\$ 38.717,33	-R\$ 280.588,94
3	97,60%	113349	10,00%	R\$ 42.242,81	R\$ 80.960,13	-R\$ 238.346,14
4	96,80%	112420	10,00%	R\$ 46.086,21	R\$ 127.046,34	-R\$ 192.259,93
5	96,00%	111491	10,00%	R\$ 50.275,87	R\$ 177.322,21	-R\$ 141.984,06

6	95,20%	110561	10,00%	R\$ 54.842,59	R\$ 232.164,80	-R\$ 87.141,47
7	94,40%	109632	10,00%	R\$ 59.819,90	R\$ 291.984,70	-R\$ 27.321,57
8	93,60%	108703	10,00%	R\$ 65.244,25	R\$ 357.228,95	R\$ 37.922,68
9	92,80%	107774	10,00%	R\$ 71.155,26	R\$ 428.384,21	R\$ 109.077,94
10	92,00%	106845	10,00%	R\$ 77.596,04	R\$ 505.980,25	R\$ 186.673,98
11	91,20%	105916	10,00%	R\$ 84.613,42	R\$ 590.593,68	R\$ 271.287,41
12	90,40%	104987	10,00%	R\$ 92.258,32	R\$ 682.852,00	R\$ 363.545,73
13	89,60%	104058	10,00%	R\$ 100.586,06	R\$ 783.438,06	R\$ 464.131,79
14	88,80%	103129	10,00%	R\$ 109.656,77	R\$ 893.094,83	R\$ 573.788,56
15	88,00%	102200	10,00%	R\$ 119.535,76	R\$ 1.012.630,59	R\$ 693.324,32
16	87,20%	101271	10,00%	R\$ 130.293,98	R\$ 1.142.924,57	R\$ 823.618,30
17	86,40%	100342	10,00%	R\$ 142.008,48	R\$ 1.284.933,05	R\$ 965.626,78
18	85,60%	99412	10,00%	R\$ 154.762,95	R\$ 1.439.696,00	R\$ 1.120.389,73
19	84,80%	98483	10,00%	R\$ 168.648,22	R\$ 1.608.344,22	R\$ 1.289.037,95
20	84,00%	97554	10,00%	R\$ 183.762,92	R\$ 1.792.107,14	R\$ 1.472.800,87
21	83,20%	96625	10,00%	R\$ 200.214,08	R\$ 1.992.321,22	R\$ 1.673.014,95
22	82,40%	95696	10,00%	R\$ 218.117,84	R\$ 2.210.439,06	R\$ 1.891.132,78
23	81,60%	94767	10,00%	R\$ 237.600,21	R\$ 2.448.039,26	R\$ 2.128.732,99
24	80,80%	93838	10,00%	R\$ 258.797,87	R\$ 2.706.837,13	R\$ 2.387.530,86
25	80,00%	92909	10,00%	R\$ 281.859,07	R\$ 2.988.696,20	R\$ 2.669.389,93

PAYBACK EM**APROXIMADAMENTE: 8 ANOS**

Fonte: Autor, 2017.

O retorno financeiro será a partir do 8º (oitavo) ano, momento em que a economia acumulada, R\$ 357.228,25, passa a ser maior do que o valor do investimento inicial R\$ 354.790,00, ao qual começa a ter um saldo positivo.

4.1.5 Taxa interna de retorno (TIR)

Outro modo de verificação quanto a viabilidade financeira foi o cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR), onde um investimento torna-se viável quando, a mesma, for maior que a Taxa Mínima de Atratividade. Após o cálculo, com base nos valores da última coluna da Tabela 04, obteve-se uma TIR de 15,71%, sendo está maior do que os 10% da TMA.

CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fontes de energias renováveis estão tomando o mercado e o gosto da população a medida em que os anos vão se passando, melhorias em qualidade de produtos e facilidade de crédito para que se possa adquirir sistemas de energias consideradas “limpas” estão sendo trabalhadas constantemente.

No caso da empresa estudada, a Paraná Equipamentos S.A tem seu fornecimento de energia elétrica através de linhas de transmissão e distribuição. O projeto de energia solar irá concentrar a energia, naturalmente dispersa, para depois distribuí-la a um sistema interligado, aproveitando assim seus benefícios financeiros e ao meio ambiente.

A proposta apresentada a empresa tem um custo elevado, porém, analisando o retorno financeiro e o tempo em que ele acontecerá, torna o sistema viável considerando um investimento a longo prazo, principalmente pelos aumentos de tarifas com relação a energia elétrica que vem ocorrendo com maior frequência pressionados pela crise política e financeira enfrentada pelo país neste momento atual. Sabendo que o sistema tem vida útil de aproximadamente 25 anos, a empresa terá uma economia de R\$ 2.669.389,93 ao longo deste período, tornando o sistema bem atrativo.

Com o avanço dessa tecnologia e com uma maior procura da mesma, acredita-se que o sistema se torne mais viável devido ao preço dos sistemas se tornarem mais acessíveis e com o auxílio de financiamentos para este segmento se tornar mais popular e ajudar o meio ambiente.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Buscando a continuidade da pesquisa sugere-se como trabalho futuros:

- a) Telhas fotovoltaicas para residências unifamiliares
- b) Desempenho e viabilidade de painéis fotovoltaicos orgânicos OPV
- c) Comparação da viabilidade econômica e eficiência da energia solar x eólica
- d) Condomínios residenciais com sistemas sustentáveis

REFERÊNCIA

ALVARENGA, Carlos Alberto. **Energia solar**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Último acesso em 02 de junho de 2017.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2ª Ed. – Brasília: ANEEL, 2005. 243p.: il.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687/2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Último acesso em 28 de março de 2017.

ANEEL. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/informacoes-tecnicas/-/asset_publisher/CegkWaVJWF5E/content/geracao-distribuida-introduc-1/656827?inheritRedirect=false>. Último acesso em 24 de março de 2017.

BRIGHAM, E. F. & EHRHARDT, M. C. **Administração financeira: teoria e prática**. 13ª. Edição. São Paulo: Thomson Learning, 2012.

BRUNI, Adriano Leal; SOUSA, Almir Ferreira de; LUPORINI, Carlos Eduardo de Mori. **Determinação do Valor da Empresa através do Fluxo de Caixa Descontado** : Um Estudo de Caso. Anais do II SemeAd - Seminários de Administração da FEA/USP, volume II, 1997, pp. 294-307.

CASAROTTO, Nelson; KOPITTKE, Bruno Hartmut; **Análise de Investimentos** - 6ª edição atlas(1994).

CERBASÍ, G. P. **Metodologias para determinação do valor das empresas: uma aplicação no setor de geração de energia hidrelétrica**. 2003. 143 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CRESESB, Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB Cepel. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL-CRESESB. Edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro – Março – 2014.

CRESESB, Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB Cepel. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. Edição especial – PRC-PRODEEM; Rio de Janeiro, Agosto – 2004.

