

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DA CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

ELOISA NONATO ESTEVES

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINEL
FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA NO INTERIOR DE SÃO
PAULO.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2014

ELOISA NONATO ESTEVES

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINEL
FOTOVOLTAICO EM UMA RESIDÊNCIA NO INTERIOR DE SÃO
PAULO.**

Monografia de Especialização, do Departamento Acadêmico da Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, apresentada como requisito parcial para obtenção do Certificado de Conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Construções Sustentáveis.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

CURITIBA
2014

ELOISA NONATO ESTEVES

**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA GERAÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO PAINEL FOTOVOLTAICO EM UMA
RESIDÊNCIA NO INTERIOR DE SÃO PAULO.**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de *Especialista* no Curso de Construções Sustentáveis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador (a):

Prof. Dr. Jair Urbanetz Jr.
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica - DAELT, UTFPR
Professor do III CECONS, UTFPR

Banca:

Prof. Dr. Ivan Azevedo Cardoso
Departamento Acadêmico de DACOC, UTFPR

Prof. Dr. Sérgio Fernando Tavares
Departamento de Arquitetura e Urbanismo, UTFPR

Curitiba
2014

AGRADECIMENTO(S)

Gostaria de agradecer a algumas pessoas que contribuíram com a realização deste trabalho e fazem parte da minha vida:

Agradeço aos meus pais Ayrton e Elizabeth que mesmo em outra cidade me incentivaram aos estudos.

Ao Marcelo Pinterich e Ivana Pinterich que me disponibilizaram a sua residência para o meu estudo, e me auxiliaram com os materiais e informações necessárias.

Ao meu orientador Professor Dr. Jair Urbanetz Junior, pelas longas orientações, sempre com muita paciência, sabedoria, inteligência e experiência. Que me ajudou a agregar valores pessoais e profissionais, e trouxe conhecimentos aprofundados sobre o assunto do estudo.

Ao Yohan Pinterich, pessoa que esteve e esta sempre presente em todos os momentos sejam eles bons ou ruins. Foi compreensível nesse último ano, onde eu não tinha final de semana, sem tempo de sair, passear, viajar, sempre por causa das aulas nos finais de semana. Deu-me força e coragem para começar e continuar com a especialização até o fim. Companheiro para todas as horas, até nas horas de dedicação a este estudo.

A todos vocês meus sinceros... Muito Obrigada!

A coisa mais indispensável a um homem é reconhecer o uso que deve fazer do seu próprio conhecimento (Platão).

RESUMO

ESTEVES, Eloisa Nonato. **Estudo da viabilidade técnica e econômica para geração de energia elétrica utilizando painel fotovoltaico em uma residência no interior de São Paulo**. 2014. 58 f. Monografia (Curso de Especialização em Construções Sustentáveis), Departamentos Acadêmicos da Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

Esse trabalho trata de um estudo realizado em uma residência na cidade de Piraju, localizada no interior do estado de São Paulo, onde foi feita a viabilidade técnica e econômica na geração de energia elétrica utilizando painel fotovoltaico como a fonte de energia, uma energia renovável que tem sido muito explorada nos últimos anos. Este estudo tem como objetivo avaliar técnica e economicamente sistemas fotovoltaicos conectados à rede aplicados a residências na busca por uma forma de geração de energia elétrica mais sustentável. Foi levantado o consumo mensal de energia utilizada na residência, e levando em consideração a localização da mesma, foi determinada a irradiação solar incidente, para em seguida projetar o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, capaz de suprir boa parte da energia demandada. O presente estudo conclui que o uso painéis fotovoltaicos é um sistema viável tecnicamente, pois é possível encontrar facilmente fornecedores e instaladores de módulos fotovoltaicos e inversores no mercado brasileiro, além da entrada em vigor da regulamentação que trata da geração distribuída por fonte solar. A viabilidade econômica para a aplicação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede é compensada no decorrer dos anos, como é apresentado neste estudo, podendo chegar a cerca de 19 anos ou menos dependendo principalmente das políticas tarifárias.

Palavras chave: Painéis Fotovoltaicos. Geração de Energia. Sistema Conectado à Rede Elétrica.

ABSTRACT

ESTEVEES, Eloisa Nonato. **Study the technical and economic feasibility of generating electricity using photovoltaic panel in a residence in São Paulo.** 2014. 58 f. Monografia (Curso de Especialização em Construções Sustentáveis), Departamentos Acadêmicos da Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

This report discusses a study, performed at a residence in the city of Piraju (State of São Paulo), about the technical and economic feasibility of the generation of electricity using photovoltaic panels as the energy source. Solar-powered photovoltaic panels are a renewable energy option that have been largely explored in recent years. The objective of this study technical and economic evaluation system connected to power grid will apply to residences in the search for a way to generate more sustainable energy. The house's monthly energy consumption was measured, and the incident solar irradiation was determined taking into account its location, so that a Photovoltaic System Connected to Network capable of supplying much of the energy required could be designed. The present study concludes that photovoltaic panels is a technically viable system because one can easily find suppliers and installers of photovoltaic modules and inverters in the Brazilian market, as well as the entry into force of the legislation dealing with distributed generation solar power. The economic feasibility for the implementation of Photovoltaic System Network Attached is compensated over the years, as shown in this study, reaching up to about 19 years or less depending mainly on tariff policies.

Keywords: Photovoltaic Panel. Power Generation. System Connected to Power Grid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Radiação Solar	15
Figura 2 – Porcentagem de Radiação Albedo nas superfícies.....	16
Figura 3 – Módulo de Silício Monocristalino e Policristalino.	18
Figura 4 – Módulo de Filmes Finos de a-Si.	20
Figura 5 – Silício microamorfo.....	21
Figura 6 –Módulo de Filmes Finos de CdTe.....	22
Figura 7 - Módulo de Filmes Finos de CIGS.	23
Figura 8 - Componentes do Sistema Fotovoltaico Isolado.....	24
Figura 9 - Componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica	25
Figura 10 – Exemplo de uma residência com arquitetura bioclimática	30
Figura 11 – Ilustração do Sistema de Coleta de Água de Chuva.....	32
Figura 12 – Esquema de ETE por zona de raízes.	34
Figura 13 – Selos de etiquetagem Eficiência Energética.	36
Figura 14 - Imagem de satélite.....	38
Figura 15 – Foto do telhado voltado para o norte.....	39
Figura 16 – Distância entre a residência e o ponto de coleta de dados de irradiação	40
Figura 17 – Tela inicial do RADIASOL com os dados obtidos no projeto SWERA	41
Figura 18 – Programa RADIASOL resultado em forma de gráfico	41
Figura 19 – Programa RADIASOL resultado em forma de tabela.....	42
Figura 20 – Imagem 3D da residência com o posicionamento dos módulos fotovoltaicos....	44
Figura 21 - Pannel Solar Fotovoltaico	45
Figura 22 - Inversor Grid-Tie	46
Figura 23 - Gráfico de consumo com geração.....	47
Figura 25 - Gráfico de custos do Sistema Fotovoltaico	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Potência instalada com nível de tensão.....	28
Tabela 2 – Irradiação diária média no plano horizontal.....	39
Tabela 3 – Resultados da irradiação diária média no plano do telhado.....	42
Tabela 4 – Consumo médio por mês e média anual obtidos através das contas de energia elétrica.....	43
Tabela 5 – Dados do Pannel Fotovoltaico	45
Tabela 6 – Dados do Inversor	46
Tabela 8 – Comparativo entre kWh/mês consumido com o que será gerado.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.2.1	Objetivo Geral	12
1.2.2	Objetivos Específicos.....	12
1.3	METODOLOGIA	12
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1	RADIAÇÃO SOLAR	14
2.2	TECNOLOGIA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	16
2.2.1	Módulos de Silício Cristalino.....	17
2.2.2	Módulos de Filmes Finos	18
2.3	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	24
2.3.1	Sistema Fotovoltaico Isolado	24
2.3.2	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica.....	24
2.4	NORMAS TÉCNICAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUIDA	26
2.5	ARQUITETURA SUSTENTÁVEL	28
2.5.1	Arquitetura bioclimática.....	28
2.5.2	Coleta de água de chuva.....	30
2.5.3	Tratamento por zona de raízes.....	32
2.5.4	Sistema de Iluminação eficiente	34
2.5.5	Programa de etiquetagem de equipamentos elétricos	36
3	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	38
3.1	IRRADIAÇÃO INCIDENTE NA RESIDÊNCIA	38
3.2	Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos.....	42
3.3	Escolha do módulo Fotovoltaico	44
3.4	Custo do sistema Fotovoltaico	47
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	49

1 INTRODUÇÃO

Estudo da viabilidade técnica e econômica para geração de energia elétrica utilizando painel fotovoltaico em uma residência no interior de São Paulo para transformar a casa existente em uma casa parcialmente sustentável. Além da utilização do painel fotovoltaico, principal no trabalho, também serão sugeridas para a casa outras alternativas buscando torná-la mais sustentável, como por exemplo, com a troca de lâmpadas comuns por lâmpadas a leds, tratamento de zona de raízes, entre outros.

O aumento da demanda e consumo de energia decorrente do progresso tecnológico e do avanço no desenvolvimento humano são apontados como os fatores mais importantes na aceleração das alterações climáticas e ambientais observadas e descritas pela comunidade científica. O crescimento do consumo de energia mais que triplicou após a Revolução Industrial e estudos recentes mostram uma tendência de crescimento da demanda energética em consequência da recuperação econômica nos países em desenvolvimento (PEREIRA *et al*, 2006, p.09).

Atualmente, a energia hidráulica é a principal fonte de energia para geração de eletricidade no Brasil. Apesar de ser considerada uma fonte renovável e limpa, as usinas hidroelétricas produzem um impacto ambiental devido ao alagamento de grandes áreas cultiváveis. Estudos mostram que gases do efeito estufa, principalmente o Metano (CH_4), são emitidos para atmosfera em consequência de processos de degradação anaeróbica da matéria orgânica que ocorrem em áreas alagadas. Além disso, as principais bacias hidrográficas brasileiras com capacidade de geração hidroelétrica de alta densidade energética já estão praticamente esgotadas nos principais centros consumidores do País. (PEREIRA *et al*, 2006, p.10).

O Brasil, por ser um país localizado na sua maior parte na região inter-tropical, possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo ano. A utilização da energia solar traz benefícios a longo prazo para o país, viabilizando o desenvolvimento de regiões remotas onde o custo da eletrificação pela rede convencional é demasiadamente alto com relação ao retorno financeiro do investimento, regulando a oferta de energia em períodos de estiagem, diminuindo a

dependência do mercado de petróleo e reduzindo as emissões de gases poluentes à atmosfera como estabelece a Conferência de Kyoto. Existe um grande leque de possibilidades a médio e longo prazo para aproveitamento dessa abundante forma de energia renovável, que vai desde pequenos sistemas fotovoltaicos autônomos até as grandes centrais que empregam energia solar concentrada. (PEREIRA *et al*, 2006, p.10).

A radiação solar é convertida por meio de semicondutores em energia elétrica, tais como efeitos termoelétricos e fotovoltaicos. O efeito fotovoltaico vem da excitação dos elétrons através de alguns materiais sobre a presença de luz solar. Os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica são as células solares ou fotovoltaicas (BRASIL, 2014).

Um sistema fotovoltaico não precisa do brilho do sol para operar. Ele também gera eletricidade em dias nublados, entretanto, a quantidade de energia gerada depende da densidade das nuvens. Devido à reflexão da luz do Sol, dias com poucas nuvens podem resultar em mais produção de energia do que dias completamente claros (BRASIL, 2014).

Na tecnologia de conversão fotovoltaica existem impactos ambientais observados em duas fases: na fase da produção dos módulos, por ser uma tecnologia intensiva em energia; e no fim da vida útil, após cerca de 30 anos de geração, no momento do descomissionamento da planta, quando parte é reciclada e o restante disposto em aterros sanitários (BRASIL, 2014).

1.1 JUSTIFICATIVA

Esse estudo foi escolhido visando aprimorar e disseminar conhecimentos em sistemas fotovoltaicos, que vem se expandindo rapidamente nesses últimos anos, e por ser uma fonte renovável de energia, com grande aplicabilidade no ambiente urbano, podendo ser inclusive integrada/aplicada à edificação. Conhecimento que a população em geral ainda não possui, como por exemplo, os benefícios para o planeta, e para os próprios moradores, que uma edificação sendo microgeradora de energia, pode trazer.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo sobre sistemas fotovoltaicos conectados á rede elétrica em uma residência, analisando a edificação como uma microgeradora de energia elétrica, buscando torná-la mais sustentável sob o aspecto energético.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um estudo sobre sistemas fotovoltaicos;
- Fazer um levantamento na residência em questão, da quantidade de energia elétrica consumida e das características da edificação;
- Dimensionar o sistema fotovoltaico capaz de suprir a demanda energética desta residência;
- Avaliar o investimento necessário e a economia na conta de energia elétrica;
- Apresentar outras estratégias de sustentabilidade possíveis de serem aplicadas.

1.3 METODOLOGIA

O método de pesquisa adotado é de caráter bibliográfico e também estudo de caso, utilizando como fonte de conhecimentos, livros, artigos, internet, normas, entre outros.

Será feito um Estudo de Caso em uma residência no interior de São Paulo, visando torná-la mais sustentável. Este estudo parte do levantamento do consumo de energia elétrica na residência, e a partir disto será projetado um sistema fotovoltaico capaz de suprir parte da energia consumida. Para este projeto utiliza-se o banco de dados de irradiação solar e o programa RADIASOL. Com o resultado obtido através desse estudo, será possível prever o investimento necessário para á implantações do sistema fotovoltaico na residência em questão além de sugerir outras estratégias de sustentabilidade.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será dividido em 4 capítulos. Nesse primeiro capítulo consta a introdução, seguida pela justificativa do trabalho, os objetivos, geral e específicos e a metodologia adota.

