

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA ESCOLA
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

BRUNO AMORIM MONTEIRO

**Utilização de Energia Solar Fotovoltaica Compartilhada em
Geração Distribuída em um estacionamento de Condomínio
Comercial em Alphaville – São Paulo: um estudo de caso para
uma viabilidade técnico-econômica**

São Paulo
Maio 2016

BRUNO AMORIM MONTEIRO

**PROGRAMA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA DA ESCOLA
POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

**Utilização de Energia Solar Fotovoltaica Compartilhada em
Geração Distribuída em um estacionamento de Condomínio
Comercial em Alphaville – São Paulo: um estudo de caso para
uma viabilidade técnico-econômica**

Monografia apresentada à
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Especialista em Eficiência
Energética.

Área de Concentração: Energia Solar Fotovoltaica

Orientador: Prof. Ronaldo Andreos

São Paulo
Maio 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Monteiro, Bruno Amorim

Utilização de Energia Solar Fotovoltaica em Geração Distribuída Compartilhada em um estacionamento de Condomínio Comercial em Alphaville – São Paulo: um estudo de caso para uma viabilidade técnico-econômica
/ Monteiro, Bruno Amorim - São Paulo, 2016.

95 p.

Monografia (Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia.

1. Energia solar 2. Geração Distribuída 3. Geração de energia elétrica 4. Resolução 687/2016 5. Produção compartilhada
I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. PECE – Programa de Educação Continuada em Engenharia II.t.

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer minha esposa Sandra Rosa por suportar as diversas ausências pelo excesso de trabalho e estudos à noite e final de semana e por ter sempre me incentivado. Aos meus filhos pela ausência do pai em longas noites de busca de aprendizado e ausências em diversos fins de semana. Meus pais Elpídio e Vania por terem me educado na simplicidade, e com sólidos valores morais e humanos.

Aos amigos da USP, Arthur Campos, Maury Lima e Silva sempre apoiando nas pesquisas e desenvolvimento profissional, ao amigo Marcelo Pes cujo conhecimento teórico e prático dedicação com energia solar são contagiantes e inclusive me ajudou com sugestões e aprimoramento desse trabalho, aos meus sócios na Ciasolar Lucas Moraes e Gustavo Schelbauer pela paciência e apoio pra incentivar um negócio em maturação que requer investimento de tempo e dinheiro até se realizar plenamente no Brasil.

Aos professores da USP que se esmeram em promover uma sociedade melhor, especialmente Professor Pacheco pelo ensinamento essencial sobre sombreamento e sinceridade quanto às questões de energia solar, Professor Roberto Castro com ótimas aulas sobre o complexo sistema de regulação do sistema elétrico brasileiro, e Professor Ronaldo Andreos sobre ótimas aulas de cogeração e visitas práticas, que no meu entender foi essencial ao bom desenvolvimento e entendimento do curso.

À Deus que me deu ânimo e força pra seguir sempre adiante não importa o tamanho da dificuldade.

RESUMO

Monteiro, B. A. Utilização de Energia Solar Fotovoltaica em Geração Distribuída Compartilhada em um estacionamento de Condomínio Comercial em Alphaville – São Paulo: um estudo de caso para uma viabilidade técnico-econômica. 2016 – 95 páginas - Monografia – PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica da USP, São Paulo.

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar a viabilidade técnico-econômica de uma geração de energia solar fotovoltaica em um edifício comercial na região de Alphaville – Barueri – SP, associando sua instalação ao uso do mesmo espaço hoje ocupado por um estacionamento rotativo dos condôminos.

O modelo de geração distribuída escolhido para o trabalho envolve as novas possibilidades da nova resolução 687/2016, datada de 24 de novembro de 2015, no seu Art. 2º, – Itens VI e VIII, que substitui a antiga resolução 482/2012 da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que disserta sobre as regras e conceitos de geração distribuída no Brasil e cujas inovações na sua atual forma permite a formação de consórcios e/ou cooperativas para geração compartilhada, item bastante interessante para instalações como esta detalhada no trabalho, que poderá em primeira análise exceder a produção versus o consumo do estabelecimento ou frações de consumo dos consumidores, porém possibilita sua utilização em outras áreas adjacentes ou pertencentes ao condomínios em discussão ou em segunda análise até mesmo possibilita uma formação de créditos para compensação futura com prazo de até 60 meses para consumo.

Como forma de aplicar as regras da resolução 687/2016, o trabalho aborda as possibilidades de investimento e produção compartilhada com os condôminos deste edifício comercial, com aplicação de divisão de valor em partes ou frações iguais às cotas de condomínio.

Esta iniciativa tem como objetivo viabilizar economicamente a execução da instalação, dividindo conforme as cotas o custo do investimento, mas também a geração

solar fotovoltaica do mês em kW/h, que possibilitará reduzir o valor da conta de energia elétrica das salas comerciais, com a energia gerada pelo empreendimento.

No decorrer do trabalho foram demonstrados trechos de trabalho e indicações literárias para desenvolvimento do tema, assim como as justificativas e estudos técnicos e teóricos no estudo da geração distribuída em estabelecimentos comerciais, com todo detalhamento de seus produtos e equipamentos necessários para sua instalação bem como cálculos de irradiação solarimétrica.

Como resultado do trabalho foi elaborado uma análise crítica técnico-econômica, com intuito de justificar através de teoria aplicada e estudada a viabilidade de uma instalação de porte médio como esta estudada no estacionamento do edifício comercial, no qual o custo relativo da sua implantação é alto para padrões de custo de energia e consumo no Brasil, porém com aplicação de investimento e produção compartilhada viabiliza sua execução, mantendo todos os benefícios e conceitos de energia limpa e sustentável da produção solar fotovoltaica por todo seu tempo de vida.

Palavras-chave: Energia solar, Geração Distribuída, Geração de energia elétrica, Resolução 687/2016, Produção compartilhada.

ABSTRACT

Monteiro, B. A. Use of Shared Photovoltaic Solar Energy for Distributed Generation on a commercial condominium parking in Alphaville - Sao Paulo: a study case for a technical and economic feasibility. 2016 – 95 pages - Monograph - PECE – Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica os USP, São Paulo.

This monography aims to demonstrate the technical and economic feasibility of a photovoltaic generation energy in a commercial building in Alphaville region - Barueri - SP, associating your installation to use the same space now occupied by a rotating parking of the shareholders.

The distributed generation model chosen for the work involves the new possibilities of the new resolution 687/2016, dated 24 November 2015, in its Art. 2º - Items VI and VII, replacing the old Resolution 482/2012 of ANEEL (National Agency of Electric Energy), lecturing on the rules and concepts of distributed generation in Brazil and whose innovations in its current form allows the formation of consortia and / or cooperatives for the shared generation, quite interesting item for facilities like this detailed work, which may in the first instance exceed production versus consumption of the establishment or consumer consumption fractions, but allows its use in other adjacent areas or belonging to condominiums under discussion or second analysis even allows a credit for future training compensation with a term of up to 60 months for consumption.

To implement the rules of Resolution 687/2016, the monograph discusses investment opportunities and shared production with the tenants of this office building, applying sharing in parts or fractions equal to condominium quotas.

This initiative aims to economically enable the execution of the installation, dividing as the shares the cost of investment, but also the solar photovoltaic generation of the month in kW / h, which will help reduce the amount of electricity bills of commercial rooms, with energy generated by the project.

During the work it was demonstrated parties of others papers and literary indications for theme development, as well as the justifications and technical and theoretical studies in distributed generation study in commercial buildings, with every detail of its products and equipment required for installation and calculations solarimetric of irradiation.

As a result of the work was done an analysis critical technical and economic, in order to justify by theory applied and studied the feasibility of a medium-sized facility as this study in the commercial building parking, with high relative cost of its implementation versus the energy consumption and cost patterns in Brazil, but with investment and production sharing application enables its execution, keeping all the benefits and concepts of clean and sustainable energy photovoltaic solar production throughout its lifetime.

Keywords: Solar energy, distributed generation, electric power generation, resolution 687/2016, shared production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Irradiação solar – Brasil / Irradiação solar – Alemanha	23
Figura 2 - Potencial solar do território brasileiro	23
Figura 3 - Infografia da evolução das instalações solares no mundo	25
Figura 4 - Figura da primeira capa da Resolução 687/2015 da ANEEL	37
Figura 5 - Foto ilustrativa dos equipamentos necessários para uma instalação solar ..	41
Figura 6 - Foto ilustrativa de uma placa ou módulo solar de 60 células com 260W ..	43
Figura 7 - Foto ilustrativa das diferentes tecnologias de placas solares	44
Figura 8 - Foto ilustrativa de uma instalação com efeito de sombreamento	48
Figura 9 - Foto ilustrativa do inversor CC/ homologado o Inmetro	49
Figura 10 - Exemplo de estruturas de fixação para estacionamento	53
Figura 11 - Exemplo de cabeamento de corrente contínua	53
Figura 12 - Fórmula de “Payback” Simples	54
Figura 13 - Fórmula de “Payback” Descontado	55
Figura 14 - Fórmula de VPL (valor presente líquido)	55
Figura 15 - Fórmula de TIR (Taxa Interna de Retorno)	55
Figura 16 - Vista frontal do condomínio comercial	59
Figura 17 - Vista superior do condomínio comercial	60
Figura 18 - Resultado do melhor de localização para irradiação solar no condomínio ..	60
Figura 19 - Visualização da ferramenta Google Compass para o ângulo da instalação ..	62
Figura 20 - Visualização superior do sombreamento no estacionamento	63
Figura 21 - Protótipo das estruturas de fixação das placas solares no estacionamento ..	65
Figura 22 - Imagem do projeto 3D com vista lateral das vagas laterais	66
Figura 23 - Imagem do projeto 3D com vista lateral das vagas centrais	66
Figura 24 - Imagem do projeto 3D com vista superior	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos e eficiência entre as tecnologias de células	44
Tabela 2 - Inclinação dos painéis fotovoltaicos nos estados brasileiros (em graus)	61
Tabela 3 - Características Construtivas da Placa de 260Wn – Risen	64
Tabela 4 - Irradiação Global / Inclinação e Direta no local	67
Tabela 5 - Custo de investimento do projeto conforme preços de mercado	70
Tabela 6 - Simulação da economia com a produção solar no estacionamento	71
Tabela 7 - Simulação da economia na projeção de 20 anos	72
Tabela 8 - Quadro Geral do projeto no estacionamento (projeção para 20 anos)	73
Tabela 9 - Análise de VPL do projeto	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Capacidade Global de Energia Solar PV - 1995-2017	21
Gráfico 2 - Capacidade Global Anual Fotovoltaica até 2017	22
Gráfico 3 - Capacidade da base instalada de solar no mundo	26
Gráfico 4 - Total de instalações solares na Europa em 2013	27
Gráfico 5 - Perspectiva de crescimento de instalações na Europa até 2030	28
Gráfico 6 - Mercado de Solar fora da Europa em 2013	28
Gráfico 7 - Atratividade de investimento nos países do mundo para fotovoltaica	29
Gráfico 8 - Empreendimento de energia elétrica em operação (39 solares)	30
Gráfico 9 – Empreendimento de energia elétrica a serem construídos (70 solares)	30
Gráfico 10 – Número de conexões solares acumuladas (1930 no total)	32
Gráfico 11 - Divisão estadual das conexões no Brasil	33
Gráfico 12 - Simulação da produção solar em múltiplos consumidores	36
Gráfico 13 - Simulação da produção diária de uma planta solar x Consumo	50
Gráfico 14 - Curva MPPT típica de um inversor solar conforme irradiação no dia	51
Gráfico 15 - Irradiação Global / Inclinada e Direta no local	68
Gráfico 16 - Estimativa mensal de produção solar no estacionamento do condomínio	68
Gráfico 17 - Projeção do “Payback” descontado do projeto	74

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Desenvolve São Paulo – Simulação CEA 2	83
Anexo 2 - Lei complementar – IPTU SOLAR – Palmas	88

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	IDENTIFICAÇÃO DO TEMA	16
1.2	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	17
1.3	OBJETIVO DA PESQUISA	17
1.4	METODOLOGIA DE PESQUISA	18
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2.	POTENCIAL ENERGÉTICO DA RADIAÇÃO SOLAR.....	20
2.1	POTENCIAL ENERGÉTICO DA RADIAÇÃO GLOBAL	20
2.2	POTENCIAL ENERGÉTICO DA RADIAÇÃO NO BRASIL.....	22
3.	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	25
3.1	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO MUNDO	25
3.2	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	29
4.	RESOLUÇÕES NORMATIVAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDAS	34
4.1	ANÁLISE DA RESOLUÇÃO 687/2015 DA ANEEL, SUBSTITUTA DA RESOLUÇÃO 482/2012.....	34
4.2	SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE CRÉDITO - REN687/2015....	37
4.3	GERAÇÃO COMPARTILHADA - REN687/2015	38
4.4	GERAÇÃO EM CONDOMÍNIOS - REN687/2015	38
4.5	REDUÇÃO/AGILIDADE DA BUROCRACIA - REN687/2015.....	39
4.6	AUTOCONSUMO REMOTO - REN687/2015.....	40

5.	EQUIPAMENTOS BÁSICOS PARA UMA INSTALAÇÃO SOLAR ..	41
5.1	PLACAS OU MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS	41
5.1.1	Vantagens do módulo solar Monocristalino	44
5.1.2	Desvantagens do módulo solar Monocristalino.....	45
5.1.3	Vantagens do módulo solar Policristalino	45
5.1.4	Desvantagens do módulo solar Policristalino.....	45
5.1.5	Vantagens do módulo solar de Filme Fino	46
5.1.6	Desvantagens do módulo solar de Filme Fino	46
5.1.7 temperatura	Dimensionamento da placa pela sua eficiência e coeficiente de	46
5.1.8	Efeito de sombreamento nos módulos fotovoltaicos.....	47
5.2	INVERSORES FOTOVOLTAICOS (CC/CA)	48
5.2.1	Tipos de Inversores Fotovoltaicos	49
5.2.2	Proteção de Segurança Anti-ilhamento	50
5.2.3	Seguidor de Ponto de Potência Máxima (SPPM ou MPPT)	50
5.2.4	Especificação técnicas para dimensionamento dos inversores.....	51
5.3	ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO DAS PLACAS	52
5.4	CABEAMENTO CC NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	53
6.	ANÁLISE ECONÔMICA: CONCEITOS APLICADOS NO PROJETO	54
6.1	“PAYBACK” SIMPLES E DESCONTADO	54
6.1.1	VPL (Valor Presente Líquido).....	55
6.1.2	TIR (Taxa Interna de Retorno)	55
6.1.3	IPTU VERDE	56
7.	ESTUDO DE CASO	57
7.1	METODOLOGIA EMPREGADA	57

7.2	LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E ÂNGULOS DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS	58
7.3	SOMBREAMENTO NO LOCAL DO EMPREENDIMENTO	62
7.4	MÓDULO FOTOVOLTAICO (648 UNIDADES DE 260WP – MODELO RISEN)	63
7.5	INVERSOR FOTOVOLTAICO (5 UNIDADES DE 27,5 KWP – MODELO ABB)	64
7.6	ESTRUTURA DE FIXAÇÃO	65
7.7	PROJETO 3D DO EMPREENDIMENTO PARA VISUALIZAÇÃO ANTERIOR DO PROJETO.....	65
7.8	PONTO DE CONEXÃO NO PRÉDIO PRÉ-ESTABELECIDO	67
7.9	IRRADIAÇÃO MENSAL MÉDIA NO DECORRER DO ANO NO LOCAL 67	
8.	ANÁLISE ECONÔMICA DO PROJETO	69
8.1	TARIFA ATUALMENTE PAGA PELA CONCESSIONÁRIA E CONSUMO 69	
8.2	VALOR DO INVESTIMENTO (“TURN-KEY”)	69
8.3	ANÁLISE ECONÔMICA DO PROJETO.....	70
8.3.1	Análise Econômica geral dos números.....	70
	CONCLUSÃO.....	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
	ANEXOS	

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento industrial crescente e necessidade de uso de energia elétrica acompanhando este crescimento, nosso planeta vem enfrentando uma necessidade diária de uso de alternativas de fontes de geração de energia elétrica para combater ao tradicionalmente usado que são uso de combustíveis fósseis, queimado muitas vezes em caldeiras para cogeração ou geração direta, através de criação de campo magnético pela aplicabilidade de geradores elétricos síncronos como fonte de energia elétrica, assim como citado por Fitzgerald, JR. e Umans em sua obra de Máquinas Elétricas, 2006.

Assim, esta geração de energia, vem impactando nosso dia-a-dia com uso em excesso de combustíveis fósseis, que causa um fenômeno já previsto por cientistas e cada ano comprovado na prática de aquecimento global, com mudança da temperatura e ciclos de chuva e estações, que prejudicam diretamente a agricultura, o ecossistema, bem como contribui de forma direta na proliferação e aumento de número de insetos e bactérias com o calor, além de elevar o nível do mar, devido degelo de regiões antes congeladas e outros diversos efeitos colaterais em geral.

Segundo relata o artigo de Spencer e Christy, da Universidade do Alabama, em Huntsville, temos uma indicação de aquecimento global na ordem de $0,076^{\circ}\text{C}$ por cada década documentada e estudada, no qual para evitar este problema que a humanidade vem encontrando, diversas medidas mais efetivas vem sendo tomadas pelos governos a fim de diminuir estes efeitos colaterais, já que teremos que conviver com ele nos próximos anos.

Uma destas medidas é a utilização de energia solar fotovoltaica como uma alternativa renovável para mitigar parte desse problema de aquecimento, no qual esta fonte é ecologicamente limpa e com potencial enorme de produção de energia elétrica pelo seu efeito de irradiação solarimétrica por área distribuída.