DANTAS, Adriana. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2/analise-espectro-eletromagnetica>>. Último acesso em 02 de julho de 2017.

DE JESUS, José Narciso Pereira; DE SOUZA, Carlos Alberto; DALFIOR, Vanda Aparecida Oliveira. **Fluxo de caixa como instrumento de gestão**. Artigo: XII SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2015.

DE MORAES, Elisabete Caria.; **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE / São José dos Campos: Ministério da Ciência e Tecnologia 2002.

ENDLER, Luciana. Avaliação de empresas pelo método de fluxo de caixa descontado e os desvios causados pela utilização de taxas de desconto inadequadas. *ConTexto*, Porto Alegre, v. 4, n. 6, 1º semestre 2004.

Energia, Economia, Rotas Tecnológicas: textos selecionados, Palmas, ano 1, p. 265-322, 2010.

FILHO, Kepler de Souza Oliveira; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia – Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 11 de fevereiro de 2014.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueria e. "Energia Solar"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>>. Acesso em 23 de março de 2017.

FREZATTI, F. et al. **Decisões de investimento em ativos de longo prazo nas empresas brasileiras**: qual a aderência ao modelo teórico?. *Revista de Administração Contemporânea*, vol. 16, n. 1, 2012, pp. 23-35.

FREZATTI, Fábio. **Gestão do Fluxo de Caixa diário**: como dispor de um instrumento fundamental para o gerenciamento do negócio. São Paulo: Atlas, 2006.

GALVANI, Emerson.; Radiação Solar parte 1. Disciplina de Climatologia agrícola / Prof. Dr. Emerson Galvani. Universidade de São Paulo, Departamento de Geografia, 2007. Disponível em: < http://www.geografia.fflch.usp.br/graduacao/apoio/Apoio/Apoio_Emerson/Radiacao_Solar_parte_1.pdf>. Último acesso em 31 de maio de 2017.

JANNUZZI, G. de Martino. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação / Unicamp. - Campinas-SP: PROCOBRE, 2009. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf>. Acesso em 23 de março de 2017.

LAPONNI, Juan Carlos. **Projetos de Investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LEITE, Helio de Paula. **Introdução à administração financeira**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 1994.

LOUZADA, Thomás Arévalo. Dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico aplicado à shopping center/ Thomás Arévalo Louzada – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2016.

MALLMANN, Roberta. Análise da viabilidade de um empreendimento de produção musical. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUI / TCC Ciências Contábeis; Ijuí-RS, 2012.

Ministério de Minas e Energia – MME. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/en/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/programa-de-geracao-distribuida-preve-movimentar-r-100-bi-em-investimentos-ate-2030;jsessionid=64B2270BFCD568F848F18A445E6AE18F.srv154>. Último acesso em 28 de março de 2017.

NEOSOLAR. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Último acesso em 02 de junho de 2017.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marcos Antonio -**Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel, 2014.

ROSS, Stephen; WESTERFIELS, Raandolph W. e JAFFE, Jeffrey F. **Administração Financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

RUTHER, Ricardo. **Edifícios solares fotovoltaicos** : o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil / Ricardo Rüther. – Florianópolis : LABSOLAR, 2004. 114 p. : il.

SANTOS, Edno Oliveira dos. **Administração financeira da pequena e média empresa**. São Paulo: Atlas, 2001.

SANTOS. José Odálio dos. **Avaliação de empresas**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SCHOFFEL, Edgar Ricardo.; Artigo Radiação Solar; Agrometeorologia. Prof. Dr. Edgar Ricardo Schoffel, 2010. Disponível em: < http://www.etecbest.com.br/janeladofruticultor/artigos/download/04_TXT_RAD_SOL_COMPILA_ROMERA_2010/RADSOL.pdf>. Último acesso em 31 de maio de 2017.

SEBRAE. Análise e Planejamento Financeiro – Manual do Participante. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresa – Sebrae. Brasília, 2011. Disponível em: < https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/0_fluxo-de-caixa.pdf>. Último acesso em 01 de junho de 2017.

SESI/SENAI/IEL. Blog Observatórios. Disponível em:
<<http://www.fiepr.org.br/observatorios/energia/FreeComponent21893content212121.shtml>>.

Último acesso em 28 de março de 2017.

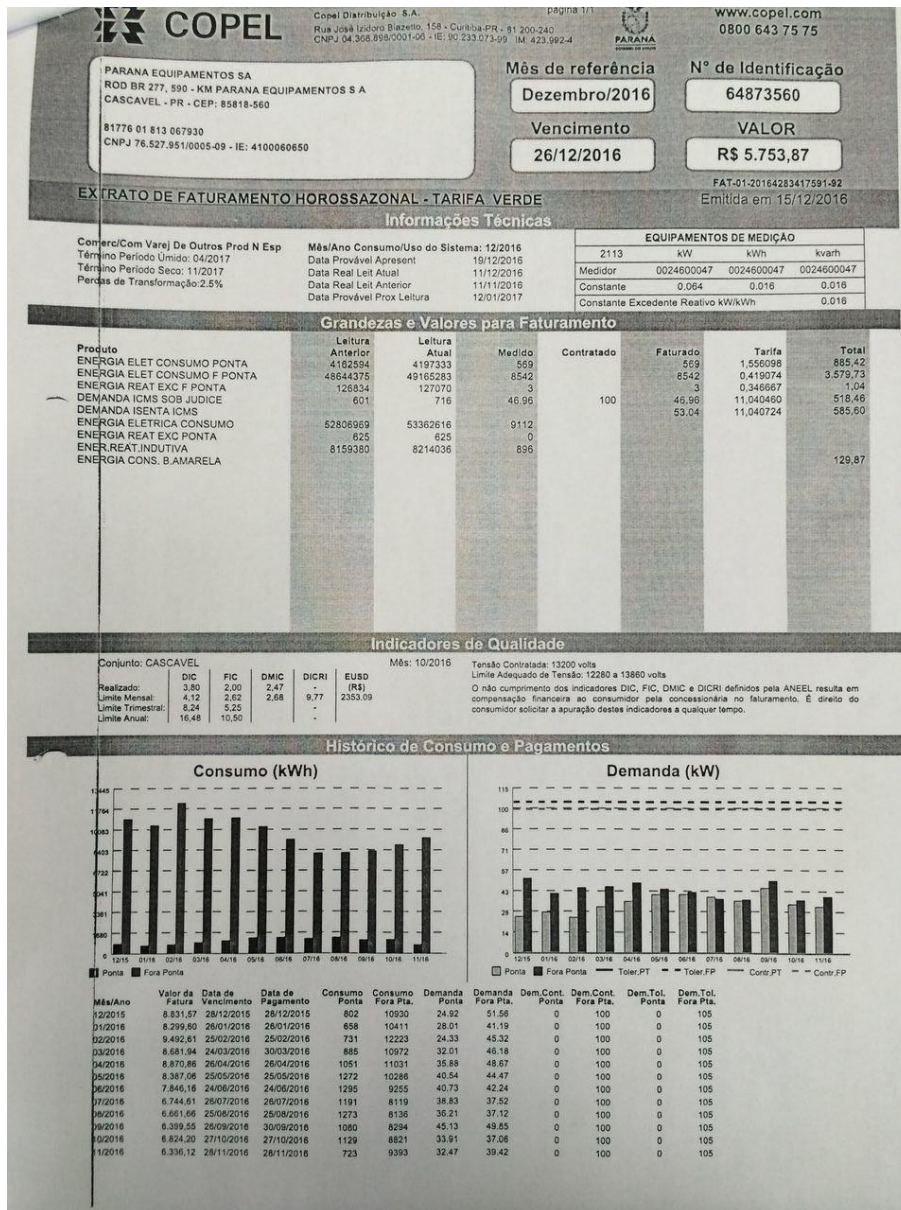
SEVERINO, M.& OLIVEIRA, M. Fontes e Tecnologias de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas.

