

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

LETÍCIA DINIZ DUIZIT

**Estudo da viabilidade econômico-financeira na utilização de sistemas solares
fotovoltaicos no Vale do Paraíba**

Lorena
2015

LETÍCIA DINIZ DUIZIT

**Estudo da viabilidade econômico-financeira na utilização de sistemas solares
fotovoltaicos no Vale do Paraíba**

Monografia apresentada à Escola de
Engenharia de Lorena – Universidade de São
Paulo como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da
Silva

Lorena
2015

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Duizit, Letícia Diniz

Estudo da viabilidade econômico-financeira na utilização de sistemas solares fotovoltaicos no Vale do Paraíba / Letícia Diniz Duizit; orientador Lucas Barboza Sarno da Silva. - Lorena, 2015.
92 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2015
Orientador: Lucas Barboza Sarno da Silva

1. Energia fotovoltaica. 2. Sistema conectado à rede. 3. Viabilidade econômica. 4. Vale do Paraíba. 5. Socioambiental. I. Título. II. Silva, Lucas Barboza Sarno da, orient.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Marcia F. Diniz Duizit e ao meu pai Edisom T. Duizit que sempre me apoiaram, incentivaram, acreditaram que eu conseguiria e me ajudaram sempre do modo que podiam, fosse com pequenos gestos de compreensão até com cansativas viagens a Lorena para me ajudar, entre infinitas outras coisas. Obrigada por todo o amor.

Ao meu namorado e amado companheiro Luiz Carlos Magalhães, que passou muitas noites acordado comigo, mesmo ao telefone, amparando minhas tristezas, me dando forças para continuar e também compartilhando de minhas alegrias e conquistas.

À minha avó Maria Lainha Diniz e ao meu avô Itamar Ferreira Diniz, os quais não podem ser agradecidos apenas por palavras, pois são muitos anos de apoio e amor dedicados à mim.

À minha amada tia e amiga Marilúcia Diniz, e aos tios e tias: Athayde de Barros, Maria Celeste Xavier, Edmar Diniz, Argemiro Duizit, Gilsom Martins, e em memória Roseli Duizit, que serviram de exemplo e contribuíram de alguma forma para essa realização, e a todos familiares que me apoiaram.

A todos os meus amigos de Resende, que me acompanharam e agora mesmo eu estando longe nunca se esquecem de mim. Aos amigos de Lorena, a Carolina Marques que me ajudou enfrentar muitas coisas ao longo desse caminho, e está sempre ao meu lado me incentivando, as minhas amigas e companheiras de república, principalmente a Fernanda Nascimento e a Amanda Oliveira que acompanharam todas minhas oscilações de humor, todos os meus choros, dificuldades e aprovações, sempre me deram apoio e respeitaram meu jeito de ser.

As minhas amadas cadelinhas, Lua, Mila e Jade, que apesar de não saberem o que acontece, sempre esperavam o tempo que fosse necessário para eu voltar e me recebiam com muito amor.

Ao Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva pela orientação desde as aulas na graduação, foram quatro semestres cursados juntos, que me permitiram conhece-lo, pois

pude acompanhar seu trabalho, disposição e dedicação em ajudar os alunos, e, portanto, escolhe-lo como meu orientador. Obrigada pelos conhecimentos que me foram passados, eles me permitiram: ser monitora, o que foi muito importante para mim, e me auxiliaram no desenvolvimento do TCC. Sua amizade, apoio, compreensão e confiança no meu trabalho foram de extrema importância.

À Profa. Dra. Ana Lúcia Gabas e à bibliotecária Regina Horta pela contribuição e disposição durante e depois das aulas que auxiliaram na execução do trabalho.

Ao Guilherme Ferreira Alves que contribuiu e ajudou na melhoria do trabalho, mas mais do que isso se demonstrou um grande amigo me acompanhando e apoiando durante todos os momentos.

Ao Prof. Dr. Hélcio José Izário Filho, pela participação na banca avaliadora e suas contribuições para a melhoria desse trabalho, além do convite da oportunidade da realização do estágio.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Kondracki de Alcântara e ao Prof. Dr. Wendell de Queiróz Lamas pela amizade e também participação na banca avaliadora e suas sugestões para a melhoria desse trabalho.

Aos funcionários da instituição que me deram apoio, Joel Ribeiro, Gisele Maria, Rogério, e a todos os meus professores do ensino fundamental e ensino médio, que também muito me apoiaram, pois sem eles eu não teria adquirido os conhecimentos necessários para chegar onde eu cheguei.

Ao Eduardo Nicol da empresa RENEW Energia e ao Marcelo Duque da empresa Energy Vale que foram muito receptivos e proativos em me ajudar, colaborando com informações muito importantes para o desenvolvimento do trabalho.

E a Deus que me concebeu de inúmeras bênçãos para esta vitória, que colocou todas as pessoas acima no meu caminho, que me levantou quando eu pensei não ter mais forças, e que está sempre ao meu lado me guiando.

“O Senhor é meu pastor...

Nada me faltará.”

Salmo 23

RESUMO

DUIZIT, L. D. **Estudo da viabilidade econômico-financeira na utilização de sistemas solares fotovoltaicos no Vale do Paraíba**. 2015. 92 p. Monografia (TCC) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

Analisando a situação energética do Brasil é possível identificar a necessidade de novas fontes de energia. O sistema energético brasileiro é baseado nos recursos hídricos, mas, atualmente, atravessa um período de seca e aumento na demanda, criando a necessidade da utilização de fontes de energia alternativas. Uma solução poderia ser através da produção individual, utilizando energia solar fotovoltaica. Existem quatro tipos de sistemas fotovoltaicos: sistemas híbridos, sistema de bombeamento de água, sistemas autônomos e sistemas conectados à rede. Essa solução precisa ser economicamente viável para atrair um mercado consumidor. Esse trabalho tem por objetivo avaliar de viabilidade econômica para uma proposta de energia solar fotovoltaica com sistemas conectados à rede, na região do Vale do Paraíba. A metodologia adotada foi um Estudo de Caso sobre o cenário atual de consumo médio de 250 kWh/mês. Foram feitos levantamentos sobre irradiação na região, energia fotovoltaica, custos, e parâmetros externos; estudados as necessidades no setor solar fotovoltaico brasileiro; e; aplicadas análises financeiras para a avaliação da viabilidade econômica, em 3 etapas: *payback*, taxa de retorno do investimento (TIR) e valor presente líquido (VPL). O trabalho comprovou que o sistema é viável e atrativo financeiramente, o retorno do investimento é por volta do nono ano, o valor presente líquido equivale a um retorno mensal de R\$ 68,53 mensais e a TIR é maior que a taxa mínima de atratividade. Portanto o investimento em energia solar fotovoltaica pode ser uma das soluções para problemas energéticos no Vale do Paraíba. Além de ser uma solução ambiental, também tem um cunho social, por possibilitar a geração de energia em comunidades distantes e isoladas, ou seja, uma solução socioambiental.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica. Sistema Conectado à Rede. Viabilidade Econômica. Vale do Paraíba. Socioambiental.

ABSTRACT

DUIZIT, L. D. **Study of the economic and financial viability in the use of solar photovoltaic systems in Vale do Paraíba.** 2015. 92 p. Monograph (TCC) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2015.

Analyzing the Brazilian energy situation it is possible to identify the necessity for new energy sources. The Brazilian energy system is based on water resources, but actually is passing by a period of drying and demand increasing, creating the necessity for alternative energy sources. One solution could be through the individual photovoltaic solar production. There are four types of photovoltaic systems: hybrid systems, water-pumping system, stand-alone systems, and grid-connected systems. This solution needs to be economically viable to attract a consumer market. This study aims to conduct an economic feasibility assessment for a photovoltaic solar energy with grid-connected systems, in the region of Vale do Paraíba. The Case Study methodology for the actually scenario of average consumption of 250 kWh/month were applied. Searches on solar irradiation in the region, photovoltaics energy, costs, and external parameters were performed; the necessities in the Brazilian photovoltaic solar department were studied; and, financial analyses were applied to evaluate the economic viability, using three steps: payback, internal rate of return (IRR) and net present value (NPV). The work proved that the system is viable and financially attractive, the return on investment is around the ninth year, the net present value is equivalent to a return of R\$ 68.53 monthly and the IRR is greater than the hurdle rate of attractiveness. Therefore the investment in photovoltaic solar energy can be a solution to energy problems in Vale Paraíba. In addition to being an environmental solution, also has a social contribution, by allowing power generation in remote and isolated communities, ie a social and environmental solution

Keywords: Photovoltaic energy. Grid-Connected Systems. Economic viability. Vale do Paraíba. Social and Environmental.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Célula de silício.....	16
Figura 2 – Sistema fotovoltaico autônomo.....	18
Figura 3 – Sistema híbrido.....	19
Figura 4 – Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.....	20
Figura 5 – Sistema de bombeamento d'água.....	21
Figura 6 – Sistema de compensação de energia.....	32
Figura 7 – Etapas de solicitação e de parecer de acesso.....	33
Figura 8 – Média anual do total diário de irradiação solar global.....	36
Figura 9 – Potencial anual médio de energia solar.....	37
Figura 10 – Valor futuro de um fluxo de caixa.....	48
Figura 11 – Relação VPL e TIR.....	50
Figura 12 – Gráfico da energia elétrica produzida por dia nas cidades do Vale Paraíba. ...	55
Figura 13– Gráfico da energia elétrica produzida por mês nas cidades do Vale Paraíba. ...	56
Figura 14 – Representação do retorno financeiro mensal.....	58
Figura 15 – Representação da TIR para a cidade de Piquete.....	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Orçamento de um projeto com capacidade de 300 kWh/mês.....	52
Quadro 2 – Orçamento de um projeto com capacidade de 500 kWh/mês.....	53
Quadro 3 – Orçamento de um projeto com capacidade de 250 kWh/mês.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil de 2008 a 2014.....	29
Tabela 2 – Geração elétrica por fonte energética no Brasil de 2008 a 2014.	30
Tabela 3 – Tarifas energética no Vale do Paraíba.	35
Tabela 4 – Irradiação solar diária por cidade em cada mês.	39
Tabela 5 – Irradiação solar diária por cidade em cada mês.	41
Tabela 6 – Preço da potência de pico para os três sistemas cotados.	54
Tabela 7 – Custo da energia fotovoltaica anual para cada cidade do Vale do Paraíba.....	57
Tabela 8 – Retorno do investimento em relação a tarifa de cada concessionária.....	59
Tabela 9 – Valores de VPL para cada cidade do Vale do Paraíba.....	61
Tabela 10 – Projeção do retorno do investimento para durante 25 anos.	63
Tabela 11 – Cálculo do valor presente líquido para a menor taxa de retorno.	64
Tabela 12 – Cálculo da TIR.	64
Tabela 13 – Cálculo do <i>payback</i> para cada concessionária, considerando retorno máximo e mínimo.....	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Geral.....	15
2.2 Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Energia solar fotovoltaica	16
3.2 Tipos de sistemas solares fotovoltaicos	18
3.2.1 Sistemas isolados ou autônomos.....	18
3.2.2 Sistemas híbridos	19
3.2.3 Sistemas conectados à rede.....	20
3.2.4 Sistema de bombeamento d'água	21
3.3 Vida útil dos painéis solares	22
3.4 Bateria.....	23
3.5 Incentivo ao uso da energia elétrica fotovoltaica.....	23
3.6 Incentivo ao uso da energia fotovoltaica no Brasil.....	26
3.7 Sistema de compensação de energia elétrica	30
3.8 Tarifa energética no Vale Paraíba.....	33
3.9 Potencial solar.....	35
3.9.1 Potencial no Brasil e região sudeste	35
3.9.2 Potencial solar no Vale do Paraíba	38
4 MATERIAIS E MÉTODOS	43
4.1 Revisão bibliográfica	43
4.2 Delimitação da unidade caso	44
4.3 Coleta de dados.....	44
4.4 Cálculos	44
4.4.1 Preço da potência de pico	44
4.4.2 Cálculo da energia gerada pelo sistema.....	45
4.4.3 Preço da energia fotovoltaica.....	46
4.4.4 Calculo da viabilidade econômica	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1 Cotação do sistema fotovoltaico	52
5.2 Preço da potência de pico	54

5.3 Cálculo da energia gerada pelo sistema	54
5.4 Preço da energia fotovoltaica.....	56
5.5 Cálculo da viabilidade econômica	57
5.6 Análise do sistema solar fotovoltaico	66
6 CONCLUSÃO	69
7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	70
REFERÊNCIAS.....	71
ANEXO A	76
ANEXO B	78
ANEXO C	80
ANEXO D	81
ANEXO E	83
ANEXO F.....	85
ANEXO G.....	87
ANEXO H.....	89
ANEXO I	91

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil vive uma das maiores crises hídricas de toda sua história. Dentre os principais motivos estão: escassez de chuvas, desmatamento de matas ciliares, alto índice de poluição, má gestão nos recursos hídricos, entre outros fatores, incluindo o desmatamento da floresta amazônica. Essa crise hídrica, que possui como um de seus principais vilões a falta de chuva, levou os reservatórios de águas nacionais a um nível extremamente baixo, afetando o setor energético do país que tem como base os recursos hídricos.

No Sudeste os principais reservatórios de abastecimento urbano, como o Sistema Cantareira e os sistemas do Paraíba do Sul, contaram em 2014 com precipitações próximas às mais baixas já registradas no histórico, o que impediu a recuperação dos níveis dos reservatórios. No Sistema Cantareira foi registrado um valor de vazão média anual igual a $8,70 \text{ m}^3/\text{s}$, o que corresponde a cerca de 22% da média anual ($39,44 \text{ m}^3/\text{s}$) e a 40% da vazão média de 1953 ($21,81 \text{ m}^3/\text{s}$), registrando o menor valor histórico desde 1930. E em termos de volume útil no Reservatório Equivalente do Paraíba do Sul, partiu-se de 51,7% (dez/2013) para 2,59% (dez/2014), e atualmente (19/03/2015) encontra-se com 11,65% (ANA, 2015).

Conforme dados apresentados no Balanço Energético Nacional (BEN) de 2014 (ano base 2013) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), sabe-se que a matriz elétrica brasileira está baseada nas fontes hidráulicas, com aproximadamente 70% oriundos dessa fonte (BRASIL, 2014). A crise no setor hídrico, por consequência, encadeia uma crise no setor energético, e novas fontes de energia se fazem necessárias para suprir essa demanda. Um dos principais modos de evitar uma crise energética é possuindo uma matriz energética diversificada e não concentrada (SOARES et al., 2010). Desse modo, se uma fonte falhar existirão outras opções para recorrer.

Existem várias outras fontes para a produção de energia, como por exemplo: queima de biomassa, eólica, gás natural, derivados de petróleo, derivados de carvão, nuclear, solar, proveniente do lixo, entre outras. É importante avaliar quais os melhores tipos de energia para determinados locais, com prioridade na busca por fontes de energia limpa e renovável para diversificar a matriz energética da região. Com o avanço tecnológico, a cada ano se tem uma demanda maior por energia elétrica e quando a produção de energia por meio da energia hidrelétrica não supre a demanda, a principal fonte de compensação no Brasil é através da

ativação das usinas termelétricas. Do ano 2012 para o ano 2013, há um crescimento de 31% na produção de energia termelétrica (BRASIL, 2014).

O problema desse aumento está: no uso de fontes não renováveis como o gás natural, na grande geração de poluentes atmosféricos como são dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), monóxido de carbono e alguns hidrocarbonetos de baixo peso molecular, inclusive metano (CH₄) (a quantidade de emissões de poluentes atmosféricos emitidos por uma usina termelétrica dependerá das características do componente utilizado na queima) (ALY, 2001), e na perda d'água durante seu uso para resfriamento.

Em 2013, 30,3% da energia produzida no país foi de origem termelétrica e em 2014, 34,7% (sendo deste apenas 22,6% são originados da biomassa), ou seja, foi a segunda maior fonte de energia do país de acordo com o Balanço energético nacional de 2014 e 2015 (BRASIL, 2014; BRASIL, 2015a).

Quando se pensa em buscar uma matriz energética baseada em fontes renováveis é possível observar que o Brasil está iniciando esse processo com fontes solares e eólicas, entre outras, como por exemplo, através da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012. Porém com o aumento do consumo, os incentivos no país ainda não são suficientes para suprir essa demanda e isso reflete no aumento do consumo de fontes não renováveis. Conforme apresentado no Balanço Energético Nacional de 2014 e 2015 o consumo de fontes não renováveis aumentou de 59% para 60,6% baseado nos anos de 2013 e 2014 (BRASIL, 2014; BRASIL, 2015a).

O Brasil é um país tropical e possui irradiação solar durante todos os meses do ano, indicando o uso da energia solar fotovoltaica como uma das possíveis soluções para a crise no setor energético, demandando de incentivos e estudos na área.