O sol é hoje considerado uma das maiores fontes de energia do nosso ecossistema, diversos estudos indicam números que a energia produzida pelo sol se

totalmente utilizada para conversão de energia em elétrica na terra é quase 10.000 vezes maior que toda energia elétrica que o homem utiliza atualmente. Este número é assustador, se pensarmos que não utilizamos nem 5% deste potencial em nosso ecossistema.

Visando esta produção limpa pela irradiação solarimétrica com potencial energético bem alto por área ocupada, a energia solar fotovoltaica vem sendo aproveitada em diversos espaços próprios ou compartilhados já existentes, como telhados de casas, comércio, indústria, estacionamentos, entre outros e tem como característica principal relevante à produção local, que muitas são consumidas no mesmo local da produção, utilizando pouco ou muito pouco da energia elétrica distribuída da concessionária e assim evitando gastos extras em sistemas de distribuição além de descongestionar as existentes, em grande parte de suas vezes é péssimo estado de conservação e precária em sua preservação.

Com base em todas estas premissas, este trabalho apresenta um estudo de caso de uma instalação solar fotovoltaica em um estacionamento de um centro comercial em Alphaville, no qual com as resoluções normativas da ANEEL 687/2016, visa propor a execução de uma obra fotovoltaica compartilhada, formando uma cooperativa ou consórcio entre os condôminos em suas vagas de estacionamento, com o objetivo de viabilizar economicamente a execução da obra e realizar o compartilhamento da energia produzida entre todos os condôminos deste condomínio comercial.

1.1 IDENTIFICAÇÃO DO TEMA

O tema se baseia na análise da viabilidade técnico-econômica de uma instalação fotovoltaica compartilhada em um estacionamento no condomínio comercial em Alphaville, no qual devido às normativas da resolução 687/2016 da ANEEL, permite sua instalação e homologação de uso entre os condôminos, com cotas divididas, conforme seu espaço de utilização, a fim de utilizar os créditos gerados pela energia elétrica produzida pela irradiação solar como abatimento de sua conta elétrica de energia.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está delimitado na análise técnico-econômica da execução da instalação compartilhada de cobertura solar no estacionamento do condomínio comercial em Alphaville, usando como fonte de energia solar fotovoltaica, no qual serão abordados todos os conceitos e definições técnicas e contextuais desta aplicabilidade, seja de produtos para esta transformação de energia (solar em elétrica), quanto para a resolução normativa da ANEEL que regulamente este tipo de instalação, visando viabilizar a execução da obra, com divisão de custos e de produção elétricas, tudo dentro da legalidade da lei.

1.3 OBJETIVO DA PESQUISA

Este trabalho, baseado no tema, tem como base os seguintes objetivos:

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar através de cálculos financeiros a viabilidade econômica da resolução 687/2016 em realizar uma obra solar fotovoltaica na modalidade de consórcio e/ou cooperativa para geração compartilhada, mostrando que esta modalidade é rentável aos condôminos no decorrer da vida útil do sistema.

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Analisar os efeitos de transformação da energia elétrica pelo fenômeno da conversão de energia contínua em energia elétrica alternada com características do sistema brasileiro e respeitando todas as normativas existentes;
- Realizar estudos financeiros para demonstrar a viabilidade econômica da instalação no decorrer da vida útil do sistema estimada em 20 anos;
- Demonstrar aos condôminos a aplicabilidade da resolução normativa 687/2016, mostrando como argumento de execução da obra pelo seu custo.

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia empregada neste trabalho foi baseada em inserções conforme obra literária de Yin, 2005, sendo o estudo de caso do estacionamento com fonte solar fotovoltaica, onde teve como sequência de trabalho uma lógica de análises práticas, de estudo de campo, partindo de revisão literária completa do assunto, no qual foram analisados e pesquisados dados de teoria do assunto, com pesquisas em livros específicos, sites de internet, artigos nacionais e internacionais e também realizados uma análise das normativas conforme mercado existente para ter embasamento da justificativa da instalação do estacionamento com geração compartilhada.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em 09 capítulos, conforme descrição abaixo:

No capítulo 1, Introdução é apresentada a contextualização do cenário o qual o estudo estará inserido, bem como, apresenta os objetivos que delimitam o mesmo, seus objetivos de pesquisa e metodologias de pesquisa.

No capítulo 2 é possível observar o Potencial Energético da Radiação Solar.

No capítulo 3 trata da Geração Fotovoltaica no Mundo e no Brasil.

No capítulo 4 é possível entender a normativa legal para geração distribuída, análise da Resolução Normativa Aneel.

No capítulo 5 podemos visualizar os equipamentos básicos utilizados para uma instalação solar.

No capítulo 6 é realizada análise econômica: Conceitos aplicados no projeto em questão.

No capítulo 7 temos o estudo de caso para consolidar o objetivo deste trabalho.

No capítulo 8 faz-se a análise econômica do projeto.

No capítulo 9 temos a Conclusão onde são feitas todas as considerações finais do estudo de caso, e também apresentado sugestões para continuidade dos processos no estacionamento estudado.

2. POTENCIAL ENERGÉTICO DA RADIAÇÃO SOLAR

2.1 POTENCIAL ENERGÉTICO DA RADIAÇÃO GLOBAL

Devido à abundância da radiação solar em todas as partes do planeta, esta fonte vem sendo utilizada cada vez mais nas aplicações de energia elétrica, por ser uma fonte energética permanente e natural.

Conforme ALMEIDA, 2012, a fonte de energia solar pode fornecer até 800.000 EJ/ano – o que corresponde a cerca de 1.300 vezes quantidade consumida pelo mundo em 2012, no qual seu potencial de instalação e absorção de energia por área de produção é o maior se comparado com quaisquer outras fontes de energia renovável, sem contar que seu impacto ambiental é extremamente menor que seus concorrentes nesta categoria, sejam eólica ou até mesmo hídrica, que muitas vezes pode representar desgastes ambientais grandes para uma comunidade ou um ecossistema.

Com base no gráfico 1, extraído e compilado do site ECODEBATE, vemos a capacidade global de produção de energia solar extremamente elevada e com crescimento constante, entre os anos de 1995 e 2017, no qual fica evidente por número que políticas públicas de incentivos fiscais podem fazer este número quase que dobrar no decorrer dos anos, sendo que estimam-se que sem incentivos teremos aproximadamente 284GW e com incentivos mais de 419GW, o que pode representar em alguns países do mundo mais de 70% da necessidade energética.

Com todo este potencial energético global, ainda conforme gráfico 1, estudos recentes mostram que nossa capacidade aumentou em mais de 200 vezes, indo 0,6GW para mais de 120GW, no qual se continuar nesta linha de tendência o problema global de energia pode ser resolvido em 30 anos, mantendo o ritmo de dobrar a capacidade a cada 3 anos.

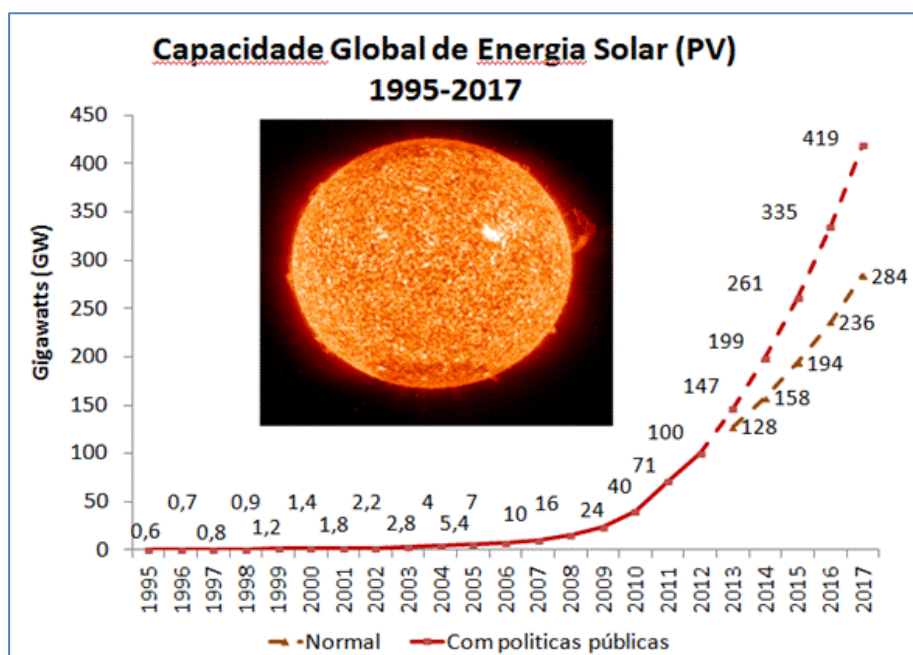


Gráfico 1: Capacidade Global de Energia Solar PV - 1995-2017
Fonte: Pesquisa site ECODEBATE: 16/05/2016

Vemos claramente pelo gráfico 2, que no caso de redirecionamento das prioridades as energias alternativas teriam um cenário até 2017 animador ao cenário mundial, com continuidade do crescimento exponencial das instalações solares.

Se extrapolarmos o gráfico 2, pode-se concluir que até 2040 teríamos um cenário de energia limpa no mundo para quase 100% do necessário e o clima e a natureza teriam benefícios bem expressivos para o efeito estufa provocados pela queima de combustíveis fósseis.

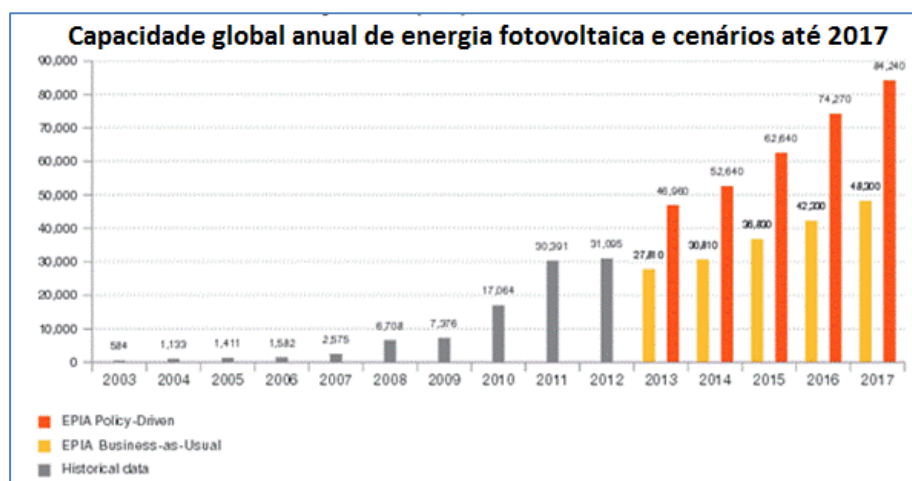


Gráfico 2: Capacidade Global Anual Fotovoltaica até 2017

Fonte: Pesquisa site ECODEBATE: 16/05/2016

Mesmo assim, vemos um cenário de políticas lamentavelmente diferente, no qual os governos de diversos países na maioria das vezes, pressionados por empresas de combustíveis fósseis mantêm os investimentos e os subsídios a este mercado, que agredem de forma desastrosa nosso planeta.

2.2 POTENCIAL ENERGÉTICO DA RADIAÇÃO NO BRASIL

Se verificarmos o potencial energético do Brasil, comparando com outros países, vemos o potencial que o Brasil tem, muitas vezes melhor em irradiação solar que países da Europa. Segundo os atlas solarimétricos disponibilizados pelo INPE, a radiação solar global no Brasil se situa entre 1.400 kWh/m²/ano (Sul) e 2.300 kWh/m²/ano (interior do Nordeste).

Verificando a figura 1, pode-se verificar claramente que a região menos favorecida solarimetricamente no Brasil apresenta valores de radiação em torno de 1.642 kWh/m², que são superiores aos índices de maior incidência solar da Alemanha, o qual recebe cerca de 1.300 kWh/m² (SALAMONI E RÜTHER, 2007). Porém hoje a Alemanha possui cerca de 30GW instalado e o Brasil fica em menos de 23MW (na totalidade de instalações comissionadas e registradas em operação), conforme pode-se observar também na figura 2 e 3, o mapa solarimétrico nacional e o total de instalações no Brasil.

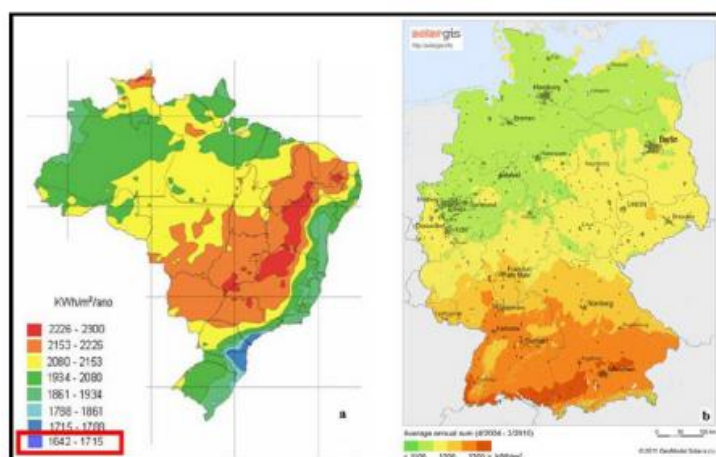


Figura 1: Irradiação solar – Brasil / Irradiação solar – Alemanha
Fontes: SALAMONI e RÜTHER, 2007.

Analisando a situação no Brasil, conforme relatórios da EPIA, 2014, o Brasil mesmo com seu enorme potencial solarimétrico, ainda possui poucas instalações solar fotovoltaica consolidada, apesar da enorme perspectiva de instalações nos próximos 3 a 4 anos, ocasionadas pelos grandes leilões, já executados, ainda não podemos considerar como instaladas.



Figura 2: Potencial solar do território brasileiro
Fontes: Solar GIS.

O Brasil, através de incentivos do governo, vem assinando constantes contratos de leilões de usina de grande porte, com quase 2,3GW já prometidos e contratados para os próximos anos para aproveitar os índices solarimétricos favoráveis de nosso país.

3. GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

3.1 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO MUNDO

Baseado em uma economia de incentivos fiscais e governamentais, temos hoje a Alemanha como um exemplo de país que mais se investiu em instalações fotovoltaicas no mundo, com mais de 38,2GW de potência instalada em centrais fotovoltaicas.

A China, conforme figura 3, extraída do site Gazeta do Povo, compilado da base de dados do IEA, Irena e EPE, vem em segundo lugar, com 28.1GW, o que representa mais de 1873 vezes a capacidade atual instalada no Brasil e mais de 2546 vezes se comparado com a Alemanha, isto em 2014.

Vemos claramente na figura 3, que a Alemanha e China possuem investimentos bem altos em pesquisa e na tecnologia de produção de energia solar. Se continuar neste ritmo de instalação, estes dois países poderão ver livre de combustíveis poluidores para gerar energia, e se houver interesses internacionais, podem exportar para outros países, fazendo um comércio a parte da energia produzida.

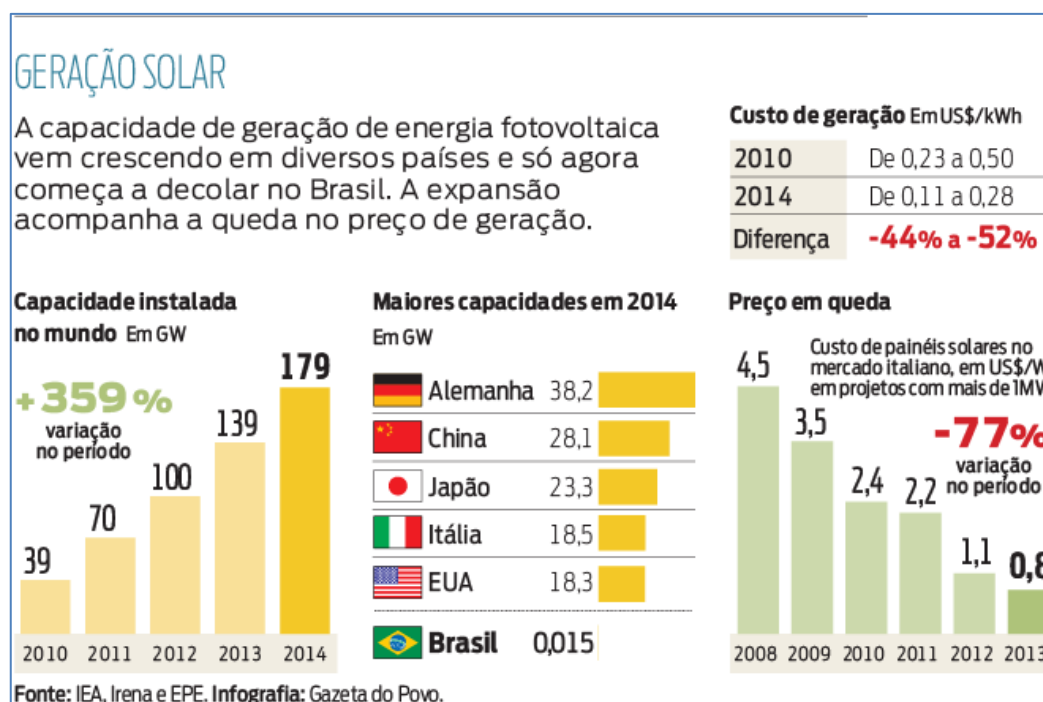


Figura 3: Infografia da evolução das instalações solares no mundo
 Fonte: Pesquisa site Gazeta do Povo: 16/05/2016

Assim, com base em estudos da EPIA, conforme seu relatório publicado em 2014, a potência instalada mundial ultrapassou os 179 GW em 2014, o que representou um aumento de 29% em relação ao ano de 2013. Se continuarmos na tendência mundial, há uma expectativa de alcançar 396 e 540 GW até 2019, o que representa 22,1% de aumento ao ano.