No segundo capítulo é apresentada uma revisão da literatura sobre a energia solar fotovoltaica.

O terceiro capítulo apresenta o dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado á rede para a residência em estudo.

No ultimo capítulo tem-se as considerações finais, seguida das referências utilizadas no trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar é uma fonte de energia natural, renovável e gratuita, que não polui o meio ambiente. A maior fonte de energia para o planeta Terra, tudo que tem vida depende da radiação solar.

A energia solar é a fonte primária de energia para todos os processos terrestres, desde a fotossíntese, responsável pela produção vegetal e manutenção da vida na presente forma, até o desenvolvimento de furacões, tempestades, enfim pela circulação geral da atmosfera e oceanos. Além de sua importância em Meteorologia, a energia radiante do sol é um elemento fundamental em estudos ecológicos e de disponibilidade energética, pois a maior parte da energia disponível na Terra tem origem na radiação solar (LIMA, 2003).

A radiação solar é composta por fótons de diferentes comprimentos de onda que apresentam uma distribuição específica chamada espectro. Fora da atmosfera, o espectro da radiação solar aproxima-se do de um corpo negro a cerca de 5.700 K; porém, fenômenos de absorção e reflexão provocados por componentes da atmosfera (como a água, o gás carbônico e o ozônio) modificam o espectro extraterrestre (ALMEIDA, 2012).

Levando em consideração os efeitos do espalhamento e da absorção pelos constituintes atmosféricos, em dias de céu claro, o total de radiação de ondas curtas incidente é composto de duas partes: a radiação solar direta é a radiação que não sofre desvio em sua trajetória sendo responsável pela projeção de sombra nos objetos e a radiação solar difusa decorre do processo de difusão (espalhamento) e não projeta sombra. E a soma dessas chama-se radiação solar global (LIMA, 2003). A Figura 1 demonstra um exemplo da radiação.

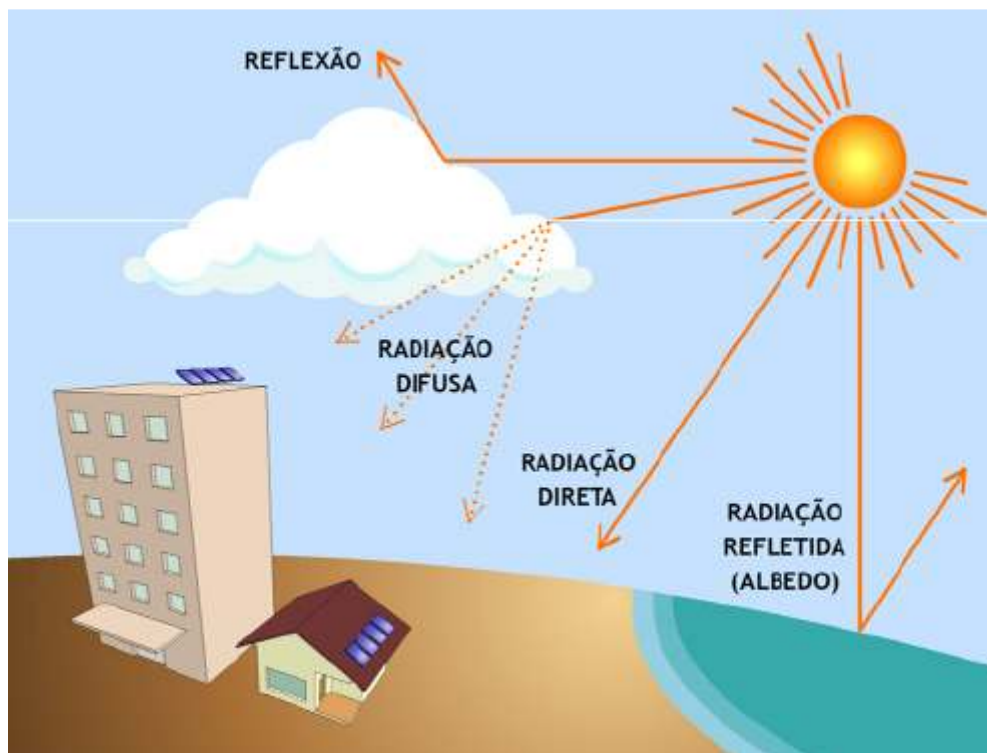


Figura 1 – Radiação Solar
Fonte: (URBANETZ JR, 2013)

Albedo é a fração da radiação solar incidente que é refletida por um corpo ou uma superfície, sendo calculado como a razão entre a quantidade de radiação refletida e a quantidade de radiação recebida. Em termos geográficos, o albedo representa a relação entre a quantidade de luz refletida pela superfície terrestre e a quantidade de luz recebida do Sol. Esta relação varia fortemente com o tipo de materiais existentes à superfície: por exemplo, em regiões cobertas por neve, o albedo ultrapassa os 80%, enquanto num solo escuro, não vai além dos 10%. Na sua globalidade, o albedo médio da Terra é de cerca de 37%. O albedo varia também com a inclinação (ou obliquidade) dos raios solares - quanto maior essa inclinação, maior será o albedo (KNOOW, 2007). A Figura 2 apresenta alguns exemplos de superfícies com seus respectivos valores de albedo.



Figura 2 – Porcentagem de Radiação Albedo nas superfícies.
Fonte: (BUTTLER & LANNER, 1996 *apud* PLANETA, 2014)

Através do efeito fotovoltaico, as células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não-poluente e renovável (RÜTHER, 2004).

2.2 TECNOLOGIA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Em qualquer instalação solar fotovoltaica o módulo solar fotovoltaico é o elemento básico do sistema gerador. A quantidade de módulos conectados em série irá determinar a tensão de operação do sistema em corrente contínua (CC). A corrente do gerador solar é definida pela conexão em paralelo de painéis individuais ou de *strings* (conjunto de módulos conectados em série). A potência instalada, normalmente especificada em CC, é dada pela soma da potência nominal dos módulos individuais (RÜTHER, 2004).

Nos últimos anos a fabricação e comercialização de módulos fotovoltaicos vêm crescendo em grande escala. Os módulos fotovoltaicos dividem-se basicamente em módulos da família do silício cristalino e da família dos filmes finos.

2.2.1 Módulos de Silício Cristalino

A mais tradicional das tecnologias fotovoltaicas e a que ainda hoje apresenta maior escala de produção a nível comercial é o c-Si (como é conhecido o módulo de silício cristalino), se consolidou no mercado fotovoltaico por sua extrema robustez e confiabilidade. O custo de produção destes módulos solares é, no entanto, bastante elevado e as possibilidades de reduzi-los já foram praticamente esgotadas, razão pela qual esta tecnologia é desconsiderada por muitos analistas como séria competidora com formas convencionais de geração de potência em larga escala. O c-Si segue sendo, no entanto, o líder dentre as tecnologias fotovoltaicas para aplicações terrestres em qualquer escala, principalmente porque nos principais mercados mundiais (Japão e Alemanha) (RÜTHER, 2004).

Existem dois tipos de módulos de Silício Cristalino, o módulo de silício monocristalino (m-Si) e o módulo de silício policristalino (p-Si).

O Silício monocristalino além de ser o mais antigo em tecnologia fotovoltaica, as células são também as com as maiores eficiências em aplicações comerciais. Esta célula é produzida puxando uma espécie de semente de cristal de forma extremamente lenta (da ordem de cm/hora) e uniforme a partir de um banho de silício fundido de alta pureza (Si = 99,99% a 99,9999%) em reatores sob atmosfera controlada. Isto produz um cilindro com duas pontas finas que são cortadas fora e, então, o cristal é cortado em secções usando quatro cortes em toda sua extensão – isto será transformado em quadrados com as quinas arredondadas. Finalmente o cristal é cortado em centenas de lâminas (*wafers*) por fios ou serras diamantadas (AMERICA DO SOL, 2014a). Como pode se observar na Figura 3.

Este será o pré-produto usado na produção das células solares, o qual envolve lapidações, banhos químicos, polimentos, processos de difusão/dopagem e deposição da máscara condutora da eletricidade gerada. Finalmente as células serão interconectadas em série para a obtenção do módulo fotovoltaico (AMERICA DO SOL, 2014a).

As células de Silício policristalino são formadas por diversos cristais, que são fundidos e posteriormente solidificados direcionalmente, como se observa na Figura 3. Justamente por causa das bordas das partículas de cristais que a eficiência das células de policristalino é menor que as monocristalino. Por outro lado, elas costumam

bem menos para serem produzidas, exigem menos material e energia. Tudo isto reflete no custo final das células, que acaba sendo menor que as monocristalinas, e fez também a tecnologia deter a maior fatia do mercado de módulos solares a um longo período (AMERICA DO SOL, 2014a).

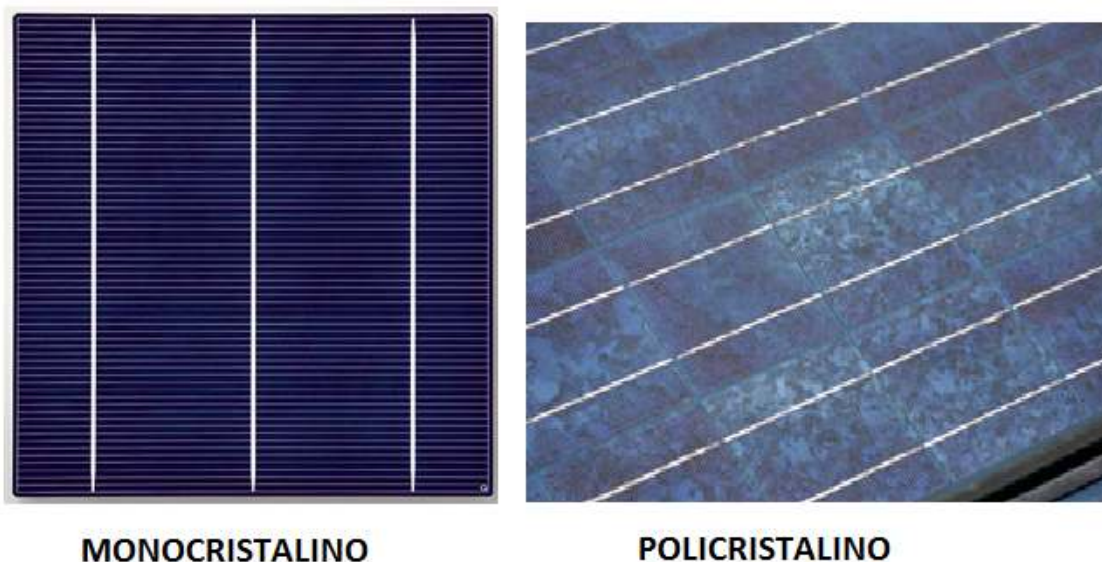


Figura 3 – Módulo de Silício Monocristalino e Policristalino.
Fonte: (AMERICA DO SOL, 2014a)

Nos últimos anos o p-Si tem crescido sua participação no mercado fotovoltaico mundial, em detrimento do m-Si, e atualmente mais de 50% da produção mundial utiliza o p-Si (MAYCOCK, 2003 *apud* RÜTHER, 2004). O p-Si pode ser também produzido sob a forma de tiras ou fitas (*ribbontechnology*), a partir de um banho líquido de silício e neste processo fica dispensado o fatiamento em lâminas, uma vez que as tiras de p-Si já são produzidas com a espessura final da célula (RÜTHER, 2004).

2.2.2 Módulos de Filmes Finos

Os módulos de filmes finos caracterizam-se por utilizar uma pequena quantidade de material semicondutor depositado em substrato, que pode ser rígido ou flexível. Eles são nominados conforme o tipo de material semicondutor utilizado, os mais comuns são: Silício Amorfo Hidrogenado (a-Si); Silício Microamorfo (μ a-Si); Telureto de Cádmio (CdTe); Disseleneto de Cobre e Índio (CuInSe₂ ou CIS); Disseleneto de Cobre, Gálio e Índio (Cu(InGa)Se₂ ou CIGS).

2.2.2.1 Silício Amorfo Hidrogenado (a-Si)

No início dos anos 80 o Silício amorfo hidrogenado (a-Si) era visto como a única tecnologia fotovoltaica em filmes finos (películas delgadas) comercialmente viável. Tendo sido pela primeira vez empregado em células solares em meados da década de 70, imediatamente despontou como tecnologia ideal para aplicação em calculadoras, relógios e outros produtos onde o consumo elétrico é baixo. Por apresentarem uma resposta espectral mais voltada para a região azul do espectro eletromagnético, tais células se mostraram extremamente eficientes sob iluminação artificial (e.g. sob lâmpadas fluorescentes e sob radiação difusa como a que predomina em dias com céus encobertos), com eficiência nestes casos superior à do c-Si (RÜTHER, 2004).

As células a-Si são camadas extremamente finas de silício, muitas vezes tendo não mais do que 0,5 micrometros de espessura com uma estrutura amorfa. Sua eficiência não passa de 6% (AMERICA DO SOL, 2014b).

Para fabricá-las, o semicondutor é depositado sobre um substrato (normalmente vidro, ou inox ou alguns plásticos), em processos a plasma (estado gasoso). Então camadas condutoras transparentes são adicionadas para transmitir a corrente elétrica. Um laser é usado pra dividir a superfície em diversas células, um processo usado para alcançar correntes e tensões mais adequadas. Este modo de fabricação permitiu o desenvolvimento de módulos solares flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes, como pode-se ver na Figura 4, com superfícies curvas que aumentam a versatilidade na sua aplicação, principalmente em projetos de integração as construções (AMERICA DO SOL, 2014b).