A produção de energia solar fotovoltaica possui diversas vantagens entre elas 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. As discussões sobre a energia fotovoltaica têm aumentado e ela vem como uma tendência para as próximas gerações, mas ainda há muitas barreiras e dúvidas. A discussão atual é se essa energia seria ou não economicamente viável para os produtores/consumidores e, portanto, será apresentada uma análise econômico-financeira de tal investimento.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho visa avaliar a viabilidade econômico-financeira da implementação de sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede (do termo em inglês, *Grid Tie*) na região do Vale do Paraíba, pensando do ponto de vista do consumidor de baixa tensão.

2.2 Específicos

Como especificidades desse trabalho, tem-se:

- O aprimoramento dos conhecimentos sobre a utilização de sistemas fotovoltaicos na geração de energia elétrica, para sistemas de pequeno porte;
- A estimativa do preço (R\$/Wp) de um sistema fotovoltaico de pequeno porte, na região do Vale do Paraíba;
- Estimar o retorno financeiro de um projeto de geração distribuída fotovoltaica no Vale do Paraíba, sob a óptica de clientes de baixa tensão;
- Apresentar a situação atual do sistema fotovoltaico autônomo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

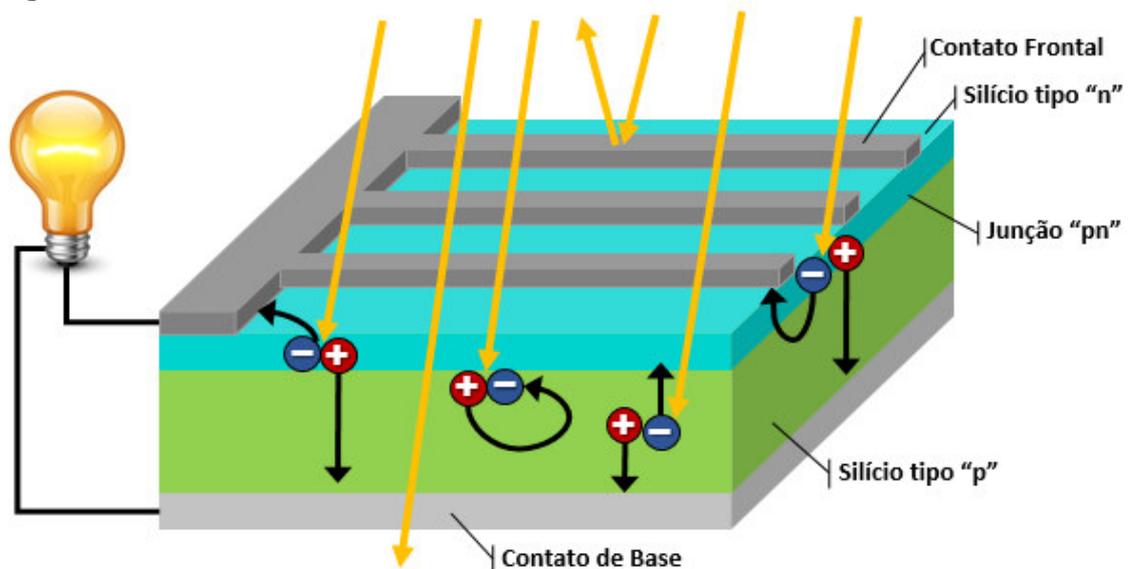
3.1 Energia solar fotovoltaica

A transformação da radiação solar em energia elétrica chama-se efeito fotovoltaico. Esse efeito ocorre através das células solares que são feitas de materiais semicondutores como o silício (Si), o arsenieto de gálio (GaAs), telurieto de cádmio (CdTe) ou disselenieto de cobre e índio (CuInSe₂), sendo a célula de silício a mais usada atualmente.

Para que o silício seja utilizado como célula solar ele deve passar por um processo de dopagem, no qual se adiciona outros elementos. A dopagem do silício com o fósforo resulta em um material com elétrons livres (portador de cargas negativas), chamado de silício tipo N, enquanto que a dopagem com boro resulta em um material com falta de elétrons, ou seja, com cargas positivas livres, chamado de silício tipo P (NASCIMENTO, 2004).

Cada célula solar é composta por uma camada fina de material tipo N e outra camada, com maior espessura, de material tipo P. O esquema de uma célula de silício está representado na Figura 1.

Figura 1 – Célula de silício.



Fonte: adaptado de NASCIMENTO (2004).

A incidência de luz sobre a célula fotovoltaica permite que os fótons interajam com os elétrons, fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores. Esse condutor quando

ligado às camadas N e P, que unidas formam um campo elétrico devido aos elétrons livres do silício tipo N ocuparem os espaços vazios da estrutura P, faz com que os elétrons fluam de uma camada para outra (NASCIMENTO, 2004).

A corrente elétrica fluirá enquanto houver incidência de radiação sobre a placa. A intensidade da corrente elétrica é proporcional à intensidade da luz incidente. As células fotovoltaicas não são capazes de armazenar energia e, portanto, esta deve ser armazenada em baterias ou diretamente consumida.

Existem quatro tipos de células feitas de silício, segundo Nascimento (2004):

- 1) Monocristalino – que apresentam eficiência superior a 12%;
- 2) Policristalino – em que os átomos não se organizam em um único cristal, essa célula é mais barata, entretanto possui eficiência menor que as de silício monocristalino (~10%);
- 3) Amorfo – que são depositadas sobre superfícies de vidro ou metal, apresenta eficiência entre 5% e 7%;
- 4) Amorfo hidrogenado ($a\text{-Si}^3$) – que são filmes finos, utilizadas em materiais como relógios e calculadoras, com eficiência de menos que 9%.

Além dos materiais semicondutores, atualmente ainda em fase de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), estão sendo desenvolvidas três tipos de células: células fotovoltaicas para concentração (*Concentrated Photovoltaics* – CPV), células sensibilizadas por corante (*Dye-Sensitized Solar Cell* – DSSC) e células orgânicas ou poliméricas (*Organic Photovoltaics* – OPV) (CRESESB, 2014). As principais vantagens destas células, em relação às de silício, estão na maior eficiência, maior flexibilidade, melhor disposição, ou seja, podem ser colocados em qualquer lugar como carros, mochilas, etc. Além disso, possuem 5% do peso de um painel tradicional, feito de silício. Entretanto esse tipo de tecnologia ainda possui um preço praticamente inacessível ao mercado.

O funcionamento do DSSC ocorre da seguinte forma (BEER, 2015):

- 1) Os componentes químicos da tinta orgânica da placa reagem à luz solar, liberando elétrons;
- 2) Os elétrons são conduzidos por um tecido de prata até a fita condutora de energia e os cabos, onde se transformam em corrente elétrica;
- 3) A corrente chega ao inversor, equipamento que adapta e distribui a energia gerada para a rede elétrica;
- 4) O medidor contabiliza a energia criada e a consumida;
- 5) Se a energia criada for maior que a consumida, o excedente será enviado à companhia elétrica e virará crédito para o dono do sistema.

3.2 Tipos de sistemas solares fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em quatro categorias distintas: a) isolados; b) híbridos; c) conectados à rede; e d) de bombeamento de água. Os sistemas fotovoltaicos utilizam principalmente células fotovoltaicas, baterias, controladores de carga, inversores de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), e conversores de corrente contínua (SILVA, 2014).

3.2.1 Sistemas isolados ou autônomos

Sistemas isolados (termo em inglês *off-grid*), ou autônomos, são sistemas independentes da rede elétrica convencional, representado na Figura 2. A energia gerada pelos painéis fotovoltaicos (1) passa por um controlador (2), responsável pelo controle de carga e descarga, aumentando a vida útil da bateria evitando que ela sobrecarregue ou descarregue totalmente. A energia é então armazenada na bateria (3), passa por um inversor que transforma a corrente contínua em corrente alternada (CC/CA) e, em seguida, é distribuída (SILVA, 2014).

Figura 2 – Sistema fotovoltaico autônomo.



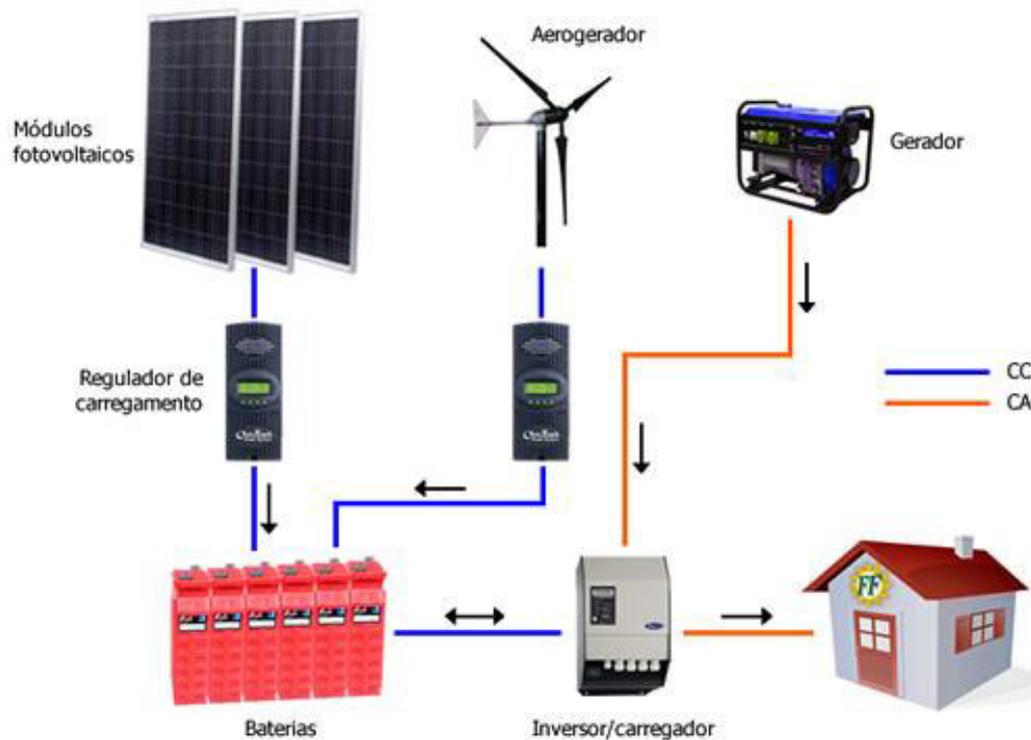
Fonte: NEOSOLAR ENERGIA (c2015).

3.2.2 Sistemas híbridos

Sistemas híbridos são compostos da junção de diversas fontes de energia, para complementar umas às outras. Um exemplo deste tipo de sistema é quando na ausência do sol, as fontes auxiliares de geração de energia permitiriam que a bateria continuasse a ser carregada. As fontes de energia auxiliares podem ser provenientes de geradores eólicos, a diesel, a gás, gasolina e outros combustíveis (SILVA, 2014).

O sistema de funcionamento é mais complexo, devido à integração de várias formas de geração de energia e por isso devem possuir sistemas de controle mais eficientes. São geralmente utilizados em sistemas de maior porte, com produção de energia na faixa de dezenas e centenas de quilowatt-hora-pico (kWhp). Para a melhor escolha do sistema é necessário a realização de uma análise econômica. A Figura 3 exemplifica um sistema híbrido composto por módulos fotovoltaicos, aerogeradores e geradores a diesel.

Figura 3 – Sistema híbrido.



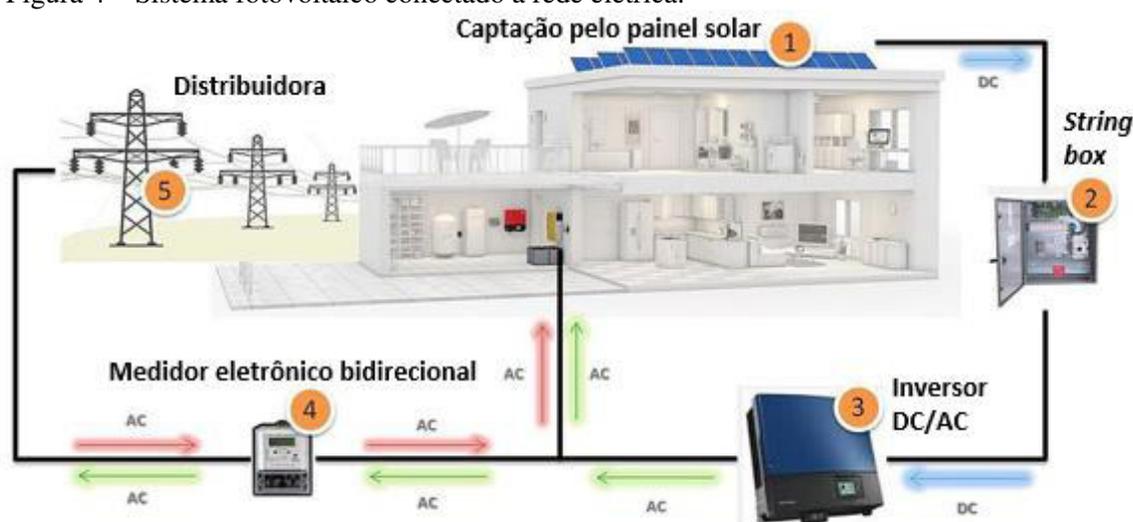
Fonte: FF SOLAR (c2015).

3.2.3 Sistemas conectados à rede

Nos sistemas conectados à rede, também conhecidos como *Grid Tie*, a energia produzida é distribuída para a casa e seu excedente é mandado para a rede central, ou se ela for produzida em parque gerador de energia fotovoltaica toda a sua produção é enviada para a rede central, com isso não é necessário o armazenamento de energia. Neste sistema o excedente da produção doméstica é mandado à rede de distribuição de energia local. As descrições desse sistema estão esquematizadas na Figura 4.

Este tipo de operação é permitido no Brasil desde 2012 quando entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012.

Figura 4 – Sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.



Fonte: ENERGY VALE (c2015).

De acordo com a Figura 4 são necessários os seguintes itens:

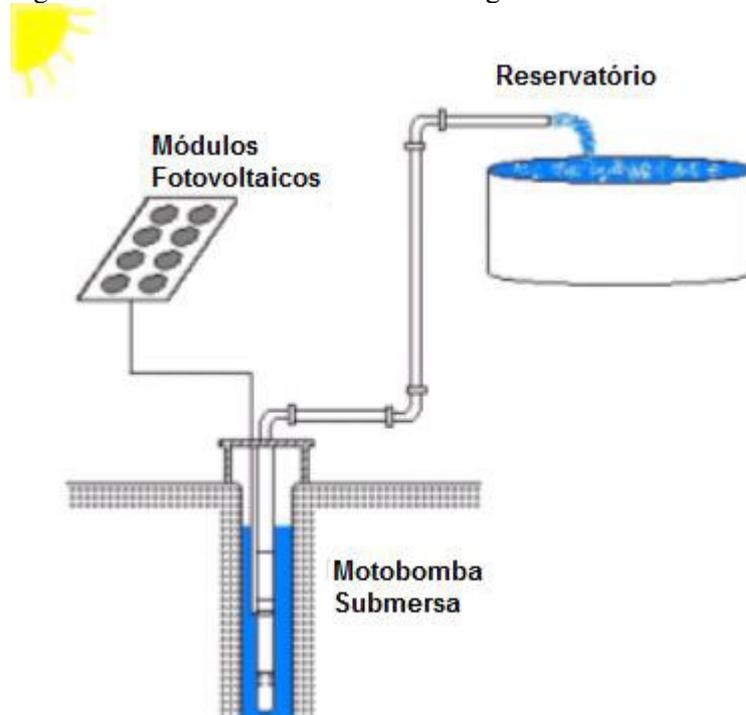
- 1) Captação pelo painel solar – A irradiação é captada pelo painel fotovoltaico e transformada em energia elétrica;
- 2) *String box* – Quadro de proteção e conexão dos painéis e responsável pela junção dos fios do painel e do inversor;
- 3) Inversor CC/CA – Transforma a corrente contínua em corrente alternada;
- 4) Medidor eletrônico bidirecional – Registra a diferença entre a energia injetada na rede e a energia consumida da rede.
- 5) Distribuidora – Manda energia para as residências, caso a energia elétrica gerada não seja suficiente.

3.2.4 Sistema de bombeamento d'água

É um sistema projetado especificamente para bombeamento de água de poços, lagos e rios. A água bombeada através da energia solar fotovoltaica é levada até reservatórios elevados que não demandam de energia para distribuir a água e por isso esse sistema dispensa o armazenamento da energia elétrica produzida pelos módulos fotovoltaicos, uma vez que a energia gerada é usada no bombeamento e depois ela não se faz mais necessária (SOLENERG, c2015).