Através do gráfico 3, vemos que a Europa continua líder em termos de instalação, com uma capacidade total de 88,5 GW, que hoje representa aproximadamente metade do total do planeta. Em termos de países a Alemanha, como citado anteriormente, continua líder com 21% da capacidade mundial tendo a China em segundo com 16% e o Japão, apesar de sua pequena extensão territorial, com 13% da capacidade mundial de instalações solares, porém o Japão deve muito este crescimento em fontes renováveis, pelos recentes desastres ambientais, envolvendo sua usina nuclear, e também pela escassez de recursos energéticos do país, que procura na solar e fontes renováveis, alternativas para continuar crescendo a matriz energética.

Apesar dos 88,5GW de solar instalado na Europa, a tendência do mercado europeu fotovoltaico sentido nos últimos anos foi de desaceleração, devido principalmente à estagnação da demanda de energia (EPIA, 2014).

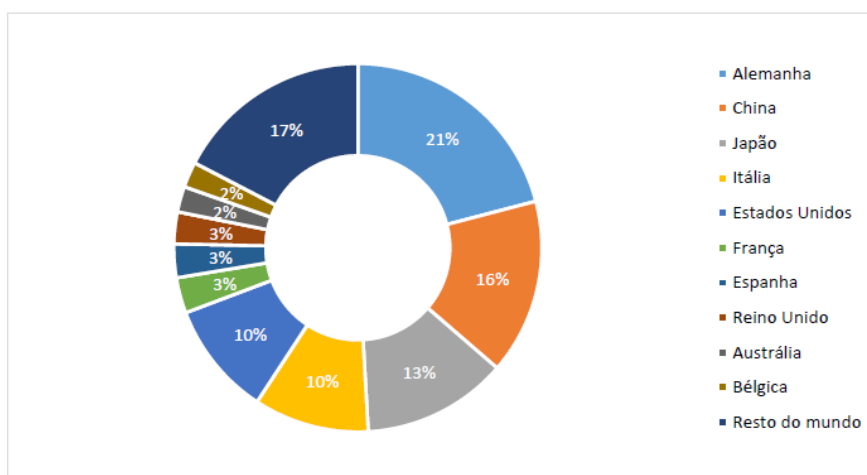


Gráfico 3: Capacidade da base instalada de solar no mundo
Fonte: EPIA (2014)

Conforme estudos, na Europa foram instalados apenas 6,3 GW em 2014, substancial redução para os picos de 22 GW em 2011 e 10,975MW em 2013, assim demonstrado no gráfico 4. O principal fato para redução da queda foi devido às reduções nas políticas de suporte e de tarifas ocorridas em países como Espanha, Itália,

França e até mesmo Alemanha, causando um desconforto forte nos investidores, que buscaram novos mercados para investir.

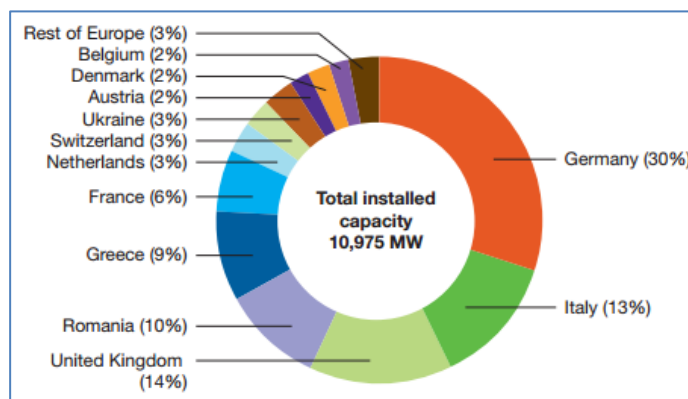


Gráfico 4: Total de instalações solares na Europa em 2013
Fonte: EPIA (2014)

Podemos ver no gráfico 5, conforme EPIA, que a perspectiva de crescimento na Europa é bem baixo, algo em torno de 10% a 15% até 2030, fato bem desanimador para um continente que muitos anos foi a principal região do planeta para instalações solares e que ainda hoje mantém liderança no número de instalações.

Com esta perspectiva, estima-se que nos próximos anos, haja um crescimento das usinas no chamado “Cinturão do Sol”, região do sul dos Estados Unidos, cujos investidores opõem-se menos aos sistemas montados em solo do que os europeus. A previsão de crescimento das usinas também ocorre na China, em que 80% da nova potência instalada em 2014 foi neste tipo de instalação (REN 21, 2015).

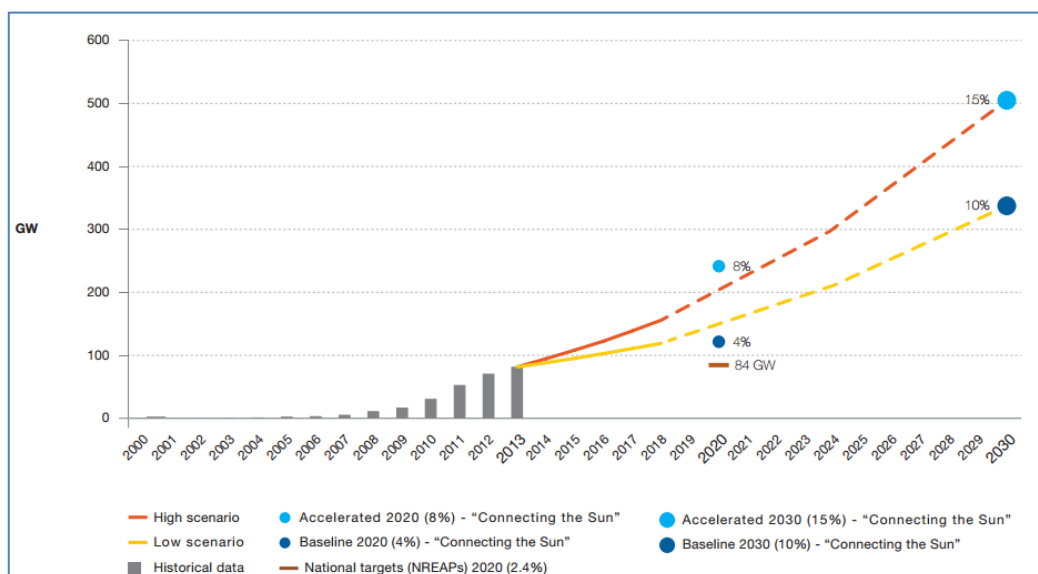


Gráfico 5: Perspectiva de crescimento de instalações na Europa até 2030
Fonte: EPIA (2014)

Com este desconforto causado pela desaceleração nos principais mercados do mundo, como Europa, os investidores passaram a procurar outros mercados no mundo para colocar suas finanças, e a América Latina foi a região do mundo que mostrou um crescimento relativo bem expressivo nas instalações capacidade total dos sistemas fotovoltaicos em 2014, apesar de ainda ver a China e países asiáticos investindo pesado e também o EUA, conforme mostra Gráfico 6.

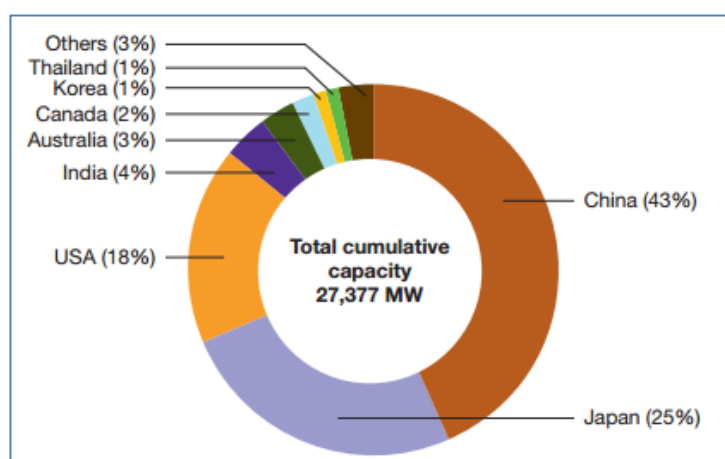


Gráfico 6: Mercado de Solar fora da Europa em 2013
Fonte: EPIA (2014)

O país que alavancou as instalações com incentivos governamentais, foi o Chile, com plantas totalizando 395 MW, e o México em segundo lugar com 64 MW. Conforme gráfico 7, percebemos que o Brasil, Chile, Argentina, México, Equador, Colômbia, Guatemala e outros países da América Latina, apesar de todos os problemas de economia de fragilidade política, continuam como país bem interessante para se investir em plantas fotovoltaicas, no qual percebemos o potencial que os investidores viram nestes países para alavancar os negócios em plantas menores e usinas de grande geração.



Gráfico 7: Atratividade de investimento nos países do mundo para fotovoltaica
Fonte: EPIA (2014)

3.2 GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Conforme informações extraídas no site da ANEEL, intitulado de BIG - Banco de Informações da Geração, no qual podemos ver todos os empreendimentos de geração de energia elétrica em operação, construção e construção não iniciada, vemos que as usinas solares no Brasil representam ainda uma porcentagem muito pequena em nossa matriz energética, mesmo que haja diversos projetos a ser construído o potencial de instalação nova é muito grande.

Em uma constante atualização do site da ANEEL, datado de 26 de maio de 2016, e com base no gráfico 8, percebemos que a energia solar no Brasil representa somente 0,02% da matriz total brasileira, que totaliza 143GW, com somente 22,9MW instalados e em operação. São 39 empreendimentos outorgados gerando energia na rede brasileira, principalmente de micros, mini e instalações de 1MW de geração

distribuídas, feitas por empresas com intuito de estudo e desenvolvimento, com pouco ou nenhum incentivo governamental.

Empreendimentos em Operação				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
CGH	560	432.804	434.707	0,3
EOL	361	8.848.468	8.795.690	6,15
PCH	458	4.881.227	4.853.654	3,39
UFV	39	26.952	22.952	0,02
UHE	206	100.943.441	87.383.298	61,05
UTE	2.895	41.342.262	39.653.489	27,7
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,39
Total	4.521	158.465.154	143.133.790	100

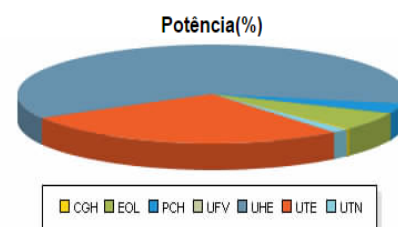


Gráfico 8: Empreendimento de energia elétrica em operação (39 solares)
Fonte: Site ANEEL acesso em 26/05/2016

Ainda em uma análise no site da ANEEL, vemos no gráfico 9 que existem perspectivas de 70 novas usinas solares que já estão marcadas como em construção não iniciada, que irão inserir na matriz brasileira quase 2GW de energia solar, este número representa usinas de grande porte, contratadas em leilão e usinas de geração distribuída, de pequeno e médio porte para instalações residenciais e comerciais.

Com estas novas inserções, a fonte solar passará a representar quase 1,5% da matriz brasileira, pouco ainda para uma fonte com potencial energético alto para nossos índices solarimétricos brasileiros, porém é um avanço na representatividade das instalações e principalmente um incentivo para novas instalações e novas regulamentações governamentais, como as renovações das resoluções 687/2016, que trouxe como novidade a possibilidade de instalações compartilhadas, em modalidade de consórcio ou cooperativa, tema este base para a realização do trabalho.

Empreendimentos com Construção não iniciada			
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	%
CGH	40	27.599	0,15
CGU	1	50	0
EOL	246	5.864.850	32,44
PCH	125	1.778.756	9,84
UFV	70	1.966.777	10,88
UHE	6	629.000	3,48
UTE	161	7.813.082	43,21
Total	649	18.080.114	100

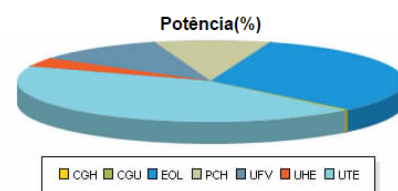


Gráfico 9: Empreendimento de energia elétrica a serem construídos (70 solares)
Fonte: Site ANEEL acesso em 26/05/2016

Para incentivar as instalações solares de grande porte, como já relatado no trabalho, o governo brasileiro realizou três grandes leilões exclusivos para energia solar. O primeiro leilão ocorreu em outubro de 2014, e contratou 890 MW, o segundo, realizado em agosto de 2015, terminou com a contratação de 833,80 MW e finalmente o terceiro, realizado em novembro de 2015, foram contratados 507,9 MW, totalizando 2.231,7MW que tem perspectiva de instalação até o dezembro de 2018. Este ano de 2016, já foi prometido dois novos leilões, com perspectivas de contratação de mais 2GW na totalidade, o que representará um incremento expressivo da fonte energética solar na matriz brasileira.

Em paralelo as estes leilões e acompanhando as tendências de mini e micro geração distribuídas, as solicitações de acesso ao modelo de geração distribuída tem apresentado um crescimento expressivo, desde as primeiras solicitações de acesso, datadas de 2012. Entre 2014 e 2016 os registros, quase que quadruplicaram passando de 424 conexões para 1930 conexões. Com a revisão da norma, que discutiremos nos capítulos seguintes, que simplifica drasticamente as regras e procedimentos de registro, estima-se que até 2024 mais 1,2 milhão de consumidores brasileiros peçam acesso e passem a ter sua própria energia, poderá equivaler a 4,5 giga watts (GW) de potência instalada, apenas em instalações de pequeno porte.

Vemos claramente no gráfico 10 esta evolução das instalações no decorrer dos anos, com aumentos expressivos nos anos de 2012 e 2013, com a criação da resolução 482/2012 da ANEEL e nos anos de 2014 para 2015, com a popularização da energia renovável na matriz energética brasileira e revisão Resolução Normativa 687/2015 da ANEEL, que trouxe inúmeras melhorias e inovações no modelo de micro e minigeração do país, posicionando o Brasil como pioneiro e vanguarda nas políticas de incentivo ao desenvolvimento da geração distribuída junto à população.



Gráfico 10: Número de conexões solares acumuladas (1930 no total)

Fonte: Site ANEEL acesso em 29/02/2016

Podemos observar no gráfico 11, a divisão estadual no Brasil para as conexões registradas na ANEEL, no qual podemos ver claramente a liderança do estado de Minas Gerais com 373 conexões homologadas, que com incentivos governamentais e reduções de impostos e taxas, colocou o estado mineiro como um destaque no micro e mini geração distribuída no território brasileiro. Podemos também citar que o estado de Minas Gerais possui uma vantagem em relação a outros estados, como São Paulo, o fato de ter apenas uma concessionária atuante no estado todo, facilitando a criação de regras e procedimentos para instalações solar fotovoltaica.

Em seguida temos os estados do Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo, que expressivamente pela importância na economia nacional, acompanha em número de instalações relevantes.

Ainda em análise aos estudos da ANEEL, vemos que o estado do Paraná, com suas 162 conexões, possui um aumento percentual grande, se comparado com o último ano, o que deixa o estado paranaense como uma promessa para novos pontos de conexão.

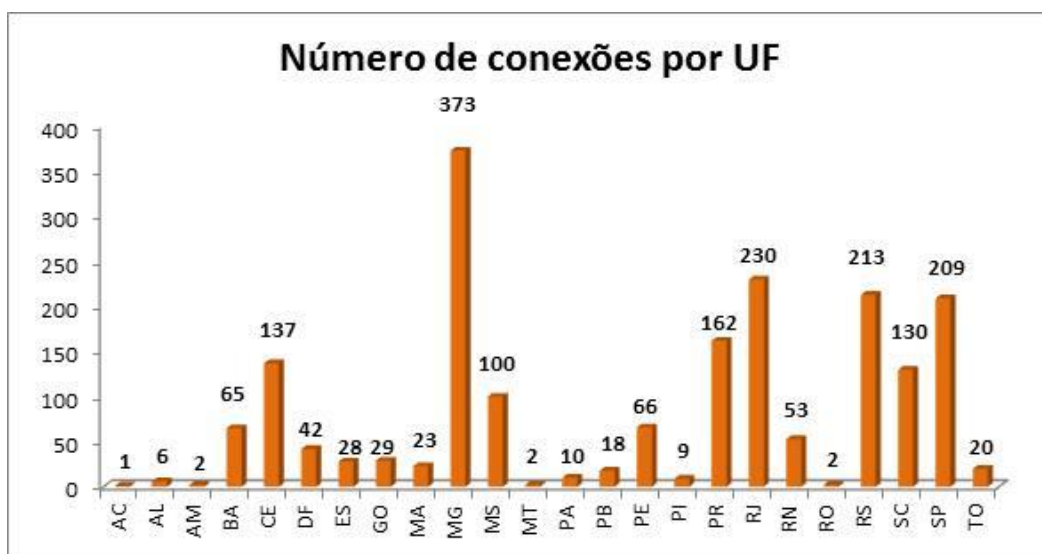


Gráfico 11: Divisão estadual das conexões no Brasil
 Fonte: Site ANEEL acesso em 29/02/2016

Em análise a estes números apresentados, vemos que o Brasil tem um potencial energético favorável, conforme já discutido anteriormente e que gradativamente vem crescendo as instalações nos estados brasileiros, o que com as novas resoluções homologadas pelo governo, anima investidores e a população para investir nesta fonte renovável e permanente, mesmo que em primeiro momento seu retorno de investimento seja elevado, verificamos nos gráficos, uma clara conscientização da população para os benefícios da geração distribuída, em especial estudo, pela geração compartilhada através de consórcios.