SIQUEIRA, Luciana Maria Paulo de. VIABILIDADE DA MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UMA RESIDÊNCIA POR UM SISTEMA COMPOSTO POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE. 2013. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008110.pdf>>. Último acesso em 02 de junho de 2017.

VAREJÃO SILVA, M.A.; **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital , Recife 2005. Disponível em < <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAexWsAE/meteorologia-climatologia-mario-adelmo-varejao-2005>>. Último acesso em 31 de maio de 2017.

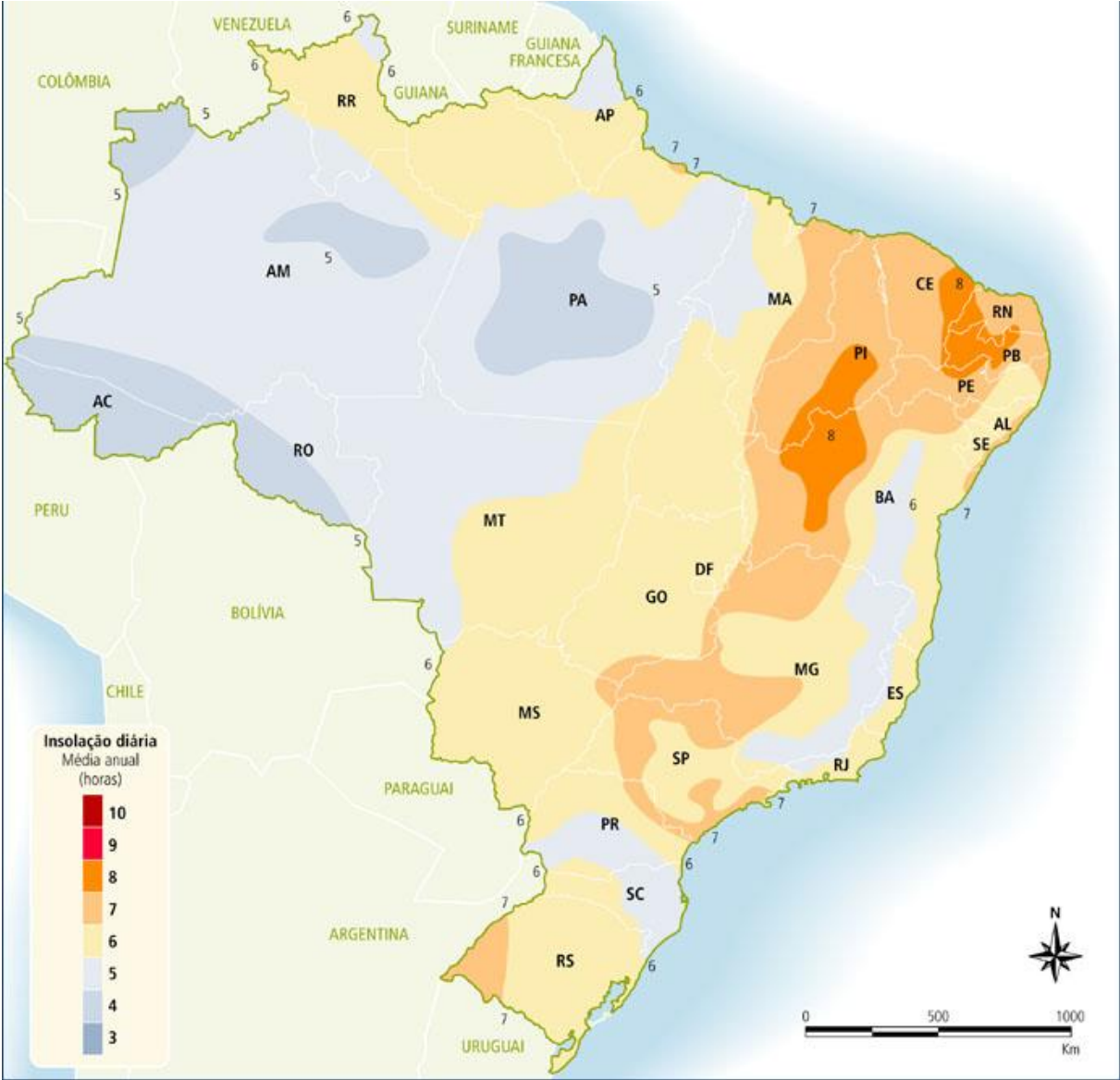
VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R.; **Meteorologia Básica e Aplicações** / Rubens Leite Vianello, Adil Rainier Alves. – Viçosa: UFV, 2000. 1ª Edição 1991; Reimpressão 2000.

ANEXO A: FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA DA EMPRESA PARANÁ EQUIPAMENTOS – SA



Fonte: (Autor, 2017).

ANEXO B: MAPA BRASILEIRO DE INSOLAÇÃO DIÁRIA MÉDIA ANUAL



ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017.

Curitiba, 24 de agosto de 2017.

À

PARANA EQUIPAMENTOS SA

At. Alessandro Felipen

Assunto: PROPOSTA COMERCIAL 368_2017 80,00kWp

Cotação de Preços para Elaboração de Projeto, Fornecimento de Equipamentos e Instalação de sistema fotovoltaico no Município de CASCAVEL - PR - Planta de 80,00kWp.

Prezada Senhora,

Conforme solicitado apresentamos proposta para fornecimento e instalação de sistema fotovoltaico em sua propriedade.

Quanto às condições de pagamento, nos propomos a estudar em conjunto a melhor condição que atenda as partes.

Ficamos a seu inteiro dispor para maiores informações e no aguardo de seu pronunciamento favorável.

Atenciosamente

Eduardo Moreti Campitelli - Diretor
TECSULsolar – Energia Solar Fotovoltaica

ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).