Um sistema de bombeamento é composto por um gerador fotovoltaico, um sistema de acondicionamento de potência, conjunto moto bomba e equipamentos complementares. Ele pode ser estruturado em quatro diferentes formas: a) grupo motobomba submersa; b) bomba submersa e motor em superfície; c) grupo motobomba flutuante; e d) grupo motobomba em superfície (SILVA, 2015). A Figura 5 representa um exemplo de sistemas do grupo motobomba submersa.

Figura 5 – Sistema de bombeamento d'água.



Fonte: SOLENERG (c2015).

3.3 Vida útil dos painéis solares

A energia solar fotovoltaica é considerada uma energia limpa, pois não emite poluentes durante o seu funcionamento, entretanto não se pode desprezar a quantidade de resíduos a serem descartados no fim de sua vida útil de 25 anos e a poluição gerada durante o processo de produção dos equipamentos.

A reciclagem é o modo mais sustentável de gerir os equipamentos no fim da vida útil, no entanto, não existe motivação econômica para reciclar esse tipo de equipamento, pois os custos de deposição de equipamentos fotovoltaicos em aterro são mais baixos que os custos associados à reciclagem (GONÇALVES, 2014).

A principal medida em vigor na Europa, é a Diretiva sobre Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) 2012/19/UE, que regula o tratamento dos produtos em fim de vida e exige que os fabricantes cumpram com as obrigações em matéria de gestão dos resíduos nacionais. O painel solar fotovoltaico está incluso dentro desta diretiva e com isso passa a fazer parte do programa de logística reversa (APA, c2015).

No Brasil existe a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) que propõe a prática de hábitos de consumo sustentável e contém instrumentos variados para propiciar o incentivo à reciclagem e à reutilização dos resíduos sólidos (reciclagem e reaproveitamento), bem como a destinação ambientalmente adequada dos dejetos. Porém a política ainda não é incisiva sobre a população que ainda descarta grande parte do lixo eletrônico de forma inadequada, e quanto a magnitude da reciclagem, sabe-se que em 2008 apenas 13% do lixo seco foi reciclado, um índice baixo comparado aos países da Europa que atingem até 48% como é o caso da Alemanha. Portanto a PNRS ainda não garante que os painéis serão destinados corretamente a reciclagem (WALDMAN, 2011).

Na Europa existe além da Diretiva sobre os resíduos o programa *PV Cycle*:

“Este programa caracteriza-se por uma rede de centenas de pontos de recolha (331 em Janeiro de 2014), transportadores de equipamentos em fim de vida e parceiros especializados em reciclagem. Representam cerca de 90% do mercado PV na Europa, oferecendo um tratamento sustentável e uma relação custo-benefício para equipamentos no fim de vida. Os módulos são depositados em postos de recolha ou transportados pela própria *PV Cycle*. Em 2012, a *PV Cycle* recolheu e tratou 3.759 toneladas de módulos PV no fim de vida (superando as 1.430 toneladas de 2011). Em janeiro de 2014, os valores aumentaram para 8.734 toneladas tratadas no total, onde 404 toneladas foram tratadas nesse mesmo mês. A maior parte dos módulos recolhidos são à base de silício, 16% foram CIGS (Cobre-Índio-Gálio-Selénio) e 1% outros módulos PV flexíveis. Os módulos CdTe não estão integrados no esquema do *PV Cycle* porque a maioria dos produtores garantem o tratamento no fim de vida” (GONÇALVES, 2014).

3.4 Bateria

Ainda não é convencional o uso de baterias para o armazenamento da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico, pois as baterias existentes no mercado possuem vida útil pequena (aproximadamente 4 anos) e pouca capacidade de armazenamento e por isso para o devido armazenamento de energia é necessário mais de uma bateria. O preço de uma bateria, na Neosolar Energia, está na ordem de R\$ 1.000,00.

Uma nova categoria de bateria, produzida pela empresa Tesla, promete maior eficiência e maior tempo de vida útil (aproximadamente 10 anos). Segundo a empresa, estarão disponíveis inicialmente dois modelos: o mais básico, de 7 kWh que custará US\$ 3.000,00, enquanto que a bateria de 10 kWh será vendida por US\$ 3.500,00, com o câmbio do Dólar valorizado em R\$ 3,88 datado em 14 de dezembro de 2015. Os custos da instalação e do painel solar não estão inclusos. O produto terá garantia de 10 anos, podendo funcionar em temperaturas de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $43\text{ }^{\circ}\text{C}$. A previsão de vendas nos EUA é para o ano 2016.

3.5 Incentivo ao uso da energia elétrica fotovoltaica

Assim como o Brasil, a Alemanha também possui sua matriz energética baseada principalmente em uma única fonte, a nuclear. Entretanto, o país tem como objetivo alterar a sua matriz energética para basear-se em fontes renováveis (PEGELS; LÜTKENHORST, 2014).

Atualmente a Alemanha, entre outros países, investe em energias solar e eólica, além de criar incentivos para que esse tipo de energia possa se desenvolver, mesmo não possuindo uma incidência de radiação solar tão forte no país. Na tecnologia de energia solar fotovoltaica, a Alemanha é mais forte como um adotante do que como um país inovador em tecnologia, com uma quota de 44% da capacidade mundial instalada em seu território e apenas 12% das patentes cumulativas globais (PEGELS; LÜTKENHORST, 2014).

Matrizes energéticas que se baseiam em um modelo energético sustentável e não dependente de uma única fonte evitam possíveis crises energéticas, uma vez que se um determinado setor falhar o outro pode tentar suprir essa demanda. Visando isso diversos

países como Alemanha, Arábia Saudita, entre outros, estão criando incentivos. Pode-se citar alguns exemplos (SOARES et al., 2010):

- A Alemanha, com o programa *Erneuerbare Energien Gesetz* (EEG), as tarifas para novos sistemas fotovoltaicos instalados passam a ter 5% de redução ao ano durante o período de 20 anos;
- A Espanha possui o Real Decreto, nos primeiros 25 anos as tarifas variam de 0,44 €/kWh até 0,33 €/kWh, dependendo da aplicação e do tamanho do sistema;
- Os EUA, com o *Califórnia Solar Initiative* (CSI), atribuem um incentivo fixado em 2,80 US\$/W, com meta de redução de 10% ao ano;
- O Japão dispõe do *Japanese Residential PV System Dissemination Program* (RPVDP), subsídio reduzido anualmente devido ao sistema de redução de preço. Por exemplo, em 2004 o subsídio era 387 US\$/kW e em 2005 era 172 US\$/kW.

Diante de tais tendências, é notável que o Brasil precisa ingressar no mercado de energia fotovoltaica e para isso é necessário superar os seguintes desafios: 1) incentivar a pesquisa e a inovação tecnológica; 2) criar um mercado consumidor; 3) estabelecer indústrias de células solares e de módulos fotovoltaicos; e 4) estabelecer indústrias de silício grau solar e eletrônico. Esses desafios foram abordados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), que elaborou algumas propostas para tentar superar esse desafio (CGEE, 2010).

Dentre as propostas elaboradas é necessário financiar programas de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), esse financiamento pode ser feito por desenvolvimento de projetos cooperativos entre empresas e instituições de ciência e tecnologia (ICT) que possibilite ganhos de competitividade. Concretizar uma rede de informações entre universidades, institutos federais ou ainda entre centros de purificação e centro de fabricação de células solares, visto que um processo realimenta o outro. Formar recursos humanos qualificados e criar um mercado consumidor.

As propostas de pesquisas são:

- Processos de fabricação de células solares e módulos fotovoltaicos de menor custo e/ou maior eficiência na produção, na manutenção e no equipamento;
- Tecnologia de conversores CC/CA para sistemas conectados à rede, conversores CC/CA bidirecionais para sistemas isolados e condicionamento de potência para sistemas fotovoltaicos de bombeamento;

- Estudos sobre tecnologias alternativas ao silício para fabricação de células fotovoltaicas, tais como filmes e semicondutores orgânicos;
- Nichos de mercado, tais como sistemas solares fotovoltaicos integrados às edificações ou programa de universalização do acesso e do uso da energia elétrica (CGEE, 2010).
- Exploração de interesses comuns entre energia fotovoltaica e microeletrônica, incluindo: a) conhecimento de lacunas entre propriedades ideais e as disponíveis (eficiência máxima e eficiência obtida); b) processos produtivos de filmes e superfícies; c) projeto e preparo de dispositivos; d) modelos físicos; e) ensaios e medidas;

As propostas de qualificação de recursos humanos são:

- Formar profissionais para atuarem nas etapas de projeto, instalação, operação e acompanhamento do desempenho de sistemas fotovoltaicos;
- Formar profissionais de pesquisa (especialização, mestrado, doutorado) e de operação (instalação, engenharia, arquitetura, etc.);
- Incluir disciplinas sobre energias renováveis, com ênfase em energia fotovoltaica e nas tecnologias relacionadas, nos cursos de graduação em engenharia elétrica, eletrônica e mecatrônica. Além dos cursos tecnológicos na área de sistemas elétricos e sobre energia fotovoltaica, tecnologias de módulos, conversores e instalações de sistemas fotovoltaicos, nos cursos técnicos de eletrotécnica e de eletrônica;
- Oferecer cursos de treinamento para profissionais já formados, com conteúdo igual aos especificados nos dois itens anteriores, por meio de parcerias com prefeituras e com o Ministério do Trabalho através do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT);
- Estabelecer cooperação internacional e assim fortalecer as propostas anteriores, de modo que ocorra a troca de informações e tecnologias, para que seja possível: a) criar laboratórios de caracterização de impurezas do quartzo e do silício em nível eletrônico; b) estabelecer processos-piloto de redução de minérios de silício e de refino de silício; c) fabricação de laminas de silício grau solar a partir de silício grau metalúrgico e de células solares a base de silício; d) desenvolver projetos para fortalecer e ampliar a capacidade de ensaios e medidas. E por fim estabelecer indústrias de silício grau solar e grau eletrônico (CGEE, 2010).

Propostas de criação de mercado consumidor (CGEE, 2010):

- Divulgar a energia solar fotovoltaica para a sociedade, investindo em projetos piloto e projetos vitrine (tais como estádios solares e aeroportos solares, bancos, correios, etc),

proporcionando amadurecimento e domínio tecnológico, além de promover grande visibilidade à população.

- Incentivar a geração solar fotovoltaica distribuída conectada à rede elétrica a partir da determinação de uma meta de percentual de participação na matriz elétrica nacional, que possa servir de atração para novas indústrias, visando fomentar a produção nacional de equipamentos e de incentivos à geração distribuída fotovoltaica em prédios comerciais ou públicos.

- Incentivar a geração solar fotovoltaica em larga escala para cargas específicas com demanda estável, direcionando o uso da energia fotovoltaica em organizações militares, prédios públicos, hospitais, escolas, aeroportos, edificações comerciais e urbanas, sistemas para telecomunicações e irrigações, telemetria, sinalização náutica (faróis e boias), etc.

- Fomentar a implantação de mini redes a partir de mini distribuidoras e mini geradoras, utilizando sistemas híbridos (solar/biomassa/eólico/*back-up* fóssil), além de promover projetos especiais de mini redes no contexto do Programa “Luz para Todos”.

- Estimular a criação de empresas de serviços de instalação e manutenção, além de criar um selo de qualidade para tais serviços, visando garantir qualidade mínima dos serviços técnicos de projeto e instalação.

3.6 Incentivo ao uso da energia fotovoltaica no Brasil

Diante das propostas apresentadas pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) percebe-se que existem vários caminhos para o incentivo do uso da energia fotovoltaica. No Brasil, já existem alguns incentivos a utilização da energia solar, segundo Silva (2015), tais como:

a) Programa Luz para Todos (LPT) – responsável por levar a energia elétrica em algumas comunidades que não têm acesso, através da utilização do Sistema Isolado.

“a Resolução Normativa nº 488, de 15 de maio de 2012, da Aneel, estabelece as condições para revisão dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica na área rural; a Resolução Normativa nº 493, de 5 de junho de 2012, da Aneel, estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI)” (SILVA, 2015).

b) Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD) – com desconto de 80% em ambas as tarifas, sendo que na TUSD limita-se para empreendimentos cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 kW e que entrem em operação até 31 de dezembro de 2017. O desconto passa a ser de 50% a partir do 11º ano de operação da usina solar e para empreendimentos que comecem a operar a partir de 1º de janeiro de 2018.

c) Venda direta a consumidores – permite que geradores de energia elétrica de fonte solar, e de outras fontes alternativas, com potência injetada inferior a 50.000 kW comercializem energia elétrica, sem intermediação das distribuidoras, com consumidores especiais, com carga entre 500 kW e 3.000 kW, sendo que na aquisição da energia, os consumidores especiais são beneficiados com desconto na TUSD, o que estimula a substituição da distribuidora pelo gerador da fonte alternativa.

d) Sistema de compensação de energia elétrica para a microgeração e minigeração distribuídas (*net metering*) – nesse sistema, consumidores poderão fornecer energia para a rede distribuidora e poderão abater a energia injetada daquela consumida, ou seja, somente pagarão para as distribuidoras a diferença entre o consumido e o injetado. O sistema deve ter potência máxima de um megawatt (MW). Esse sistema deve obedecer a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, da Aneel (ANEEL, 2012).

e) Convênio nº 101, de 1997, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) – permite a isenção do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) as operações envolvendo vários equipamentos destinados à geração de energia elétrica por células fotovoltaicas e por empreendimentos eólicos, não abrange todos os equipamentos utilizados pela geração solar, como inversores e medidores.

f) Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Indústria de Semicondutores (PADIS) – compreende em:

“redução a zero das alíquotas de PIS/PASEP e COFINS incidentes na venda no mercado interno ou de importação de máquinas, aparelhos, instrumentos e equipamentos, para incorporação ao ativo imobilizado da pessoa jurídica adquirente no mercado interno ou de importadora, e da contribuição de intervenção no domínio econômico incidente nas remessas destinadas ao exterior para pagamento de contratos relativos à exploração de patentes ou de uso de marcas e os de fornecimento de tecnologia e prestação de assistência técnica; até mesmo o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) e o imposto de renda podem ser objeto de alíquota zero; por alcançar os semicondutores e a produção de células de filme fino, a geração de energia elétrica por fonte solar é beneficiada” (SILVA, 2015).

g) Lei da informática – isenções tributárias para bens de informática e de automação, esses bens englobam equipamentos destinados à geração de energia elétrica por fonte solar. Os benefícios tributários estão condicionados a investimentos em pesquisa e desenvolvimento. Não é restrito à fonte solar.

h) Redução de imposto de renda – projetos de setores prioritários implantados nas áreas de atuação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) e da Superintendência do Desenvolvimento do Centro-Oeste (SUDECO) tem redução de imposto de renda.

i) Condições diferenciadas de financiamento – através de cinco tipos:

i.1) Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) – fontes alternativas podem obter financiamento, com taxa de juros abaixo das praticadas pelo mercado e prazo de amortização de até 20 anos, para o Leilão de Energia de Reserva de 2014 (LER 2014), foram oferecidas condições especiais para a fonte solar, inclusive para incentivar a produção de equipamentos no Brasil.

i.2) Apoio a Projetos de Eficiência Energética (PROESCO), operado pelo BNDES – financia intervenções que comprovadamente contribuam para a economia de energia, aumentem a eficiência global do sistema energético ou promovam a substituição de combustíveis de origem fóssil por fontes renováveis.

i.3) Fundo Clima, vinculado ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) – financia projetos, estudos e empreendimentos que visem à redução dos impactos da mudança do clima e à adaptação a seus efeitos, o que inclui projetos de energia solar.

i.4) Inova Energia – financiar iniciativas de inovação (segundo EPE (2014a), o montante de recursos disponibilizados para todo o programa soma R\$ 3 bilhões para os anos de 2013 a 2016.); engloba o desenvolvimento de tecnologias para a produção de silício purificado em grau solar, lâminas (*wafers*) de silício, células fotovoltaicas de silício, o desenvolvimento de tecnologias para produção de células fotovoltaicas de filmes finos e o desenvolvimento de tecnologias e soluções para produção de inversores e equipamentos aplicados a sistemas fotovoltaicos;

i.5) Caixa Econômica Federal (CEF) – equipamentos de microgeração podem ser adquiridos e quitados em um financiamento de até 240 meses, a uma taxa de juros mensal que varia de 1,4% + Taxa Referencial (TR) a 2,33% + TR.

j) Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) – através de três etapas (SILVA, 2015):

j.1) Chamada de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) – arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira

j.2) Laboratório de energia fotovoltaica Richard Louis Anderson – com objetivo de ajudar a disseminação do conceito de edifícios integrados e na difusão da microgeração fotovoltaica, voltado à pesquisa e desenvolvimento de módulos fotovoltaicos customizados.

j.3) Fundo Solar – oferece apoio financeiro no valor de R\$ 1.000,00 a R\$ 5.000,00 por projeto de microgeração fotovoltaica conectado à rede, lançado em 2013 pelo Instituto Ideal e pelo *Grüner Strom Label* (Selo de Eletricidade Verde da Alemanha);

k) Sistema de compensação de energia elétrica – descrito no item 3.7

Apesar da existência de todos esses incentivos, o Brasil gera pouquíssima energia através de fontes solares. Representa 0,01% da capacidade instalada no Brasil, conforme dados apresentados na Tabela 1 (EPE, 2014b; EPE, 2015).