4. RESOLUÇÕES NORMATIVAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDAS

4.1 ANÁLISE DA RESOLUÇÃO 687/2015 DA ANEEL, SUBSTITUTA DA RESOLUÇÃO 482/2012

No arcabouço regulatório regulamentado pela ANEEL, para micro e mini geração distribuída, hoje está caracterizado entre os produtos mais importantes que a agência fez no decorrer de sua existência para energia renováveis. Uma de suas razões de importância consiste no aspecto inovador e diferente das aplicabilidades da lei, o que tem motivado alguns questionamentos, sobretudo das distribuidoras e concessionárias.

Desde sua criação a Resolução Normativa (REN) nº 482/2012, o padrão não foi seguido, com a regulação da micro geração e nunca dependeu de autorizações do Ministério de Minas e Energia ou de algum outro ministério, o que no Brasil é um fato inédito e inovador. Apesar desta autonomia das agências regulamentadoras serem esperado, nem sempre vemos isto na prática para outros órgãos do governo.

Outra inovação que vemos na resolução desde 2012, diferente de alguns países no mundo, no qual o governo estabelece quota de energia para esse tipo de geração e inclusive o preço a ser pago para os consumidores, foi desde o começo, optar-se por utilizar princípios consolidados, conforme lei específica, que são o desconto pelo uso da rede e o acesso simplificado na concessionária.

Em outros provedores de outros países, há uma disputa no mercado para comercializar a energia, tornando-se mais atrativos quando o preço spot é muito elevado (situação de escassez).

Os tamanhos dos projetos regulamentos pela resolução 687/2015, é outro diferencial com efeitos bem positivos para consolidar a mini e micro geração distribuída no Brasil. Em meados do ano 2012, com projetos com potência instalada de no máximo 1 MW, cresceu para potência de até 5 MW, a partir de novembro de 2015, com a REN nº 687/2015. Isto nos equipara com alguns países, mesmo que alguns críticos possam achar isso pouco, somente existem 4 estados nos Estados Unidos que a potência máxima chega a 5 MW.

Outro fato bem consistente e singular, de importância abrangência, é o fato de implantação de empreendimentos com múltiplas unidades consumidoras e a criação de mecanismos e formas para a geração compartilhada e o autoconsumo remoto, em forma de cooperativa, consórcios ou de geração individual.

Como citado no parágrafo anterior, em possibilidade de uso em múltiplas unidades de consumo, abre-se espaço para, por exemplo, os condomínios comerciais ou residenciais, que com uma mesma planta de painéis fotovoltaicos, podem atender a todos os condôminos, através da aplicabilidade Art. 2º, – Itens VI e VIII, que regulamenta a geração compartilhada e aplicação de cooperativas ou consórcios entre os participantes do estabelecimento.

“... VI – empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;

VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada...” (trecho extraído da resolução 687/2015, conforme documento oficial da ANEEL, RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015).

Assim se a produção elétrica for combinada com a geração compartilhada e o autoconsumo remoto, um morador ou condômino, mesmo que intitulado como pessoa jurídica, porém que tenha outra residência em outro local na mesma área de concessão da concessionária poderá utilizar o excedente de sua quota, sem contar o abatimento em sua conta de energia na origem. Importante frisar que tanto a geração compartilhada, quanto o autoconsumo remoto podem ser atribuídos à pessoa física ou jurídica, tornando-os uma forma de negócio atrativa, para hospitais, estacionamento, condomínios comerciais, indústrias com diversas filiais ou mesmo organizações sociais

sem fins lucrativos, que poderão reduzir seus custos, com implantação de plantas solares fotovoltaicas.

A resolução da ANEEL também regularizou as condições de acesso, reduzindo prazos e burocracias, e ampliou para consideráveis 60 meses o prazo para compensação dos excedentes não utilizados nas diferentes modalidades de unidades consumidoras, conforme ilustra o gráfico 12, que podemos ver um comportamento típico de uma instalação múltipla.

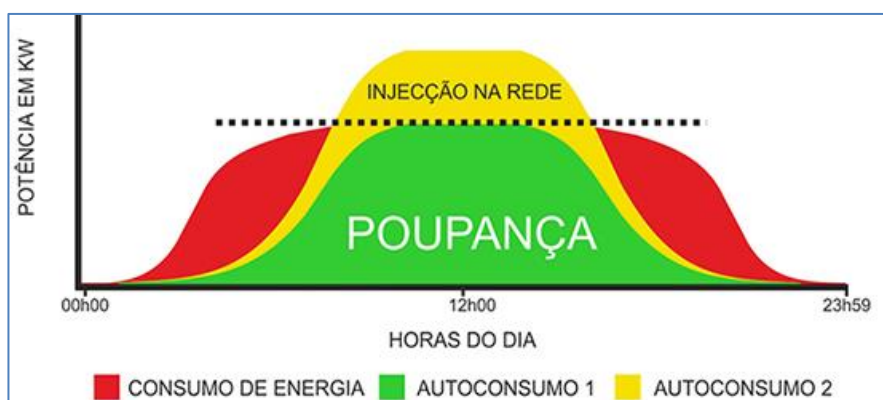


Gráfico 12: Simulação da produção solar em múltiplos consumidores
Fonte: Site SolarWaters acesso em 10/05/2016

Em suma, a ANEEL tornou mais fácil, com a publicação da resolução 687/2015 que entrou em vigor em março de 2016, para que as pessoas físicas ou jurídicas possam produzir a sua própria energia a partir de fontes renováveis (solar, eólica, hidráulica e de biomassa), sendo que podemos destacar as seguintes ações nesta resolução:

- Sistemas de geração distribuída condominiais (pessoas físicas e jurídicas);
- Estabelecimento das modalidades de auto consumo remoto e geração compartilhada: possibilitando a geração em terrenos afastados do local de consumo (mas ainda na área da mesma concessionária) e para vizinhos que queiram participar do sistema de compensação de energia, através de consórcios ou cooperativos;
- Possibilidade de compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais de grupos empresariais;

- Redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras para até 34 dias;
- Ampliação da potência de geração de 1 MW para 5 MW;
- Ampliação da duração dos créditos de energia elétrica de 36 meses para 60 meses;
- Padronização dos formulários de pedido de acesso para todo o território nacional;
- Submissão e acompanhamento de novos pedidos pela internet a partir de março de 2017 em todas as concessionárias.

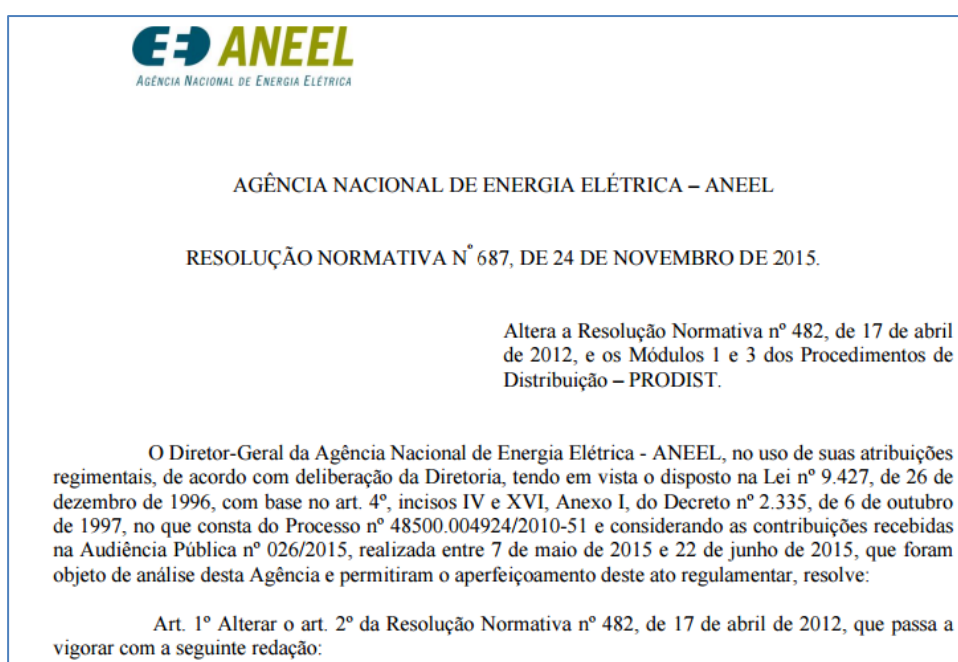


Figura 4: Figura da primeira capa da Resolução 687/2015 da ANEEL
Fonte: ANEEL, RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 687, DE 24 DE NOVEMBRO DE 2015

4.2 SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE CRÉDITO - REN687/2015

Sistema de Compensação de Crédito, nada mais é que o modelo já determinado em 2012 com a 482/2012 da ANEEL para “compensação” de créditos em mini e micro geração distribuídos no Brasil, ou seja, quando a quantidade de energia gerada em kW/h no mês corrente for superior à energia consumida naquele mesmo período, em uma determinada unidade consumidor, o consumidor adquire os créditos que podem ser

usados/compensados para abater ou descontar da conta de luz no meses seguintes, até um prazo máximo de 60 meses.

Esta foi uma das grandes novidades da resolução normativa 687/2015, que para compensação ou utilização dos créditos de energia aumentou o prazo que antes era 36 meses para 60 meses. Isto garante uma melhor administração dos créditos e com certeza melhorar a dinâmica do processo e garantia do uso dos créditos num prazo maior.

4.3 GERAÇÃO COMPARTILHADA - REN687/2015

Geração compartilhada, na resolução 687/2015 se apresentou para facilitar a compensação e uso de créditos de energia elétrica para proprietários de sistemas fotovoltaicos, que antes só poderiam compensar os créditos de energia excedente em locais com o mesmo CPF ou CNPJ. Com a atualização da resolução, os proprietários das unidades consumidoras poderão transferir percentuais de créditos de energia para compensar em outras unidades consumidoras com CPF ou CNPJ diferentes, bastando apenas comprovar o vínculo entre os proprietários, podendo ser sócios ou outro vínculo que te dê permissão para esta compensação, conforme rege a norma.

Esta comprovação de vínculo pode ser a junção de consumidores por meio de consórcio ou cooperativas de pessoas físicas ou jurídicas, fato base para elaboração deste trabalho, que demonstra em meios práticos a aplicabilidade de uma planta solar em um condomínio comercial, se utilizando da área comum de estacionamento para esta associação. Com isto, torna-se real e legal a transferência de créditos de energia gerados para terceiros, como vizinhos na mesma área de concessão, instituições de caridade, cooperativas de empresas, galpões, entre outros.

4.4 GERAÇÃO EM CONDOMÍNIOS - REN687/2015

Geração em condomínios ou múltiplas unidades consumidoras é outro argumento base de nosso trabalho, sendo uma novidade na resolução 687/2015, que mostrou a vanguarda da ANEEL em lançar estes pontos de compensação de crédito. Esta parte da resolução se refere à possibilidade de instalação de mini ou micro geração distribuída em condomínios, também reconhecida como empreendimentos de múltiplas

unidades consumidoras, como estacionamento, apartamentos, casas de condomínios, galpões comerciais, entre outros.

Isto te permite gerar energia elétrica em um ponto comum a todos e realizar a partição legal entre os condôminos em percentuais definidos e negociados pelos próprios consumidores, mesmo que para a concessionária estejam medidos e faturados em um único medidor do condomínio. Assim, as quotas de energia elétrica negociada e repartida de crédito serão compensadas ou abatidas das contas dos participantes de forma independente, desde que a geração esteja na mesma área de propriedade do condomínio ou empreendimento e que seja declarada para a concessionária esta modalidade.

Isto te permitiu realizar instalações em locais comuns a todos, no qual se pode um grupo de interessados unirem-se e instalar uma micro ou minigeração distribuída para todos, e utilizar a energia gerada na redução das suas faturas ou do próprio condomínio.

Esta modalidade se encaixa perfeitamente com a medida normativa de geração compartilhada, que legaliza a geração entre diversas unidades consumidoras.

4.5 REDUÇÃO/AGILIDADE DA BUROCRACIA - REN687/2015

Redução/Agilidade da burocracia: com muito menos exigências e procedimentos padrões, a redução nos prazos é vista por todos como a principal mudança da nova resolução normativa 687/2015, com intervenção do governo. Antes de vigorar a lei em março/2016, o processo tinha um prazo estimado em 90 dias, porém não havia nenhum comprometimento por parte das concessionárias em atender este prazo, agora com a resolução fica ditado que o prazo máximo é de 34 dias e tudo através da internet, ou seja, a comunicação se faz entre o técnico da concessionária e a unidade consumidora por meio eletrônico, reduzindo ou pelo menos, tentando reduzir a etapa para uma única, evitando as diversas visitas locais nas concessionárias e as trocas de documento, muitas vezes de forma não clara.

4.6 AUTOCONSUMO REMOTO - REN687/2015

Autoconsumo Remoto, por fim a grande diferença da resolução da atualização da 687/2015 foi à implantação do modelo que possibilita usar áreas em locais remotos e distantes do ponto de consumo para instalar o sistema fotovoltaico, apenas com a premissa básica que estejam na mesma área de concessão da distribuidora ou concessionária que atende o ponto de geração de energia elétrica e de consumo.

O Autoconsumo remoto já vinha sendo empregado por alguns investidores, porém a burocracia era muito grande para sua outorga e homologação, assim esta novidade estendeu e ampliou as diversas oportunidades de uso da energia solar em diversos ramos comerciais e industriais, além dos ganhos técnicos de produção pela irradiação solarimétrica, pois possibilitar a instalação em local com maior irradiação e com condições técnicas favoráveis para geração solar, produzindo mais, muitas vezes com a mesma quantidade kW pico instalado.

Podem-se citar casos de empreendimentos em locais com alugados e que não possuem área suficiente para uma instalação solar fotovoltaica, dessa forma o condomínio ou empresa pode usar um terreno de sua propriedade em outro local, respeitando novamente a regra da mesma área de concessão da concessionária de energia elétrica, possibilitando a compensação dos créditos gerados no sistema fotovoltaico remoto.

Em termos práticos, a implantação deste modelo estende a viabilidade da instalação de energia solar no mercado de grandes centros urbanos, onde proprietários podem instalar em suas residências, e utilizar dos créditos em seus empreendimentos.

5. EQUIPAMENTOS BÁSICOS PARA UMA INSTALAÇÃO SOLAR

Para uma conversão de energia solar fotovoltaica através do fenômeno das movimentações dos elétrons no meio físico, e sua instalação completa no local, são necessários alguns equipamentos, sendo: Placas/Módulos solares, inversores fotovoltaicos, dispositivos de proteção AC/DC, sistema de fixação, seja no telhado ou solo e suporte dos módulos, cabos e, opcionalmente para casos de instalações fora da rede, baterias e controladores de carga, conforme ilustra na figura 5, sendo que daremos breve explicação nos principais equipamentos.

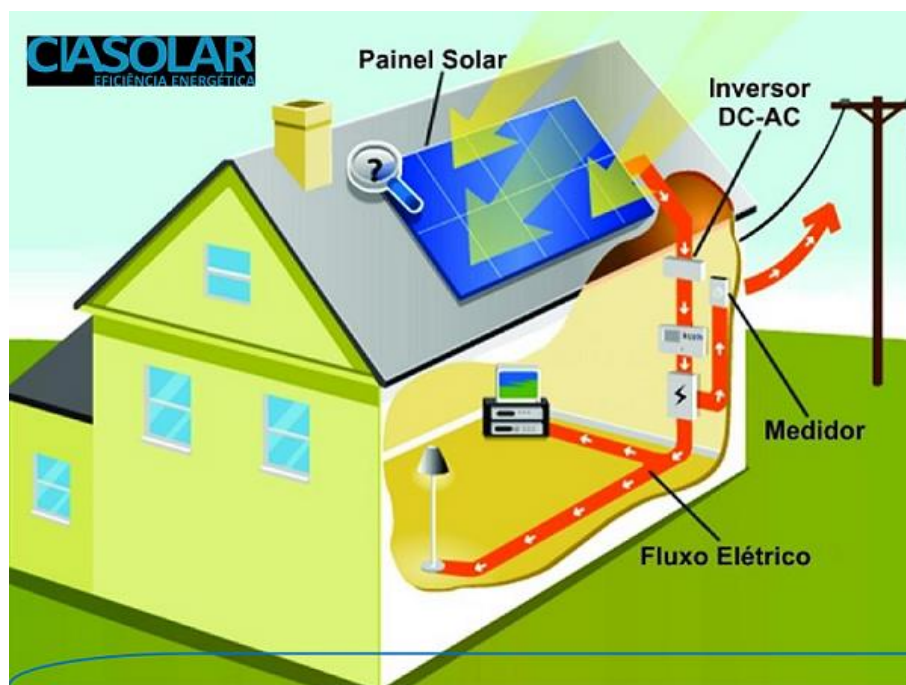


Figura 5: Foto ilustrativa dos equipamentos necessários para uma instalação solar
Fonte: Site Empresa CIA SOLAR: Acesso em 16/05/2016

5.1 PLACAS OU MÓDULOS SOLARES FOTOVOLTAICOS

As placas ou módulos solares fotovoltaicos são os responsáveis direto pela captação e conversão da energia luminosa no decorrer do dia e transformar em energia elétrica.

Como breve história, em 1839, Edmond Becquerel, descreve o efeito fotovoltaico como o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma

estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção de luz, no qual em 1876 foi concebida a primeira célula fotovoltaica, tendo como o ano de 1956 a produção da produção industrial de células fotovoltaicas, ocasionados principalmente pelo interesse da humanidade em uma tecnologia que possa produzir eletricidade de uma fonte abundante como sol.

Desta forma os módulos são dimensionados para aumentar o fenômeno de conversão de energia tendo conectados a dois terminais elétricos em sua construção que geram uma corrente elétrica proporcional à radiação que recebem.