VANTAGENS:

- Redução na fatura de energia em aproximadamente 90%;
- Valor do kWh fixo, independente de aumento de tarifa;
- Valorização da propriedade;
- Utilização do espaço disponível no telhado;
- Possibilidade de aumento da capacidade de geração;
- Alta durabilidade, vida útil superior a 25 anos;
- Baixa manutenção;
- Redução da perda elétrica no sistema de transmissão;
- Não emite CO₂ na atmosfera;
- Fonte de energia renovável;
- Selo Verde de sustentabilidade.



ESCOPO DAS ATIVIDADES

O escopo desta proposta consiste de:

- Elaboração dos documentos necessários para apresentação junto à CONCESSIONÁRIA de energia elétrica, contendo memorial descritivo/ solicitação de acesso e demais projetos para obtenção do parecer de acesso da concessionária de energia;
- Fornecimento e instalação do sistema de monitoramento do sistema fotovoltaico, possibilitando visualização da produção instantânea e histórica através de tablet, celular e computadores
- Instalação e teste do sistema fotovoltaico,
- Faturamento direto pelos fornecedores dos Equipamentos e Materiais - Kit Fotovoltaico.
- Atendimento à norma ABNT NBR 16274:2014

DIMENSIONAMENTO

Para elaboração do estudo, consideramos os seguintes parâmetros:

CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE INSTALAÇÃO

TIPO DE INSTALAÇÃO	TIPO DE PADRÃO	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh/mês)	VALOR MÉDIO DA FATURA	DEMANDA CONTRATADA (kW)
INDUSTRIAL	TRIFÁSICO	9.610 kWh/mês (*)	R\$ 4.132,00	100 (**)

(*) Consumo médio baseado na fatura de energia do cliente (consumo fora da ponta).

(**) Demanda contratada será a máxima potência permitida para fins de dimensionamento.

ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).



CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PROPOSTO



Com base nas dimensões do telhado da propriedade, irradiância do local e tipo de contrato existente entre cliente e concessionária de energia elétrica, dimensionamos o sistema fotovoltaico com as seguintes características:

SISTEMA FOTOVOLTAICO	QUANTIDADE DE MÓDULOS FV	INVERSOR (W)	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA MÉDIA MENSAL (kWh)
80,0kWp	250 x 320W	3 x 27.000 W	9.600 (***)

(***) Previsão de geração nas condições ideais (norte geográfico – inclinação 25°).

Equipamentos previstos neste orçamento:

- 250 Módulos Fotovoltaicos de 320 W - Canadian Solar ou similar;
- 03 Inversor para conversão da corrente DC/AC – ABB ou similar;
- Estrutura de suporte e fixação no telhado;
- Cabeamento solar especial com condutores e conectores;
- Sistema de proteção elétrica contra surto (StringBox);
- Sistema de Monitoramento para acesso via internet (PC/Celular);

ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).

INVERSOR	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
	Defeitos de fabricação	Performance (80%)
5 Anos	10 Anos	25 Anos

EXCLUSÕES DA PROPOSTA

Não estão incluídas em nossa proposta as seguintes atividades:

- Execução de escopo além do especificado no item acima.
- Adequações em obra civil, infraestrutura mecânica ou infraestrutura elétrica no local da instalação do sistema fotovoltaico.
- Realização de limpeza para início dos trabalhos. A Contratante deve deixar a frente de serviço livre e em condições para início dos trabalhos.
- Adequação no padrão de entrada de energia elétrica da Contratante.
- Execução de aterramento adicional ao existente na instalação da Contratante. Este item será avaliado quando da visita técnica.

PRAZO DE EXECUÇÃO: 90 dias, sendo:

- Visita técnica: de imediato;
- Elaboração dos documentos necessários para apresentação da solicitação de acesso à micro ou mini geração de energia junto à Concessionária de energia elétrica: em até 30 dias após a visita técnica;
- Processo de obtenção do parecer de acesso da Concessionária: 30 dias (aproximadamente);
- Entrega dos equipamentos: 15 dias após recebimento do parecer de acesso aprovado pela Concessionária de energia;
- Instalação e teste do sistema instalado: em até 15 dias após recebimento dos equipamentos no local.

CONDIÇÕES COMERCIAIS**PREÇO DA PROPOSTA**

O preço total da proposta, para o escopo acima citado, é de:

R\$ 368.360,00 (Trezentos e sessenta e oito mil trezentos e sessenta reais)

CONDIÇÕES DE PAGAMENTO:

A serem estudadas em conjunto, de forma que melhor atenda ambas as partes. Caso haja interesse pela opção de financiamento gentileza informar.

VALIDADE DA PROPOSTA: 15 dias

ANEXO C: ORÇAMENTO TECSULSOLAR, 2017 (CONT.).

**TECSULsolar**

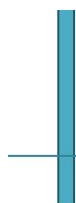
Energia Solar Fotovoltaica

INVESTIMENTO INICIAL (R\$)	% REAJUSTE TARIFA CONSIDERADO	PRAZO RETORNO INVESTIMENTO	QUANTO DEIXARÁ DE PAGAR EM 25 ANOS
368.360,00	10%	6 ANOS	R\$ 3,7 milhões

Considerando o valor atual da tarifa na ordem de R\$ 0,43 e prevendo reajuste anual da tarifa na casa de 10% ao ano, a tabela abaixo exemplifica o retorno do investimento ocorrendo em 6 anos:

ANO	CUSTO ANUAL ACUMULADO DE ENERGIA SEM INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO (R\$)	CUSTO ANUAL ACUMULADO DE ENERGIA COM INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO (R\$) Considerando investimento no sistema fotovoltaico	LUCRO ANUALMENTE ACUMULADO (R\$)
1	49.631,36	368.360	-318.729
2	103.133,96	368.360	-265.226
3	161.386,28	368.360	-206.974
4	224.803,25	368.360	-143.557
5	293.835,25	368.360	-74.525
6	368.971,14	368.360	611
7	450.741,37	368.360	82.381
8	539.721,44	368.360	171.361
9	636.535,63	368.360	268.176
10	741.860,96	368.360	373.501
15	1.432.638,79	368.360	1.064.279
20	2.503.374,47	368.360	2.135.014
25	4.160.535,74	368.360	3.792.176



ANEXO D: ORÇAMENTO MASTER SOLAR, 2017.

**MASTER
SOLAR**
ENERGIA SUSTENTÁVEL

**PC0345A-2017
19/09/2017**



**MASTER
SOLAR**
ENERGIA SUSTENTÁVEL

**PROPOSTA PARA GERAR
SUA PRÓPRIA ENERGIA ELÉTRICA**

PARANÁ EQUIPAMENTOS S.A
A/C: Amarildo
Fone: (45)98801-1244
E-mail: silveira_amarildo@pesa.com.br
Cidade: Cascavel - PR

Master Solar Energy Ltda | (45) 3035-5030
Avenida Tancredo Neves N°824, Cascavel/PR
www.mastersolar.com.br

ANEXO D: ORÇAMENTO MASTER SOLAR, 2017 (CONT.).