Tabela 1 – Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil de 2008 a 2014.

Fonte Energética	Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014 (%)
Usinas Hidrelétricas	74.901	75.484	77.090	78.347	79.956	81.132	84.095	62,80
Usinas Termelétricas	22.999	25.350	29.689	31.243	32.778	36.528	37.827	28,25
PCH	2.490	2.953	3.428	3.896	4.101	4.620	4.790	3,58
CGH	154	173	185	216	236	266	308	0,23
Usinas Nucleares	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	1.990	1.990	1,49
Usinas Eólicas	398	602	927	1.426	1.894	2.202	4.888	3,65
Solar	-	-	1	1	2	5	15	0,01
Total	102.949	106.569	113.327	117.136	120.974	126.743	133.913	100,00

PCH – Pequena Central Hidrelétrica; CGH – Central Geradora.

Fonte: EPE (2014b); EPE (2015).

A Tabela 2 apresenta o percentual de geração de energia no Brasil entre 2008 e 2014, por cada fonte energética. A fonte solar tem um índice tão baixo de geração de energia que não é apresentada na Tabela 2, sua participação esta inclusa dentro de outras fontes de energia secundárias. (EPE, 2014b; EPE, 2015).

Tabela 2 – Geração elétrica por fonte energética no Brasil de 2008 a 2014.

Fonte Energética	Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh)							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014 (%)
Gás Natural	28.778	13.182	36.476	25.095	46.760	69.003	81.075	13,73
Hidráulica ^[1]	369.556	389.858	403.290	428.333	415.342	390.992	373.439	63,24
Derivados de Petróleo ^[2]	15.628	12.549	14.216	12.239	16.214	22.090	31.668	5,36
Carvão	6.730	5.416	6.992	6.485	8.422	14.801	18.385	3,11
Nuclear	13.969	12.957	14.523	15.659	16.038	15.450	15.378	2,60
Biomassa ^[3]	19.199	20.572	31.209	31.633	34.662	39.679	44.733	7,58
Eólica	1.183	1.238	2.177	2.705	5.050	6.578	12.210	2,07
Outras ^[4]	8.076	7.205	6.916	9.609	10.010	12.241	13.590	2,30
Total	463.120	462.976	515.799	531.758	552.498	570.835	590.479	100,00

[1] inclui autoprodução; [2] óleo diesel e óleo combustível; [3] lenha, bagaço de cana e lixívia; [4] recuperações, gás de coqueria e outros secundários.

Fonte: EPE (2014b); EPE (2015).

É importante ressaltar que grande parte dos incentivos no Brasil são recentes e podem passar por processos de melhoria e de maior adesão por parte dos produtores e consumidores e, portanto, o quadro apresentado pode vir a melhorar nos próximos anos.

3.7 Sistema de compensação de energia elétrica

Em 17 de abril de 2012 entrou em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, permitindo que o consumidor brasileiro gere sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade.

A iniciativa de instalação de micro (potência instalada menor ou igual a 100 kW) ou mini geração (potência instalada de 101 kW a 1 MW) distribuída é do consumidor. A ANEEL não estabelece o custo dos geradores nem eventuais condições de financiamento (ANEEL, 2014).

O sistema de compensação de energia elétrica permite que o produtor/consumidor receba energia da concessionária caso sua energia produzida não seja suficiente, pagando apenas a diferença entre a energia consumida e a gerada. Nos casos em que a energia produzida exceda a necessidade do consumidor, essa energia é mandada para a rede de distribuição e conta como créditos, nessa situação o titular deve apenas realizar o pagamento

referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). Cabe ressaltar que, dependendo da forma de incidência dos impostos em cada Estado, o consumidor terá ainda que pagar os impostos ICMS e PIS/COFINS incidentes sobre o total da energia absorvida da rede, que serão discutidos no item 3.8 (ANEEL, 2014).

No caso de produção de energia excedente, a distribuidora utilizará essa diferença positiva para abater o consumo medido em outros postos tarifários, outras unidades consumidoras de mesmo titular que estejam devidamente cadastradas ou nos meses subsequentes. Nessa circunstância, o consumidor deverá indicar a ordem de prioridade das suas unidades consumidoras para participação no sistema de compensação, observada a regra de que a unidade de instalação da geração deve ser a primeira a ter o consumo compensado. Após a compensação em todos os postos tarifários e em todas as demais unidades consumidoras de mesmo titular, os créditos de energia ativa porventura existentes serão utilizados para abatimento da fatura dos meses subsequentes e expirarão 36 meses após a data de faturamento, sendo revertidos em prol das mudanças tarifárias e sem direito do consumidor a quaisquer formas de compensação (ANEEL, 2014).

No dia 24 de novembro de 2015 a diretoria da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou alterações na Resolução Normativa nº 482/2012, que entrarão em vigor a partir de 1º de março de 2016, apresentadas a seguir (ANEEL, 2015):

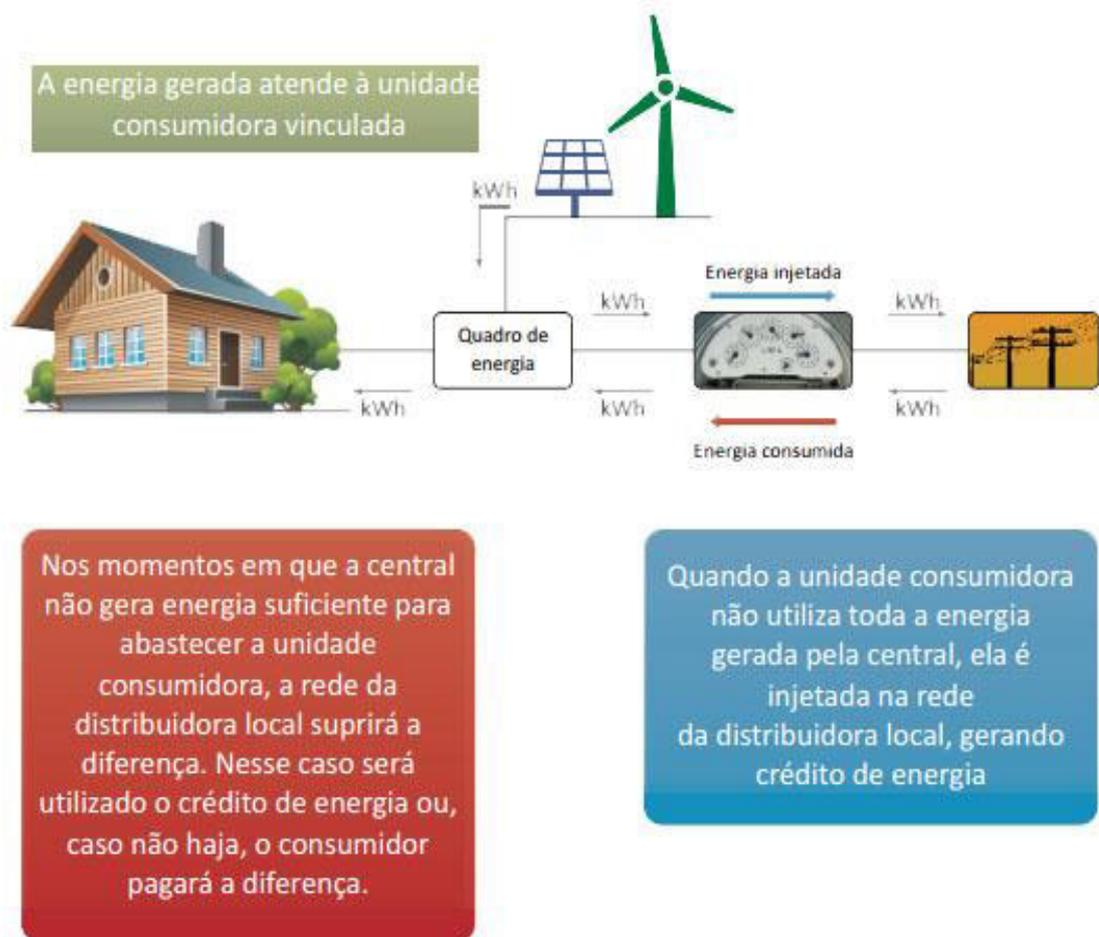
- O consumidor está permitido a instalar pequenos geradores (tais como painéis solares fotovoltaicos e microturbinas eólicas, entre outros) em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local com objetivo de reduzir o valor da sua fatura de energia elétrica.
- A validade dos créditos de consumo da geração produzida em excedente passou de 36 meses para 60 meses.
- A instalação de geração distribuída em condomínios (empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores.
- A geração compartilhada passou a ser permitida desde que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem uma micro ou minigeração distribuída e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados.

- Os procedimentos para se conectar a micro ou mini geração distribuída à rede da distribuidora foram simplificados por meio de formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor.

- Os prazos foram alterados, sendo que o prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias. Adicionalmente, a partir de janeiro de 2017, os consumidores poderão fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet.

A Figura 6 apresenta o esquema do sistema de compensação de energia.

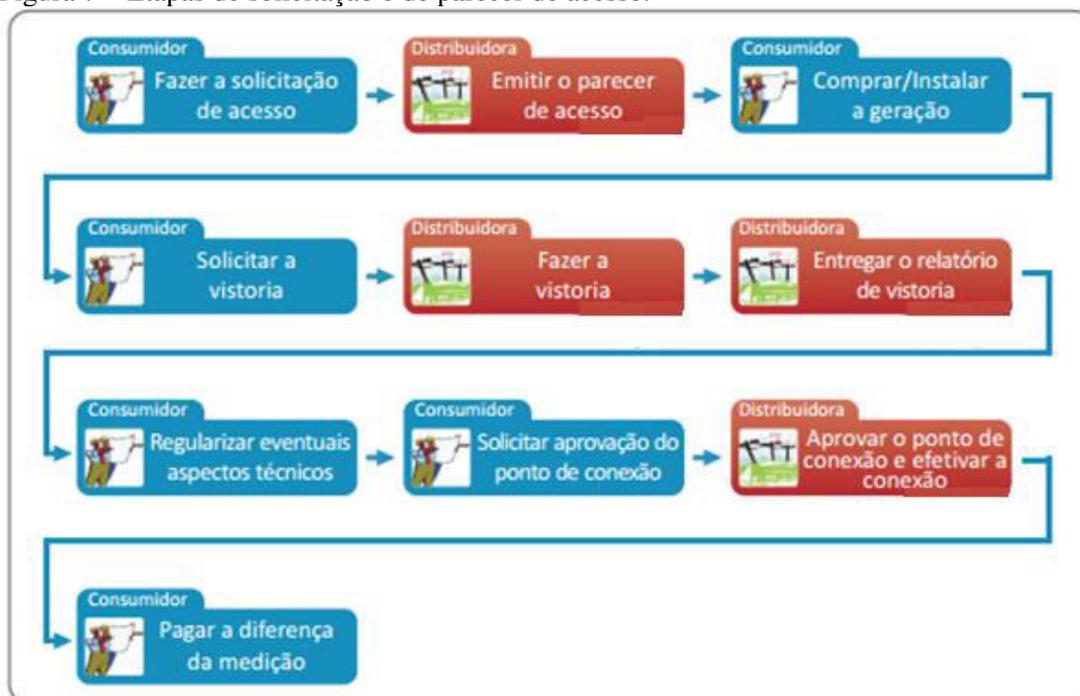
Figura 6 – Sistema de compensação de energia.



Fonte: adaptado de ANEEL (2014).

A fim de que a central geradora seja caracterizada como micro ou mini geração distribuída, são obrigatórias as etapas de solicitação e de parecer de acesso. A Figura 7 ilustra as etapas do procedimento de acesso que devem ser seguidos pelo consumidor e pela distribuidora.

Figura 7 – Etapas de solicitação e de parecer de acesso.



Fonte: adaptado de ANEEL (2014).

O Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015, afirma na cláusula primeira que os estados de Goiás, Pernambuco e São Paulo estão isentos do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora (BRASIL, 2015b).

Em 2013, o estado de Minas Gerais já havia, por conta própria, eliminado o ICMS da geração de energia solar, porém por um período de cinco anos. Já o convênio do CONFAZ (Conselho Nacional de Política Fazendária) – do qual fazem parte SP, PE e GO – permite uma isenção a todos estados que assim desejarem e não têm período determinado (SUSTENTARQUI, 2015).

3.8 Tarifa energética no Vale Paraíba

O Vale do Paraíba abrange os estados de São Paulo e Rio de Janeiro, dentro dessa região existem quatro concessionárias de energia elétrica: Ampla, Bandeirante, Elektro e Light S.A. As tarifas energéticas se diferenciam em cada concessionária, além disso são acrescentados os impostos ICMS e as alíquotas de PIS/CONFINS inerentes às suas respectivas regiões de ativação.

O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços – ICMS é um tributo Estadual aplicável à energia elétrica. O Convênio ICMS 6, de 5 de abril de 2013, estabelece que o ICMS apurado tem como base de cálculo toda energia que chega à unidade consumidora proveniente da distribuidora, sem considerar qualquer compensação de energia produzida pelo micro gerador. Com isso, a alíquota aplicável do ICMS incide sobre toda a energia consumida no mês (ANEEL, 2014).

Com a publicação das Leis nº 10.637/02 e 10.833/03, o Programa de Integração Social - PIS e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social – COFINS. Após essa alteração, a ANEEL determinou às concessionárias de distribuição de energia elétrica uma nova fórmula de cálculo para estas contribuições, tendo em vista que as alíquotas efetivas passaram a variar mensalmente em função dos créditos adquiridos nas etapas anteriores da cadeia. O custo do PIS e da COFINS passou, então, a ser calculado mensalmente. As variações mensais não serão levadas em consideração no presente trabalho, os valores apresentados foram retirados das páginas institucionais das respectivas concessionárias e serão adotados como constantes.

A partir de 2015, as contas de energia passaram a trazer uma novidade: o Sistema de Bandeiras Tarifárias que possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha e indicam o seguinte:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,025 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

A Tabela 3 apresenta as tarifas energéticas das quatro consumidoras que atendem ao Vale Paraíba: Ampla (RJ), Bandeirante (SP), Elektro (SP) e Light S.A. (RJ). Os valores da tarifa energética foram obtidos no site da ANEEL e os impostos ICMS, PIS e CONFINS nos sites das respectivas empresas. O valor a ser cobrado do consumidor é determinado pela Equação 1 e esses valores são calculados e também estão disponíveis na Tabela 3.

$$\text{Valor cobrado do consumidor} = \frac{\text{Tarifa energética} + \text{Bandeira tarifária (R\$/kWh)}}{1 - (\text{ICMS} + \text{PIS} + \text{COFINS})} \quad (1)$$

Tabela 3 – Tarifas energética no Vale do Paraíba.

Tarifas	Concessionárias			
	Bandeirantes	Elektro	Light S.A.	Ampla
Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh) sem incidência de ICMS/PIS/COFINS	0,43341	0,51041	0,46858	0,50692
Alíquota de PIS/COFINS (%)	6,59	6,48	6,28	6,02
Vigência	De 02/02/2015 até 22/10/2015	De 27/08/2015 até 26/08/2016	De 02/03/2015 até 06/11/2015	De 15/03/2015 até 14/03/2016
ICMS (%)	25	25	18	18
Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh) com incidência de ICMS/PIS/COFINS	0,633548	0,744907	0,618833	0,667176
Bandeira tarifária vermelha (R\$/kWh)	0,045	0,045	0,045	0,045
Tarifa de energia elétrica (R\$/kWh) com incidência de ICMS/PIS/COFINS e com inclusão de bandeira tarifária	0,69922	0,81058	0,67826	0,72640

Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que a Elektro apresenta a tarifa mais cara com 0,81058 R\$/kWh, enquanto a Light S.A. a mais barata com 0,67826 R\$/kWh. Além disso, média das tarifas na região do Vale do Paraíba correspondem a 0,728615 R\$/kWh.

3.9 Potencial solar

3.9.1 Potencial no Brasil e região sudeste

Como demonstrado durante o trabalho, a radiação incidente sobre a placa é extremamente importante, pois é o que determina a quantidade de energia gerada por um sistema fotovoltaico e é essencial para se determinar a viabilidade econômica da implantação desse sistema nesta região.