Cada célula interna ao módulo possui uma tensão de circuito aberto em torno de 0,5-0,6 Volts para células de silício cristalino, produto utilizado em nosso estudo de caso. Assim, para exemplificar um módulo de silício cristalino de 30 Volts é constituído, por exemplo, por 60 células de 0,5 Volts conectadas em série, conforme mostrado na figura 6.

O número de módulos instalados é definido de maneira a atingir a potência desejada. Assim os módulos podem ser ligados em série e/ou em paralelo dependendo da corrente e tensão desejadas, sempre respeitando a faixa de trabalho do inversor (CRESESB, 2014).

Em termos e nomenclatura de mercado, podemos dizer que a potência pico de um módulo solar fotovoltaico é a potência de pico (ou potência máxima) obtida sob condições padrão de teste (CPT). Daí vem o fato de se incluir o sufixo “pico” (ou “p”) à unidade de potência utilizada e sua potência nominal é o quanto em situação de trabalho pode-se alcançar uma instalação solar.



Figura 6: Foto ilustrativa de uma placa ou módulo solar de 60 células com 260W
Fonte: Site Risen: Acesso em 16/05/2016

Conforme tipos de fabricação das células atualmente existem algumas tecnologias que podem ser empregadas, sendo que as mais comuns, comparando sua eficiência por tecnologia empregada estão demonstradas na tabela 1, e seguindo o que Villalva e Gazoli, 2012 em sua obra literária:

“... Atualmente existem diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. As tecnologias de células mais comuns encontradas no mercado são: silício monocristalino, silício policristalino e filme fino de silício...” (Villalva e Gazoli, 2012).

Pela tabela 1, verificamos que o material de silício Policristalino possui uma eficiência menor que o monocristalino, com uma diferença em termos comerciais de 3% para células, porém no conjunto em módulos esta diferença de eficiência cai para 1%, no qual pela sua diferença comercial, possui uma larga escala de uso no Brasil principalmente.

Ainda na tabela 1, pode-se concluir que a tecnologia de filme fino vem acompanhando tendências de construção das outras tecnologias, porém ainda sua eficiência e sua relação comercial torna-se inviável seu uso em larga escala, salvo obras

arquitetônicas ou com fim específico, como locais com alta temperatura ou condições adversas.

Material	Células Laboratório	Células Comerciais	Módulos Comerciais
Silício Monocristalino	24,70%	18%	14%
Silício Policristalino	19,80%	15%	13%
Filme Fino	19,20%	9,50%	7,90%

Tabela 1: Tipos e eficiência entre as tecnologias de células
Fonte: Compilado de Villalva e Gazoli, 2012.

Na figura 7, podemos observar as diferentes tecnologias de fabricação de placas solares de monocristalino, Policristalino e filme fino, sendo que as vantagens e desvantagens dessas três tecnologias, conforme abaixo:

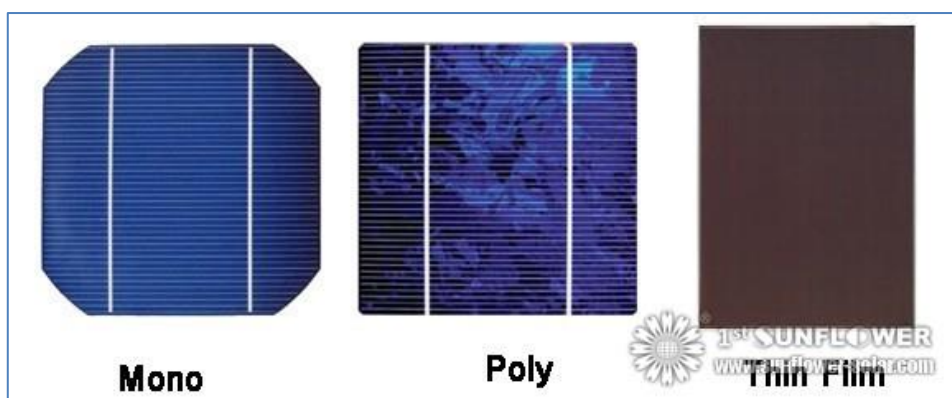


Figura 7: Foto ilustrativa das diferentes tecnologias de placas solares
Fonte: Site sunflower-solar: Acesso em 18/05/2016

5.1.1 Vantagens do módulo solar Monocristalino

- Os painéis solares monocristalinos possuem a eficiência mais alta dentre as tecnologias comercialmente viáveis atualmente. A eficiência dos painéis solares monocristalinos está hoje entre 14% e 21%;

- Painéis solares de silício monocristalino ocupam menos espaço. Uma vez que estes painéis solares possuem uma eficiência maior eles necessitam de menos espaço para gerar a mesma quantidade de energia elétrica;
- A vida útil dos painéis monocristalinos é maior que 30 anos e eles vem com garantia de 25 anos;
- Tendem a funcionar melhor do que painéis solares policristalinos em condições de pouca luz.

5.1.2 Desvantagens do módulo solar Monocristalino

- Painéis solares monocristalinos são os mais caros. Do ponto de vista financeiro, um painel solar que é feito de silício policristalino e, em alguns casos de filme fino, pode ser uma escolha melhor para os proprietários que se importam com o custo;
- O processo Czochralski usado para produzir silício monocristalino resulta em grandes lingotes cilíndricos. Quatro lados são cortados dos lingotes para fazer as lâminas de silício e por isso uma quantidade significativa do silício não é aproveitada naquela célula e precisa ser reciclado.

5.1.3 Vantagens do módulo solar Policristalino

- A quantidade de silício residual gerado durante o processo de corte das células fotovoltaicas é menor em comparação com monocristalino;
- Painéis policristalinos tendem a ser um pouco mais baratos que os painéis solares monocristalinos;
- A vida útil dos painéis policristalinos é maior que 30 anos e eles vem com garantia de 25 anos.

5.1.4 Desvantagens do módulo solar Policristalino

- A eficiência de painéis solares policristalinos é tipicamente entre 13 e 16.5%. Isso é devido, principalmente, a menor pureza do polisilício. Painéis solares monocristalinos são normalmente mais eficientes;

- Menos Watts por hora por m². Você normalmente precisa de uma área maior de painéis policristalinos para gerar a mesma quantidade de Watts/m² que o painel monocristalino. Isto não necessariamente significa que o Mono é melhor que o Poli.

5.1.5 Vantagens do módulo solar de Filme Fino

- A produção em massa é simples em comparação com a tecnologia cristalina. Isto os torna potencialmente mais baratos de fabricar do que as células solares de base cristalinas;
- Sua aparência homogênea é esteticamente bonita;
- Pode ser feito flexível, o que abre um leque de aplicações muito grande;
- Altas temperaturas e sombreamento de árvores e outras obstruções tem menos impacto sobre o desempenho do painel solar de filme fino.

5.1.6 Desvantagens do módulo solar de Filme Fino

- Painéis solares de filme fino não são, em geral, utilizados na maioria das instalações de sistemas fotovoltaicos residenciais. Eles são baratos, mas eles também exigem uma grande quantidade de espaço;
- Menos eficiência por m² significa que o seu custo com estrutura de instalação, mão-de-obra e cabeamento tende a aumentar;
- Painéis solares de filme fino tendem a degradar mais rapidamente do que os painéis solares mono e policristalinos, e é por isso que eles geralmente vêm com uma garantia mais curta.

Todas estas informações compiladas do site <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>, com as características destas tecnologias.

5.1.7 Dimensionamento da placa pela sua eficiência e coeficiente de temperatura

Para efeito de irradiância, foram definidos internacionalmente valores padrão de irradiância e temperatura, como forma de padronizar o desempenho e eficiência de

diferentes módulos em etapas de teste. Esses valores são chamados de condições padrão de ensaio, STC, do inglês Standard Test Conditions.

Conforme indicado em (CRESESB, 2014), as condições STC para irradiância são:

- Irradiância solar de 1000 W/m^2 ;
- Distribuição espectral para AM 1,5;
- Temperatura da célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Os valores de potência máxima em watt-pico (Wp) e de eficiência das células são determinados nessas condições, são informados pelo fabricante no laboratório para comparação nos testes.

As condições STC são praticamente ideais, pois as células normalmente não trabalham na temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Para retratar uma situação mais condizente com as condições encontradas em campo, define-se também uma temperatura nominal de operação das células. Esta temperatura é a NOCT, do inglês Nominal Operating Cell Temperature, e é medida nas seguintes condições:

- Irradiância de 800 W/m^2 ;
- Temperatura ambiente de $20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Vento incidente com velocidade de 1 m/s .

Assim, com as duas condições estabelecidas e obedecidas, podemos comparar os diversos fabricantes de mercado, bem como as diferentes tecnologias empregadas.

5.1.8 Efeito de sombreamento nos módulos fotovoltaicos

O efeito de sombreamento em um sistema fotovoltaico pode determinar o rendimento e produção de uma planta solar. Em outras palavras, a capacidade e intensidade da corrente elétrica gerada por uma célula fotovoltaica é diretamente proporcional à intensidade da radiação que incide sobre ela a mesma, ou seja, caso tenhamos apenas um módulo ou célula que esteja sob efeito de sombreamento, conforme demonstrado na figura 8, ele passará a ser comportar como uma resistência à passagem da corrente gerada pelas outras placas, devido sua configuração de instalação

série, prejudicando ou anulando o efeito de produção das demais. Assim, uma planta bem dimensionada e sem perdas de produção, tende a não ter sombras na sua configuração.

Esta definição está bem enunciada e explicada no trecho extraído da literatura de Villalva e Gazoli, 2012, conforme abaixo:

“...O efeito de sombreamento acontece quando uma ou mais células recebem pouca ou nenhuma luz, impedindo a passagem de corrente elétrica de outra célula. O mesmo efeito acontece em módulos conectados em série. Se um dos módulos do conjunto estiver recebendo menos luz que os demais, a corrente elétrica de todo o sistema é reduzida e por consequência o sistema produz menos energia. Para minimizar este efeito, fabricantes adicionam diodos de passagem ligados em paralelo com um conjunto de células...” (Villalva e Gazoli, 2012).



Figura 8: Foto ilustrativa de uma instalação com efeito de sombreamento
Fonte: Site <http://www.cosol.com.br/radiacao/>: Acesso em 25/05/2016

5.2 INVERSORES FOTOVOLTAICOS (CC/CA)

Como resultado da transformação da energia solar nos módulos solares, temos a geração de corrente elétrica contínua, no qual para ser possível utilizar na rede elétrica da concessionária é necessária converter para modo alternado senoidal através dos inversores fotovoltaicos, conforme foto ilustrativo da figura 9:



Figura 9: Foto ilustrativa do inversor CC/ homologado o Inmetro
Fonte: Site ABB: Acesso em 25/05/2016

5.2.1 Tipos de Inversores Fotovoltaicos

Conforme detalhado por Villalva, M., & Gazoli, J. (2012), podemos classificar os inversores quanto a sua utilização e tipo, sendo:

- Inversores centrais – inversores trifásicos, com potência na faixa de centenas de kWp até MWp, como em usinas solares de 30MWp;
- Inversores multistring – inversores trifásicos ou monofásicos com vários SPPM's independentes para as diferentes conexões de strings (fileiras) de módulos, podendo ser interligados. Tem potência na faixa de dezenas de kWp e são os mais apropriados para utilização em telhados e fachadas, em que cada string pode estar submetida a diferentes condições de Irradiância e sombreamento com características diferentes, evitando que as perdas sejam generalizadas na instalação toda;
- Inversores string – inversores trifásicos ou monofásicos com apenas uma entrada SPPM, normalmente com capacidade de até 10 kWp, que pode ser testado no Brasil. Eles também podem ser interligados para uma junção das potências;
- Micro inversor dedicado – Tecnologia recente que aumenta significativamente a eficiência do sistema, por utilizar apenas uma placa conectada no inversor diretamente.

5.2.2 Proteção de Segurança Anti-ilhamento

Para regulamentar o comportamento dos inversores conectados à rede, a ANEEL em parceria com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), determinou algumas características para os inversores fotovoltaicos que devem seguir os critérios dos órgãos reguladores e das concessionárias de energia. Uma característica importante de segurança é o sistema denominado anti-ilhamento, que consiste na detecção automática da interrupção de fornecimento de energia por parte da concessionária de energia, desligando imediatamente o sistema fotovoltaico.

5.2.3 Seguidor de Ponto de Potência Máxima (SPPM ou MPPT)

A fim de garantir o desempenho ótimo do sistema durante o dia todo, o inversor possui um sistema ou dispositivo chamado seguidor de ponto de potência máxima, SPPM ou MPPT, do inglês Maximum Power Point Tracking, evitando que o sistema desligue e religue toda vez que perder uma determinada potência injetada no sistema.

Devido as diferentes irradiações durante o dia, pelo ciclo normal do sol, podemos observar no gráfico 13, como o inversor pode se comportar para diferentes níveis de potência e irradiação solar. Assim, estes dispositivos devem possuir um sistema de controle e monitoramento preciso de forma a aperfeiçoar a energia convertida.

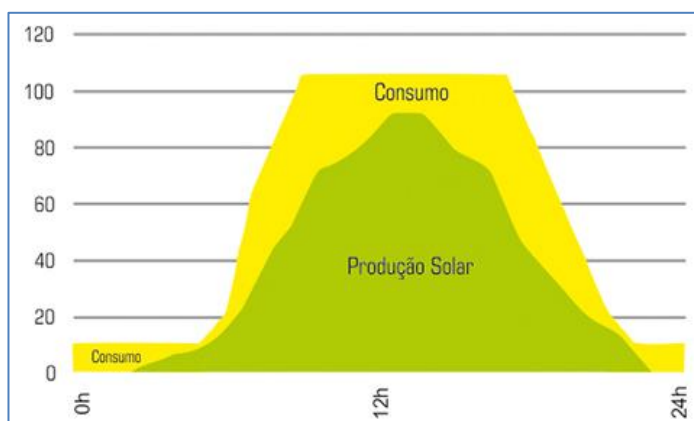


Gráfico 13: Simulação da produção diária de uma planta solar x Consumo
Fonte: Site SolarWaters acesso em 10/05/2016

Conforme as sombras atingem as placas do sistema fotovoltaico, a curva característica da curva $P \times V$, resulta em diferentes condições de irradiância no dia, em

que cada célula tem um comportamento diferente. Para manter as placas operando na máxima potência injetada naquele momento do dia, é necessário um controle externo vindo do inversor fotovoltaico, que verifica continuamente a localização desse ponto ótimo de produção e mesmo com bruscas mudanças de irradiação, garantem uma continuidade de operação e produção solar.

Current-Voltage & Power-Voltage Curve(230-20)

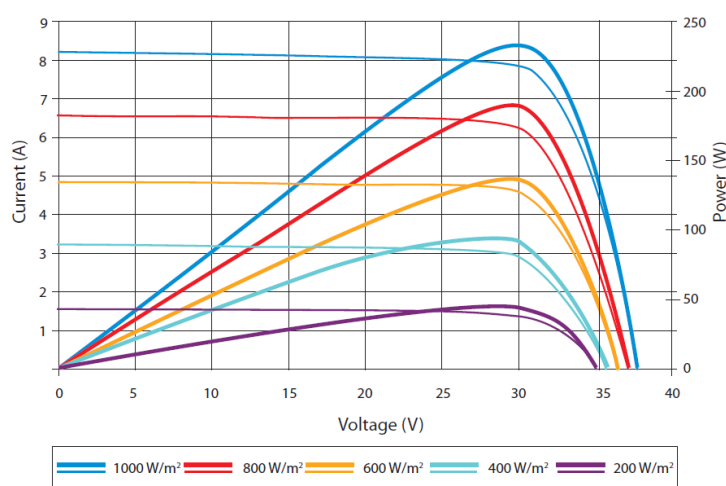


Gráfico 14: Curva MPPT típica de um inversor solar conforme irradiação no dia
Fonte: Site <http://coder-tronics.com/> acesso em 24/05/2016

5.2.4 Especificação técnicas para dimensionamento dos inversores

Como fatores básicos para dimensionamento, o inversor deve seguir as seguintes características, conforme Villalva, M., & Gazoli, J. (2012):

- Potência CC máxima de entrada: Determina a quantidade de módulos que podem ser ligados ao inversor;
- Máxima corrente de entrada: Determina a quantidade máxima de fileiras ligadas em paralelo;
- Máxima tensão CC de entrada: Determina a quantidade máxima de módulos ligados em série;
- Faixa de tensão SPPM: são apresentados os valores nos quais o SPPM atuará. Se a tensão CC gerada estiver fora desses limites o inversor não funcionará. Há uma faixa para se permitir a definição de diferentes quantidades de módulos em série conforme o projeto;

- Potência nominal de saída;
- Tensão nominal de saída;
- Máxima corrente de saída;
- Eficiência: A eficiência do inversor se altera conforme a carga.

Normalmente são apresentadas as eficiências máximas e eficiência europeia ou californiana, que consistem em um valor médio ponderado das eficiências para diferentes níveis de carregamento do inversor;

- Fator de potência: Os inversores de maior porte permitem fixar valores capacitivos ou indutivos de forma a alimentar a demanda de energia reativa da instalação;

- Número de fases;
- Dimensões e peso;
- Temperatura e umidade relativa permitida;
- Grau de proteção IP: O grau IP, do inglês Ingress Protection, varia conforme o ambiente onde o inversor será instalado, sendo estabelecido ao menos o IP54 para ambientes desabrigados;

5.3 ESTRUTURAS DE FIXAÇÃO DAS PLACAS

As estruturas de fixação das placas são postes com revestimento anticorrosivo dos perfis com base nos resultados da análise mecânica e química do solo no local. Para melhor efeito do anticorrosivo, recomenda-se realizar um teste de extração das estacas de teste com a medição dos esforços e deslocamentos horizontais e verticais sobre as estacas por amostragem.