Figura 4 – Módulo de Filmes Finos de a-Si.
Fonte: (RÜTHER, 2004)

Por sua aparência estética mais atraente, o a-Si tem encontrado aplicações arquitetônicas diversas, substituindo materiais de cobertura de telhados e fachadas em instalações integradas ao ambiente construído. É como material de revestimento que o a-Si leva grande vantagem sobre o c-Si, pois o custo por m^2 toma maior importância do que o custo por Wp e neste aspecto já hoje o a-Si tem custo inferior à metade do custo por m^2 do c-Si (RÜTHER, 2004).

Filmes finos para aplicações fotovoltaicas, principalmente no entorno construído, estão sendo desenvolvidos para a geração de potência elétrica por apresentarem baixos custos de produção decorrentes das quantidades diminutas de material envolvido, das pequenas quantidades de energia envolvidas em sua produção, do elevado grau de automação dos processos de produção (grande capacidade de produção) e seu baixo custo de capital (RÜTHER & LIVINGSTONE, 1993 *apud* RÜTHER, 2004).

2.2.2.2 Silício Microamorfo (μ a-Si)

O painel de silício microamorfo, também conhecido como micromorfo ou ainda microcristalino, possui eficiência superior aos de silício amorfo, chegando a cerca de 8%, o que é atraente para uma família de filmes finos.

A tecnologia de silício microcristalino permite mudar a coloração dos painéis, através da obtenção de uma cor vermelha escura intensa para um tom acinzentado. Este método de colorir o painel solar garante um menor impacto visual e maior aplicação na arquitetura: são vários usos nas grandes janelas de edifícios públicos ou de centros comerciais, onde o objetivo é explorar fontes de energia renováveis, mantendo estilo e elegância (MASSA, 2014). A Figura 5 mostra uma fachada que faz uso de módulos μ a-Si.

Um painel fotovoltaico de película fina microamorfo apresenta um elevado desempenho, devido ao fato de que as células solares são capazes de captar e absorver não só a radiação solar direta, mas também a difusa. Apresenta ainda a oportunidade de formar a translucidez de um nível de 0 e 25% nas grandes fachadas de vidro ou substituir, diretamente, a proteção solar e a possibilidade de inclusão em vidros duplos (MASSA, 2014).

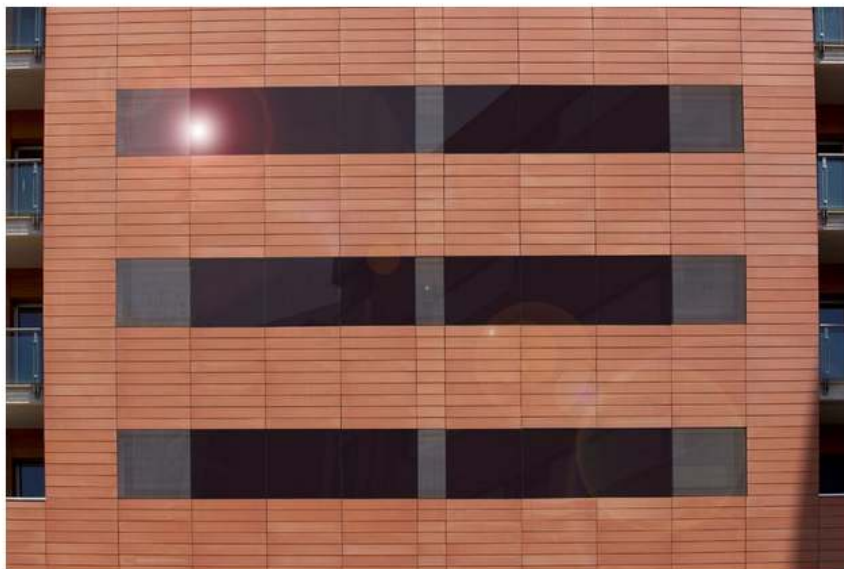


Figura 5 – Silício microamorfo
Fonte: (MASSA, 2014).

2.2.2.3 Telureto de Cádmiio (CdTe)

O mais recente competidor do c-Si e a-Si no mercado fotovoltaico para geração de potência e nas aplicações integradas a edificações é o Telureto de Cádmiio (CdTe), também na forma de filmes finos. Para aplicações em calculadoras este material já vem sendo usado há mais de uma década. Sob a forma de placas de vidro num tom marrom/azul escuro, também apresentam um atrativo estético em

comparação ao c-Si, como mostra a Figura 6. As empresas envolvidas com esta tecnologia vêm buscando as aplicações arquitetônicas como nicho de mercado enquanto desenvolvem seu produto, ampliam volumes de produção e reduzem custos (RÜTHER, 2004).



**Figura 6 –Módulo de Filmes Finos de CdTe.
Fonte: (RÜTHER, 2004)**

Assim como no caso do a-Si, os custos de produção do CdTe são atrativamente baixos para produção em grande escala esta tecnologia tem ótimas chances de despontar como um sério competidor no mercado fotovoltaico para a geração de potência elétrica. Filmes finos para aplicações fotovoltaicas, principalmente no entorno construído, estão sendo desenvolvidos para a geração de potência elétrica por apresentarem baixos custos de produção decorrentes das quantidades diminutas de material envolvido, das pequenas quantidades de energia envolvidas em sua produção, do elevado grau de automação dos processos de produção e seu baixo custo de capital (RÜTHER, 2004).

Outro problema desta tecnologia é a toxicidade do cádmio que, como o mercúrio, pode se acumular na cadeia de alimentos. Por isso algumas empresas e

instituições de pesquisa já trabalham em investigações para produzir filmes finos sem o cádmio (AMERICA DO SOL, 2014c).

2.2.2.4 Disseleneto de Cobre (Gálio) e Índio [CIGS]

A família dos compostos baseados no disseleneto de cobre e índio (CuInSe_2 , ou simplesmente CIS), e disseleneto de cobre, gálio e índio (Cu(InGa)Se_2 , ou simplesmente CIGS), são sérios competidores no mercado fotovoltaico também em aplicações integradas a edificações é principalmente por seu potencial de atingir eficiências relativamente elevadas. Apresentam, como o a-Si e o CdTe, uma ótima aparência estética e estão surgindo no mercado com grandes superfícies, encontrando aplicações arquitetônicas diversas (RÜTHER, 2004).

Devido a boa aparência, são atrativos para aplicações integradas a edifícios, além de terem uma boa eficiência (chegam a 12%, bem superior as de a-Si). Porém, assim como as células de CdTe, também envolvem problemas ligados a toxicidade dos elementos e a pouca abundância (AMERICA DO SOL, 2014d). A Figura 7 apresenta o módulo CIGS, que dentre os filmes finos comercialmente disponíveis, são os que apresentam o melhor rendimento fotovoltaico, razão pela qual várias empresas vêm investindo nesta tecnologia (RÜTHER, 2004).



**Figura 7 - Módulo de Filmes Finos de CIGS.
Fonte: (RÜTHER, 2004)**

2.3 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos são utilizados para a geração de energia elétrica através da radiação solar. Existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: o sistema fotovoltaico isolado e o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.

2.3.1 Sistema Fotovoltaico Isolado

O sistema fotovoltaico isolado, normalmente utilizado em locais onde a rede elétrica da concessionária não está presente, armazena a energia elétrica gerada em baterias, a fim de poder disponibilizar energia elétrica inclusive nos momentos de baixa ou nenhuma incidência solar. Podem ser do tipo individual ou em miniredes. É composto pelos seguintes equipamentos: Painel fotovoltaico; Controlador de carga; Baterias e Inversor (URBANETZ JR, 2013).

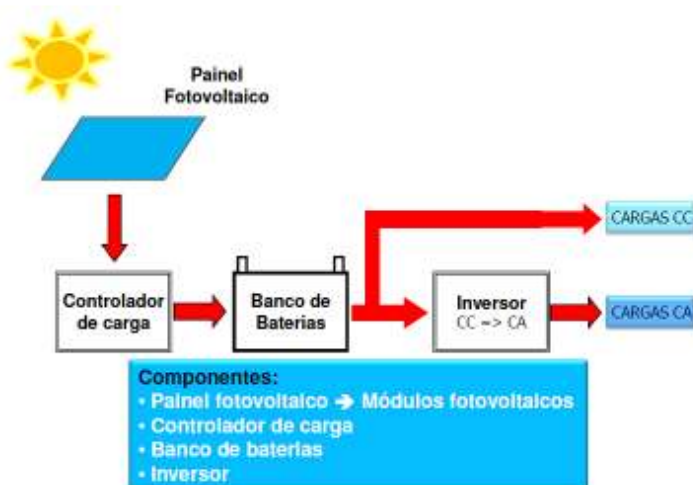


Figura 8 - Componentes do Sistema Fotovoltaico Isolado
Fonte: (URBANETZ JR, 2013)

2.3.2 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica

No sistema fotovoltaico conectado à rede, a energia elétrica gerada é injetada na rede elétrica pública. Tem como características alta produtividade, e se desconectam automaticamente quando ocorre uma falha na rede, evitando o efeito do ilhamento. Quando a rede elétrica é restabelecida, automaticamente o sistema volta a operar normalmente. É composto basicamente por apenas dois equipamentos: o painel fotovoltaico e o inversor. Visando atender os requisitos das

concessionárias de energia elétrica, devem ser instalados ainda, dispositivos de manobra e proteção, e um medidor de energia bidirecional, que mede a energia elétrica injetada na rede pública, e também a consumida (URBANETZ JR, 2013).

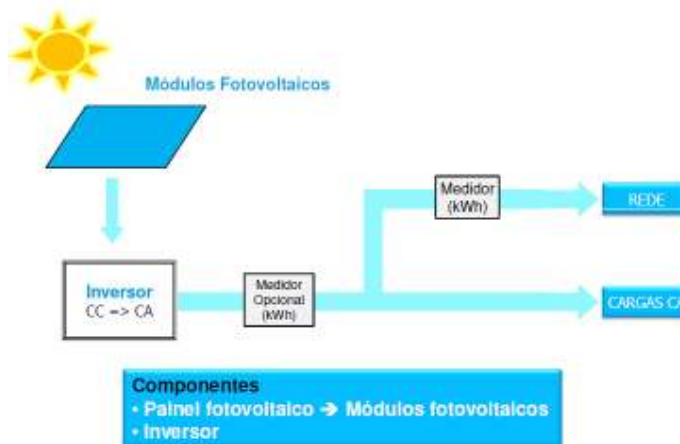


Figura 9 - Componentes do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica
Fonte: (URBANETZ JR, 2013)

O Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica é baseado na interação de dois agentes responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica: a concessionária e o gerador fotovoltaico. Havendo incidência solar sobre o painel fotovoltaico, há geração de energia elétrica, e esta é disponibilizada diretamente na rede elétrica do próprio consumidor onde está localizado o gerador fotovoltaico. No caso da energia fotogerada ser superior a consumida na própria edificação, a mesma é enviada à rede elétrica para ser consumida nas adjacências. Nos momentos de baixa ou nenhuma incidência solar, a concessionária é quem supre o consumidor (URBANETZ JR *et al.*, 2014).

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Redes são uma forma de geração distribuída, pois contribuem com a disponibilidade de energia junto ao ponto de consumo, minimizando as perdas com transmissão e distribuição, e dispensam o uso de banco de baterias, pois a potência gerada é consumida diretamente pelas cargas locais e o excedente é absorvido pela rede elétrica, que a disponibiliza para outros consumidores permitindo a redução da geração pelas fontes convencionais de energia, no caso do Brasil, principalmente as usinas hidroelétricas e térmicas (URBANETZ JR *et al.*, 2014).

O desempenho de um sistema fotovoltaico é afetado por uma série de fatores ligados à qualidade dos componentes, à configuração escolhida, às condições meteorológicas, à correta instalação e manutenção do sistema e às

condições da rede elétrica, que impõem uma série de perdas ao sistema. De uma maneira geral, essas perdas provocam a redução da eficiência dos componentes dos sistemas fotovoltaicos, afetando diretamente a produção de energia e os parâmetros de desempenho, sendo importante conhecê-las a fim de evitá-las ou reduzi-las ao máximo (ALMEIDA, 2012).

2.4 NORMAS TÉCNICAS PARA GERAÇÃO DISTRIBUIDA

Geração Distribuída é a geração de energia elétrica realizada junto ou próxima do(s) consumidor(es) independente da potência, tecnologia e fonte de energia. As tecnologias de geração distribuída têm evoluído para incluir potências cada vez menores (INEE, 2014).

Tem como vantagem economia no investimento de transmissão e redução das perdas de energia no sistema. O sistema de geração distribuída conta com equipamentos de medida, controle e comando que articulam a operação dos geradores e o eventual controle de cargas.

A geração elétrica perto do consumidor chegou a ser a regra na primeira metade do século, quando a energia industrial era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 40, no entanto, a geração em centrais de grande porte ficou mais barata, reduzindo o interesse dos consumidores pela geração distribuída e, como consequência, o desenvolvimento tecnológico para incentivar esse tipo de geração também parou (INEE, 2014).

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, estabeleceu dia 17 de abril de 2012 uma nova resolução normativa de número 482, que estabelece condições gerais para mini e micro geração de energia elétrica.

Os microgeradores são aqueles com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), e os minigeradores, aqueles cujas centrais geradoras possuem potencia superior a 100 kW e inferior a 1 megawatt (MW). As fontes de geração precisam ser renováveis ou com elevada eficiência energética, isto é, com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada (ANEEL, 2012).

Os estímulos à geração distribuída se justificam pelos potenciais benefícios que tal modalidade pode proporcionar ao sistema elétrico. Entre eles estão o adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e

distribuição, o baixo impacto ambiental, a redução no carregamento das redes, a minimização das perdas e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2012).