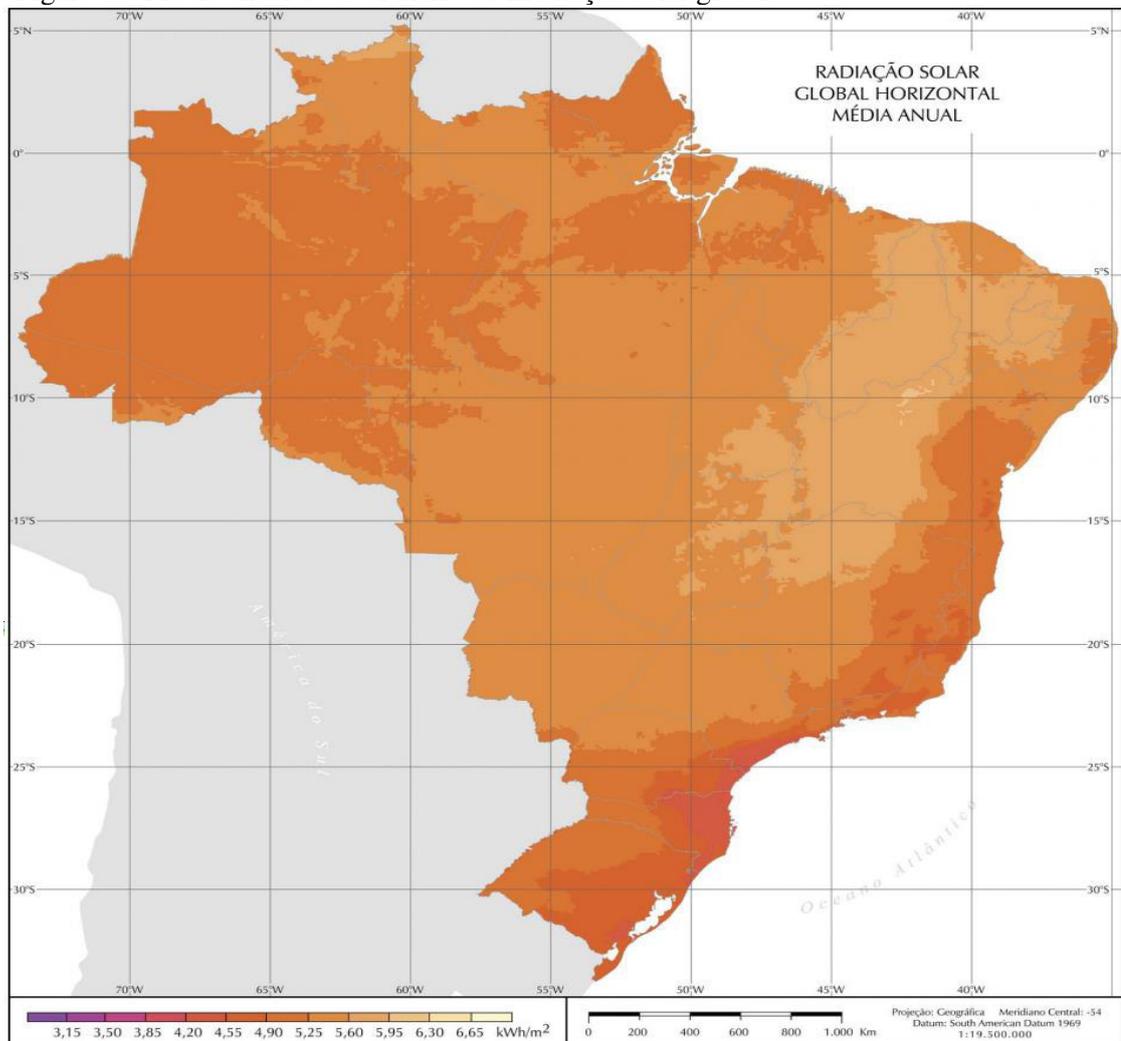
O território brasileiro apresenta boa uniformidade anual de irradiação global (conforme apresentado na Figura 8), apesar das diferentes características climáticas observadas, com médias anuais relativamente altas em todo país.

O valor máximo de irradiação global é de 6,5 kWh/m² e o valor mínimo é de 4,25 kWh/m² (PEREIRA et al., 2006). O valor mais alto de irradiação ocorre no norte do estado

da Bahia, próximo à fronteira com o estado do Piauí, em uma área de clima semiárido com baixa precipitação ao longo do ano (aproximadamente 300 mm por ano) e a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil. Enquanto que a menor irradiação solar global ocorre no litoral norte de Santa Catarina, caracterizado pela ocorrência de precipitação bem distribuída ao longo do ano.

A faixa de irradiação no Brasil é de 4,2 a 6,7 kWh/m², valores superiores aos da maioria dos países da União Européia, como Alemanha (0,9 a 1,25 kWh/m²), França (0,9 a 1,65 kWh/m²) e Espanha (1,2 a 1,85 kWh/m²), países com alto incentivo ao uso da energia fotovoltaica (PEREIRA et al., 2006).

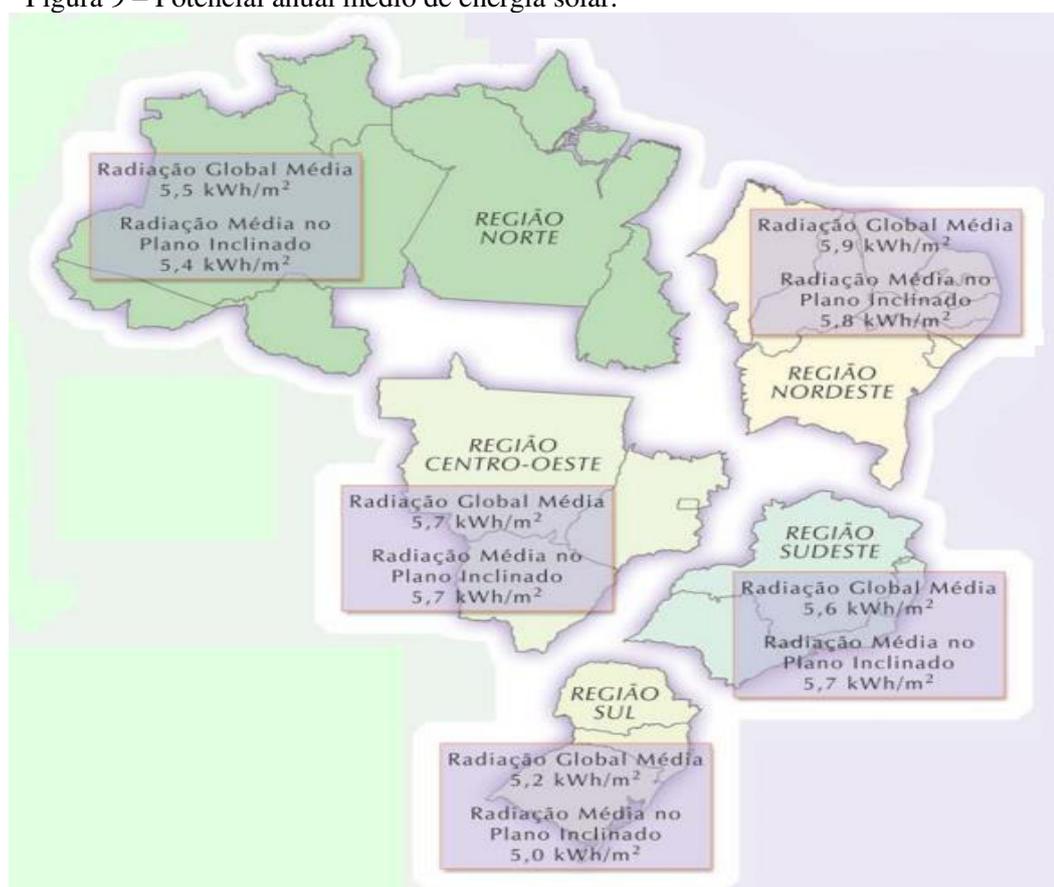
Figura 8 – Média anual do total diário de irradiação solar global.



Fonte: PEREIRA et al. (2006).

A Figura 9 apresenta o potencial anual médio de energia solar para o período de 2006 até 2016. A região Nordeste apresenta a maior disponibilidade energética, seguida pelas regiões Centro-Oeste e Sudeste. As características climáticas da região Norte reduzem seu potencial solar médio a valores próximos da região Sul. Apesar de a Região Sudeste estar sendo apontada como uma região de grande disponibilidade energética, ela e a região Sul apresentam as maiores variabilidades interanuais das médias sazonais em toda região brasileira durante as estações de outono e inverno. A entrada de sistemas frontais pode ser apontada como a principal razão para o aumento das variabilidades nas regiões Sul e Sudeste, causando o aumento da nebulosidade que reduz bruscamente a irradiação solar na superfície durante alguns dias consecutivos (PEREIRA et al., 2006)

Figura 9 – Potencial anual médio de energia solar.



Fonte: PEREIRA et al. (2006).

Conforme os estudos aqui apresentados, o Brasil possui um perfil favorável para se investir na implantação da tecnologia de energia fotovoltaica. Apresenta vantagens naturais em relação aos outros países que já utilizam dessa tecnologia, e pode desfrutar de vantagens

como o aumento da tecnologia, a abertura de mercado de trabalho, o uso de energia limpa e renovável, entre outros fatores positivos.

3.9.2 Potencial solar no Vale do Paraíba

As Tabelas 4 e 5 apresentam as médias mensais da irradiação solar diária em todas as cidades do Vale do Paraíba, em unidades kWh/m².dia e W/m², respectivamente. Para a construção destas Tabelas foi necessário pesquisar a latitude, longitude e altitude de cada cidade (Anexo C), em seguida, os valores foram utilizados no programa PVSyst (versão 6.3.9) o qual forneceu os valores de irradiação solar diária por mês, em cada cidade do Vale do Paraíba.

Tabela 4 – Irradiação solar diária por cidade em cada mês.

(continua)

Cidade	Irradiação solar diária (kWh/m ² .dia)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	4,80	5,61	5,74	4,99	4,49	3,89	3,77	3,84	4,58	4,66	5,15	5,33	5,66
Arapeí	4,58	5,37	5,74	4,77	4,40	3,79	3,72	3,74	4,36	4,28	4,73	4,87	5,20
Areias	4,65	5,33	5,57	4,77	4,34	3,86	3,81	3,83	4,66	4,5	4,86	4,96	5,35
Bananal	4,57	5,42	5,76	4,82	4,41	3,79	3,69	3,70	4,25	4,22	4,73	4,84	5,25
Caçapava	4,65	5,47	5,60	4,91	4,29	3,74	3,55	3,68	4,35	4,47	4,97	5,24	5,57
Cachoeira Paulista	4,84	5,61	5,74	5,03	4,53	3,92	3,81	3,89	4,65	4,73	5,19	5,35	5,66
Caraguatatuba	4,45	5,56	5,62	4,88	4,23	3,6	3,33	3,35	3,89	3,93	4,55	5,03	5,52
Canas	4,88	5,67	5,78	5,09	4,58	3,93	3,81	3,91	4,65	4,79	5,27	5,44	5,73
Cruzeiro	4,75	5,45	5,63	4,89	4,43	3,90	3,82	3,86	4,71	4,65	5,02	5,16	5,50
Cunha	4,46	5,29	5,57	4,71	4,24	3,70	3,55	3,55	4,28	4,08	4,52	4,86	5,20
Guararema	4,17	4,90	5,11	4,38	3,88	3,43	3,21	3,39	3,85	3,89	4,33	4,85	4,89
Guataringuetá	4,81	5,61	5,73	4,99	4,49	3,89	3,77	3,84	4,59	4,66	5,16	5,33	5,66
Igaratá	4,19	4,87	5,12	4,35	3,86	3,41	3,21	3,41	3,95	3,99	4,36	4,96	4,88
Jacareí	4,33	5,13	5,37	4,57	4,04	3,55	3,33	3,47	3,88	4,02	4,56	5,00	5,14
Jambeiro	4,57	5,45	5,65	4,83	4,27	3,72	3,5	3,60	4,13	4,25	4,86	5,15	5,47
Lagoinha	4,61	5,49	5,68	4,81	4,36	3,81	3,61	3,66	4,24	4,30	4,86	5,10	5,46
Lorena	4,85	5,64	5,75	5,05	4,54	3,92	3,79	3,88	4,61	4,63	5,21	5,38	5,69
Lavrinhas	4,72	5,41	5,61	4,86	4,40	3,88	3,81	3,86	4,71	4,61	4,97	5,11	5,45
Monteiro Lobato	4,64	5,31	5,43	4,84	4,34	3,78	3,63	3,76	4,42	4,60	5,01	5,21	5,45
Natividade da Serra	4,42	5,31	5,56	4,72	4,18	3,66	3,42	3,47	4,04	4,02	4,59	4,90	5,23
Nazaré Paulista	4,13	4,76	5,08	4,26	3,79	3,36	3,14	3,37	3,89	3,94	4,28	5,00	4,78
Paraíbuna	4,52	5,43	5,66	4,79	4,26	3,71	3,47	3,57	3,98	4,13	4,79	5,10	5,41
Piquete	4,82	5,54	5,68	5,00	4,52	3,93	3,81	3,90	4,59	4,76	5,19	5,33	5,62
Pindamonhangaba	4,75	5,52	5,66	4,93	4,43	3,86	3,71	3,81	4,54	4,61	5,08	5,25	5,62
Potim	4,80	5,61	5,74	4,99	4,49	3,89	3,77	3,84	4,58	4,66	5,16	5,32	5,66

Tabela 4 – Irradiação solar diária por cidade em cada mês.

(conclusão)

Cidade	Irradiação solar diária (kWh/m ² .dia)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Queluz	4,67	5,32	5,56	4,78	4,36	3,87	3,83	3,86	4,67	4,55	4,90	5,01	5,35
Roseira	4,51	5,40	5,63	4,79	4,25	3,70	3,47	3,54	4,05	4,14	4,75	5,06	5,37
Salesópolis	4,80	5,61	5,74	4,99	4,49	3,89	3,77	3,84	4,58	4,66	5,15	5,32	5,66
Santa Branca	4,34	5,33	5,45	4,63	4,06	3,53	3,26	3,38	3,83	3,93	4,50	5,08	5,23
São José do Barreiro	4,35	5,16	5,43	4,59	4,06	3,56	3,33	3,48	3,87	4,02	4,58	5,04	5,16
São José dos Campos	4,59	5,32	5,59	4,72	4,33	3,83	3,77	3,79	4,48	4,39	4,77	4,89	5,26
São Luiz do Paraitinga	4,46	5,26	5,47	4,70	4,14	3,62	3,41	3,55	4,09	4,19	4,73	5,10	5,31
São Sebastião	4,48	5,37	5,59	4,76	4,25	3,72	3,50	3,52	4,17	4,10	4,62	4,93	5,29
Silveiras	4,54	5,77	5,74	5,03	4,30	3,60	3,31	3,34	3,78	3,98	4,80	5,24	5,75
Taubaté	4,62	5,36	5,58	4,77	4,33	3,82	3,76	3,79	4,50	4,44	4,82	4,96	5,35
Tremembé	4,70	5,51	5,64	4,93	4,36	3,79	3,62	3,74	4,39	4,53	5,03	5,26	5,61
Ubatuba	4,68	5,40	5,52	4,87	4,36	3,82	3,67	3,79	4,46	4,60	5,01	5,21	5,51
Barra Mansa	4,41	5,39	5,59	4,77	4,20	3,67	3,43	4,43	3,97	3,98	4,44	4,85	5,25
Barra do Pirai	4,58	5,43	5,73	4,79	4,38	3,79	3,70	3,72	4,32	4,29	4,76	4,85	5,25
Itatiaia	4,73	5,73	5,99	4,99	4,55	3,85	3,74	3,71	4,35	4,37	4,93	5,08	5,59
Paraíba do Sul	4,64	5,27	5,54	4,75	4,39	3,86	3,83	3,86	4,54	4,60	4,89	4,99	5,27
Pinheiral	4,72	5,68	5,89	4,99	4,53	3,85	3,78	3,75	4,45	4,44	4,89	5,03	5,46
Pirai	4,66	5,61	5,86	4,91	4,46	3,81	3,71	3,69	4,34	4,33	4,84	4,97	5,44
Porto Real	4,70	5,71	5,97	5,01	4,54	3,82	3,70	3,67	4,31	4,28	4,87	5,04	5,56
Quatis	4,61	5,45	5,69	4,75	4,34	3,82	3,74	3,74	4,46	4,41	4,79	4,89	5,30
Resende	4,61	5,47	5,69	4,75	4,34	3,82	3,74	3,74	4,46	4,42	4,80	4,89	5,29
Rio Claro	4,57	5,32	5,60	4,70	4,31	3,82	3,75	3,76	4,44	4,42	4,75	4,85	5,21
Rio das Flores	4,57	5,46	5,78	4,86	4,43	3,78	3,68	3,67	4,21	4,21	4,72	4,87	5,30
Valença	4,75	5,73	5,95	4,99	4,56	3,86	3,77	3,75	4,42	4,44	4,95	5,06	5,56
Volta Redonda	4,74	5,72	5,96	4,99	4,55	3,86	3,76	3,74	4,39	4,44	4,96	5,07	5,57

Fonte: elaborada a partir de dados de COORDENADAS GPS (c2015) e do software PVsyst (versão 6.3.9).