**MASTER
SOLAR**

ENERGIA SUSTENTÁVEL

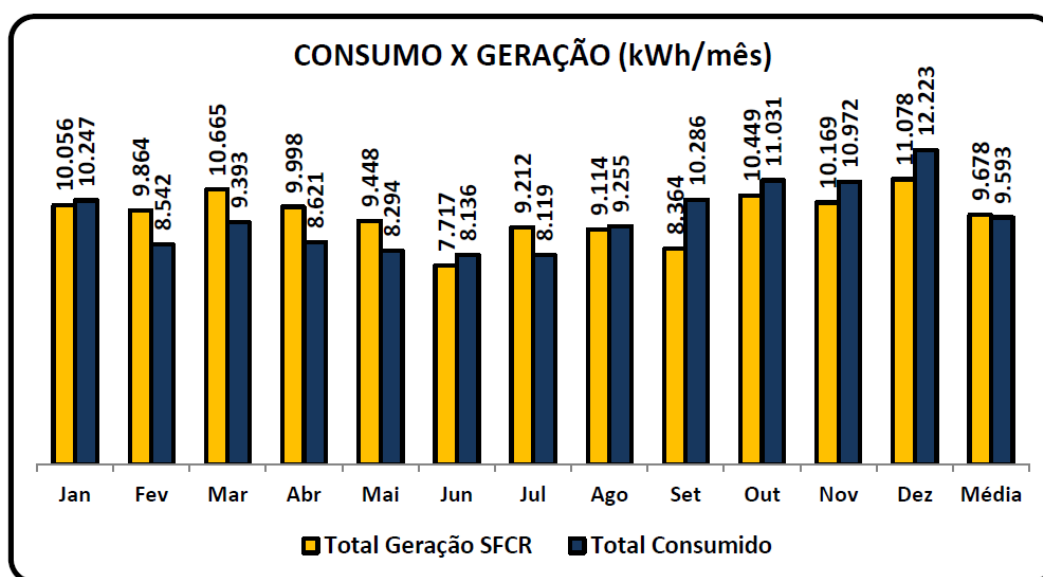
MASTER SOLAR ENERGY LTDA vem apresentar, de acordo com as especificações técnicas recebidas, proposta para Confecção de **Projeto, Fornecimento de Materiais, Instalação e Conexão** de Sistema de Geração Fotovoltaica à Rede da Concessionária local, com potência de 84,48 kWp (Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e 687/2015), conforme descrição a seguir:

1. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Inclui todos os equipamentos e materiais para perfeita instalação e funcionamento do Sistema:

- 84,48 kWp em módulos fotovoltaicos referência/marca Canadian Solar;
- 72 kW em inversores de frequência - com Monitoramento Wi-Fi, este(s) que é(são) responsável(is) pela interface entre os módulos fotovoltaicos e a Rede da Concessionária Local.

NOTA 01: Geração média estimada em 116.136 kWh/ano (9.678 kWh/mês), correspondente a 100% do consumo total fora de ponta, considerando que os módulos fotovoltaicos serão instalados em área sobre telhado, com inclinação e direcionamento ideais.



2. SERVIÇOS TÉCNICOS

Inclui todos os serviços para a perfeita instalação e funcionamento do Sistema:

- Elaboração do(s) projeto(s) de Engenharia;
- Aprovação e administração do(s) projeto(s) junto aos órgãos competentes;
- Instalação do Sistema com mão de obra técnica especializada;
- Interface junto aos órgãos competentes para adesão ao Sistema de Compensação de Energia.

2.1 Escopo exclusivo

- Obras de reforço ou adaptação civil e/ou elétrica para acomodação do Sistema Fotovoltaico.

ANEXO D: ORÇAMENTO MASTER SOLAR, 2017 (CONT.).



**MASTER
SOLAR**
ENERGIA SUSTENTÁVEL

3. GARANTIAS

- 25 (vinte e cinco) anos para módulos fotovoltaicos, para 80% de eficiência de geração;
- 10 (dez) anos para módulos fotovoltaicos, contra defeitos de fabricação;
- 05 (cinco) anos para inversor (es) de frequência, contra defeitos de fabricação;
- 01 (um) ano para Quadros CC/CA, demais componentes e instalação.

NOTA 03: Primeiro ano da garantia e assistência técnica sem ônus ao cliente, válida a partir da data da entrega técnica.

4. CONDIÇÕES COMERCIAIS

ITEM	DESCRIÇÃO	PREÇOS
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NACIONAIS (COD. FINAME 3454168)	Inclui 84,48 kWp em módulos fotovoltaicos referência/marca Canadian Solar.	354.790,00
	Inclui 72 kW em inversores de frequência - com Monitoramento Wi-Fi.	
	Inclui estruturas de alumínio para fixação dos módulos em telhado.	
	Inclui cabos solares, conectores e demais materiais necessários para a perfeita instalação do sistema.	
MATERIAIS ELÉTRICOS	Inclui Transformador(es), Quadro(s) de Proteção CC/CA, Cabos elétricos e demais miscelâneas elétricas.	
SERVIÇOS TÉCNICOS	Inclui mão de obra para a perfeita instalação e funcionamento do Sistema.	
	Inclui elaboração dos projetos necessários à instalação e conexão do sistema a rede da Concessionária Local.	
	Inclui aprovação dos projetos junto a Concessionária Local.	
	Incluso ENTREGA TÉCNICA e FRETE até o local da instalação.	
TOTAL	Trezentos e cinquenta e quatro mil setecentos e noventa reais.	

Inclusos de todos os impostos

5. FORMA DE PAGAMENTO

- Entrada de 20% e saldo em 12x;

***Consulte-nos para outras formas de pagamento e/ou parcelamentos.**

6. PRAZO DE ENTREGA DA OBRA

A combinar conforme planejamento entre cliente/MASTER SOLAR ENERGY LTDA, podendo apresentar variações decorrentes, sobretudo dos prazos estipulados pela Concessionária Local para aprovação e adequação de todas as fases do projeto.

ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017.