Esta resolução foi criada para simplificar a conexão das mini e micro centrais à rede das distribuidoras de energia elétrica. Permite que a energia excedente produzida possa ser repassada para a rede, gerando um “crédito de energia” que será posteriormente utilizado para abater seu consumo (ANEEL, 2012).

O saldo positivo desse crédito de energia não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo em outro posto ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses (ANEEL, 2012).

As distribuidoras tiveram até dezembro de 2012 para adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso da microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais (ANEEL, 2012).

Na cidade de Piraju onde se encontra a residência estudada a companhia de energia elétrica que atende a rede pública é a CPFL Santa Cruz, que faz parte da empresa Grupo CPFL Energia. Foi solicitado através de email para o programa Eficiência Energética da companhia, dados que pudessem contribuir com a apresentação do trabalho, porém sem retorno. Visando obter essas informações foi realizado uma visita diretamente na agência da CPFL Santa Cruz em Piraju. As informações preliminares são de que a cidade de Piraju já tem a capacidade em sua rede elétrica de receber a energia gerada por uma mini ou micro geradora de energia elétrica.

A CPFL Energia elaborou dois documentos para atender a distribuição de energia. O de Norma técnica: Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica, e o Padrão técnico: Padrão de Entrada para Micro e Minigeração Distribuída (CPFL, 2013a).

A Norma estabelece os requisitos técnicos mínimos a serem implementados nas instalações elétricas de consumidores conectados às redes de média e baixa tensão da Distribuidora e que desejam a elas ligar, de forma permanente, seus próprios sistemas de geração de eletricidade, nos termos regulamentados por meio da Resolução Normativa nº 482/2012, de 17/04/2012, da Agência Nacional de

Energia Elétrica (ANEEL). Os seus respectivos valores de tensões nominais das redes primárias (em média tensão) é 11 – 13,8kV e secundárias (em baixa tensão) é 127 – 220V de distribuição para a companhia CPFL Santa Cruz. As redes de distribuição são trifásicas, com neutro eficazmente aterrado(CPFL, 2013a).

É preciso uma solicitação de autorização para operar conectados às redes de distribuição da CPFL dentro do sistema de compensação de energia elétrica. Esta operação em paralelo também só é autorizada quando preenchidos os requisitos exigidos (CPFL, 2013b). O sistema de compensação de energia elétrica prevê a cobrança, no faturamento da unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída, de um valor mínimo que se refere ao custo de disponibilidade para o consumidor conectado em baixa tensão (denominado consumidor do Grupo B), ou da demanda contratada para o consumidor conectado em média tensão (denominado consumidor do Grupo A), conforme o caso (CPFL, 2013a). A conexão na rede da unidade consumidora deveser conforme Tabela 1.

Tabela 1- Potência instalada com nível de tensão

Potência instalada	Nível de tensão
< 10 kW	Baixa Tensão (BT), monofásico, bifásico ou trifásico
10 a 100 kW	Baixa Tensão (BT), trifásico
101 a 500 kW	Baixa Tensão (BT) ou Média Tensão (MT), ambos trifásicos
501 kW a 1 MW	Média Tensão (MT), trifásico

2.5 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL

2.5.1 Arquitetura bioclimática

A arquitetura bioclimática surgiu numa altura em que não existiam tecnologias que pudessem responder às necessidades de climatização e de iluminação. É ainda de notar que nessa altura os materiais utilizados eram os materiais locais, o que permitia uma diversificação e uma exploração limitada de cada tipo de material. Exemplos deste tipo de construção são visíveis em algumas casas no Alentejo, em que o fato de estas estarem todas em banda, com ruas estreitas, permitia um maior sombreamento e as paredes grossas pintadas de

branco permitiam uma maior inércia térmica do edifício e uma menor absorção da radiação solar. Outro exemplo bastante conhecido são as casas existentes em países nórdicos com uma inclinação acentuada dos telhados, necessária para permitir que a neve não permaneça em cima deste. Ambos estes exemplos ilustram casos em que com medidas muito simples se promove o conforto tanto de Inverno como de Verão (LANHAM, 2004).

A arquitetura bioclimática pode ser definida como a projeção e construção de um edifício tendo em conta toda a envolvência clima térmica e características ambientais do local em que se insere, promovendo conseqüentemente uma melhoria das condições de conforto e uma minimização do consumo energético. Este tipo de arquitetura é um instrumento que permite manter a viabilidade de um “equilíbrio saudável” na construção, racionalizando tanto os recursos utilizados como os resíduos produzidos (LANHAM, 2004).

É conhecida também por sua alta eficiência energética, porque economiza e conserva a energia que capta, produz ou transforma no seu interior, reduzindo, portanto, o consumo energético e a suposta poluição ambiental. Em geral, é uma arquitetura pensada com o clima do lugar, o sol, o vento, a vegetação e a topografia, com um desenho que permite tirar proveito das condições naturais do lugar, estabelecendo condições adequadas de conforto físico e mental dentro do espaço físico em que se desenvolve (CORREA, 2002).

Frente a nossa atual situação de consumo elétrico, e ao fato de que no Brasil ainda é a minoria da população a que tem condições econômicas de incorporar sistemas de calefação ou de ar condicionado, mais importante e eminente se torna a nossa posição como arquitetos, de adotar sistemas passivos e estratégias benignas, que proporcionem, sem dúvida, maior conforto ambiental com maior economia. Estes sistemas, aliados a correta eleição dos materiais, ao respeito a tradição construtiva revista sob a ótica das novas tecnologias, e a cultura regional, impulsionam ao aumento da qualidade de vida da população, e refletem a verdadeira vanguarda na arquitetura (CORREA, 2002). A Figura 10 é um exemplo de residência utilizando arquitetura bioclimática, possui grandes janelas para entrada de luz e vento, e painéis fotovoltaicos, para ajudar na eficiência energética da casa.



Figura 10—Exemplo de uma residência com arquitetura bioclimática
Fonte: (CORREA, 2002)

2.5.2 Coleta de água de chuva

A água encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico. Todos os organismos necessitam de água para sobreviver, sendo sua disponibilidade um dos fatores mais importantes a moldar os ecossistemas. Com o aumento da demanda devido ao crescimento populacional, a água tem se tornado um recurso natural cada vez mais escasso. Uma das maneiras viáveis para a minimização do problema é a captação de água de chuva. Com um sistema de captação de água de chuva é possível reduzir o consumo de água potável e conseqüentemente os gastos, minimizar alagamentos, enchentes, racionamentos de água e ainda preservar o meio ambiente reduzindo a escassez dos recursos hídricos, além de minimizar o arraste de lixos e resíduos de automóveis para os corpos hídricos através das águas pluviais (RMAI, 2014).

Atualmente o aproveitamento de água da chuva é praticado em países como Estados Unidos, Alemanha, Japão, entre outros. No Brasil, o sistema é utilizado em algumas cidades do Nordeste como fonte de suprimento de água. A viabilidade do uso de água da chuva é caracterizada pela diminuição na demanda de água

fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência à diminuição dos custos com água potável e a redução do risco de enchentes em caso de chuvas fortes (VASCONCELOS *et al.*, 2007).

Em Curitiba foi criado um programa de conservação e uso racional da água nas edificações (PURA), em 18 de setembro de 2003, lei de nº 10.785, que tem como objetivo instruir medidas que induzam à conservação, uso racional e utilização de fontes alternativas para captação de água nas novas edificações.

Para a captação da água de chuva é recomendado apenas captação da água das coberturas. De superfícies como piso não são recomendadas por conter maior contaminação. Recomenda-se que os primeiros dez minutos de água de chuva devem ser descartados das coberturas, pois contêm ácidos, microorganismos, e outros poluentes atmosféricos, diminuindo assim o nível de contaminação.

O ciclo de coleta da água de chuva começa com a água que cai no telhado, escorre para a calha, passa através de um condutor vertical, por uma grade, que por sua vez tem a função de reter a sujeira (folhas, galhos, etc), a água vai primeiro para um reservatório de auto limpeza, quando esse reservatório atinge certo nível, ele é fechado automaticamente através de uma bóia, e a nova água coletada passa pelo condutor vertical para o reservatório seguinte, onde será armazenada a água da chuva até a sua capacidade máxima. Após atingir a capacidade máxima, através de um extravasor, a água será jogada para as galerias pluviais.

A Figura 11 demonstra os passos do ciclo de captação de água de chuva.

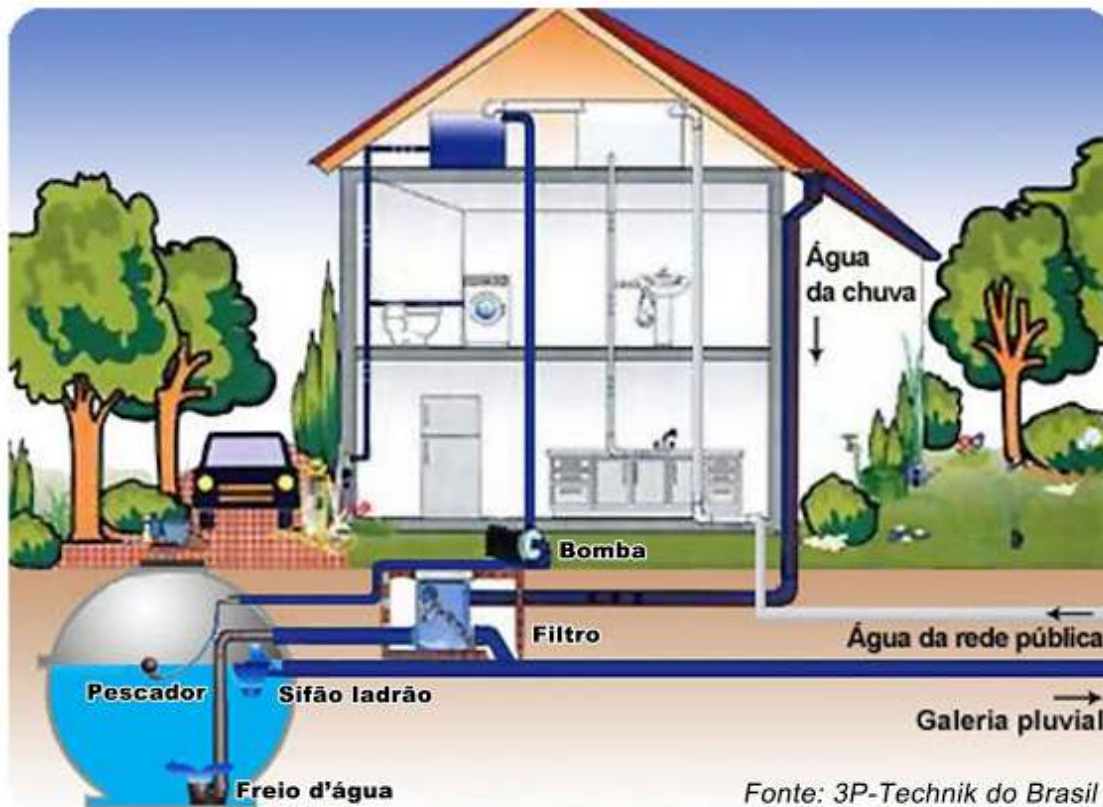


Figura 11 – Ilustração do Sistema de Coleta de Água de Chuva.
Fonte: (OLIVIERI, 2014)

As águas de chuva são encaradas pela legislação brasileira hoje como esgoto, pois ela usualmente vai dos telhados, e dos pisos para as bocas de lobo aonde, como “solventes universal”, vai carreando todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar dando num rio que por sua vez vai acabar suprindo uma captação para tratamento de Água Potável (VASCONCELOS *et al.*, 2007).

A água coletada deverá ser utilizada apenas para usos não potáveis, tais como rega de jardim, lavagem de carro, calçadas, etc.

2.5.3 Tratamento por zona de raízes

A estação de tratamento de efluentes utilizando plantas, conhecida como "Wetlands ou Zona de Raízes" é largamente utilizada em países Europeus, com desempenho e tecnologia altamente consagrada, baseando-se em um fenômeno

natural, comum aos filtros de leito granular, que ocorre nos alagados ou brejos (BIO ESTRUTURA, 2014).

Os pesquisadores Rezende e Heller (2002), por meio da análise histórica da implantação da política de saneamento no Brasil, concluíram que o governo consegue atender com condições básicas de saneamento uma parcela significativa da população urbana e mantém o foco de suas ações neste setor. Com isto se excluí a parcela da população que está inserida em favelas e periferias urbanas, municípios menores dos Estados mais pobres e a população rural em geral, onde as condições estruturais diferem da concepção de implantação de sistemas convencionais e coletivos de saneamento (VAN KAICK, 2009).

A falta de tratamento dos esgotos sanitários é considerado um dos maiores problemas ambientais da população brasileira. Devido à situação sócio-econômica brasileira, são inevitáveis os investimentos no desenvolvimento de tecnologias alternativas, de baixo custo e de alta eficiência para o tratamento das águas residuárias. O tratamento de esgoto utilizando plantas está se revelando uma alternativa eficiente e de baixo custo quando comparadas aos sistemas convencionais (LEMES *et al.*, 2008).

As principais vantagens dos sistemas de tratamento por Zona de Raízes são: baixo custo de implantação, manutenção e operação; qualidade na remoção de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO) e nutrientes, comparado a sistemas simples como Fossa/Filtro; eficiência na eliminação de coliformes que podem chegar a 99,99%; estética visual do sistema, podendo ser incorporado ao paisagismo, consistindo-se em um jardim; e vida útil de até 40 anos (BIO ESTRUTURA, 2014).