As estacas devem ser cravadas em solo até uma profundidade de 1,5 m – 2,0 m, conforme a carga de vento e o perfil da estaca usada, conforme mostrado na figura 10.

O processo de cravamento deve ser realizado por um equipamento bate-estacas, desenvolvido especificamente para a construção de plantas fotovoltaicas em solo. O tipo de equipamento de bate-estacas escolhido para o projeto é de um fornecedor alemão com centenas de máquinas entregues em diversos mercados internacionais, com muitos anos de experiência, e apresenta a capacidade de inserir estacas de um comprimento total de até 4 m.

A operação do equipamento deve ser por equipe treinada e com experiência no cravamento de postes / estacas para sistemas fotovoltaicos.



Figura 10: Exemplo de estruturas de fixação para estacionamento
Fonte: Foto tirado da empresa Politec

5.4 CABEAMENTO CC NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para a conexão de uma série de módulos fotovoltaicos à caixa de junção das séries de placas ou módulos solares, utiliza-se um cabo especial, com isolamento duplo, unipolar e resistente aos raios ultravioletas (UV) e às intempéries. Este tipo de cabo resiste às temperaturas entre -5°C a 120°C , conforme especificações da norma UL4703 e requisitos do TÜV 2 Pfg 1169/08.2007, vide figura 11 para detalhes. A seção transversal é de 6 mm^2 , conforme a queda de tensão e as perdas ôhmicas projetadas. Estes cabos serão encaminhados por terra, protegidos por eletrodutos de PEHD corrugados, ou fixados adequadamente sob as mesas com abraçadeiras de nylon.



Figura 11: Exemplo de cabeamento de corrente contínua
Fonte: Site Alibaba: acesso em 27/05/2015

6. ANÁLISE ECONÔMICA: CONCEITOS APLICADOS NO PROJETO

Dentro todos os diversos conceitos da engenharia econômica de um projeto, iremos utilizar alguns conceitos básicos de viabilidade de projetos, sendo os principais: “Payback” simples e descontado, VPL (Valor Presente Líquido) e TIR (Taxa Interna de Retorno):

6.1 “PAYBACK” SIMPLES E DESCONTADO

Contextualmente podemos definir “Payback” simples como o período no espaço de tempo necessário para que todas as entradas financeiras do projeto se igualem ao valor a ser investido no período inicial do projeto, ou seja, o tempo de recuperação do investimento feito, conforme enunciado na figura 12.

Conforme Giosa, 1997, em uma análise financeira, quanto maior o período, as incertezas são maiores, sendo natural que as empresas ou investidores procurem projetos com espaço menor de tempo como forma de mitigar os riscos, buscando o capital investido no menor tempo possível.



The image shows a box with the title "Formula do Payback Simples" in orange. Below the title, the formula is presented as
$$\text{PayBack} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Ganho no Período}}$$

Figura 12: Fórmula de Payback Simples

Fonte: Site <http://www.industriahoje.com.br/como-calculer-o-payback>; acesso em 27/05/2015

Logo, “Payback” descontado é o período de tempo necessário para recuperar o investimento feito no momento zero do projeto, avaliando todos os fluxos de caixa descontados no tempo, ou seja, considerando-se o valor do dinheiro no tempo, conforme figura 13 que ilustra a fórmula.

The image shows a formula for Discounted Payback (PAYBACK DESCONTADO) on a yellow background. The formula is: $|FC_0| = \sum_{t=1}^{PD} \frac{FC_t}{(1 + TMA)^t}$

Figura 13: Fórmula de Payback Descontado

Fonte: Site <http://www.industria hoje.com.br/como-calcul ar-o-payback>: acesso em 27/05/2015

6.1.1 VPL (Valor Presente Líquido)

Para calcularmos o Valor Presente Líquido – VPL, levamos em consideração o valor do dinheiro no tempo. Portanto, todas as entradas e saídas de caixa são tratadas no tempo presente. Assim, podemos dizer que o VPL, conforme figura 14, de um projeto ou investimento é igual ao valor presente atual do fluxo de caixa líquido do projeto em análise total, descontado pelo custo médio ponderado de capital, sempre observando a taxa de juros que será aplicada no projeto, conforme citado por Giosa, 1997.

$$VPL = \sum_{n=1}^p \frac{FC_n}{(1 + i)^n} - I$$

Figura 14: Fórmula de VPL (valor presente líquido)

Fonte: Elaborado pelo autor

6.1.2 TIR (Taxa Interna de Retorno)

A Taxa Interna de Retorno – TIR é a taxa “i” que se igualam as entradas de caixa ao valor a ser investido em um projeto. Em outras palavras, é a taxa que iguala o VPL de um projeto a zero, conforme enunciado na figura 15:

$$\sum_{n=1}^p \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} - I = 0$$

Figura 15: Fórmula de TIR (Taxa Interna de Retorno)

Fonte: Elaborado pelo autor

Podemos concluir que o projeto é viável, se a TIR encontrada for maior que a taxa mínima de atratividade (TMA). A taxa mínima de atratividade é normalmente representada pela sigla em inglês “Weighted Average Cost of Capital” (WACC). Esta taxa mínima de atratividade geralmente é determinada pelo investidor, baseado em taxas de mercado com índices conservadores, como Fundo de Tesouro Direto - STN - Secretaria do Tesouro Nacional, hoje na taxa de 13 à 15% ao ano.

6.1.3 IPTU VERDE

Este projeto pretende conseguir o IPTU VERDE junto a Prefeitura de BARUERI para diminuir o Pay Back e incentivar o uso de energia solar na matriz energética do Brasil. Assim como já foi feito na Prefeitura de PALMAS – GO conforme anexo 2, o projeto pretende encontrar a razão de energia solar do empreendimento, no nosso caso chega a 11,63% do total do consumo do prédio.

Por essa razão o projeto pretende ter de desconto no IPTU , ou seja no nosso caso o projeto tem o valor de R\$ 1.497.100,00 o que daria um valor para incentivo fiscal potencial de R\$ 174.112,73.

Se o projeto conseguir o incentivo igual ao de PALMAS – GO esse valor poderia saldar o IPTU de 96 salas comerciais do prédio, ou seja, R\$ 1.813,67 por sala onde o investidor em energia solar tem até 10 anos pra ir descontando até 80% do IPTU anual a ser pago pela sala, ou ter isenção também de até 80% do ITBI quando comercializar sua sala comercial.

7. ESTUDO DE CASO

7.1 METODOLOGIA EMPREGADA

Com base no proposto por Silva e Menezes (2001), foi aplicado um estudo de caso para demonstrar a análise técnico-econômica da implantação de um projeto fotovoltaico em um estacionamento em um condomínio comercial de Alphaville, aplicando conceitos de geração compartilhada com artifício de cooperativa ou consórcio, definida na norma 687/2015 da ANEEL. Desta forma pode-se classificar por exploratória, com conceitos aplicados de forma descritiva em suas variantes possíveis.

Exploratória, no conceito geral, porque será investigada uma instalação fotovoltaica em estacionamento em Alphaville, no qual as informações serão coletadas e analisadas, sendo que no final serão estudados os dados para análise da planilha de viabilidade econômica.

Assim Yin (2005), define a pesquisa de campo como aplicada, uma vez que sua necessidade foi surgida através da necessidade de resolver uma situação real de aplicabilidade da norma regulamentadora 687/2015.

Esta definição nos remete a um estudo de caso, com uma pesquisa de campo intensa, já que foi visitado e elaborado um projeto do estacionamento no condomínio comercial.

Em uma reflexão de Yin (2005), extraído do prefácio publicada em seu livro é feita uma crítica a quem não considera um estudo de caso como um verdadeiro método de pesquisa, se comparado com diversos métodos existentes:

O estudo de caso é considerado um estereotipado como o parente pobre entre os métodos de ciência social e política. Os pesquisadores que realizam estudos de caso são vistos como se tivessem rebaixado o nível de suas disciplinas acadêmicas. Os estudos de caso também têm sido denegridos, como se tivessem precisão (ou seja, quantificação), objetividade e rigor insuficientes. Esse estereótipo dos estudos de caso, que começou no século XX, continua no século XXI [...] (YIN, 2005, p. 11).

Acreditando na verdadeira importância do estudo caso, este trabalho foi baseado neste tipo de método de pesquisa, onde apesar da pouca influência exercida do

pesquisador sobre o projeto a ser executado, ele é de extrema importância para uma conceitualização teórica e verificação da prática aplicada.

Ainda na metodologia de pesquisa, o trabalho será descritivo, pois relataremos todas as características do projeto conforme 687/2015 da ANEEL, com uma interpretação do pesquisador e das pessoas envolvidas.

7.2 LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO E ÂNGULOS DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS

O empreendimento em questão se trata de um centro comercial localizado em Alphaville, região de Barueri, no qual o projeto consiste em uma instalação solar fotovoltaica na área hoje dedicada para o estacionamento do condomínio, com um total de para 96 vagas de carros e será um modelo de geração compartilhada e cooperativa ou consórcio para o investimento, no qual será compartilhado os custo de investimento pelos ocupantes do edifício comercial que tenham interesse em ter vagas de estacionamento sustentáveis, a fim de abater sua conta elétrica pela aplicabilidade da resolução normativa 687/2015 da ANEEL.

Outro ponto importante é sua localização estratégica geográfica na cidade de Barueri, próximo de grandes rodovias, como Castelo Branco, Anhanguera, Bandeirantes, Rodoanel Mário Covas e fácil acesso a diversos centros de distribuição e logística, o que garante disponibilidade de matéria-prima e atendimento ao cliente no momento pedido.

Conforme figura 17, podemos também citar que Barueri tem-se tornado um importante centro de empresas de médio e grande porte, com diversos galpões que comportam empresas de base e de industrialização, o que diferencia a importância do empreendimento, e em se investir nele, pois sua localização privilegiada propicia realização de melhores negócios.

Na figura 16 podemos ver a vista frontal do condomínio comercial, que hoje possui quase a totalidade das salas ocupadas, no qual pelo custo da energia local, vindo da concessionária Eletropaulo, viabiliza a implantação para todos.



Figura 16: Vista frontal do condomínio comercial
Fonte: Google Maps: acesso em 27/05/2016

Em uma vista superior do condomínio, conforme figura 17, vemos claramente o local onde será instalado o investimento, no qual pela localidade, hoje possui pouca influência de sombreamento, porém com um futuro, caso prédios ao seu lado direito, considerando a visão superior venha a ser construído, poderá afetar de forma direta a irradiação no local, devido o sombreamento que acarretará, sendo um ponto de atenção para a implantação.

Ainda na vista superior, conforme figura 17, podemos exemplificar e mostrar as possíveis coberturas das 96 vagas, no qual cada sala ou condômino que hoje tem direito a uma vaga nesse prédio passaria pela regulamentação da 687/2015, item de condomínios e geração compartilhada, passar a abater a conta de energia elétrica de seu consumo ou até mesmo a conta do condomínio.



Figura 17: Vista superior do condomínio comercial
Fonte: Google Maps: acesso em 27/05/2016

Utilizando-se de ferramentas disponíveis na internet, especificamente do Google Compass, podemos perceber que o empreendimento está em uma localização favorável para produção solar, conforme figura 18:

googlecompass.com diz:

Origin Latitude: 23° 30' 8.5" S
 Origin Longitude: 46° 50' 30.8" W
 Origin Magnetic Declination: 21° 3' 0" W
 Declination is: NEGATIVE

Destination Latitude: 23° 29' 46.7" S
 Destination Longitude: 46° 50' 21.5" W
 Distance: 0.45 Miles (0.72 KM)
 True or Map Bearing: 21°
 Compass Bearing: 42° 3' 0" (42.05°) adjusted for magnetic declination.

Click OK to adjust the compass arrow to compensate for magnetic declination.
 Since the magnetic declination is NEGATIVE, 21° 3' 0" will be added to the compass bearing.

Figura 18: Resultado do melhor de localização para irradiação solar no condomínio
Fonte: Google Compass: acesso em 27/05/2016

Desta forma, analisando a tabela 2 que explicita o melhor ângulo de inclinação das placas solares nos estados brasileiros, e a figura 19, apresentada abaixo, podemos verificar o melhor ângulo em graus para a instalação de placas solares na região de São Paulo, incluindo região de Alphaville em Barueri, no qual terá um pequeno ajuste de 2 graus negativos em relação ao norte e mantendo a inclinação recomendada de montagem das placas de 23 graus fixo vista na tabela 2, teremos alcance máximo de produção solar.

Inclinação dos Painéis Fotovoltaicos (em graus)**			
Acre	15	Paráíba	15
Alagoas	15	Paraná	25
Amapá	15	Pernambuco	15
Amazonas	15	Piauí	15
Bahia	15	Rio de Janeiro	22
Ceará	15	Rio Grande Norte	15
Espírito Santo	20	Rio Grande Sul	40
Goias	16	Rondônia	15
Maranhão	15	Roraima	15
Mato Grosso	15	Santa Catarina	32
Mato Grosso Sul	20	São Paulo	23
Minas Gerais	19	Sergipe	15
Pará	15	Tocantins	15

Tabela 2: Inclinação dos painéis fotovoltaicos nos estados brasileiros (em graus)

Fonte: Compilado as informações do Atlas Solarimétrico da CERESB, 2006, disponível em
<http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/atlas_solar.html>.

Assim, de uma forma direta, as estruturas no local poderiam ser instaladas acompanhando o norte do sol, simbolizado na figura 18 pelo desenho do compasso, com pequeno ajuste de 2 graus negativos em relação ao norte, ficando em 21 graus na instalação pelo norte.

Ainda mantendo a inclinação das placas em 23 graus fixo teríamos nosso melhor desempenho.

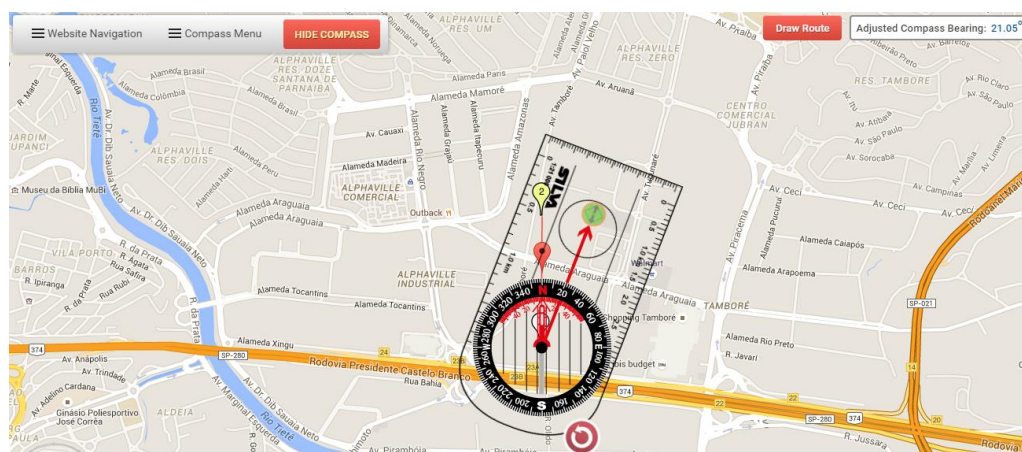


Figura 19: Visualização da ferramenta Google Compass para o ângulo da instalação
Fonte: Google Compass: acesso em 27/05/2016

7.3 SOMBREAMENTO NO LOCAL DO EMPREENDIMENTO

Conforme visto na figura 20, pode-se perceber uma interferência muito grande sobre quase 20% da área dedicada ao estacionamento do condomínio comercial, o que irá prejudicar os condôminos com área destinada nesta região.

Para estes condôminos, como forma de minimizar os prováveis prejuízos com a irradiação em determinados locais, será estudada uma compensação dos créditos para somente o total de horas de produção, minimizando os custos com a instalação para estas vagas, conforme quantidade produzida e não agindo de forma incorreta com os demais condôminos que terão irradiação solar durante o dia todo. Este tema será medido e estudado em momento posterior ao da instalação, não sendo tema decisivo para viabilização do empreendimento e muito menos tema de nosso trabalho.

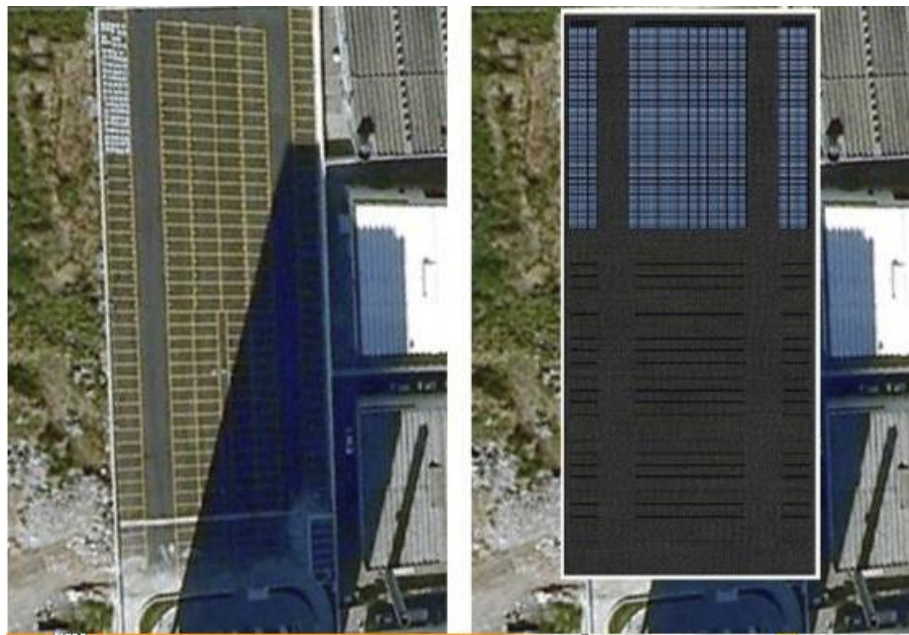


Figura 20: Visualização superior do sombreamento no estacionamento
 Fonte: Google Maps: acesso em 27/05/2016

7.4 MÓDULO FOTOVOLTAICO (648 UNIDADES DE 260WP – MODELO RISEN)

Para este projeto foi utilizado um modulo fotovoltaico de 260Wp (watts pico) do fabricante chinês Risen, conforme dados e características construtivas demonstrados na tabela 3.