Proposta nº 4560

Cascavel, 25 de Set de 2017

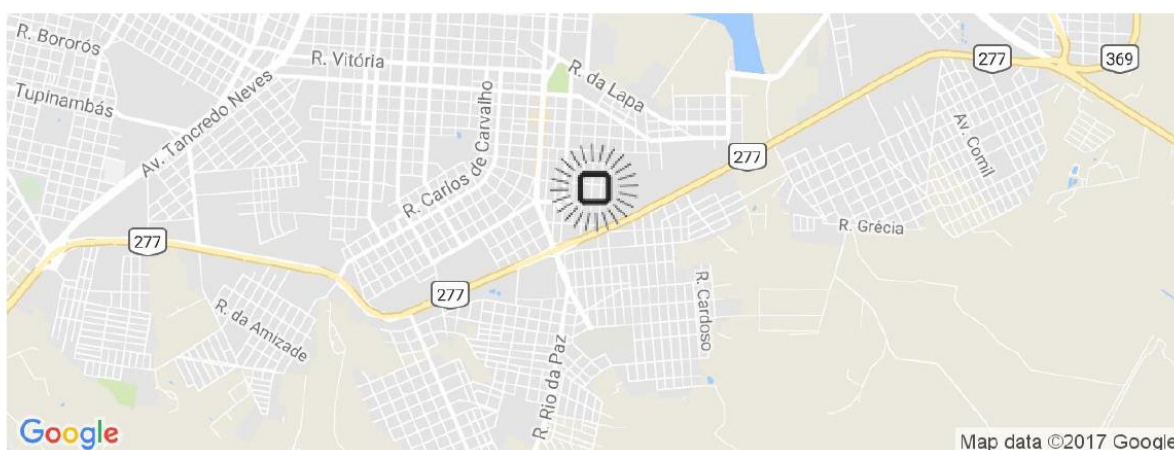
Proposta Comercial para Fornecimento de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (On Grid)

Para: Paraná Equipamentos Sa
Endereço: Rodovia BR-277, 590 Cascavel/PR
Tipo do Sistema: Comercial

Conforme solicitado, encaminho para sua apreciação proposta comercial para fornecimento de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica que, de acordo com os dados levantados, terá uma potência de **113 KWp**. Esse sistema será capaz de suprir o seu consumo anual de energia elétrica, produzindo, aproximadamente, **163.548 KWh** ao ano.

Classe: **Demanda Contratada**

Coordenadas: **-24.9788487 -53.4497094**



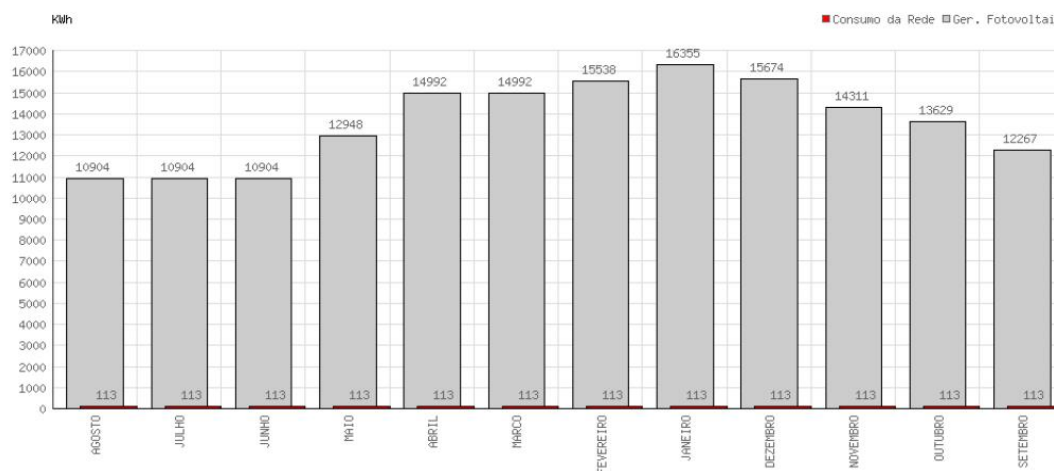
Localização: Cascavel/PR

ANEXO E: ORÇAMENTO IUMISOL, 2017 (CONT.).

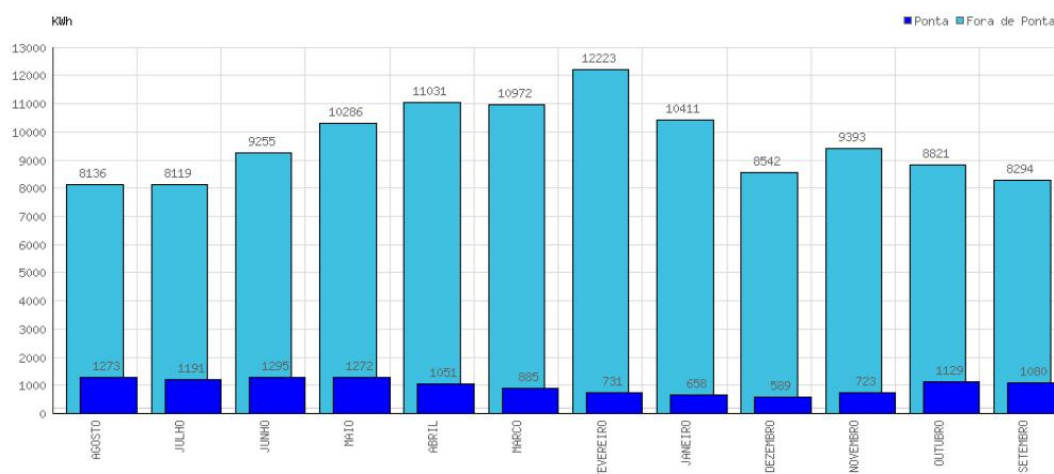


CAPACIDADE DE GERAÇÃO DO SISTEMA PROPOSTO

Com base no sistema proposto, composto por 354 módulos fotovoltaicos de 320W cada e, considerando temperatura, inclinação e radiação no local, o sistema deve fornecer, mês a mês, em média, a energia apresentada no gráfico a seguir:



CONSUMO ATUAL DA REDE ELÉTRICA



CONSUMO ANUAL: 162.991 KWh (Aproximadamente R\$ 90.297,94)

CONSUMO MÉDIO MENSAL: 13.583 KWh (Aproximadamente R\$ 7.524,83)

ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).



COMPOSIÇÃO DO PROJETO

Com base nas informações fornecidas e dados obtidos por meio de cálculos, o sistema proposto para o local é composto dos seguintes itens e equipamentos:

Item	Qtde
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 320W	354
INVERSOR 113 kWp	Incluso *
STRING BOX	Incluso
CABO SOLAR 6MM < PRETO	Incluso
CABO SOLAR 6MM < VERMELHO	Incluso
CONECTOR MC4 MULTI-CONTACT UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA	Incluso
CONECTOR MC4 MULTI-CONTACT UR PV-KST4/6II-UR ACOPLADOR MACHO	Incluso
JUNÇÃO PARA PERFIL DE ALUMÍNIO	Incluso
ESTRUTURA DE ALUMÍNIO ADEQUADO AO TELHADO	Incluso
MATERIAL ELÉTRICO	Incluso
SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA	Incluso
PROJETO SOLAR FOTOVOLTAICO	Incluso
ART DE PROJETO E EXECUÇÃO	Incluso
ACOMPANHAMENTO JUNTO À DISTRIBUIDORA	Incluso
MONITORAMENTO DO SISTEMA VIA WEB	Incluso

* Essa será a potência total dos inversores, sendo que o dimensionamento da quantidade de inversores será feita pelo engenheiro, podendo ser colocado um ou mais equipamentos de acordo com a necessidade, para o melhor desempenho do seu sistema.