Nesse tipo de estação, o efluente primeiro passa por um tratamento primário, geralmente por uma fossa séptica, onde são removidos os sólidos sedimentáveis; logo após, o efluente é encaminhado através de uma rede de tubulações perfuradas para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) por zona de raízes, mais ou menos a uns 10 cm abaixo da superfície do filtro, onde é iniciado o tratamento secundário. Para Van Kaick (2002), as plantas que constituem a zona de raízes devem ser plantadas sobre um filtro físico estruturado por uma camada de brita nº 2, de 50 cm de profundidade, e sobre a rede de distribuição do efluente bruto. Logo abaixo da camada de brita encontra-se outra camada do filtro, que é constituída de areia (com granulometria de média para grossa) de 40 cm de

profundidade. No fundo do filtro ficam as tubulações de coleta do efluente tratado, que são conduzidos para fora da estação através da diferença de nível. Para evitar a contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático e infiltrações indesejáveis no sistema, a ETE deve ser impermeabilizada com lona plástica resistente, ou por uma estrutura de concreto armado (LEMES *et al.*, 2008). Conforme mostra na Figura 12.

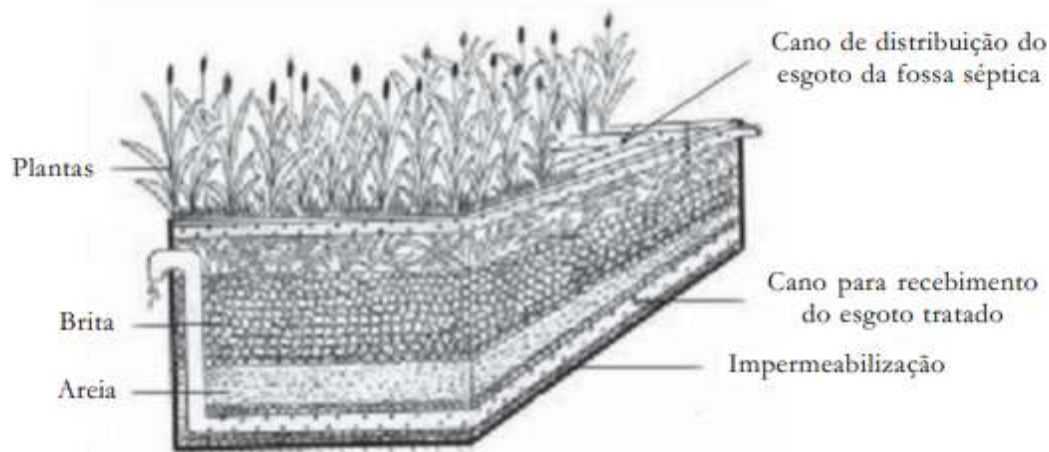


Figura 12 – Esquema de ETE por zona de raízes.
Fonte: (LEMES *et al.*, 2008)

As plantas utilizadas no sistema são específicas e adaptadas para locais alagados, com alta performance em tratamento de efluentes, realizam a aeração da rizosfera fornecendo oxigênio à flora bacteriana, absorvem nutrientes e formam uma rede de raízes que filtram e retêm resíduos do efluente, tornando-o límpido e de boa qualidade, podendo ser reutilizado na irrigação, na formação de lagos, etc (BIO ESTRUTURA, 2014).

Algumas plantas que podem ser utilizadas nesse tratamento são: Papiro, Junco, Capim Vetiver, Estrelixas, as plantas ornamentais podem ser misturadas. Já espécies como o copo de leite devem ser plantadas sozinhas, pois elas matam as outras espécies.

2.5.4 Sistema de Iluminação eficiente

A luz é um elemento importante e indispensável em nossas vidas. Por isto, é encarada de forma familiar e natural, fazendo com que ignoremos a real necessidade de conhecê-la e compreendê-la (PROCEL, 2002).

É necessária muita energia para iluminar o mundo. A iluminação é responsável por 19% do uso de eletricidade no mundo. Apenas nos Estados Unidos, a iluminação responde por quase 25% do consumo de eletricidade nas residências, e cerca de 13% em escritórios, lojas, escolas e outros prédios comerciais. Claramente, reduzir a quantidade de energia usada para iluminação nos tornaria mais energeticamente eficientes. Mas a sociedade moderna conta com as luzes elétricas para que possamos permanecer ativos todas as horas do dia e da noite (SEED, 2014).

A luz natural sempre foi a principal fonte de iluminação na arquitetura. Entretanto, após a descoberta da eletricidade e a invenção da lâmpada, a iluminação artificial se tornou cada vez mais inseparável da edificação. A luz artificial permite ao homem utilizar as edificações à noite para dar continuidade as suas atividades ou se divertir. Vale lembrar que a iluminação é para as pessoas e não para a edificação, conceitos importantes como quantidade de luz, uniformidade da iluminação e ofuscamento, devem ser levados em consideração (PROCEL, 2002).

A maioria das luminárias usa lâmpadas incandescentes ou fluorescentes como fonte de iluminação. As lâmpadas incandescentes produzem uma luz quente agradável. Elas são relativamente baratas para fabricar, e são feitas em todos os tipos de formas e tamanhos. Existem várias desvantagens nas lâmpadas incandescentes. O tungstênio evapora com o uso, enfraquecendo o filamento até que ele se quebre. Nesse ponto, a lâmpada não funciona mais, e precisa ser substituída. Uma lâmpada incandescente de 100 watts deve durar 750 horas, não muito tempo. As incandescentes produzem menos luz pela quantidade de energia usada para acendê-las. Isso as torna grande desperdiçadoras de energia (PROCEL, 2002).

Existem vários tipos de lâmpadas. As com filamento convencional ou halógenas que produzem luz pela incandescência, assim como o sol. As de descarga que aproveitam a luminescência, assim como os relâmpagos e descargas atmosféricas. E os diodos que utilizam a fotoluminescência, assim como os vaga-lumes. Existe ainda as lâmpadas mistas, que combinam incandescência e luminescência, e as fluorescentes, cuja característica é o aproveitamento da luminescência e da fotoluminescência (SEED, 2014).

2.5.5 Programa de etiquetagem de equipamentos elétricos

Os produtos etiquetados que apresentam o melhor desempenho energético em sua categoria recebem um selo de eficiência energética. Isto significa que estes produtos foram premiados como os melhores em termos de consumo específico de energia e faz a distinção dos mesmos para o consumidor. Para os equipamentos elétricos domésticos etiquetados é concedido anualmente o Selo PROCEL. Para aparelhos domésticos a gás é concedido o Selo CONPET (INMETRO, 2014). Como apresenta a Figura 13.



Figura 13 – Selos de etiquetagem Eficiência Energética.
Fonte: (INMETRO, 2014)

O Selo PROCEL de Economia de Energia ou simplesmente Selo PROCEL, é um produto desenvolvido e concedido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, que tem nas Centrais Elétricas Brasileiras S.A - Eletrobrás sua secretaria executiva. O Selo PROCEL tem por objetivo orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. Também objetiva estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais (INMETRO, 2014).

O Selo CONPET tem como objetivo incentivar fabricantes e importadores de equipamentos domésticos de consumo de gás, o desafio de comercialização de produtos cada vez mais eficientes. O selo, de fácil visualização nos equipamentos,

auxilia o consumidor na escolha, informando a eficiência energética do produto. O Selo CONPET de eficiência energética ou simplesmente Selo CONPET, em vigor desde agosto de 2005, é destinado aos equipamentos domésticos de consumo de gás, que alcançaram os menores índices de consumo de combustível (INMETRO, 2014).

A utilização de equipamentos certificados com o selo PROCEL ajudam na redução do consumo de energia elétrica, visto que são equipamentos mais eficientes, ou seja, realizam a mesma função que outro similar, com menor consumo de energia, desta forma contribuem com que a edificação que os utilize, se torne mais sustentável, desde que seus usuários sejam conscientes em relação ao consumo de energia.

3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

3.1 IRRADIAÇÃO INCIDENTE NA RESIDÊNCIA

O estudo em questão é em uma residência no interior do estado de São Paulo, na cidade de Piraju. Através do Google Earth foi feita a localização das coordenadas geográficas (latitude e longitude) da residência, bem como sua orientação em relação ao norte. Será adotada a face do telhado voltada para o norte, que corresponde a lateral direita da residência. A Figura 14 mostra a localização da residência que será utilizada como estudo de caso.



Figura 14 -Imagem de satélite
Fonte: (Google Earth, 2014).

A residência esta localizada na latitude $-23,19^\circ$ e longitude $-49,39^\circ$.

A Figura 15 mostra em detalhe a lateral direita da residência, onde se observa a existencia de um painel de aquecimento de água no telhado mais ao fundo. O telhado a frente que será utilizada para o desenvolvimento do projeto do painel fotovoltaico.



Figura 15 – Foto do telhado voltado para o norte
Fonte: Proprio autor.

Através dessa localização busca-se no banco de dados de irradiação (PEREIRA *et al.*, 2006) a coordenada que mais se aproxime da residência. Uma vez localizado este ponto, obtém-se os valores de irradiação diários médios de cada mês no plano horizontal. Esses dados serão inseridos no programa RADIASOL para obter os valores de irradiação no plano do telhado.

De acordo com as Figura 14 e Figura 15, observa-se que não existe desvio azimutal em relação ao norte, cujo a inclinação do telhado é de 32° no plano onde será instalado o painel fotovoltaico.

Na Figura 16 é observado que o ponto de onde são obtidos os valores de irradiação dista de apenas 3km da residência estudada, sua latitude é $-23,18^\circ$ e longitude $-49,36^\circ$. Na Tabela 2 são apresentados os valores de irradiação no ponto citado.

Tabela 2 – Irradiação diária média no plano horizontal

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
kWh/m ² /dia	6,10	6,03	5,70	4,98	3,83	3,67	3,99	4,55	5,30	6,09	6,40	6,53	5,26

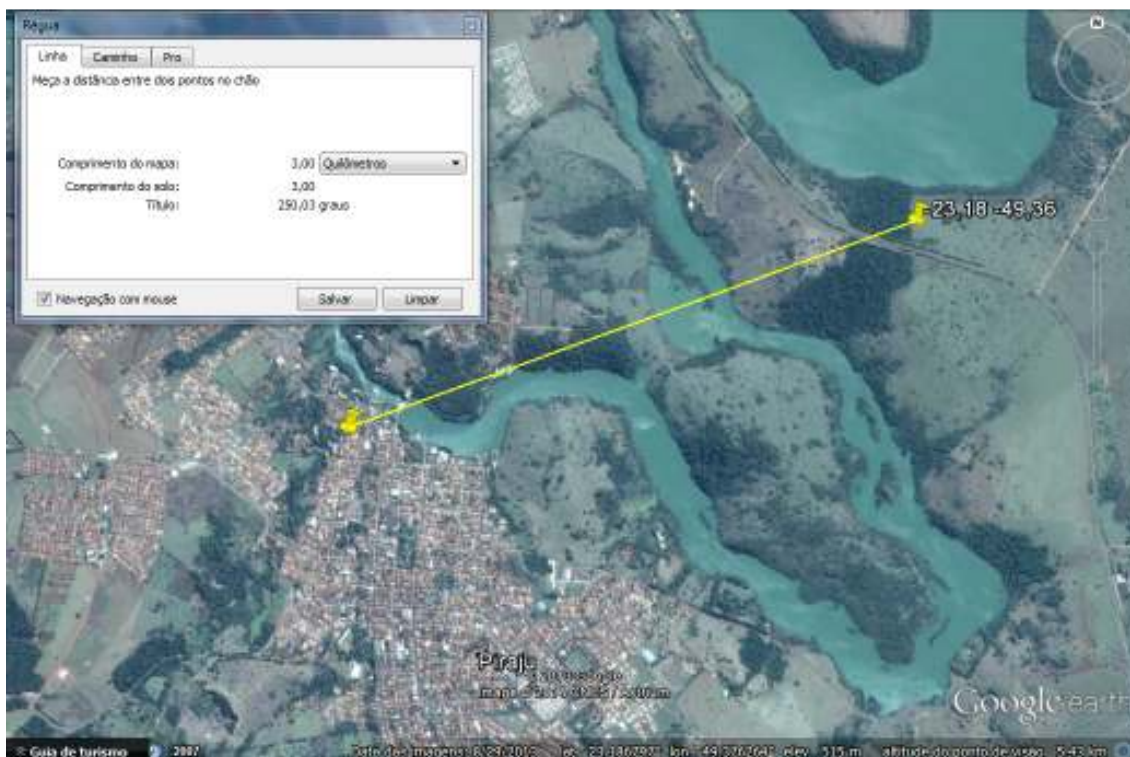


Figura 16– Distância entre a residência e o ponto de coleta de dados de irradiação
Fonte: (Google Earth, 2014).

O programa RADIASOL foi desenvolvido no Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para atender a projeto de sistemas de energia solar e seus componentes, abrangendo tanto sistemas térmicos quanto fotovoltaicos.

O programa desenvolve cálculos da intensidade da radiação solar em superfícies inclinadas como o telhado. Esses cálculos são realizados através de rotinas que determinam o efeito da inclinação da superfície receptora e da anisotropia da radiação solar em suas componentes direta e difusa. Com isso é selecionado o modelo de distribuição da radiação e é obtido um conjunto de dados adicionais na forma de tabela ou gráficos no programa (UFRGS,2014).

O programa RADIASOL conta com dados do território brasileiro e há três opções para entrar com os dados iniciais: digitar dados obtidos de uma fonte confiável, obter dados por interpolação dos dados do banco de dados embutido no programa e obter dados a partir dos mapas disponibilizados pelo projeto SWERA¹. A Figura 17 apresenta a tela inicial do programa RADIASOL onde foi editada a estação

¹ SWERA: *Solar and Wind Energy Resource Assessment*

“PIRAJU” onde foram inseridos os valores de irradiação global horizontal para a localidade em estudo.

Figura 17 – Tela inicial do RADIASOL com os dados obtidos no projeto SWERA
Fonte: (RADIASOL, 2014).