Este módulo fotovoltaico apresenta uma eficiência energética maior que 15,98% com certificado Inmetro, devidamente testado e homologado, no qual podemos ver todas as características construtivas e de performance elétrica na tabela 3.

Conforme a área destinada a instalação das placas fotovoltaicas no estacionamento, estamos utilizando em nosso sistema 648 módulos de 260Wp, o que representa exatamente 168,48kWn de instalação no local:

$$\text{Tamanho da planta} = 648 \times 260\text{Wp} = 168,48\text{kWp}$$

Características Construtivas
Potência Máxima (Pmax): 260Wp
Tolerância: 0% a +3%
Tensão em circuito aberto (Voc): 37,5V
Tensão de Pico (Vmpp): 30,5V
Corrente de curto-circuito (Isc): 9,24A
Corrente de Pico (Impp): 8,53A
Tensão máxima do sistema: 1000V
Eficiência Energética: 15,98%
Célula: Policristalina
Quantidade de Células: 60
Dimensões painel: 1640x992x40mm
Moldura: Alumínio Anodizado Fosco
Peso: 19,5kg
Quantidade utilizada no projeto: 648 módulos
Potência total do Sistema: 168,48kWp

Tabela 3: Características Construtivas da Placa de 260Wn - Risen
 Fonte: Compilado as informações do site do fabricante Risen.

7.5 INVERSOR FOTOVOLTAICO (5 UNIDADES DE 27,5 KWP – MODELO ABB)

Com a finalidade de converter a energia contínua para a tensão adequada para a rede produzida pelas placas solares em energia alternada de 380V/440V, seguindo os padrões de “Grid Code” nacional, estabelecido pela ANEEL, foi utilizando o inversor da marca ABB, modelo ABB 27.6-TL-OUTD-S2X-400.

O inversor possui todas as certificações necessárias para conexão e homologação com a concessionária, além das proteções de anti-ilhamento, 2 controles MPPT, permitindo dividir a instalação e poderá ser conectado no transformador do condomínio comercial na tensão de 380V/440V.

7.6 ESTRUTURA DE FIXAÇÃO

Visando a completa instalação com a segurança necessária para fixação das placas, serão utilizadas estruturas da empresa Politec, conforme as fotos da figura 21, onde será aplicado o ajuste de ângulo previamente determinado, adotando todos os pré-requisitos de segurança necessária para fixação e fincagem das estruturas.



Figura 21: Protótipo das estruturas de fixação das placas solares no estacionamento
Fonte: Politec

7.7 PROJETO 3D DO EMPREENDIMENTO PARA VISUALIZAÇÃO ANTERIOR DO PROJETO

Com o intuito de visualização do projeto em forma 3D, foi confeccionado três vistas do projeto, conforme figura 22, 23, e 24 no qual foram utilizados programas específicos de computador para sua elaboração, chegando a resultados favoráveis para

distribuição das placas no decorrer do estacionamento e podendo mostrar aos condôminos a perspectiva da instalação.

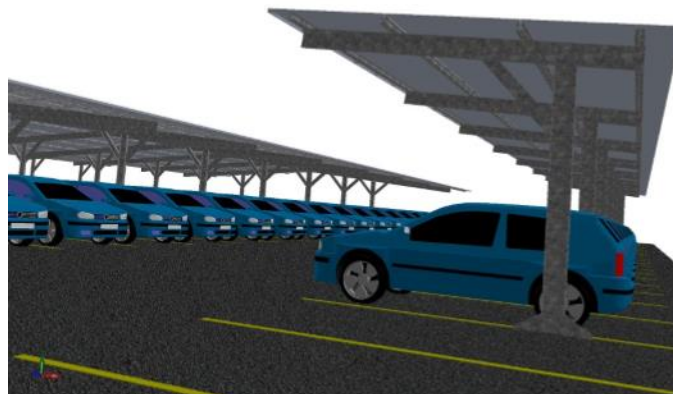


Figura 22: Imagem do projeto 3D com vista lateral das vagas laterais
Fonte: Elaboração própria

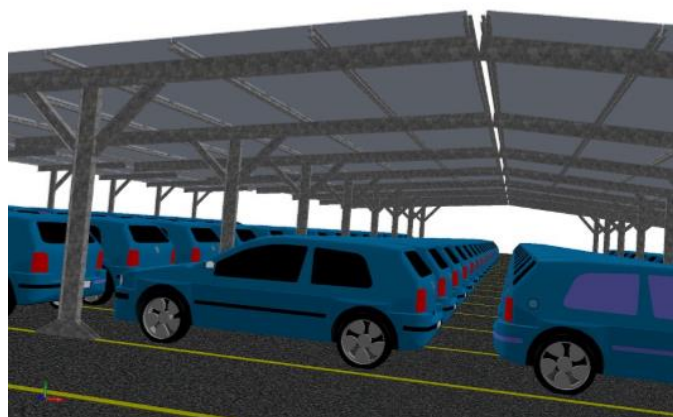


Figura 23: Imagem do projeto 3D com vista lateral das vagas centrais
Fonte: Elaboração própria

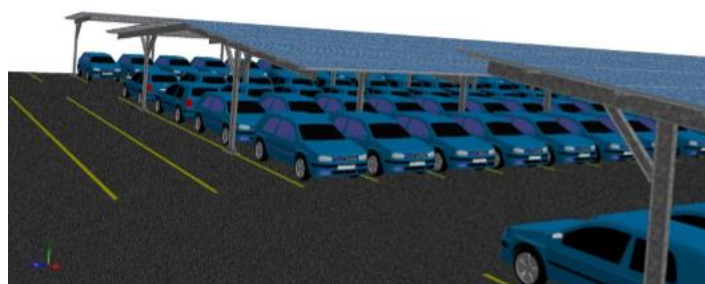


Figura 24: Imagem do projeto 3D com vista superior
Fonte: Elaboração própria

7.8 PONTO DE CONEXÃO NO PRÉDIO PRÉ-ESTABELECIDO

O inversor conforme descrito acima será conectado diretamente na rede do condomínio comercial, conforme tensão pré-estabelecida de 380/440V, tendo como ponto de conexão a casa de força central.

A medição será feita diretamente pela concessionária com uso do medido bidirecional, que indicará consumo e quantidade de energia produzida.

7.9 IRRADIAÇÃO MENSAL MÉDIA NO DECORRER DO ANO NO LOCAL

Com um ajuste correto das placas no ângulo fixo de 23, e estabelecimento das placas a 2 graus negativos do norte, teríamos uma produção quase mensal bem otimizada, conforme demonstra o gráfico 15 e tabela 4.

Na tabela 4 e gráfico 15 podemos ver o quanto de irradiação ocorrerá no local no decorrer dos meses, no qual vemos uma regularidade muito grande nos meses, garantindo um “*Payback*” interessante para o projeto, uma vez instalado corretamente conforme as normas e pré-requisitos determinados nos itens anteriores.

Mês	Irradiação Global	Irradiação Inclinada	Irradiação Direta
Janeiro	6,65 kWh/m²/dia	6,00 kWh/m²/dia	6,04 kWh/m²/dia
Fevereiro	5,63 kWh/m²/dia	5,69 kWh/m²/dia	4,42 kWh/m²/dia
Março	4,81 kWh/m²/dia	5,13 kWh/m²/dia	4,04 kWh/m²/dia
Abril	4,99 kWh/m²/dia	5,98 kWh/m²/dia	6,03 kWh/m²/dia
Maio	4,01 kWh/m²/dia	5,22 kWh/m²/dia	5,23 kWh/m²/dia
Junho	3,31 kWh/m²/dia	4,48 kWh/m²/dia	4,39 kWh/m²/dia
Julho	3,64 kWh/m²/dia	4,99 kWh/m²/dia	3,64 kWh/m²/dia
Agosto	4,08 kWh/m²/dia	5,03 kWh/m²/dia	4,74 kWh/m²/dia
Setembro	4,46 kWh/m²/dia	4,92 kWh/m²/dia	4,37 kWh/m²/dia
Outubro	6,08 kWh/m²/dia	6,14 kWh/m²/dia	6,29 kWh/m²/dia
Novembro	5,75 kWh/m²/dia	6,14 kWh/m²/dia	4,68 kWh/m²/dia
Dezembro	5,89 kWh/m²/dia	5,28 kWh/m²/dia	4,42 kWh/m²/dia

Tabela 4: Irradiação Global / Inclinada e Direta no local

Fonte: Compilado as informações do site do América do Sol < <http://www.americadosol.org> >.

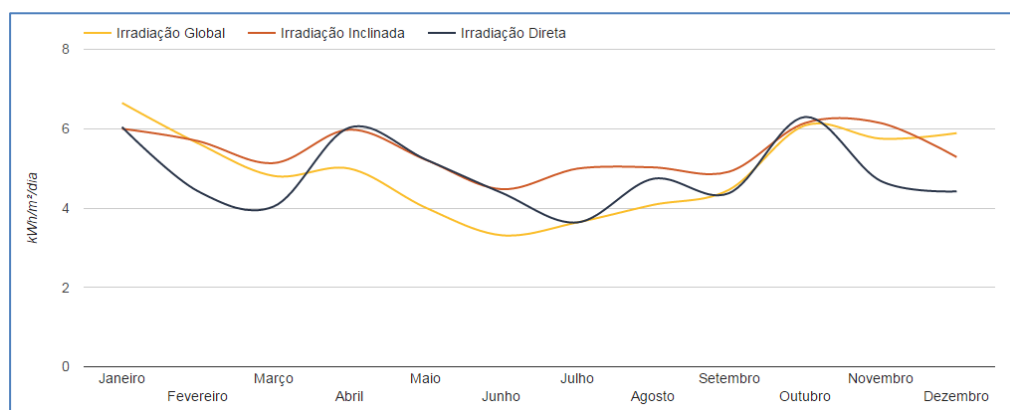


Gráfico 15: Irradiação Global / Inclínada e Direta no local
 Fonte: Compilado as informações do site do América do Sol <
<http://www.americadosol.org> >.

No gráfico 16, é ilustrado a estimativa mensal de produção de energia, baseado em programa de computador chamado PVSysyt, e verificamos uma produção bem interessante com fator de produção local considerado pelo programa em torno de 18% (fator usado para a região de Barueri).

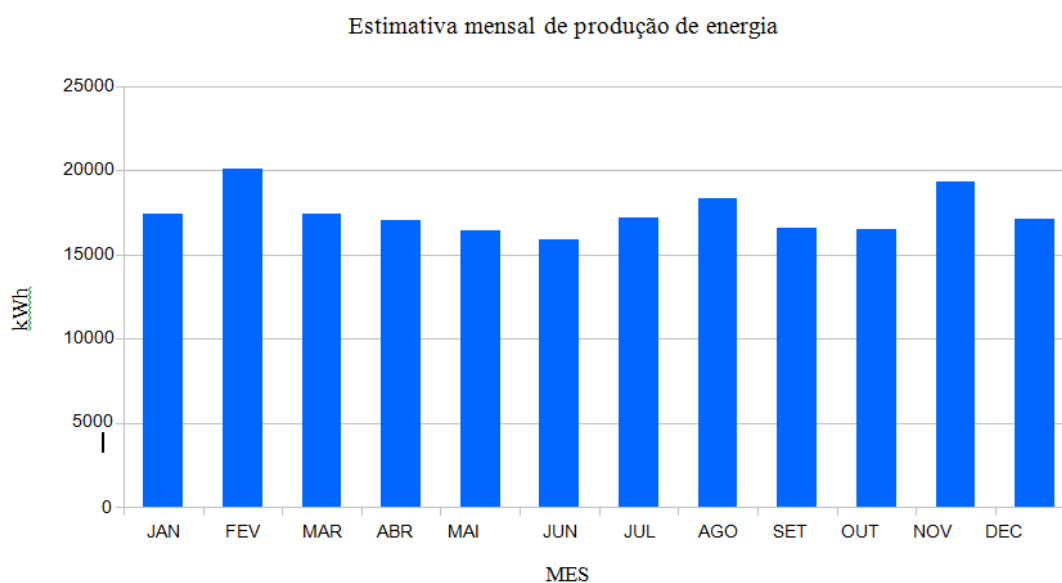


Gráfico 16: Estimativa mensal de produção solar no estacionamento do condomínio
 Fonte: Elaboração própria

8. ANÁLISE ECONÔMICA DO PROJETO

8.1 TARIFA ATUALMENTE PAGA PELA CONCESSIONÁRIA E CONSUMO

O valor atualmente pago à concessionária Eletropaulo, conforme conta de energia elétrica está na ordem de R\$ 0,61 kW/h, no qual a unidade consumidora tem um consumo estimado de 150.000kW/h, resultando uma conta de aproximadamente R\$ 91.500,00 por mês.

8.2 VALOR DO INVESTIMENTO (“TURN-KEY”)

Todos os preços utilizados, sejam de materiais ou serviços, foram de 3 empresas confiáveis no mercado, no qual os estudos são realistas para a instalação deste estacionamento fotovoltaico, no qual não houve estimativas de preço.

Este investimento em primeiro momento será realizado através de financiamento bancário, no qual inicialmente estuda-se trabalhar com o Desenvolve SP (<http://www.desenvolvesp.com.br/>).

O custo estimado “turn-key” do projeto ficou em **R\$ 1.497.110,00** (com todos os impostos), no qual pelo tamanho do projeto de **168,48 kWp**, encontramos um KWp de instalação na ordem **R\$ 8.885,98**, conforme tabela 5.

Com base em análise de mercado, este valor está bem compatível com os padrões brasileiros de instalação, o que transforma o projeto viável técnico-econômica no ponto de vista de preços.

Custo da instalação “turn-key” do projeto:

$$\text{kWp} = \text{R\$ } 1.497.110,00 / 168,48\text{kWp} = \text{R\$ } 8.885,98$$

Item	Qtde	Preço unitario		Preço total		% do sistema
Módulos Fotovoltaico 260Wp	648	R\$	870,00	R\$	563.760,00	37,6
Inversor Fotovoltaico de 27,6kW	5	R\$	37.334,00	R\$	186.670,00	12,4
Estruturas de fixação	96	R\$	2.121,25	R\$	203.640,00	13,6
Materiais Elétricos em geral	1	R\$	203.640,00	R\$	203.640,00	13,6
Serviço de Engenharia / Homologação e Projetos	1	R\$	50.910,00	R\$	50.910,00	3,4
Mão de obra de montagem	1	R\$	152.730,00	R\$	152.730,00	10,2
Materiais em Geral	1	R\$	135.760,00	R\$	135.760,00	9,2
Total:				R\$	1.497.110,00	100%
kWp instalação				R\$	8.885,98	-

Tabela 5: Custo de investimento do projeto conforme preços de mercado
Fonte: Elaboração própria

Uma análise interessante neste projeto é proporcionalidade dos materiais na instalação total. Por uma instalação atípica, fora de telhados ou solo, e sim em estrutura de fixação em solo, o material representa 12% do projeto, sendo que a placa proporcionalmente reduz sua participação no projeto para 37,6%

Vemos mais vez que os materiais elétricos ficaram na ordem de 20%, como inicialmente esperado e a mão-de-obra na ordem 12% (engenharia e montagem). Os demais materiais considerados são os cabos, conectores, conduítes, entre outros que representam 8% do total do sistema.

8.3 ANÁLISE ECONÔMICA DO PROJETO

8.3.1 Análise Econômica geral dos números

Com base em uma produção estimada mensal média de 17.440kW/h, conforme tabela 6, teremos uma economia anual na ordem de 11,63% do gasto, o que representará algo em torno de R\$ 127.660,80. Este valor não representa um grande número de economia, em uma primeira análise, porém considerando que a produção poderá ser compartilhada e na forma de consórcio ou cooperativa, o valor investido no empreendimento total é relativamente pequeno na ordem R\$ R\$ 15.594,89, vide tabela 8, devido divisão exata dos valores investidos entre os 96 condôminos:

Economia (1. Ano):					11,63%
Mês	kW/h consumido	kW/h Produzido	kW/h Pago	Valor Economizado 1. Ano	Valor a Pagar na Conta 1. Ano
Janeiro	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Fevereiro	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Março	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Abril	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Maio	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Junho	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Julho	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Agosto	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Setembro	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Outubro	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Novembro	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Dezembro	150.000,00	17.440,00	132.560,00	R\$ 10.638,40	R\$ 80.861,60
Totais:	1.800.000,00	209.280,00	1.590.720,00	R\$ 127.660,80	R\$ 970.339,20

Tabela 6: Simulação da economia com a produção solar no estacionamento
Fonte: Elaboração própria

Em uma breve análise a tabela 7, vemos que o valor economizado em 20 anos chega em valores na ordem R\$ 5.069.689,79 sendo um projeto bem atrativo para investimento a longo prazo, visto que o sistema possui uma vida estimada em torno de 20 anos para as placas solares. Para chegar nestes valores, foi considerada uma depreciação de 0,08% na produção por ano nas placas solares, o que para uma conta de energia acumulada afeta diretamente no valor final encontrado.