Obs: Está incluso o transformador nas redes em que a concessionária fornecer rede monofásico 220V e o trifásico 380V.

ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).



ANÁLISE FINANCEIRA DOS PRÓXIMOS 25 ANOS

A seguir, apresentamos um estudo detalhado, constando a análise financeira e o rendimento dos painéis fotovoltaicos nos próximos anos, levando em conta a geração anual em KWh e os valores que você economizará, tendo o retorno do seu investimento:

GERAÇÃO MÉDIA MENSAL DO SISTEMA KWh: 13.629

ADERIU À ISENÇÃO DO ICMS? Não

PIS: 01.07

COFINS: 04.03

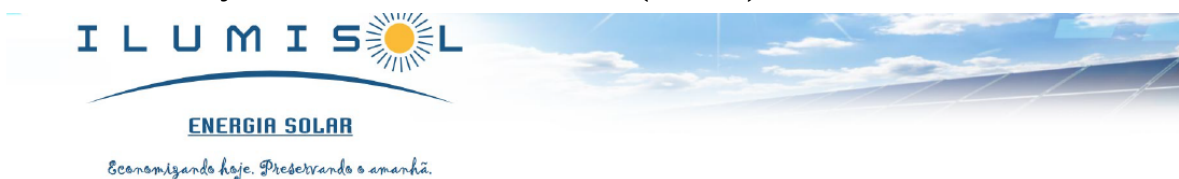
INVESTIMENTO: R\$ 516.014,00

ALÍQUOTA DE ICMS: 29%

Conforme legislação vigente, cobra-se o ICMS sobre os créditos usados, ou seja, a energia que foi enviada para a rede da concessionária e voltou para o consumidor. Logo, sobre a energia gerada e consumida no local não incide a cobrança de ICMS integralmente, pois durante o dia não existirá essa cobrança. Logo calculamos a cobrança desse sobre a metade dos créditos gerados.

Ano	Rendimento dos painéis	Geração anual de Energia (kWh/ano)	Geração Acumulada de Energia (kWh)	% de reajuste médio anual aprox.	Economia Gerada/ano - R\$ - (BxE)	Retorno do Investimento (R\$)	Economia acumulada (R\$)
1º	99.30 %	162.403	162.403	10%	77.478,06	-438.536,00	77.478,06
2º	98.60 %	161.266	323.670	10%	85.225,86	-353.310,00	162.703,92
3º	97.91 %	160.137	483.807	10%	93.748,45	-259.562,00	256.452,37
4º	97.23 %	159.017	642.823	10%	103.123,29	-156.439,00	359.575,66
5º	96.55 %	157.903	800.727	10%	113.435,62	-43.003,00	473.011,29
6º	95.87 %	156.798	957.525	10%	124.779,19	81.776,00	597.790,47
7º	95.20 %	155.700	1.113.225	10%	137.257,10	219.033,00	735.047,58
8º	94.54 %	154.611	1.267.836	10%	150.982,81	370.016,00	886.030,39
9º	93.87 %	153.528	1.421.364	10%	166.081,10	536.097,00	1.052.111,49
10º	93.22 %	152.454	1.573.818	10%	182.689,21	718.786,00	1.234.800,69
11º	92.56 %	151.386	1.725.204	10%	200.958,13	919.744,00	1.435.758,82
12º	91.92 %	150.327	1.875.531	10%	221.053,94	1.140.798,00	1.656.812,76
13º	91.27 %	149.274	2.024.806	10%	243.159,33	1.383.957,00	1.899.972,09
14º	90.63 %	148.230	2.173.035	10%	267.475,27	1.651.432,00	2.167.447,36

ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).



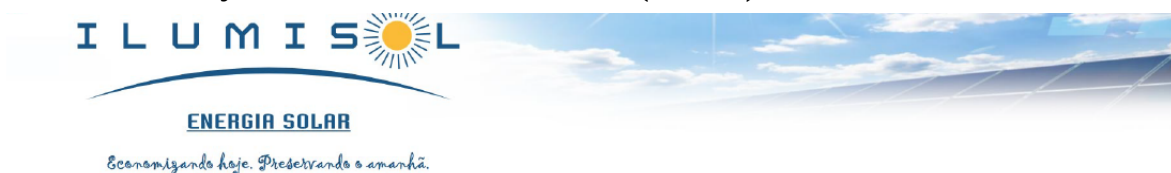
15º	90.00 %	147.192	2.320.227	10%	294.222,79	1.945.655,00	2.461.670,15
16º	89.37 %	146.162	2.466.389	10%	323.645,07	2.269.300,00	2.785.315,23
17º	88.74 %	145.138	2.611.527	10%	356.009,58	2.625.310,00	3.141.324,81
18º	88.12 %	144.122	2.755.650	10%	391.610,54	3.016.921,00	3.532.935,34
19º	87.51 %	143.114	2.898.763	10%	430.771,59	3.447.693,00	3.963.706,94
20º	86.89 %	142.112	3.040.875	10%	473.848,75	3.921.542,00	4.437.555,69
21º	86.28 %	141.117	3.181.992	10%	521.233,63	4.442.776,00	4.958.789,31
22º	85.68 %	140.129	3.322.121	10%	573.356,99	5.016.133,00	5.532.146,30
23º	85.08 %	139.148	3.461.270	10%	630.692,69	5.646.826,00	6.162.838,99
24º	84.49 %	138.174	3.599.444	10%	693.761,96	6.340.588,00	6.856.600,94
25º	83.89 %	137.207	3.736.651	10%	763.138,15	7.103.726,00	7.619.739,09

ECONOMIA NOS PRÓXIMOS 25 ANOS

R\$ 7.103.726,00

Retorno do investimento em, aproximadamente, 5 anos.

Demanda contratada atual (em kWh):	100	
Ou seja, sua potência máxima suportada:	100	kWp
Equivalente à:	314	Módulos de 320W
Porém para cobrir 100% do consumo, são necessários:	113	kWp
Equivalente à:	354	Módulos de 320W
Precisa aumentar mais:	13.28	kWh da demanda contratada
Atualmente paga por kWh de demanda:	R\$ 11,011413	
Total custo da demanda atual:	R\$ 1.101,14	
Nova demanda que deverá ser contratada:	R\$ 1.244,29	
Vai aumentar em relação demanda atual:	R\$ 143,15	
Outros custos da composição da fatura (considerando nova demanda)		
ICMS:	R\$ 360,84	Porcentagem do ICMS: 29 %
PIS:	R\$ 13,31	Porcentagem do PIS: 01.07 %
COFINS:	R\$ 50,14	Porcentagem do COFINS: 04.03 %

ANEXO E: ORÇAMENTO ILUMISOL, 2017 (CONT.).