O programa é disponibilizado pela UFRGS gratuitamente e pode ser baixado diretamente no site da universidade.

Com o uso do programa RADIASOL (UFRGS,2014), são obtidos os valores de irradiação no plano em que será instalado o painel fotovoltaico (desvio azimutal nulo e inclinação de 32°). A Figura 18 mostra o gráfico de irradiação no plano escolhido.

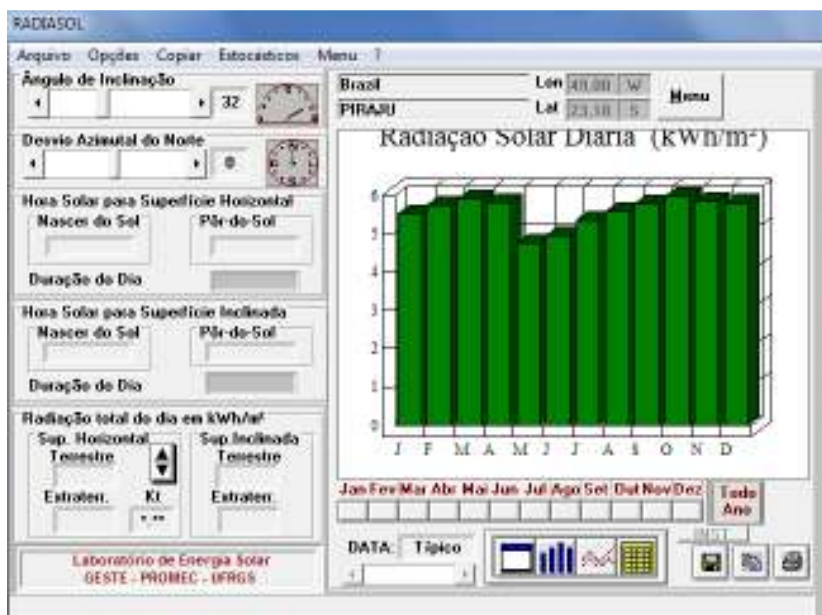


Figura 18 – Programa RADIASOL resultado em forma de gráfico
Fonte: (RADIASOL, 2014).

Já a Figura 19 apresenta de forma numérica os valores de irradiação no plano em que será instalado o painel fotovoltaico, que são apresentados na sua íntegra na Tabela 3.

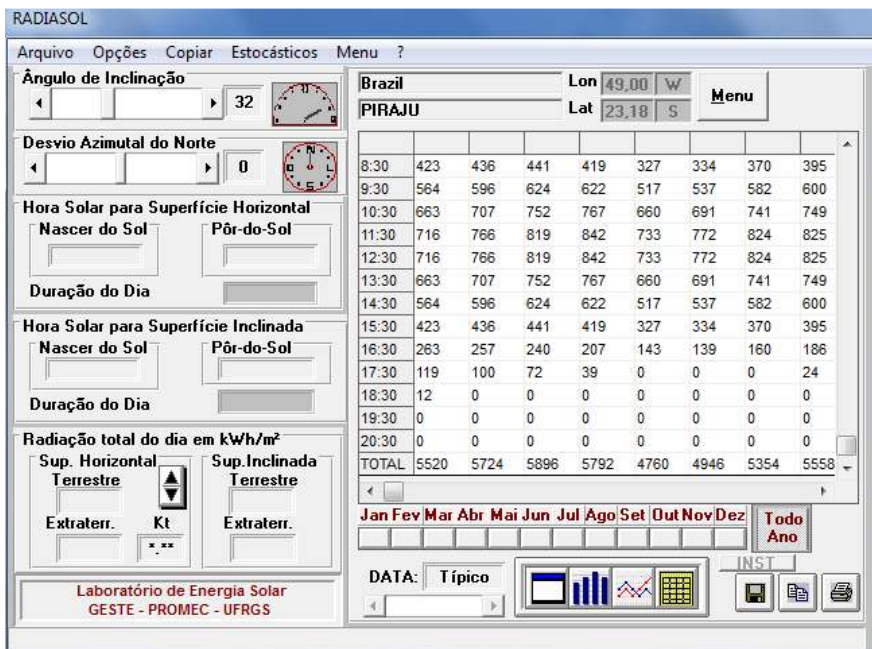


Figura 19 – Programa RADIASOL resultado em forma de tabela
Fonte: (RADIASOL, 2014).

Tabela 3 – Resultados da irradiação diária média no plano do telhado.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Anual
kWh/m²/dia	5,52	5,72	5,89	5,79	4,76	4,94	5,35	5,55	5,77	5,98	5,83	5,78	5,57

3.2 Dimensionamento dos módulos fotovoltaicos

Segundo Urbanetz Jr (2013), o dimensionamento dos equipamentos que compõem um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica é iniciado com o levantamento da demanda de energia elétrica na residência em estudo. Este levantamento foi realizado por intermédio das faturas de energia fornecidas pela concessionária, ao longo dos últimos doze meses. De posse das faturas de energia, tem-se o consumo de cada mês do ano, o consumo médio diário e o consumo anual (em kWh). A Tabela 4 apresenta a energia consumida durante o ano de 2013 na residência em estudo.

O passo seguinte é a definição do percentual do consumo a ser suprido, neste quesito optou-se por projetar um sistema fotovoltaico capaz de suprir o consumo médio mensal, excluindo o valor correspondente a taxa mínima de disponibilidade de energia elétrica para um sistema residencial trifásico que é cobrada pela concessionária de energia (CPFL), esse valor corresponde a 100kWh, ele é excluído por a residência em estudo ser trifásica, de tal forma que mesmo que o consumo fosse zerado, haveria cobrança da taxa mínima. Com o valor da geração desejada e da irradiação no local onde será realizada a instalação do sistema fotovoltaico, determina-se a potência de pico do painel fotovoltaico, e em seguida são especificados os módulos, os inversores e os demais dispositivos que compõem o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.

Tabela 4 – Consumo médio por mês e média anual obtidos através das contas de energia elétrica.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média Anual
kWh/mês	341	210	326	299	336	401	386	437	475	321	389	402	360

A equação 1 permite calcular a potência do painel fotovoltaico capaz de gerar a energia desejada (URBANETZ JR, 2013).

$$P_{FV} = \frac{E.G}{H_{TOT}.PR} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: P_{FV} é a potência do painel fotovoltaico (kWp);

E é a energia elétrica diária média que será produzida (kWh/dia);

G é a irradiância nas condições padrão de teste ($1\text{kWh}/\text{m}^2$);

H_{TOT} é a irradiação diária média no plano do painel fotovoltaico ($\text{kWh}/\text{m}^2/\text{dia}$);

PR é o *performanceratio*, que corresponde ao desempenho global de um sistema fotovoltaico, neste caso será utilizado $PR = 0,75$.

A energia elétrica diária média que deve ser produzida pelo painel fotovoltaico

$$\text{deve ser de: } E_{diaria} = \frac{360-100}{30} = 8,67\text{kWh}/\text{dia}$$

$$P_{FV} = \frac{8,67 \times 1}{5,57 \times 0,75} = 2,075\text{kWp}$$

3.3 Escolha do módulo Fotovoltaico

Considerando o valor de 2,075kWp encontrado, foi escolhido o módulo fotovoltaico e a quantidade de módulos para chegar o mais próximo a esse numero.

O módulo fotovoltaico escolhido é da marca Kyocera, uma marca conceituada, com fabricação no Japão, e distribuidora oficial no Brasil localizada no Rio de Janeiro. Para atender a demanda de energia, serão necessários nove Módulos Fotovoltaicos do tipo Policristalino de 245W modelo KD245GH-4FB, que serão conectados em série. Desta forma o Painel Fotovoltaico terá as seguintes características: a potência do painel será de 2.205Wp; a tensão de circuito aberto será de 332,1V; a tensão de máxima potência (MPPT) será de 268,2V; e a corrente máxima será de 8,91A. Sendo assim um painel adequado ao uso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. A Figura 20 mostra a residência com o posicionamento dos módulos fotovoltaicos no telhado, ao lado direito da imagem foi representado também os módulos de aquecedor de água que já existe na residência.



Figura 20 – Imagem 3D da residência com o posicionamento dos módulos fotovoltaicos
Fonte: Próprio autor

Um critério adotado para a escolha dos módulos foi também o custo de cada módulo no valor de R\$ 1.075,00 reais (como mostra a Figura 21), com o valor de R\$ 4,39 reais por W. Foram encontrados módulos mais em conta, mas opto-se pelo da marca Kyocera por ser bem conhecido no mercado, por possuir certificado pelo INMETRO com nota “A”, apresentando eficiência de 14,9%. Pesando 20Kg e com dimensões de 1662 x 990 x 46 (mm). As células fotovoltaicas são protegidas por uma resistente camada de vidro temperado, e a moldura em alumínio já vem com as furações para fixação (MINHA CASA SOLAR, 2014).

Painel Solar Fotovoltaico Policristalino de 245W Kyocera Solar – KD245GH-4FB2

Ref. KD245 - Departamento [Painel de 205W a 260W](#)

• Kyocera

de R\$ 1.180,00
por R\$ 1.075,00
ou 3x sem juros
de R\$ 358,33

Economize
R\$ 105,00 (8%)

Comprar 

Ampliar imagem 

Opções de parcelamento		
Parcelas	Valor	Total
1x sem juros	R\$ 1.075,00	R\$ 1.075,00
2x sem juros	R\$ 537,50	R\$ 1.075,00
3x sem juros	R\$ 358,33	R\$ 1.075,00
4x com juros	R\$ 282,25	R\$ 1.129,00
5x com juros	R\$ 228,00	R\$ 1.140,00
6x com juros	R\$ 191,85	R\$ 1.151,10
7x com juros	R\$ 166,04	R\$ 1.162,28
8x com juros	R\$ 146,68	R\$ 1.173,44
9x com juros	R\$ 131,64	R\$ 1.184,76
10x com juros	R\$ 119,61	R\$ 1.196,10

Calcule o valor do frete

Digite seu CEP:

Figura 21 - Painel Solar Fotovoltaico
Fonte: MINHA CASA SOLAR, 2014.

Após definido o módulo fotovoltaico, foi encontrado o Inversor para sistema conectado à rede elétrica. Para a escolha do inversor, devem ser observados os dados do painel fotovoltaico (Tabela 5) junto com os dados do inversor (Tabela 6), se os dados do painel estiverem de acordo com os do inversor, os dois podem ser interconectados obtendo um sistema com desempenho satisfatório.

Tabela 5 – Dados do Painel Fotovoltaico

At 1000 W/m ² (STC)*		
Maximum Power	245	W
Maximum Power Voltage (V _{mp})	29.8	V
Maximum Power Current (I _{mp})	8.23	A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	36.9	A
Short Circuit Current (I _{sc})	8.91	A
Efficiency	14.8	%

Tabela 6 – Dados do Inversor

Technical data	Sunny Boy 2500
Input (DC)	
Max. DC power (@ cos φ = 1)	2700 W
Max. DC voltage	600 V
MPP voltage range	224 V - 480 V
DC nominal voltage	300 V
Min. DC voltage / start voltage	224 V / 300 V
Max. input current / per string	12 A / 12 A
Number of MPP trackers / strings per MPP tracker	1 / 3

O inversor escolhido é da marca SMA modelo Sunny Boy 2500, que é um inversor para sistema conectado à rede elétrica. A marca tem grande procura no mercado, e é bem conhecido pelos profissionais da área. Seu custo é de R\$ 7.871,04 reais à vista (como mostra a Figura 22). O inversor trabalha em sincronia com a rede elétrica fazendo a interface entre a energia da distribuidora, a energia solar e a unidade consumidora de energia.



Inversor Grid-Tie SMA Sunny
Boy 2500
03.101.003 [Mais informações](#)

por: R\$ 8.199,00
em até de 3X de R\$ 2.733,00 sem juros [ver todos](#)
à vista: R\$ 7.871,04 no Boleto (4% desconto)

Figura 22 - Inversor Grid-Tie
Fonte: (NEO SOLAR), 2014.

Após definição do painel solar fotovoltaico e do inversor foram feitos novos cálculos para ver o quanto os painéis vão gerar por mês no período de um ano. A equação 2 permite fazer esse cálculo (URBANETZ JR, 2013).

$$E = \frac{H_{tot} \cdot PR}{G} \cdot P_{FV} \quad \text{Eq. (2)}$$

Com os resultados obtidos utilizando-se a Eq.2, observa-se na Tabela 7 o que foi consumido e o que será gerado com o painel fotovoltaico. Observa-se que os valores do que será gerado é abaixo do valor consumido. Esse resultado se deu por

considerar em média 100kWh a menos em cada mês, para o cálculo da energia necessária para geração. Esse valor é descontado por a residência ser trifásica, pois a concessionária de energia (CPFL) cobra a taxa de disponibilidade, de tal forma que mesmo que o consumo fosse zerado, haveria cobrança da taxa mínima. A Figura 23 é um gráfico que representa a Tabela 7.