Tabela 5 – Irradiação solar diária por cidade em cada mês.

(continua)

Cidade	Irradiação solar diária (W/m ²)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	200,16	233,94	239,36	208,08	187,23	162,21	157,21	160,13	190,99	194,32	214,76	222,26	236,02
Arapeí	190,99	223,93	239,36	198,91	183,48	158,04	155,12	155,96	181,81	178,48	197,24	203,08	216,84
Areias	193,91	222,26	232,27	198,91	180,98	160,96	158,88	159,71	194,32	187,65	202,66	206,83	223,10
Bananal	190,57	226,01	240,19	200,99	183,90	158,04	153,87	154,29	177,23	175,97	197,24	201,83	218,93
Caçapava	193,91	228,10	233,52	204,75	178,89	155,96	148,04	153,46	181,40	186,40	207,25	218,51	232,27
Cachoeira Paulista	201,83	233,94	239,36	209,75	188,90	163,46	158,88	162,21	193,91	197,24	216,42	223,10	236,02
Caraguatatuba	185,57	231,85	234,35	203,50	176,39	150,12	138,86	139,70	162,21	163,88	189,74	209,75	230,18
Canas	203,50	236,44	241,03	212,25	190,99	163,88	158,88	163,05	193,91	199,74	219,76	226,85	238,94
Cruzeiro	198,08	227,27	234,77	203,91	184,73	162,63	159,29	160,96	196,41	193,91	209,33	215,17	229,35
Cunha	185,98	220,59	232,27	196,41	176,81	154,29	148,04	148,04	178,48	170,14	188,48	202,66	216,84
Guararema	173,89	204,33	213,09	182,65	161,80	143,03	133,86	141,36	160,55	162,21	180,56	202,25	203,91
Guataringuetá	200,58	233,94	238,94	208,08	187,23	162,21	157,21	160,13	191,40	194,32	215,17	222,26	236,02
Igaratá	174,72	203,08	213,50	181,40	160,96	142,20	133,86	142,20	164,72	166,38	181,81	206,83	203,50
Jacareí	180,56	213,92	223,93	190,57	168,47	148,04	138,86	144,70	161,80	167,63	190,15	208,50	214,34
Jambeiro	190,57	227,27	235,61	201,41	178,06	155,12	145,95	150,12	172,22	177,23	202,66	214,76	228,10
Lagoinha	192,24	228,93	236,86	200,58	181,81	158,88	150,54	152,62	176,81	179,31	202,66	212,67	227,68
Lorena	202,25	235,19	239,78	210,59	189,32	163,46	158,04	161,80	192,24	193,07	217,26	224,35	237,27
Lavrinhas	196,82	225,60	233,94	202,66	183,48	161,80	158,88	160,96	196,41	192,24	207,25	213,09	227,27
Monteiro Lobato	193,49	221,43	226,43	201,83	180,98	157,63	151,37	156,79	184,31	191,82	208,92	217,26	227,27
Natividade da Serra	184,31	221,43	231,85	196,82	174,31	152,62	142,61	144,70	168,47	167,63	191,40	204,33	218,09
Nazaré Paulista	172,22	198,49	211,84	177,64	158,04	140,11	130,94	140,53	162,21	164,30	178,48	208,50	199,33
Paraíbuna	188,48	226,43	236,02	199,74	177,64	154,71	144,70	148,87	165,97	172,22	199,74	212,67	225,60
Piquete	200,99	231,02	236,86	208,50	188,48	163,88	158,88	162,63	191,40	198,49	216,42	222,26	234,35
Pindamonhangaba	198,08	230,18	236,02	205,58	184,73	160,96	154,71	158,88	189,32	192,24	211,84	218,93	234,35
Potim	200,16	233,94	239,36	208,08	187,23	162,21	157,21	160,13	190,99	194,32	215,17	221,84	236,02

Tabela 5 – Irradiação solar diária por cidade em cada mês.

(conclusão)

Cidade	Irradiação solar diária (W/m ²)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Queluz	194,74	221,84	231,85	199,33	181,81	161,38	159,71	160,96	194,74	189,74	204,33	208,92	223,10
Roseira	200,16	233,94	239,36	208,08	187,23	162,21	157,21	160,13	190,99	194,32	214,76	221,84	236,02
Salesópolis	180,98	222,26	227,27	193,07	169,30	147,20	135,94	140,95	159,71	163,88	187,65	211,84	218,09
Santa Branca	181,40	215,17	226,43	191,40	169,30	148,45	138,86	145,12	161,38	167,63	190,99	210,17	215,17
São José do Barreiro	191,40	221,84	233,10	196,82	180,56	159,71	157,21	158,04	186,82	183,06	198,91	203,91	219,34
São José dos Campos	185,98	219,34	228,10	195,99	172,64	150,95	142,20	148,04	170,55	174,72	197,24	212,67	221,43
São Luiz do Paraitinga	186,82	223,93	233,10	198,49	177,23	155,12	145,95	146,78	173,89	170,97	192,65	205,58	220,59
São Sebastião	189,32	240,61	239,36	209,75	179,31	150,12	138,03	139,28	157,63	165,97	200,16	218,51	239,78
Silveiras	192,65	223,51	232,69	198,91	180,56	159,29	156,79	158,04	187,65	185,15	200,99	206,83	223,10
Taubaté	195,99	229,77	235,19	205,58	181,81	158,04	150,95	155,96	183,06	188,90	209,75	219,34	233,94
Tremembé	195,16	225,18	230,18	203,08	181,81	159,29	153,04	158,04	185,98	191,82	208,92	217,26	229,77
Ubatuba	183,90	224,76	233,10	198,91	175,14	153,04	143,03	184,73	165,55	165,97	185,15	202,25	218,93
Barra Mansa	190,99	226,43	238,94	199,74	182,65	158,04	154,29	155,12	180,14	178,89	198,49	202,25	218,93
Barra do Pirai	197,24	238,94	249,78	208,08	189,74	160,55	155,96	154,71	181,40	182,23	205,58	211,84	233,10
Itatiaia	193,49	219,76	231,02	198,08	183,06	160,96	159,71	160,96	189,32	191,82	203,91	208,08	219,76
Paraíba do Sul	196,82	236,86	245,61	208,08	188,90	160,55	157,63	156,38	185,57	185,15	203,91	209,75	227,68
Pinheiral	194,32	233,94	244,36	204,75	185,98	158,88	154,71	153,87	180,98	180,56	201,83	207,25	226,85
Pirai	195,99	238,11	248,95	208,92	189,32	159,29	154,29	153,04	179,73	178,48	203,08	210,17	231,85
Porto Real	192,24	227,27	237,27	198,08	180,98	159,29	155,96	155,96	185,98	183,90	199,74	203,91	221,01
Quatis	192,24	228,10	237,27	198,08	180,98	159,29	155,96	155,96	185,98	184,31	200,16	203,91	220,59
Resende	190,57	221,84	233,52	195,99	179,73	159,29	156,38	156,79	185,15	184,31	198,08	202,25	217,26
Rio Claro	190,57	227,68	241,03	202,66	184,73	157,63	153,46	153,04	175,56	175,56	196,82	203,08	221,01
Rio das Flores	198,08	238,94	248,12	208,08	190,15	160,96	157,21	156,38	184,31	185,15	206,42	211,00	231,85
Valença	197,66	238,52	248,53	208,08	189,74	160,96	156,79	155,96	183,06	185,15	206,83	211,42	232,27
Volta Redonda	192,65	229,77	240,19	200,99	183,48	158,46	155,12	154,71	182,23	180,98	200,16	204,33	222,68

Fonte: elaborada a partir de dados de COORDENADAS GPS (c2015) e do software PVsyst (6.3.9).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do presente trabalho empregou o Estudo de Caso para sugerir o desenvolvimento de um método científico para a avaliação da viabilidade econômico-financeira para a implementação de sistemas fotovoltaicos na região do Vale do Paraíba.

O Estudo de Caso é geralmente organizado em torno de um pequeno número de questões que se referem ao como e ao porquê da investigação. Sendo o porquê da investigação: a necessidade de compreensão dos reais motivos pelos quais o Brasil não é uma potência em produção de energia solar, em um comparativo com o Mundo, principalmente a Europa, desde a implantação até mesmo inovações tecnológicas. Ainda foram apresentados aspectos legislativos e culturais, que influenciam diretamente na implantação e incentivo da energia solar e fotovoltaica.

A metodologia do estudo de caso não aceita um roteiro rígido para a sua delimitação, mas é possível definir quatro fases que mostram o seu delineamento: a) delimitação da unidade-caso; b) coleta de dados; c) seleção, análise e interpretação dos dados; d) elaboração do relatório (VENTURA, 2007).

4.1 Revisão bibliográfica

O universo de coleta das informações obtidas foi fundamentalmente através de fontes científicas tais como dissertações de mestrado, livro e artigos, específicos na área de energia e no método de análise financeira. A revisão da literatura foi realizada em banco de dados, nacional e internacional, além disso, também foram usadas fontes não científicas como relatórios e/ou sites de instituições, organizações e empresas, específicas do setor de energia solar e da mídia em geral.

O levantamento e coleta de dados se referem a: a) atual situação energética do país; b) todas as informações pertinentes à energia fotovoltaica (funcionamento, tecnologia e aplicação, etc); c) a investigação dos incentivos no país (necessidade da existência e sugestões de como fazer); d) custo energético e da média de consumo na região sudeste.

Além disso, foi realizada pesquisa de metodologias sobre: a) como calcular a produção de energia através da energia fotovoltaica; b) avaliação econômica (fluxo de caixa).

4.2 Delimitação da unidade caso

A pesquisa foi delimitada para a Região do Vale do Paraíba, com análise econômica para o consumo mensal de energia de 250 kWh, valor estimado para famílias de classe média no Vale do Paraíba (MONTENEGRO, 2013). O estudo também é delimitado para possível comparação com outras faixas de consumo.

4.3 Coleta de dados

Foram levantados os seguintes dados: a) cidades do Vale do Paraíba e a radiação incidente em cada cidade; b) orçamento de todo equipamento necessário para a produção de energia elétrica, com capacidade de 250 kWh/mês, de 300 kWh/mês e de 500 kWh/mês, contatando duas empresas por meios eletrônicos; c) discussão com profissionais da área de energia e de economia.

4.4 Cálculos

4.4.1 Preço da potência de pico

Foi calculado o preço atual da potência de pico (W_p) para um sistema fotovoltaico ligado à rede seguindo a metodologia adotada por Montenegro (2013), no qual a estimativa do preço W_p é feita com base em cotações de empresas. Onde o custo total do equipamento

(C_{eq}) mais o custo da instalação (C_{ist}) é dividido pela potência do sistema (P_{sis}) resulta no Custo da potência de pico (C_{wp}) em Reais (R\$), conforme representa a Equação 2.

$$C_{wp} = \frac{C_{eq} + C_{ist}}{P_{sis}} \quad (2)$$

4.4.2 Cálculo da energia gerada pelo sistema

O cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico utiliza o modelo apresentado por Marion et al.(2005). No qual se quantifica a energia efetiva gerada pelo sistema ao longo de um período de tempo específico.

A produtividade de referência (*Reference Yield*), representada por Y_r , dada em horas (h) pode ser encontrada pela Equação 3:

$$Y_r = \frac{\int_{t_1}^{t_2} H(t) dt}{H_{ref}} \quad (3)$$

Sendo:

$H(t)$ – a irradiância solar incidente no plano do gerador (em kWh/m²);

H_{ref} – é a irradiância considerada em 1000 W/m², para um período de 24 horas.

O cálculo da produtividade final (*Final Yield*), representada por Y_f , relaciona a energia gerada pelo sistema (kWh) e a potência nominal (kW) do gerador fotovoltaico, dada em horas (h) conforme a Equação 4:

$$Y_f = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P(t) dt}{P_0} = \frac{E}{P_0} \quad (4)$$

Sendo:

$P(t)$ – a potência instantânea na saída do sistema (W);

E – a energia entregue pelo sistema em um período de tempo t_2-t_1 (Wh);

P_0 – a potência nominal dos painéis fotovoltaicos (W).

Relacionando a produtividade final e a de referência pode-se encontrar o Desempenho Global do Sistema, ou *Performance Ratio* (PR), representado pela Equação 5. Também se utiliza o valor tabelado de 0,8 (MONTENEGRO, 2013).

$$PR = \frac{Y_f}{Y_r} \quad (5)$$

A representação do nível de atividade de uma usina em um determinado período é obtida pelo Fator de Capacidade (apresentado em %), ou seja, a energia efetivamente produzida por uma usina dividida pela sua capacidade nominal durante o período, conforme Equação 6.

$$FC = \frac{Y_r PR}{(t_2 - t_1)} \times 100 \quad (6)$$

A Energia elétrica (E) disponibilizada pelo sistema (kWh) durante um dia (d^{-1}) pode ser descrita matematicamente pela Equação 7.

$$E = P_0 FC(t_2 - t_1) = P_0 Y_r PR = P_0 Y_f \quad (7)$$

O Fator de Capacidade (FC) e o Desempenho Global do Sistema (PR) são indicadores que se relacionam e consideram as perdas globais envolvidas no sistema.

4.4.3 Preço da energia fotovoltaica

Seguido do cálculo da energia, é feito o cálculo do custo da energia, LCOE (da sigla em inglês, *Levelized Cost of Electricity*), que relaciona os custos envolvidos e a energia gerada, ao longo de sua vida útil, representando o quanto o portador do sistema fotovoltaico de pequeno porte deveria obter de receita por potência-hora, para cobrir despesas

operacionais e investimentos. O cálculo é feito com base na metodologia desenvolvida por Branker, Pathak e Pearce (2011).

A LCOE pode ser escrita levando em consideração a degradação na geração dos módulos fotovoltaicos ao longo do tempo. Geralmente é considerada, nos modelos de projeção, os valores de 0,5% a 1% ao ano. O modelo proposto por Branker, Pathak e Pearce (2011) é dado pela Equação 8.

$$LCOE = \sum_{t=0}^T \frac{(I_t + O_t + M_t + F_t)}{S_t(1-d)^t} \quad (8)$$

Sendo:

LCOE – Preço da energia por ano (R\$/kWh);

I_t – representa o investimento inicial (R\$);

O_t – os custos com operação (R\$);

M_t – os custos com manutenção (R\$);

F_t – os custos com financiamento (R\$);

S_t – a energia anual gerada (kWh)

d – a taxa anual de degradação dos módulos (%).

4.4.4 Calculo da viabilidade econômica

4.4.4.1 Valor futuro e valor presente

Define-se VP e VF como valor presente e valor futuro, respectivamente. O valor presente é o valor da operação financeira na data presente, esse valor pode corresponder ao valor do capital, se “tempo presente” for o início da operação a qual se aplica o capital, caso a operação tenha se iniciado há um tempo passado x , o VP não será o capital.

Os anexos A e B correspondem às tabelas de juros, nos quais são apresentados: Fator de Valor Futuro (FVF), Fator de Valor Presente (FVP) e a expressão $[i\%; n]$ que indica a

taxa de juros e o período a que se refere o fator, conforme as Equações 9 e 10 (PUCCINI, 2009).

$$FVF[i\%; n] = [1 + i]^n \quad (9)$$

$$FVP[i\%; n] = [1 + i]^{-n} \quad (10)$$

O valor futuro corresponde ao valor presente aplicado uma taxa de juros ($i\%$) em um período n de tempo, ou seja, calcula-se o valor futuro pela Equação 11 (PUCCINI, 2009).