Veremos na tabela 8, que possui um compilado de todas as premissas que foi considerado um aumento médio de 10% por ano na tarifa de energia, hoje em R\$ 0,61kW/h e uma inflação anual conforme índices atuais de 10,67%, nesta caso consideramos nos decorrer dos anos o mesmo valor inicial de 10,67%.

Economia em 20 anos: 10,33%

no	Valor da tarifa	Economia Geral	Valor sem solar	Valor médio a Pagar Anual	Economia Acumulada	Payback Simples
0	-	-R\$ 1.497.110,00		-	-	-R\$ 1.497.110,00
1	R\$ 0,61000	R\$ 126.639,51	R\$ 1.098.000,00	R\$ 971.360,49	R\$ 126.639,51	-R\$ 1.370.470,49
2	R\$ 0,6710	R\$ 138.189,03	R\$ 1.207.800,00	R\$ 1.069.610,97	R\$ 264.828,54	-R\$ 1.232.281,46
3	R\$ 0,7381	R\$ 150.791,87	R\$ 1.328.580,00	R\$ 1.177.788,13	R\$ 415.620,41	-R\$ 1.081.489,59
4	R\$ 0,8119	R\$ 164.544,09	R\$ 1.461.438,00	R\$ 1.296.893,91	R\$ 580.164,50	-R\$ 916.945,50
5	R\$ 0,8931	R\$ 179.550,51	R\$ 1.607.581,80	R\$ 1.428.031,29	R\$ 759.715,01	-R\$ 906.917,10
6	R\$ 0,9824	R\$ 195.925,51	R\$ 1.768.339,98	R\$ 1.572.414,47	R\$ 955.640,52	-R\$ 541.469,48
7	R\$ 1,0806	R\$ 213.793,92	R\$ 1.945.173,98	R\$ 1.731.380,06	R\$ 1.169.434,44	-R\$ 327.675,56
8	R\$ 1,1887	R\$ 233.291,93	R\$ 2.139.691,37	R\$ 1.906.399,44	R\$ 1.402.726,37	-R\$ 94.383,63
9	R\$ 1,3075	R\$ 254.568,15	R\$ 2.353.660,51	R\$ 2.099.092,36	R\$ 1.657.294,52	R\$ 160.184,52
10	R\$ 1,4383	R\$ 277.784,77	R\$ 2.589.026,56	R\$ 2.311.241,79	R\$ 1.935.079,29	R\$ 437.969,29
11	R\$ 1,5821	R\$ 303.118,74	R\$ 2.847.929,22	R\$ 2.544.810,48	R\$ 2.238.198,03	R\$ 741.088,03
12	R\$ 1,7404	R\$ 330.763,17	R\$ 3.132.722,14	R\$ 2.801.958,97	R\$ 2.568.961,20	R\$ 1.071.851,20
13	R\$ 1,9144	R\$ 360.928,77	R\$ 3.445.994,35	R\$ 3.085.065,58	R\$ 2.929.889,97	R\$ 1.432.779,97
14	R\$ 2,1058	R\$ 393.845,48	R\$ 3.790.593,79	R\$ 3.396.748,31	R\$ 3.323.735,45	R\$ 1.826.735,45
15	R\$ 2,3164	R\$ 429.764,18	R\$ 4.169.653,17	R\$ 3.739.888,99	R\$ 3.753.499,63	R\$ 2.256.389,63
16	R\$ 2,5481	R\$ 468.958,68	R\$ 4.586.618,49	R\$ 4.117.659,81	R\$ 4.222.458,31	R\$ 2.725.348,31
17	R\$ 2,8029	R\$ 511.727,71	R\$ 5.045.280,33	R\$ 4.533.552,62	R\$ 4.734.186,02	R\$ 3.237.076,02
18	R\$ 3,0832	R\$ 558.397,28	R\$ 5.549.808,37	R\$ 4.991.411,09	R\$ 5.292.583,30	R\$ 3.795.473,30
19	R\$ 3,3915	R\$ 609.323,11	R\$ 6.104.789,21	R\$ 5.495.466,10	R\$ 5.901.906,41	R\$ 4.404.796,41
20	R\$ 3,7307	R\$ 664.893,38	R\$ 6.715.268,13	R\$ 6.050.374,62	R\$ 6.566.799,79	R\$ 5.069.689,79

Totais: - 6.566.799,79 R\$ 62.887.949,40 R\$ 62.377.550,92 R\$ 5.069.689,79
Economia em 20 anos

Tabela 7: Simulação da economia na projeção de 20 anos
 Fonte: Elaboração própria

Conforme teoria e fórmulas específicas de TIR, chegamos a um valor de 14,13% de TIR para o projeto, ou seja, caso o investidor faça o investimento no decorrer dos

anos, terá um retorno de seu dinheiro na ordem deste valor de TIR. Este valor é extremamente importante para o projeto, pois determina individualmente a taxa mínima de atratividade para cada investidor e inclusive determina a viabilidade de um empréstimo ou financiamento bancário.

Na tabela 8 e gráfico 17, também vemos os valores de “payback” simples e descontado que ficam na ordem de 8 anos e 5 meses para descontado e 8 anos e 10 meses para simples, no qual considerando níveis de “payback” internacionais e vida útil do sistema, representa um número exequível para um projeto solar.

	R\$	
Investimento total:	1.497.110,00	
	R\$	
Investimento para 96 condôminos:	15.594,89	
	R\$	
Relação kWn / R\$:	8.805,98	
Aumento estimado Energia Anual (%):	10%	
Taxa de juros (Desenvolve SP)	6%	
TIR:	14,13%	
Payback descontado:	8 Anos	5 Meses
Payback Simples:	10 Anos	11 meses
		R\$
Economia % (20 anos):	10,33%	5.069.689,79

Tabela 8: Quadro Geral do projeto no estacionamento (projeção para 20 anos)
Fonte: Elaboração própria

No gráfico 17, vemos a projeção da economia no decorrer dos 20 anos, sendo que a partir do nono ano, já teremos uma economia considerável no sistema, chegando em valores de R\$ 5.069.689,79, já corrigido no vigésimo ano.

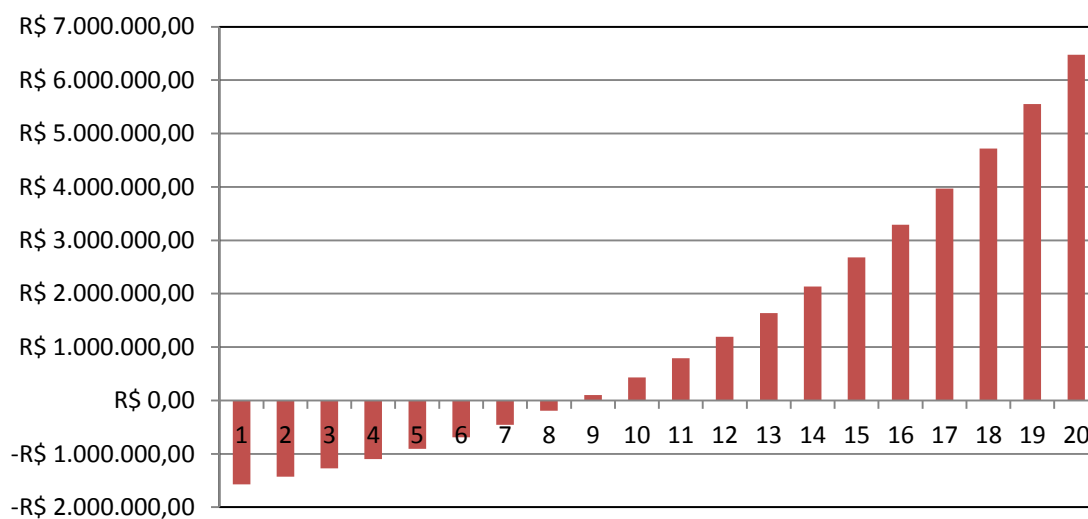


Gráfico 17: Projeção do Payback descontado do projeto
 Fonte: Elaboração própria

Na tabela 9, podemos ver o valor presente líquido do projeto, sendo que o valor alcançado versus o investimento inicial deve ser considerado pelo investidos ou investidores para viabilização ou não do projeto.

Investimento Inicial (MM):		R\$ 1.497.110,00
Fluxo Caixa Livre (MM):		R\$ 127.660,80
VPL (% de taxas de juros Inflação):		6%
Anos	VPL (10,67%)	
1	R\$ 115.352,67	
2	R\$ 104.231,20	
3	R\$ 94.181,98	
4	R\$ 85.101,64	
5	R\$ 76.896,75	
6	R\$ 69.482,93	
7	R\$ 62.783,89	
8	R\$ 56.730,72	
9	R\$ 51.261,15	
10	R\$ 46.318,92	
11	R\$ 41.853,19	
12	R\$ 37.818,01	
13	R\$ 34.171,87	
14	R\$ 30.877,26	
15	R\$ 27.900,30	
16	R\$ 25.210,36	
17	R\$ 22.779,76	
18	R\$ 20.583,50	
19	R\$ 18.598,99	
20	R\$ 16.805,81	
Soma (20 anos):	R\$ 3.191.816,04	

Tabela 9: Análise de VPL do projeto
Fonte: Elaboração própria

CONCLUSÃO

Pensando em nível de Brasil onde esquemas de produção de energia centralizados através de hidrelétricas além do enorme custo ambiental, demoram muito devido a enorme complexidade burocrática, vide Belo Monte hidroelétrica que demorou quase 40 anos pra sair do papel com licenças de IBAMA, Ministério Público, além da complexidade política que envolvem empreiteiras e políticos que nem sempre seguem um padrão ético de trabalho, esse modelo energético esta sobre forte questionamento. As diversas ineficiências, como por exemplo, o fato da hidrelétrica não ter conseguido formar um reservatório adequado, e assim o altíssimo investimento em turbinas ficar prejudicado , ou seja um gasto enorme em turbinas que não podem ser devidamente aproveitadas, além de vários outros problemas que uma mega obra carrega consigo , sendo que a tecnologia permite atualmente o maior uso da geração descentralizada parece colocar a sociedade num novo dilema histórico.

Na verdade segundo muitos especialistas não há maior espaço ou disposição pra obras dessa envergadura.

A descentralização energética ganha força, o único e importante entrave ao aumento dessa tecnologia é que ela envolve grande grau de educação e conscientização dos indivíduos, tira do estado e grandes corporações a responsabilidade sozinha pela geração energética e coloca na mão do cidadão essa possibilidade desde que ele esteja amparado por políticas de governo que incentive o cidadão diretamente e não grandes grupos organizados e com interesses corporativos com políticos como é o caso o Brasil atualmente.

Os custos do empreendimento serão bancados em parte pela empresa que administra o estacionamento do prédio, parte pelo próprio condomínio que abaterá da sua conta parte da energia gerada e parte pelos condôminos interessados em abater a energia de suas salas comerciais com a receita da USINA DE ENERGIA SOLAR a ser construída no local.

O projeto econômico envolve uma análise de critérios de sombreamento pra dar eficiência máxima ao empreendimento, ou seja uma concepção racional da obra do

ponto de vista da insolação pra só aproveitar áreas onde haja uma insolação efetiva pra esse ano e nos próximos anos já que a área prevê a construção de um edifício vizinho alto que vai fazer sombra em parte do estacionamento no local escolhido, e a escolha de materiais com alta qualidade, painéis de fabrica de alta reputação e com devidas garantias, inversores de alto desempenho, escolha de estrutura metálica de resistência, e estética bonita e diferenciada , porque o espírito do projeto e além de produzir energia o projeto poder servir de um estacionamento comercial de primeira linha e dar o devido sombreamento aos carros estacionados.

Este projeto busca um financiamento pelo Desenvolve SP, a usina terá um medidor independente do prédio o que e permitido pela resolução e as contas dos diversos interessados estarão vinculados a esse medidor que injetara na rede toda energia produzida.

Após análise criteriosa e estudo de viabilidade chega-se a conclusão de que o investimento torna-se viável, a partir do momento que é envolvido um agente financiador, neste caso do Desenvolve SP, o qual oferece as taxas de juros apresentadas no presente trabalho.

Para os condôminos participantes do processo de viabilidade, os benefícios diretos retratam um custo mensal nos primeiros dois anos de R\$ 227,37 (duzentos e vinte e sete reais e trinta e sete centavos) isto para amortização do investimento, após este período a prestação sobe para R\$ 279,20 (duzentos e setenta e nove reais e vinte centavos), devido o período de carência inicial.

A produção de energia gerada pelo sistema garante um benefício mensal inicial de aproximadamente 184,15kWh, o que representa um custo evitado mensal junto a concessionária local de R\$ 112,33 para cada um dos 96 condôminos cotistas. Além da economia de energia, o condômino passa ter uma vaga própria e coberta.

O retorno do investimento se dá em 8 (oito) anos contados do início da operação comercial do sistema fotovoltaico.

Principais Barreiras ao maior uso de energia solar fotovoltaica no BRASIL

Notadamente o que impede maior crescimento do setor fotovoltaico no Brasil é uma política de incentivo fiscal mais forte e clara para o setor do governo federal e municipal, já que o governo estadual vem dando incentivo ao setor via diminuição e isenção de ICMS na geração de energia e comercialização de equipamentos já é isento no Brasil os geradores fotovoltaicos.

A Alemanha e os países europeus só deram um salto significativo no setor de energia solar quando resolveram incentiva-la claramente ao consumidor pagando mais caro pela geração do KW em fotovoltaica em relação a outras fontes de energia, sendo que o governo alemão segue uma diretriz clara de diminuir energia nuclear e energia de fontes termelétricas na sua matriz energética.

Assim criaram uma indústria forte no ramo com bons fabricantes de inversores e estruturas, a indústria de placas solares já esta quase que inteira na CHINA que detém toda tecnologia e uma escala de produção difícil de competir pra qualquer país no mundo.

Os EUA na administração de Barack Obama criou uma política fiscal amiga do setor de energia solar permitindo o abatimento de ate 30% do Imposto de Renda devido por pessoas físicas e jurídicas em investimento no setor de energia solar fotovoltaica.

Sendo que essa política foi uma das responsáveis por grande criação de emprego no país e surgimento de diversas empresas instaladoras como Solar City, Sun Run e os Estados Unidos já contam com mais de 8 milhões de sistemas ligados na rede – Net Metering e agora partem com muita força pra desenvolvimento de indústria de carros elétricos, com investimento em pesquisa em indústria de armazenamento de energia a nível residencial e comercial , o aparecimento de uma grande fábrica de baterias no oeste americano a TESLA já simboliza esses investimentos indo pra prática e há quem diga que a partir de 2020 os carros elétricos já entrarão como forma predominante na indústria americana de automóveis.

No Brasil medidas semelhantes de redução de Imposto de Renda a nível federal e de ISS e ou IPTU a nível municipal iriam fazer o crescimento da energia solar ser

exponencial podendo inclusive ser uma política adequada a diminuição da taxa de desemprego atual com enormes ganhos de produtividade na economia.

Tal renúncia fiscal é amplamente defensável já que energia solar é uma tecnologia que gera empregos de qualidade que aumenta a oferta de energia na economia, induz a eficiência energética, ou seja, diminuição do uso da rede de energia já que a geração e consumo são feitos no mesmo local, além de evitar alagamento de áreas e desapropriação caríssimas e demoradas.

Um projeto de energia solar entre a concepção e funcionamento não leva mais que 3 meses, até mesmo grandes usinas podem ser colocadas de pé em pouco tempo.

Então a ação do governo em nível de escolha clara e desoneração fiscal elevaria enormemente essa importante fonte de energia já considerada e aplicada com sucesso em outros países.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. P. **Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Dissertação (Mestrado em Energia). São Paulo, 2012.

ABINEE (Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica). **Propostas para inserção da energia solar na matriz elétrica brasileira**. [S.l.: s.n], 2012. 176 p. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>.

CRESESB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito) **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014. 530 p. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>

EPIA (European Photovoltaic Industry Association) **Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector: On the Road of Competitiveness**. Bruxelas: [s.n.], 2011. 36 p. Disponível em: <http://helapco.gr/pdf/tn_jsp.pdf>.

EPIA (European Photovoltaic Industry Association) **Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018**. Bruxelas: [s.n.], 2014. 60 p. Disponível em: <<http://www.cleanenergybusinesscouncil.com/global-market-outlook-for-photo-voltaics-2014-2018-epia-2014>>.

FITZGERALD, A.; JR, C. K.; UMANS, S. D. Máquinas Elétricas. 6ª ed. São Paulo: Bookman, 2006

GIOSA, Livio A. **Terceirização: Uma Abordagem Estratégica**. 5ª ed. São Paulo: Ed. Pioneira, 1997.

IEA PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme) **Snapshot of global PV Markets in 2014**. [S.l.: s.n], 2014. 16 p. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/technical/PVPS_report_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2014.pdf>.

REN 21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century) **Renewables 2015 Global Status Report**. Paris: REN 21 Secretariat, 2015. Disponível em: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Online%20book_low1.pdf

SALAMONI, I.; RÜTHER, R. **Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede**. IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.

SILVA, Edna L., MENEZES, Esteia M., **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 3a Ed. Florianópolis: Editora Atual, 2001.

Site ECODEBATE, disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2014/02/21/esquenta-a-producao-global-de-energia-solar-artigo-jose-eustaquio-diniz-alves/> Acessado em 16/05/2016 às 00:20.

SPENCER R.W; Braswell, W.D.; Christy, J.R.; Hnilo, J., 2007. Cloud and radiation budget changes associated with tropical intraseasonal oscillations. *Geophys. Res. Lett.*, Vol34, L15707, doi: 10.1029/2007GL029698.

VILLALVA, M., & Gazoli, J. (2012) - ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CONCEITOS E APLICAÇÕES. São Paulo, Brasil: Érica Ltda.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3ª ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.