Tabela 7 – Comparativo entre kWh/mês consumido com o que será gerado.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média Anual
Consumido	341	210	326	299	336	401	386	437	475	321	389	402	360
Gerado	283	264	302	287	244	245	274	284	286	306	289	296	280

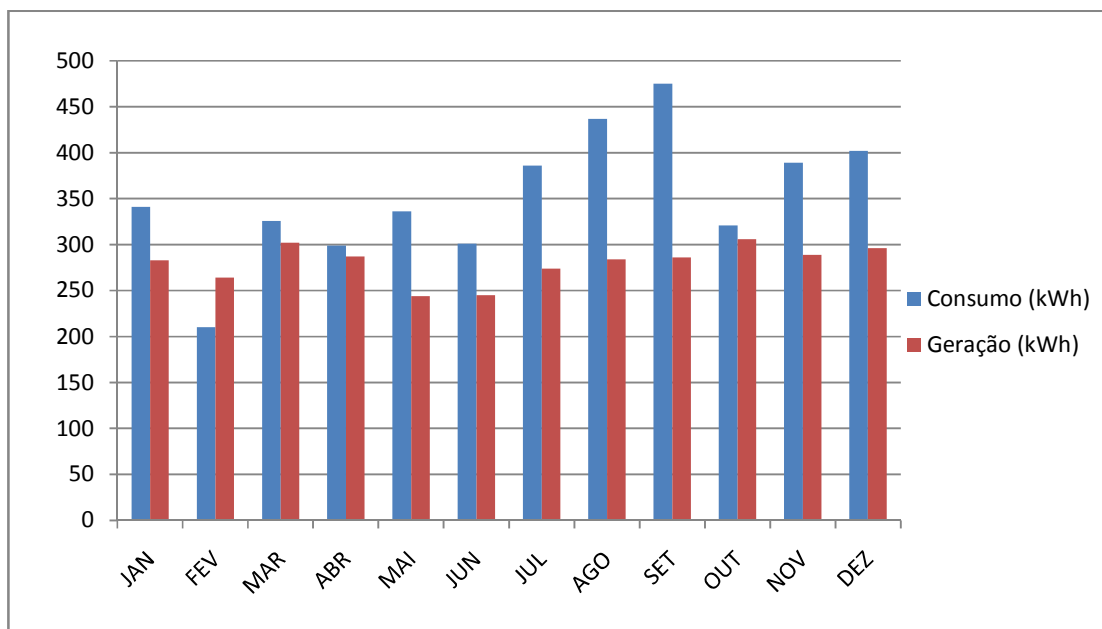


Figura 23 - Gráfico de consumo com geração
Fonte: Próprio Autor.

3.4 Custo do sistema Fotovoltaico

Para instalações interligadas à rede elétrica pública, o custo atualmente é superior ao da energia fornecida de forma convencional. Estes custos vêm, no entanto, declinando continuamente desde o lançamento do primeiro programa de implantação de sistemas deste tipo no início dos anos 90 pelo governo alemão, o *1000-Roofs Program*, seguido no final daquela década do *100.000-Roofs Program* (ERGE & et al., 2001; GERMANY 2000, 2001 *apud* RÜTHER, 2004).

Como visto anteriormente para a implantação do sistema fotovoltaico em nosso estudo, serão necessários nove módulos fotovoltaicos que custam R\$ 1.075,00 reais cada, só em painel fotovoltaico o valor sairia R\$ 9.675,00 reais. É preciso também de um inversor conectado à rede elétrica, com um custo de R\$ 7.871,04 reais.

Segundo RÜTHER (2004), para o sistema fotovoltaico em estudo, ter-se-ia a Figura 24 com a porcentagem estimada para aplicação. Sendo 33% do custo para o inversor, com 42% para o painel fotovoltaico, e os 25% finais representam o custo de instalação, estrutura, fiação, entre outros.

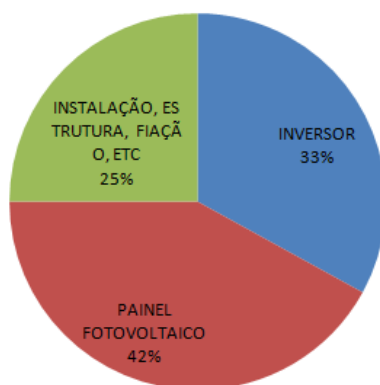


Figura 24 - Gráfico de custos do Sistema Fotovoltaico
Fonte: Adaptado de RÜTHER, 2004.

Sendo assim, o custo total para a implantação do sistema fotovoltaico no estudo em questão é de R\$ 23.395,00 reais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo desenvolver a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica em uma residência no interior do estado de São Paulo, na cidade de Piraju. Para isso foi preciso fazer o levantamento da média mensal e anual que foi consumida na residência em questão, também como as características de irradiação na região.

Com os resultados obtidos, foi possível calcular o quanto de energia o sistema fotovoltaico teria que gerar. O cálculo foi feito utilizando a média anual de 360kWh, menos 100kWh pois o consumidor em estudo é atendido por um sistema trifásico, portanto para este estudo não vale a pena fazer um sistema fotovoltaico que atenda toda a demanda de energia necessária, pois a concessionária cobra uma taxa de no mínimo 100kWh que corresponde a taxa de disponibilidade do sistema elétrico.

Chegou-se ao resultado de que o sistema fotovoltaico necessário para atender a demanda da residência seria de 2.075Wp. Foram escolhidos os módulos fotovoltaicos e o inversor, que compõem o sistema fotovoltaico. Nesse caso foram preciso nove módulos fotovoltaicos de 245Wp, que corresponde um total de 2.205Wp. Sendo assim ultrapassa a potência da qual seria necessário, mas atende a demanda da residência. E por ultrapassar essa geração, em alguns meses percebe-se que a diferença entre a energia consumida e a energia gerada é menor que 100kWh.

É um sistema tecnicamente viável, com uma grande variedade de módulos fotovoltaicos e inversores disponíveis para venda no Brasil e também muito utilizado em outros países. No Brasil, após a Resolução Normativa 482/2012, muitas empresas integradoras passaram a oferecer serviços de instalação e comércio de equipamentos para sistemas fotovoltaicos, além de que a concessionária local (CPFL) já regulamentou este tipo de conexão com a rede, na forma de micro geração distribuída, fatores estes que contribuem para disseminar esta forma de geração de energia.

Como foi apresentado, o valor de investimento para a aplicação do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica foi de R\$ 23.395,00 reais. Para a viabilidade econômica do sistema fotovoltaico, foi feita uma comparação simples dos valores.

Foi calculado o quanto de kWh foi consumido em um ano, e o quanto será gerado ao aplicar o sistema fotovoltaico. Com esses valores vezes o valor da tarifa da concessionária de energia de kWh, foi possível fazer a comparação com o que foi gasto em um ano, e o que seria economizado em um ano. Sendo assim, com o valor de economia do ano, dividido pelo valor total para aplicação do sistema fotovoltaico, é possível chegar a quantidade de anos necessária para ter o retorno do investimento.

A tarifa de energia praticada atualmente (referente a janeiro/2014) é de R\$0,3602985. Considerando uma geração anual de 3.360kWh, chega-se a uma economia anual de R\$ 1.210,60. Dividindo-se o valor do sistema fotovoltaico de R\$ 23.395,00 reais pela economia anual, chega-se a conclusão de que são necessários cerca de 19 anos para ter o retorno do investimento inicial do sistema fotovoltaico. Isso sem levar em consideração de que o valor da energia cobrada pela concessionária tem subido, anualmente, acima da inflação oficial, assim a economia a cada ano seria mais alta, e diminuiria a quantidade de anos para se obter o retorno do investimento. Cabe salientar, que o valor praticado atualmente pela concessionária em estudo, sofreu uma forte redução em relação ao praticado no início de 2013, quando o valor da energia era de R\$0,57302053, valor que levaria a um tempo de retorno de cerca de 12 anos. Esta redução na tarifa de energia se deu devido a uma determinação governamental, forçando a redução das tarifas de energia em grande parte do país, porém os valores atuais estão sob forte pressão para serem realinhados a patamares iguais ou até superiores aos praticados anteriormente.

Foi estudado também para tornar a residência mais sustentável, outras alternativas como: Troca de equipamentos elétricos por equipamentos que possuem baixo consumo de energia, que são classificados e possuem selos com PROCEL e COPET. O Selo PROCEL objetiva orientar o consumidor no ato da compra, indicando os produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, e ainda estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais.

Também é sugerido implantar na residência em estudo um sistema de captação de água de chuva, que diminui a quantidade de água que vai para as redes pluviais, ajuda no impacto ao meio ambiente, e a economia de água potável.

Pois a água que será captada pode ser utilizada para fins como rega de jardins, lavagem de calçadas, carros, etc.

O tratamento por zona de raízes é mais uma alternativa que ajuda na sustentabilidade. Ela tem como objetivo filtrar as impurezas da água através das raízes das espécies que forem selecionadas para compor o sistema de tratamento dos efluentes.

A residência possui em operação um sistema de captação de energia solar térmica para aquecimento de água. Este sistema opera a cerca de dez anos de forma satisfatória, atendendo as necessidades quanto ao fornecimento da água quente.

O desenvolvimento deste estudo permitiu reunir informações sobre diversas estratégias de sustentabilidade, em especial sobre a geração de energia elétrica a partir da fonte solar. Estas estratégias, se aplicadas na prática, tornariam a residência mais sustentável, reduzindo o consumo de energia e colaborando com a preservação do meio ambiente.

REFERENCIAS

ALMEIDA, Marcelo Pinho. **Qualificação De Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede**, USP, 2012.

AMERICA DO SOL. **Silício Cristalino**. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/silicio-cristalino/>>. Acesso em: 18 de março de 2014a.

AMERICA DO SOL. **Silício Amorfo Hidrogenado**. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/silicio-amorfo-hidrogenado-a-si/>>. Acesso em: 18 de março de 2014b.

AMERICA DO SOL. **Telureto de Cádmio**. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/telureto-de-cadmio-cdte/>>. Acesso em: 19 de março de 2014c.

AMERICA DO SOL. **Disseleneto de Cobre (Gálio) e Índio**. Disponível em: <http://www.americadosol.org/disseleneto_de_cobre_indio/>. Acesso em: 19 de março de 2014d.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº482**, 2012.

BIO ESTRUTURA. **Tratamento de Esgotos por Zona De Raízes**. Disponível em: <<http://www.bioestrutura.com.br/2011-10-16-12-37-59/2011-10-19-11-42-43>>. Acesso em: 24 de março de 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Energia Solar**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/energias-renovaveis/energia-solar>>. Acesso em: 09 de março de 2014.

CORREA, Celina Britto. **Arquitetura Bioclimática**, 2002.

CPFL, Companhia Paulista de Força e Luz. **Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica**, 2013a.

CPFL, Companhia Paulista de Força e Luz. **Padrão de Entrada para Micro e Minigeração Distribuída**, 2013b.

INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. **O que é Geração Distribuída**. Disponível em: <http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: 18 de março de 2014.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Selos de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbeselo.asp>>. Acesso em: 20 de março de 2014.

KNOOW. **Conceito de Albedo.** 2007. Disponível em: <<http://www.knoow.net/ciencterravida/geografia/albedo.htm>>. Acesso em: 19 de março de 2014.

KRENZINGER, Arno; BUGS, Rodrigo Carvalho. **RADIASOL2 Software para Sintetizar Dados de Radiação Solar**, UFRGS, 2010.

LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato. **Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de inovação e futuro**, UTL, 2004.

LEMES, João Luiz Villas Boas; SCHIRMER, Waldir Nagel; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; VAN KAICK, Tamara; ABEL, Osnei; BÁRBARA, RozenildaRomaniw. **Tratamento de Esgoto por Meio de Zona de Raízes em Comunidade Rural.** 2008.

LIMA, Kellen Carla. **Radiação Solar Global**, UFPEL, 2003.

MASSA, Maria Francesca. **L'architettura si faBella: Arrivano i Pannelli Solari in Silicio Microamorfo.** Disponível em: <<http://www.fotovoltaicosulweb.it/guida/i-pannelli-solari-in-silicio-microamorfo.html>>. Acesso em: 24 de março de 2014.

MINHA CASA SOLAR. **Painel fotovoltaico.** Disponível em: <<http://minhacasasolar.lojavirtualfc.com.br/prod,IDLoja,14743,IDProduto,4118983,painel-solar-fotovoltaico-painel-de-205w-a-260w-painel-solar-fotovoltaico-policristalino-de-245w-kyocera-solar---kd245gh-4fb2>>. Acesso em: 26 de março de 2014.

NEO SOLAR. **Inversor Grid-Tie.** Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/loja/inversor/grid-tie-microinversor.html>>. Acesso em: 26 de março de 2014.

OLIVIERI, Thiago. **Captação de Água de Chuva.** Disponível em: <<http://thiagoolivieri.blogspot.com.br/2011/03/captacao-de-agua-da-chuva-hoje-22-de.html>>. Acesso em: 19 de março de 2014.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; ABREU, Samuel Luna; RÜTHER, Ricardo. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** 1. ed. São José dos Campos, 2006.

PLANETA. **O que é Albedo.** Disponível em: <<http://planetadoalan.blogspot.com.br/2011/06/o-que-e-albedo.html>>. Acesso em: 19 de março de 2014.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação Eficiente.** 2002.

RMAI, Revista Meio Ambiente Industrial. **Estudo de vantagens da captação de água de chuva para uso doméstico.** Disponível em: <<http://rmai.com.br/v4/Read/657/estudo-de-vantagens-da-captacao-de-agua-de-chuva-para-uso-domestico.aspx>>. Acesso em: 09 de Abril de 2014.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos**, 2004.

SEED. **Usando Menos Energia – Eficiência Energética: Iluminação**. Disponível em: <<http://www.planetseed.com/pt-br/relatedarticle/iluminacao-com-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 23 de março de 2014.

UFRGS. **Programa RADIUSOL**. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acesso em: 13 de março de 2014.

URBANETZ JR, Jair. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Dimensionamento de Sistemas**, UTFPR, 2013.

URBANETZ JR, Jair; CASAGRANDE JR, Eloy Fassi; TIEPOLO, Gerson Máximo. **Análise do Desempenho de Dois Anos de Operação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica do Escritório Verde da UTFPR**, UTFPR, 2014.

VASCONCELOS, Leonardo Ferreira; FERREIRA, Osmar Mendes. **Captação de Água de Chuva para Uso Domiciliar**, UCG, 2007.