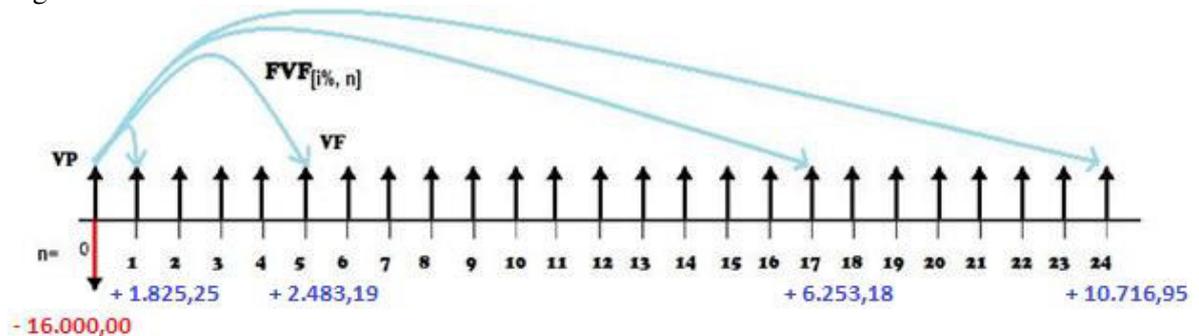
$$VF = VP * FVF[i\%; n] = VP * [1 + i]^n \quad (11)$$

O inverso também pode ser obtido, ou seja, quanto vale atualmente o dinheiro que será investido no tempo futuro, para isso utiliza-se valores financeiros para um valor presente de um VF, dado pela Equação 12.

$$VP = VF * FVP[i\%; n] = VF * [1 + i]^{-n} \quad (12)$$

O valor futuro (VF) é projetado conforme a Equação 11, o rendimento do proprietário para os próximos anos, baseado no valor presente obtido de acordo com a Equação 7. Utiliza-se como taxa de juros, $i = 8\%$, baseado no valor aproximado de juros anual da poupança que é de $7,47\%$. A Figura 10 representa a projeção para VF, com os valores calculados e demonstrados na Tabela 10, para a cidade de Piquete (SP).

Figura 10 – Valor futuro de um fluxo de caixa.



Fonte: próprio autor.

4.4.4.2 Cálculo do valor presente líquido (VPL)

O VPL corresponde à diferença entre os benefícios gerados pelo projeto e seus custos, conforme Equação 13 (PUCCINI, 2007). Para que os cálculos sejam feitos, todos os valores devem ser transferidos para o VP.

$$\text{VPL} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{\text{FC}_t}{(1+r)^t} \quad (13)$$

Sendo:

FC_t – o fluxo de caixa do projeto no período t (R\$);

I_0 – investimento inicial (R\$)

r – a taxa de desconto (Anexo A, utilizando 8%);

t – o período em questão;

n – o horizonte de análise do fluxo de caixa.

Na avaliação do valor presente líquido, normalmente é utilizado a taxa mínima de atratividade do investimento, que é a taxa mínima de rentabilidade exigida do projeto. Essa taxa representa o custo de oportunidade do capital investido ou uma taxa definida pela empresa em função de sua política de investimento (EDER et al., 2004).

Quando todos os valores de retorno do investimento já estão no valor presente (VP), o valor presente líquido (VPL), representado na Equação 14 é calculado pelo valor presente do fluxo de caixa projetado (VP) subtraído do investimento inicial, todos os valores estão sendo utilizados em reais (R\$) (CÉLIO TAVARES, c2015).

$$\text{VPL} = \text{VP} - \text{Investimento inicial} \quad (14)$$

4.4.4.3 Cálculo da taxa interna de retorno (TIR)

A taxa interna de retorno (TIR) é a taxa que produz um VPL igual a zero. Considera-se atraente o projeto que apresenta uma TIR maior ou igual à taxa mínima de atratividade

(TMA) (EDER et al., 2004). A Equação 15 representa o cálculo da VPL (MONTENEGRO, 2003).

$$VPL = \sum_{k=1}^n \frac{PMT_k}{(1+TIR)^k} - S_0 \quad (15)$$

Sendo:

PMT – retorno do investimento apresentado para o valor presente no período k (R\$);

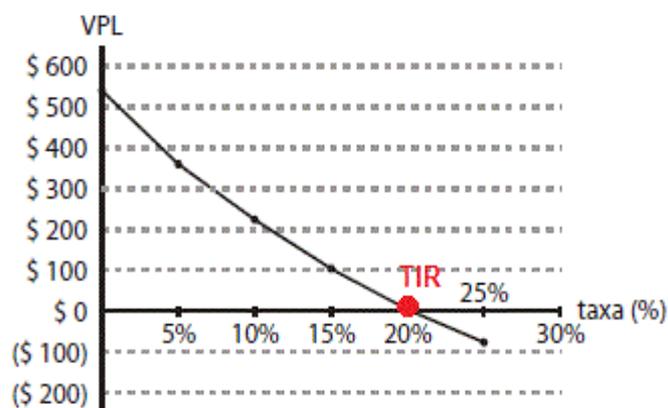
k – período em questão;

TIR – taxa interna de retorno (%);

S₀ – capital inicial (R\$).

Os cálculos foram feitos na planilha do Excel®, por tentativa e erro, até que o VPL chegasse a zero. A Figura 11 demonstra a relação entre o VPL e a TIR, através de um exemplo.

Figura 11 – Relação VPL e TIR



Fonte: próprio autor.

4.4.4.4 Payback

Payback é o tempo de recuperação do capital, ou seja, o tempo em que o gasto inicial do investimento é recuperado pela entrada de capital do investimento.

Esse método de análise é determinado pela projeção de todo o lucro do investimento e esse lucro é somado até o período em que o valor se iguala ao custo inicial do investimento. Existem dois tipos, o simples e o descontado. O simples é calculado através da projeção do

valor do lucro no futuro, como demonstrado no item 4.4.4.1 e no descontado todos os valores estão como valores presentes. Neste trabalho é calculado apenas o *payback* simples.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cotação do sistema fotovoltaico

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada a cotação em duas empresas a RENEW Energia e Energy Vale. Cada empresa forneceu a cotação de um sistema com capacidade diferente e esses valores são utilizados para o cálculo do preço do Watt-pico.

A empresa RENEW Energia cotou um sistema capaz de gerar 300 kWh/mês, em 08 de agosto de 2015 conforme mostra o Quadro 1. Neste orçamento são demonstrados os custos, e uma estimativa da energia produzida para a cidade de Lorena durante todos os meses.

Quadro 1 – Orçamento de um projeto com capacidade de 300 kWh/mês.

Etapa	Descrição e características
Serviços de Instalação e Aprovação do Projeto	Instalação dos painéis e inversor(es) e conexão à rede elétrica.
	Aprovação do projeto junto à Concessionária de energia conforme resolução ANEEL N° 482/2012.
	Recolhimento de ART (Anotação de responsabilidade técnica) junto ao CREA.
	Preparação de memorial descritivo, arranjo físico, diagramas do projeto.
	Supervisão de todo projeto e instalação por um Engenheiro Eletricista.
Produtos e acessórios para sistema 2,43 kWp	09 Painéis solares fotovoltaicos (270 Wp) ^[1] .
	01 Inversor(es) <i>Grid-Tie</i> ^[1] .
	01 Kit estrutura para montagem dos painéis.
	01 Kit de cabos e conectores
Outras informações	Vida útil do sistema = 25 anos
Investimento = Produtos + Serviço	Custo total = R\$ 25.107,19
	Não está incluso o valor do frete no orçamento
	Não está incluso o valor de R\$ 300,00 do medidor eletrônico bidirecional

[1] cotação feita pela RENEW Energia.

Fonte: próprio autor.

Foram realizadas duas cotações com a empresa Energy Vale em 25 de setembro de 2015, para o consumo de 500 kWh/mês e de 250 kWh/mês. Tais orçamentos estão apresentados nos Quadros 2 e 3, com as descrições e características necessárias.

Quadro 2 – Orçamento de um projeto com capacidade de 500 kWh/mês.

Etapa	Descrição e características
Serviços de Instalação e Aprovação do Projeto	Instalação dos painéis e inversor(es) e conexão à rede elétrica.
	Aprovação do projeto junto à Concessionária de energia conforme resolução ANEEL N° 482/2012.
	Recolhimento de ART (Anotação de responsabilidade técnica) junto ao CREA.
	Preparação de memorial descritivo, arranjo físico, diagramas do projeto.
	Supervisão de todo projeto e instalação por um Engenheiro Eletricista.
Produtos e acessórios para sistema 4,0 kWp	16 Painéis solares fotovoltaicos (250 Wp) ^[1] .
	01 Inversor(es) <i>Grid-Tie</i> ^[1] .
	01 <i>String box</i> (sistema de proteção).
	01 Kit estrutura para montagem dos painéis.
	01 Kit de cabos e conectores.
Outras informações	Vida útil do sistema = 25 anos.
Investimento = Produtos + Serviço	Custo total = R\$ 27.300,00.
	Não está incluso o valor do frete no orçamento.
	Não está incluso o valor de R\$ 300,00 do medidor eletrônico bidirecional.

[1] cotação feita pela Energy Vale.

Fonte: próprio autor.

Quadro 3 – Orçamento de um projeto com capacidade de 250 kWh/mês.

Etapa	Descrição e características
Serviços de Instalação e Aprovação do Projeto	Instalação dos painéis e inversor(es) e conexão à rede elétrica.
	Aprovação do projeto junto à Concessionária de energia conforme resolução ANEEL N° 482/2012.
	Recolhimento de ART (Anotação de responsabilidade técnica) junto ao CREA.
	Preparação de memorial descritivo, arranjo físico, diagramas do projeto.
	Supervisão de todo projeto e instalação por um Engenheiro Eletricista.
Produtos e acessórios para sistema 1,5 kWp	6 Painéis solares fotovoltaicos (250 Wp) ^[1] .
	01 Inversor(es) <i>Grid-Tie</i> ^[1] .
	01 <i>String box</i> (sistema de proteção).
	01 Kit estrutura para montagem dos painéis.
	01 Kit de cabos e conectores.
Outras informações	Vida útil do sistema = 25 anos.
Investimento = Produtos + Serviço	Custo total = R\$ 16.000,00.
	Não está incluso o valor do frete no orçamento.
	Não está incluso o valor de R\$ 300,00 do medidor eletrônico bidirecional.

[1] cotação feita pela Energy Vale.

Fonte: próprio autor.

5.2 Preço da potência de pico

Com os valores do orçamento pode-se determinar o preço da potência de pico, resultante da razão entre o custo total do sistema pela potência máxima, conforme apresentado na Equação 2. A Tabela 6 apresenta os preços calculados para os três sistemas cotados.

Tabela 6 – Preço da potência de pico para os três sistemas cotados.

Capacidade (kWh/mês)	Custo total do investimento (R\$) ^[1]	Potência máxima (Wp)	Custo do Watt-pico (R\$/Wp)
500	27.600,00	4000	6,90
300	25.407,19	2430	10,46
250	16.300,00	1500	10,87

[1] corresponde ao somatório do valor cotado com os R\$ 300,00 do medidor eletrônico bidirecional. Fonte: próprio autor.

Analisando os preços é possível observar que o sistema com potência de 4 kWp capaz de gerar 500 kWh/mês apresenta um custo menor do que os sistemas de 2,43 kWp e 1,5 kWp capazes de gerar 250 e 300 kWh/mês, respectivamente. O resultado demonstra que sistemas com maior capacidade de produção de energia apresentam um custo menor do que sistemas de menor capacidade.

O custo total do investimento é influenciado pela taxa cambial, correspondente ao valor de R\$ 3,88 em 17 de setembro de 2015, uma vez que boa parte dos equipamentos são importados, entretanto o comportamento, de um sistema de maior capacidade produtora ser mais barato que um sistema de menor capacidade, não se altera.

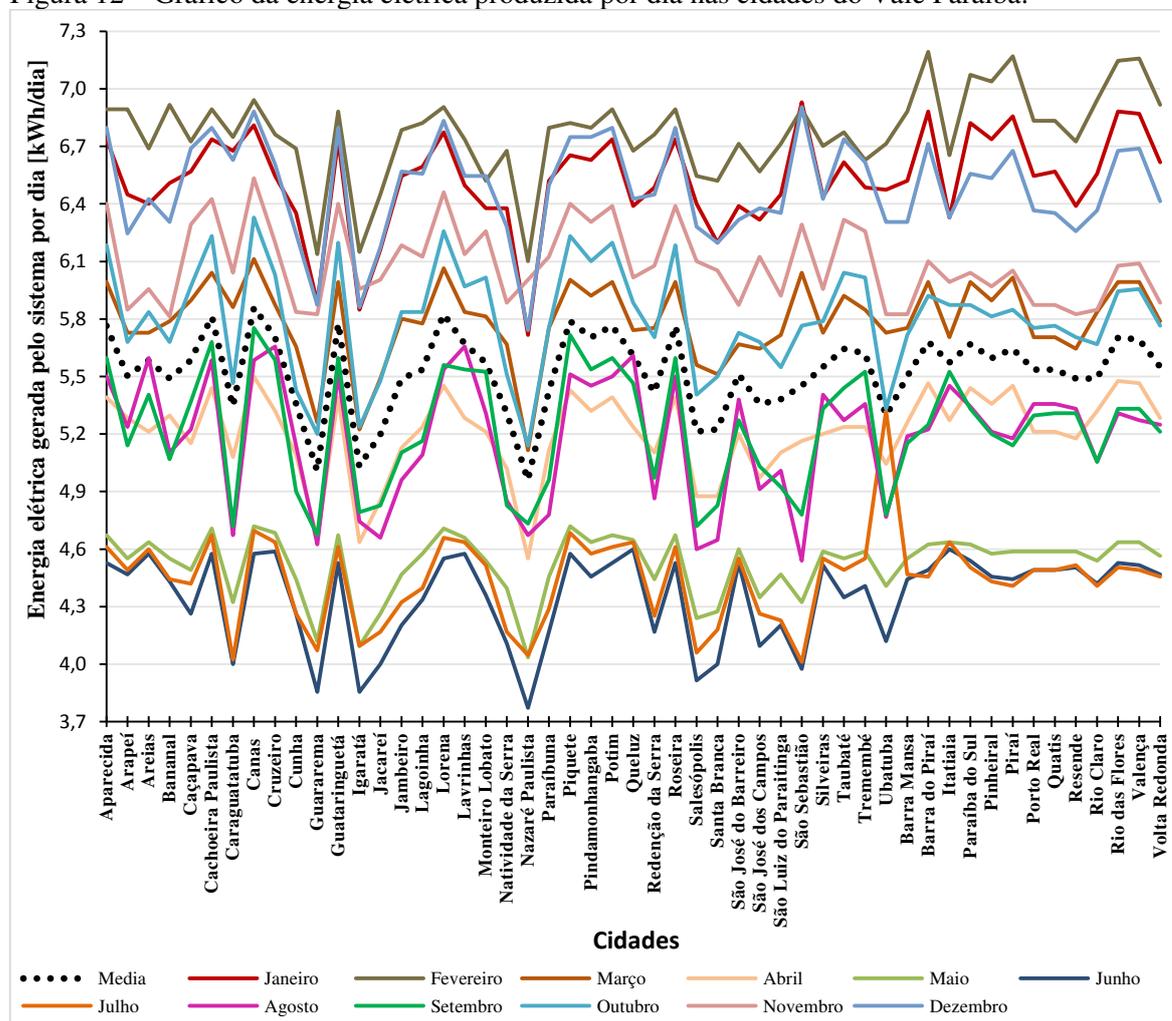
Montenegro (2013) apresenta o valor do custo médio da potência de pico para um sistema de 1,5 kWp em R\$ 6,80, e o valor atual o sistema como essa potência é de R\$ 10,87, o que comprova que os valores sofreram alterações consideráveis em dois anos, principalmente devido à taxa cambial presente.

5.3 Cálculo da energia gerada pelo sistema

Para o cálculo da energia gerada pelo sistema são feitos os cálculos da produtividade de referência (Equação 3) e do fator de capacidade (Equação 6), que são apresentados nos

anexos D e E. O coeficiente de desempenho global do sistema não é calculado, é utilizado o valor teórico de 0,8 (MONTENEGRO, 2013). Com todas essas variáveis determinadas, o valor da energia gerada pelo sistema (Equação 7) com capacidade de 250 kWh/mês é determinado. No anexo F e na Figura 12 são apresentados os valores diários de geração de energia elétrica, para todas as cidades do Vale do Paraíba. Os valores da Figura 12 estão coerentes com os valores apresentados por Pereira et al. (2006) para a região sudeste. Na Figura 13 são apresentados os valores de produção de energia por mês, e no anexo G seus respectivos valores, que são utilizados para os cálculos seguintes.