Iluminação pública:	R\$ 0,00	
ICMS que não reduz:	R\$ 1.091,10	
Total que não reduzirá	R\$ 2.759,69	
Média da fatura mensal (em reais):	R\$ 7.524,83	
Não reduzirá:	36.67%	
Economia (em porcentagem):	63.33%	

Tendo como base o valor médio pago das últimas 12 faturas, por meio da instalação do sistema fotovoltaico é possível uma redução de, aproximadamente, **63.33%** no valor da fatura, ou seja, haveria uma redução média de **R\$ 4.765,14**, pois não é possível reduzir a demanda e impostos que incidem sobre a mesma, bem como possíveis multas que possam ocorrer.

Importante ressaltar que, para atender integralmente ao consumo, conforme legislação vigente, não é permitida a instalação de sistema solar com potência maior do que a demanda contratada. Nesse caso, será necessário solicitar aumento da sua demanda junto à concessionária para que seja possível instalar o sistema completo. Porém, mesmo com o aumento do valor da demanda, torna-se viável a instalação do sistema completo em virtude da economia gerada.

Além disso, destacamos que para cobrir os KWh consumidos no horário de ponta, conforme determinação da ANEEL, aplica-se um fator de ajuste tarifário, visto que o valor do horário de ponta é maior do que o fora de ponta. Especificamente, para cobrir um KWh de ponta precisamos produzir **3.71** KWh no horário fora de ponta.

Garantia contra defeitos de fabricação, segundo o fabricante:

Painéis fotovoltaicos: **25 Anos**

Inversores: **5 Anos**

Preço, prazo de entrega e condições de pagamento:

Valor do investimento: **R\$ 516.014,00** (quinhentos e dezesseis mil e quatorze reais)

Prazo de Entrega: até 90 dias.

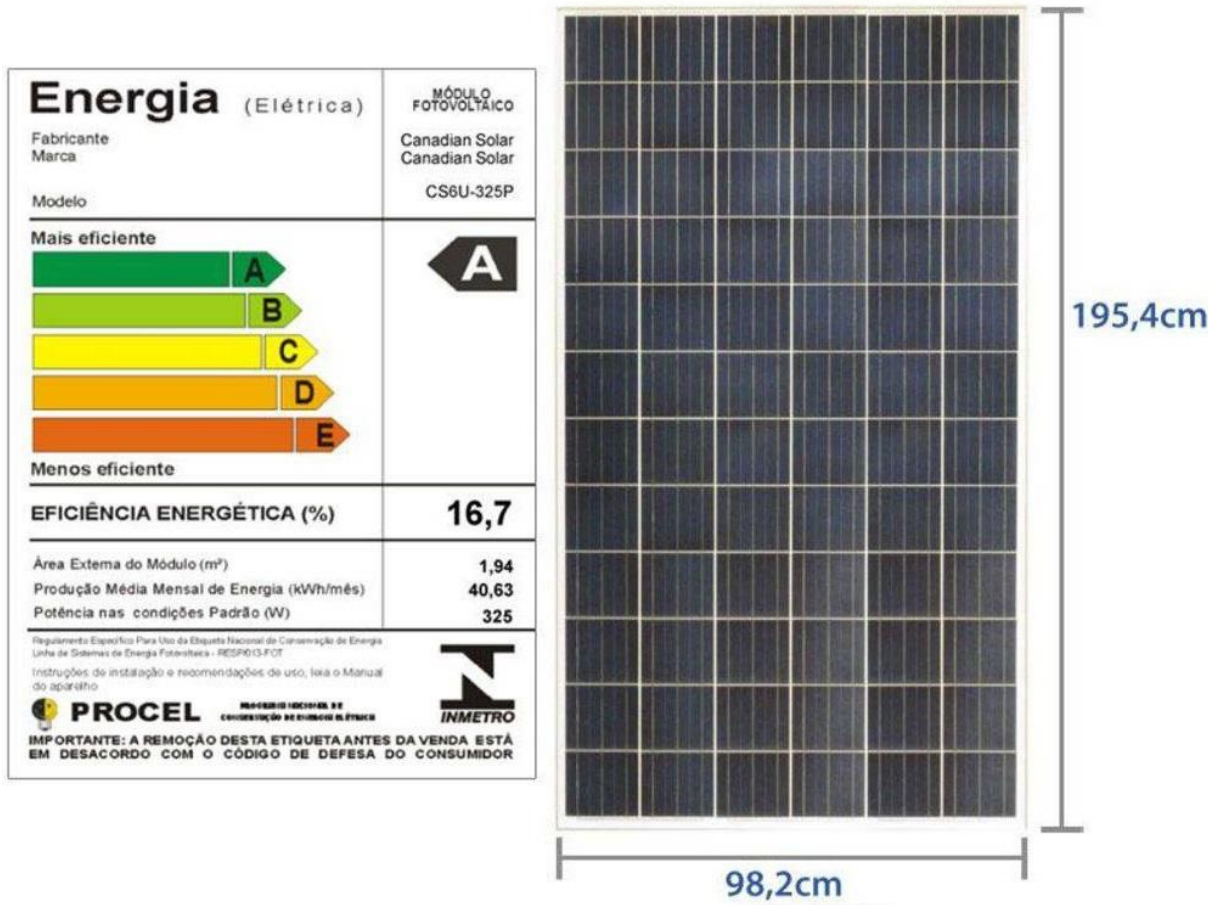
Condição de pagamento: a combinar.

Validade da proposta: 15 dias.

O serviço compreende:

Instalação dos painéis e inversores, passagem dos cabos, ligação da caixa de proteção e apresentação do projeto para a concessionária.

ANEXO F: PAINEL FOTOVOLTAICO CANADIAN SOLAR 325W.



ANEXO G: INVERSOR FOTOVOLTAICO ABB 32 KWp.



ABB TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X

Eficiência

98,2%

Garantía

Produto garantido por 10 anos.
Garantía ampliable hasta 20 años

Dados elétricos

Potência nominal[kW]	27.6
Potência pico[kWp]	32.0
Potência máxima[kVA]	27.6
Tensão máx.[V]	950.0
Intensidade máxima[A]	64.0
Voltage mín.[V]	500
Tensão máx.[V]	800.0
Entradas MPP	2
Monitoramento de rede	ENS
Protocolo de comunicações	RS485



A ampla gama dos conversores de corrente contínua em alternada elevaram a PowerOne ao segundo lugar da lista mundial de fabricantes de inversores solares. A empresa estadunidense orgulha-se de ter conseguido a classificação A+ para o seu equipamento trifásico Aurora PVI-12.5-OUTD após demonstrar um funcionamento perfeito nas provas realizadas pela PhotonLab da revista Photon Magazine. Com o afã de uma melhoria contínua, a empresa com a central em Camarillo (Califórnia) afiança a sua liderança com mais de 30 anos de experiência e 3.000 empregados na Europa, Ásia e América.

Dados técnicos

Entradas CC	10
Proteção IP	IP65
Transformador	Não
Display	Sim