VAN KAICK, Tamara Simone; CASAGRANDE JR, Eloy Fassi. **A Experiência de Um Processo de Inovação de Tecnologia Para Saneamento Voltado Para o Conceito de Desenvolvimento Sustentável na Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Revista Educação e Tecnologia vol. 9, 2009.

ANEXOS

HIGH EFFICIENCY MULTI-CRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC MODULE



KD245GH-4FB

CUTTING EDGE TECHNOLOGY

As a pioneer with over 37 years in the solar energy industry, Kyocera demonstrates leadership in the development of solar energy products. Kyocera's *Kaizen* Philosophy, commitment to continuous improvement, is shown by repeated achievement of world record cell efficiencies, supported by proven field performance.

QUALITY & SAFETY BUILT IN

- Manufactured in our own production plants using a fully automated and integrated production process
- UV stabilized, aesthetically pleasing black anodized frame
- Easily accessible grounding points on all four corners for fast installation
- Proven junction box technology with encapsulation
- Pre-configured with connection wires and SMK plug connectors
- Frame reinforced on back side with two cross struts for added strength and durability
- Passed TUV surface load testing to 5400N/m²

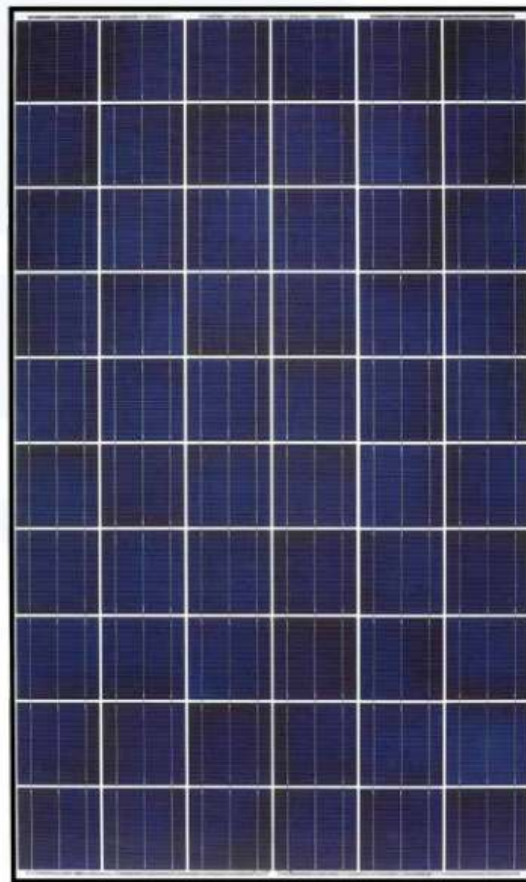
PROVEN RELIABILITY

- First module manufacturer to pass rigorous Long-Term Sequential Test performed by TÜV Rheinland
- Proven superior field performance with more than 25 years of field data from a number of real world operating systems
- Tight power tolerance
- Confirmed as Potential Induced Degradation (PID) resistant by Fraunhofer CSP Testing, with zero degradation



WARRANTY

- Kyocera standard 20 year power output warranty
- 5 year workmanship warranty



QUALIFICATIONS AND CERTIFICATIONS

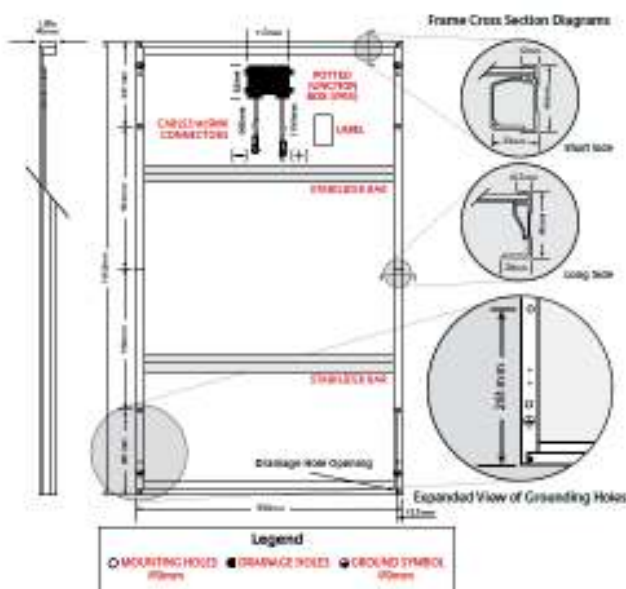


IEC 61215 ed.2 IEC 61730 and Application Class A
 IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Testing)
 TUVdoCom-ID: 0000023299

Kyocera is ISO 9001 and ISO 14001 certified and registered

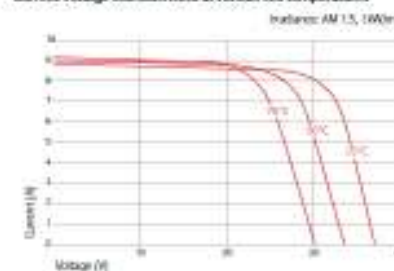
SOLAR by KYOCERA

SPECIFICATIONS

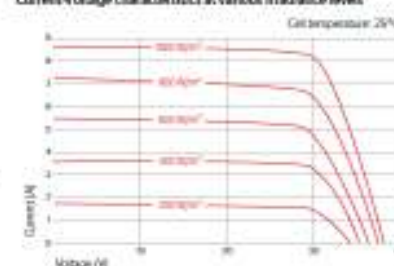


ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Current-Voltage characteristics at various cell temperatures



Current-Voltage characteristics at various irradiance levels



ELECTRICAL PERFORMANCE

At 1000 W/m ² (STC)*		
Maximum Power	245	W
Maximum Power Voltage (V_{mp})	29.8	V
Maximum Power Current (I_{mp})	8.23	A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	36.0	V
Short Circuit Current (I_{sc})	8.51	A
Efficiency	14.8	%

At 800 W/m ² (NOCT)**		
Maximum Power	176	W
Maximum Power Voltage (V_{mp})	26.8	V
Maximum Power Current (I_{mp})	6.58	A
Open Circuit Voltage (V_{oc})	33.7	V
Short Circuit Current (I_{sc})	7.21	A
NOCT	45	°C

Other Electrical Characteristics		
Power Tolerance	+5/-3	%
Maximum System Voltage	1000	V
Maximum Reverse Current	15	A
Series Fuse Rating	15	A
Temperature Coefficient of (V_{oc})	-0.36	%/°C
Temperature Coefficient of (I_{sc})	0.06	%/°C
Temperature Coefficient of Max. Power	-0.46	%/°C

MODULE CHARACTERISTICS

Dimensions		
Length	1662 (+2.5)	mm
Width	900 (+2.5)	mm
Depth (including junction box)	46	mm
Weight	21	kg
Cable	(-)/1190 / (-)/1960	mm
Connection Type	PV-03 (3W)	
Junction Box	110 x 82 x 15	mm
Number of Bypass Diodes	3	
IP Code	IP65	
Cells		
Cell Per Module	60	
Cell Technology	multi-crystalline	
Cell Dimensions (Square)	156 x 156	mm
Cell Bonding	3 busbar	

* Electrical values under standard test conditions (STC) – irradiance of 1000 W/m², air mass AM 1.5, and cell temperature of 25°C.

** Electrical values under no-transpiring test conditions (NOCT) – irradiance of 800 W/m², air mass AM 1.5, wind speed of 1 m/s, and ambient temperature of 25°C.

KYOCERA reserves the right to modify these specifications without notice.

110112

OUR VALUED PARTNER



SUNNY BOY 1200 / 1700 / 2500 / 3000



SUNNY BOY 1200 / 1700 / 2500 / 3000

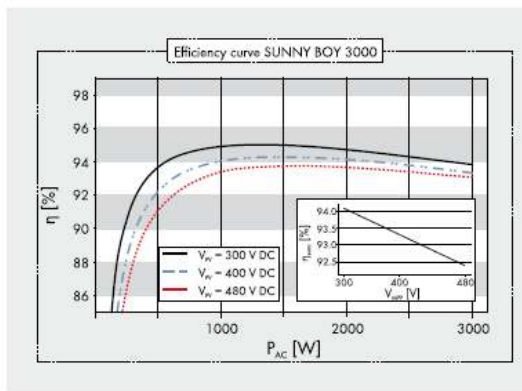
<p>Safe</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integrated ESS DC switch-disconnector • Galvanic isolation 	<p>All purpose</p> <ul style="list-style-type: none"> • For indoor and outdoor installation • Suitable for generator grounding 	<p>Reliable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tried and tested technology • Maintenance free, thanks to convection cooling 	<p>Simple</p> <ul style="list-style-type: none"> • DC plug system SUNCLIX
--	---	--	---

SUNNY BOY 1200 / 1700 / 2500 / 3000

Proven technology for secure investments

Universally applicable: the Sunny Boy inverters 1200, 1700, 2500 and 3000 are used in the most diverse AC grids thanks to their galvanic isolation. In addition, the devices are suitable for simple grounding of the generator. Their integrated ESS DC switch-disconnector makes installation simpler while also reducing assembly costs. Equipped with the OptiTrac MPP tracking process, it will always find the best working point, even under dynamic weather conditions. In this way, it reliably converts solar energy into solar yield.

Technical data	Sunny Boy 1200	Sunny Boy 1700	Sunny Boy 2500	Sunny Boy 3000
Input (DC)				
Max. DC power (@ $\cos \varphi = 1$)	1320 W	1850 W	2700 W	3200 W
Max. DC voltage	400 V	400 V	600 V	600 V
MPP voltage range	100 V - 320 V	147 V - 320 V	224 V - 480 V	268 V - 480 V
DC nominal voltage	120 V	180 V	300 V	350 V
Min. DC voltage / start voltage	100 V / 120 V	139 V / 180 V	224 V / 300 V	268 V / 330 V
Max. input current / per string	12.6 A / 12.6 A	12.6 A / 12.6 A	12 A / 12 A	12 A / 12 A
Number of MPP trackers / strings per MPP tracker	1 / 2	1 / 2	1 / 3	1 / 3
Output (AC)				
AC nominal power (@ 230 V, 50 Hz)	1200 W	1550 W	2300 W	2750 W
Max. AC apparent power	1200 VA	1700 VA	2500 VA	3000 VA
Nominal AC voltage; range	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V	220, 230, 240 V; 180 V - 265 V
AC grid frequency; range	50, 60 Hz; ± 4.5 Hz	50, 60 Hz; ± 4.5 Hz	50, 60 Hz; ± 4.5 Hz	50, 60 Hz; ± 4.5 Hz
Max. output current	6.1 A	8.6 A	12.5 A	15 A
Power factor ($\cos \varphi$)	1	1	1	1
Phase conductors / connection phases	1 / 1	1 / 1	1 / 1	1 / 1
Efficiency				
Max. efficiency / Euro-eta	92.1 % / 90.9 %	93.5 % / 91.8 %	94.1 % / 93.2 %	95.0 % / 93.6 %
Protection devices				
DC reverse-polarity protection	●	●	●	●
ESS switch-disconnector	●	●	●	●
AC short circuit protection	●	●	●	●
Ground fault monitoring	●	●	●	●
Grid monitoring (SMA Grid Guard)	●	●	●	●
Galvanically isolated / all-pole sensitive fault current monitoring unit	●/-	●/-	●/-	●/-
Protection class / overvoltage category	I / III	I / III	I / III	I / III
General data				
Dimensions (W / H / D) in mm	440 / 339 / 214	440 / 339 / 214	440 / 339 / 214	440 / 339 / 214
Weight	23 kg	25 kg	28 kg	32 kg
Operating temperature range	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C	-25 °C ... +60 °C
Noise emission (typical)	≤ 41 dB(A)	≤ 46 dB(A)	≤ 33 dB(A)	≤ 30 dB(A)
Internal consumption (night)	< 0.1 W	< 0.1 W	< 0.25 W	< 0.25 W
Topology	LF transformer	LF transformer	LF transformer	LF transformer
Cooling concept	Convection	Convection	Convection	Convection
Electronics protection rating / connection area (as per IEC 60529)	IP65 / IP65	IP65 / IP65	IP65 / IP65	IP65 / IP65
Climatic category (per IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H	4K4H	4K4H
Features				
DC connection; SUNCLIX	●	●	●	●
AC connection: screw terminal / plug connector / spring-type terminal	-/●/-	-/●/-	-/●/-	-/●/-
Display: text line / graphic	●/-	●/-	●/-	●/-
Interfaces: RS485 / Bluetooth®	○/○	○/○	○/○	○/○
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 years	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○	●/○/○/○/○
Certificates and permits (more available on request)	CE, VDE 0126-1-1, UTE C 15-712-1, DK 5940*, RD 1663, G83/1-1, CER/06/190 (only SB 1700), PPC, AS4777, EN 50438**, C10/C11, PPDS, IEEE 929		CE, VDE 0126-1-1, DK 5940*, RD 1663, G83/1-1, CER/06/190, PPC, AS4777, EN 50438**, C10/C11, PPDS	
*Only applies to IT variants, ** Does not apply to all national deviations of EN 50438				
● Standard features ○ Optional features – not available Data at nominal conditions				
Type designation	SB 1200	SB 1700	SB 2500	SB 3000



Accessories

- RS485 interface of type 485PB-NR
- Bluetooth® Piggy Back BTPBIN-V-NR
- Grounding set "Positive" ESHV-F-NR
- Grounding set "Negative" ESHV-F-NR

331-000-000110712 | SMA Solar Technology AG | SMA Solar is a registered trademark of SMA Solar Technology AG | Bluetooth® is a registered trademark of SMA Solar Technology AG | SunClIX is a registered trademark of SMA Solar Technology AG | UTE C 15-712-1, DK 5940*, RD 1663, G83/1-1, CER/06/190 (only SB 1700), PPC, AS4777, EN 50438**, C10/C11, PPDS, IEEE 929