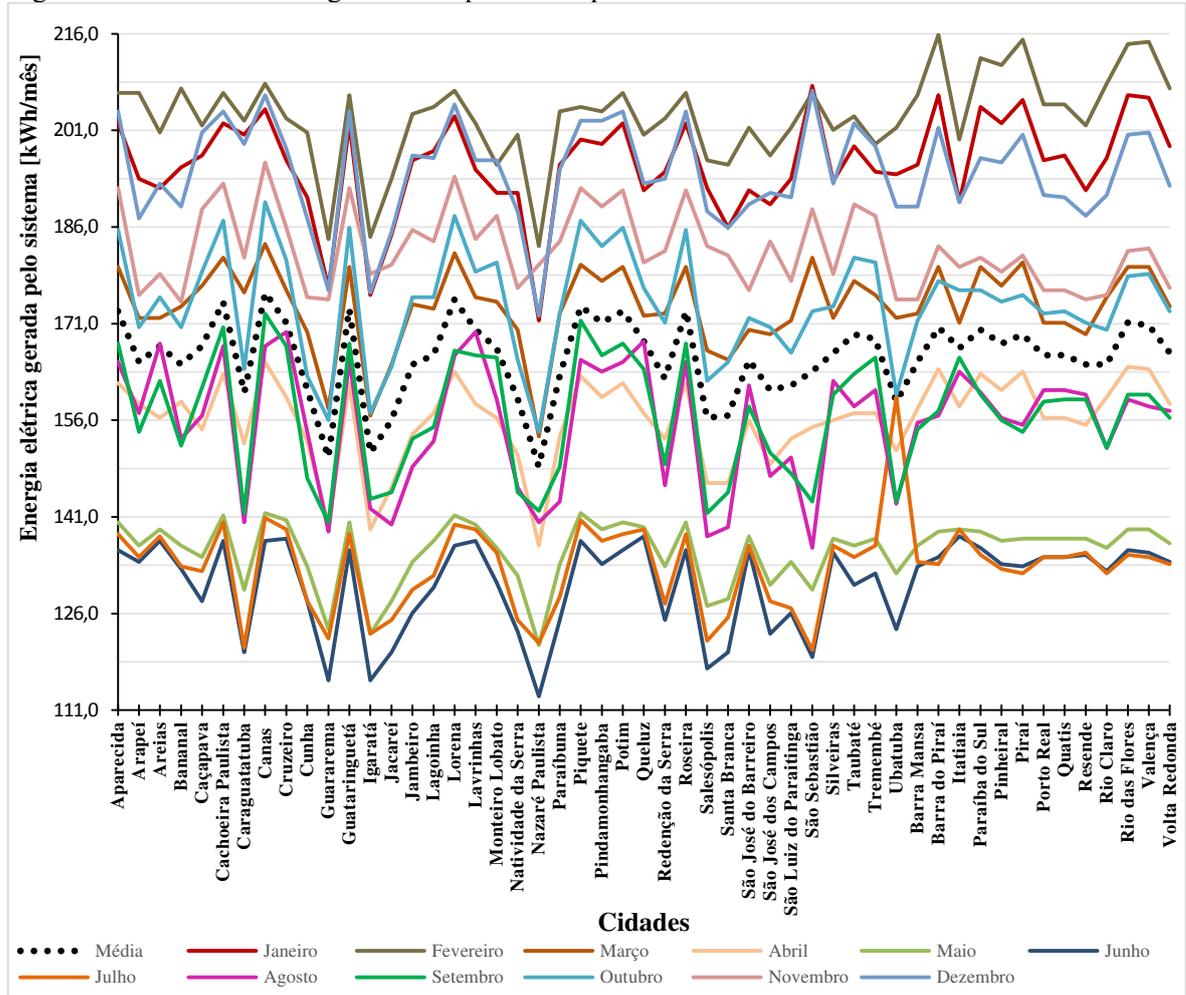
Figura 12 – Gráfico da energia elétrica produzida por dia nas cidades do Vale Paraíba.



Fonte: próprio autor.

Pode ser visto nas Figuras 12 e 13 que a cidade de Canas (SP) tem a maior produção média de energia elétrica, enquanto que a cidade de Nazaré Paulista (SP) é a cidade de menor produção média de energia.

Figura 13– Gráfico da energia elétrica produzida por mês nas cidades do Vale Paraíba.



A produção média de energia elétrica gerada durante o ano todo nas cidades do Vale do Paraíba, utilizando esse sistema, foi de 143,6 kWh/mês. A região sudeste possui um consumo médio de 250 kWh/mês (MONTENEGRO, 2013). Pela Figura 13 e pelo Anexo G, pode ser visto que o consumo médio é maior que a energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos, isso implica que toda a energia elétrica produzida pelo sistema será consumida e não será enviada para a rede de distribuição. Esse consumo médio será determinado como o consumo fixo de todos os meses para uma residência do Vale do Paraíba.

5.4 Preço da energia fotovoltaica

Para a determinação do preço da energia fotovoltaica (Equação 8), apresentados na Tabela 7, é considerado o valor de R\$ 16.000,00 como investimento inicial; não é

considerado o valor de 0,1% do investimento inicial como custo de manutenção, e também não foram levados em consideração os custos de operação e financiamento. A degradação dos painéis é considerada como 0,5%. O valor da energia elétrica produzida por ano é apresentado no anexo H e também é considerado no cálculo do custo da energia.

Tabela 7 – Custo da energia fotovoltaica anual para cada cidade do Vale do Paraíba.

Cidades do Vale do Paraíba	Média (R\$/ano)	Cidades do Vale do Paraíba	Média (R\$/ano)	Cidades do Vale do Paraíba	Média (R\$/ano)
Aparecida	8,6195	Lavrinhas	8,7656	Silveiras	8,9553
Arapei	9,0335	Monteiro Lobato	8,9167	Taubaté	8,8029
Areias	8,8975	Natividade da Serra	9,3605	Tremembé	8,8405
Bananal	9,0533	Nazaré Paulista	10,0178	Ubatuba	9,3817
Caçapava	8,8975	Paraíbuna	9,1534	Barra Mansa	9,0335
Cachoeira Paulista	8,5482	Piquete	8,5837	Barra do Piraí	8,7470
Caraguatatuba	9,2974	Pindamonhangaba	8,7102	Itatiaia	8,9167
Canas	8,4782	Potim	8,6195	Paraíba do Sul	8,7656
Cruzeiro	8,7102	Queluz	8,8594	Pinheiral	8,8784
Cunha	9,2766	Redenção da Serra	9,1737	Piraí	8,8029
Guararema	9,9217	Roseira	8,6195	Porto Real	8,9747
Guaratinguetá	8,6015	Salesópolis	9,5330	Quatis	8,9747
Igaratá	9,8743	Santa Branca	9,5111	Resende	9,0533
Jacareí	9,5551	São José do Barreiro	9,0138	Rio Claro	9,0533
Jambeiro	9,0533	São José dos Campos	9,2766	Rio das Flores	8,7102
Lagoinha	8,9747	São Luiz do Paraitinga	9,2351	Valença	8,7286
Lorena	8,5306	São Sebastião	9,1131	Volta Redonda	8,9553

Fonte: próprio autor.

O preço da energia fotovoltaica se equipara ao atual preço praticados pelas concessionárias Bandeirante, Elektro, Light S.A. e Ampla com valores de R\$ 8,39; R\$ 9,72; R\$ 8,14 e R\$ 8,72, respectivamente. Sendo que para o ano de 2016 a estimativa é que a energia aumente em 15% de acordo com Nogueira, Batista e Fariello (c2015), o que tende a tornar a energia das concessionárias ainda mais cara que a energia fotovoltaica.

5.5 Cálculo da viabilidade econômica

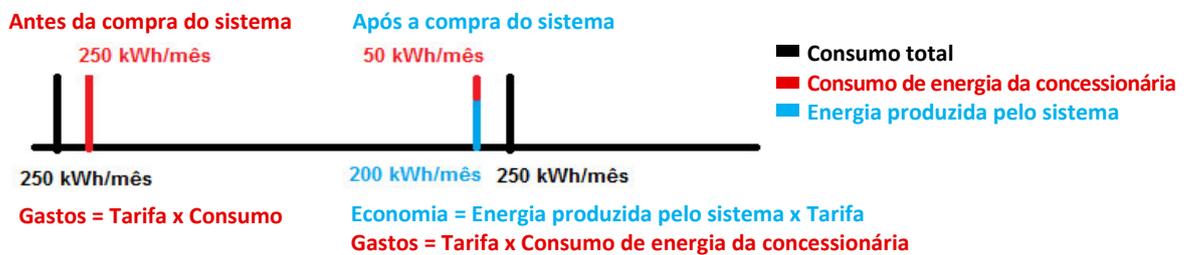
A viabilidade econômica do investimento é analisada ao longo de um período k de 25 anos, ou seja, é necessário saber todos os gastos e todos os lucros. Como gasto foi adotado

apenas o investimento realizado na compra do sistema de produção fotovoltaico e como lucro o retorno do investimento.

O retorno do investimento é o valor economizado ao longo dos meses (o valor que se deixou de gastar após a aquisição do sistema), esse valor corresponde ao custo mensal de energia elétrica consumida, ou seja, o retorno mensal está relacionado com a tarifa energética das concessionárias e o consumo de energia, como demonstrado na Equação 16 e exemplificado na Figura 14.

$$\text{Retorno} = \text{economia mensal} = \text{energia produzida} * \text{tarifa energética} \quad (16)$$

Figura 14 – Representação do retorno financeiro mensal.



Fonte: próprio autor

O retorno do investimento obtido em cada mês foi calculado com a energia elétrica gerada pelos painéis, em cada mês de cada cidade, multiplicada pela tarifa energética de cada concessionária com a respectiva cidade analisada. A Tabela 8 apresenta o retorno mensal e o retorno anual no primeiro ano (PMT para $k = 1$, em k se refere ao ano), que é obtido pela soma dos retornos mensais.

Com os dados do retorno do investimento em todas as cidades é possível observar o retorno máximo e o retorno mínimo de acordo com cada concessionária. Para as cidades referentes ao Estado de São Paulo, tem-se para a taxa tarifária da concessionária Bandeirante o valor máximo de retorno no primeiro ano é de R\$ 1.477,51 para a cidade de Canas e o valor mínimo é de R\$ 1.262,37 para a cidade de Guararema; para a concessionária Elektro o valor máximo é obtido na cidade de Piquete (R\$ 1.690,05) e o valor mínimo na cidade de Nazaré Paulista (R\$ 1.450,00). Nas concessionárias do Estado do Rio de Janeiro tem-se a concessionária Light S.A. com valor máximo de R\$ 1.393,88 na cidade de Rio das Flores e o valor mínimo de R\$ 1.343,30 na cidade de Rio Claro e para as tarifas da concessionária Ampla o valor máximo é de R\$ 1.484,86 em Paraíba do Sul e o valor mínimo de R\$ 1.437,00 em Resende.

Tabela 8 – Retorno do investimento em ralação a tarifa de cada concessionária.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Concessionária	Retorno investimento (R\$)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	PMT ₁
Aparecida	Bandeirante	141,33	144,60	125,71	113,11	98,00	94,97	96,74	115,38	117,39	129,74	134,27	142,59	1453,83
Arapeí	Elektro	156,83	167,63	139,30	128,50	110,68	108,64	109,22	127,33	124,99	138,14	142,22	151,86	1605,36
Areias	Elektro	155,66	162,67	139,30	126,75	112,73	111,27	111,85	136,09	131,42	141,93	144,85	156,24	1630,76
Bananal	Elektro	158,29	168,22	140,76	128,79	110,68	107,76	108,06	124,12	123,24	138,14	141,35	153,32	1602,73
Caçapava	Bandeirante	137,80	141,08	123,69	108,07	94,22	89,43	92,71	109,59	112,61	125,20	132,01	140,32	1406,72
Cachoeira Paulista	Bandeirante	141,33	144,60	126,72	114,12	98,75	95,98	98,00	117,14	119,16	130,75	134,78	142,59	1463,91
Caraguatatuba	Bandeirante	140,07	141,58	122,94	106,56	90,69	83,89	84,39	98,00	99,00	114,62	126,72	139,06	1347,52
Canas	Bandeirante	142,84	145,61	128,23	115,38	99,00	95,98	98,50	117,14	120,67	132,76	137,04	144,35	1477,51
Cruzeiro	Bandeirante	137,30	141,83	123,19	111,60	98,25	96,23	97,24	118,65	117,14	126,46	129,99	138,56	1436,45
Cunha	Elektro	154,49	162,67	137,55	123,83	108,06	103,67	103,67	124,99	119,15	132,00	141,93	151,86	1563,89
Guararema	Bandeirante	123,44	128,73	110,34	97,75	86,41	80,87	85,40	96,99	98,00	109,08	122,18	123,19	1262,37
Guaratinguetá	Bandeirante	141,33	144,35	125,71	113,11	98,00	94,97	96,74	115,63	117,39	129,99	134,27	142,59	1454,09
Igaratá	Elektro	142,22	149,53	127,04	112,73	99,59	93,75	99,59	115,36	116,52	127,33	144,85	142,52	1471,02
Jacareí	Bandeirante	129,24	135,28	115,13	101,78	89,43	83,89	87,42	97,75	101,27	114,88	125,96	129,49	1311,50
Jambeiro	Bandeirante	137,30	142,34	121,68	107,57	93,71	88,17	90,69	104,04	107,07	122,43	129,74	137,80	1382,54
Lagoinha	Elektro	160,33	165,88	140,47	127,33	111,27	105,43	106,89	123,83	125,58	141,93	148,94	159,46	1617,33
Lorena	Bandeirante	142,08	144,85	127,22	114,37	98,75	95,48	97,75	116,14	116,64	131,25	135,53	143,34	1463,41
Lavrinhas	Elektro	157,99	163,84	141,93	128,50	113,31	111,27	112,73	137,55	134,63	145,14	149,23	159,16	1655,30
Monteiro Lobato	Bandeirante	133,77	136,79	121,93	109,33	95,23	91,45	94,72	111,35	115,88	126,21	131,25	137,30	1405,21
Natividade da Serra	Elektro	155,07	162,38	137,84	122,07	106,89	99,88	101,34	117,99	117,40	134,05	143,10	152,74	1550,74
Nazaré Paulista	Elektro	139,01	148,36	124,41	110,68	98,13	91,70	98,42	113,60	115,06	124,99	146,02	139,60	1449,99
Paraíbuna	Elektro	158,58	165,30	139,89	124,41	108,35	101,34	104,26	116,23	120,61	139,89	148,94	157,99	1585,79
Piquete	Elektro	161,79	165,88	146,02	132,00	114,77	111,27	113,90	134,05	139,01	151,57	155,66	164,13	1690,05
Pindamonhangaba	Bandeirante	139,06	142,59	124,20	111,60	97,24	93,46	95,98	114,37	116,14	127,98	132,26	141,58	1436,45
Potim	Bandeirante	141,33	144,60	125,71	113,11	98,00	94,97	96,74	115,38	117,39	129,99	134,02	142,59	1453,83
Queluz	Elektro	155,37	162,38	139,60	127,33	113,02	111,85	112,73	136,38	132,88	143,10	146,31	156,24	1637,19

Tabela 8 – Retorno do investimento em relação a tarifa de cada concessionária.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Concessionária	Retorno investimento (R\$)												
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	PMT ₁
Redenção da Serra	Elektro	157,70	164,42	139,89	124,12	108,06	101,34	103,38	118,28	120,91	138,72	147,77	156,83	1581,41
Roseira	Bandeirante	141,33	144,60	125,71	113,11	98,00	94,97	96,74	115,38	117,39	129,74	134,02	142,59	1453,58
Salesópolis	Bandeirante	134,27	137,30	116,64	102,28	88,93	82,13	85,15	96,49	99,00	113,36	127,98	131,75	1315,28
Santa Branca	Bandeirante	129,99	136,79	115,63	102,28	89,68	83,89	87,67	97,49	101,27	115,38	126,97	129,99	1317,04
São José do Barreiro	Elektro	155,37	163,25	137,84	126,45	111,85	110,10	110,68	130,83	128,21	139,30	142,81	153,61	1610,32
São José dos Campos	Bandeirante	132,51	137,80	118,40	104,30	91,20	85,90	89,43	103,04	105,55	119,16	128,48	133,77	1349,54
São Luiz do Paraitinga	Elektro	156,83	163,25	139,01	124,12	108,64	102,21	102,80	121,78	119,74	134,92	143,98	154,49	1571,77
São Sebastião	Bandeirante	145,36	144,60	126,72	108,33	90,69	83,39	84,14	95,23	100,26	120,92	132,01	144,85	1376,49
Silveiras	Elektro	156,53	162,96	139,30	126,45	111,56	109,81	110,68	131,42	129,67	140,76	144,85	156,24	1620,25
Taubaté	Bandeirante	138,81	142,08	124,20	109,84	95,48	91,20	94,22	110,59	114,12	126,72	132,51	141,33	1421,08
Tremembé	Bandeirante	136,04	139,06	122,69	109,84	96,23	92,45	95,48	112,36	115,88	126,21	131,25	138,81	1416,30
Ubatuba	Elektro	157,41	163,25	139,30	122,66	107,18	100,17	129,37	115,94	116,23	129,67	141,64	153,32	1576,15
Barra Mansa	Light S.A.	132,69	140,02	117,05	107,03	92,62	90,42	90,91	105,57	104,83	116,32	118,52	128,29	1344,27
Barra do Pirai	Light S.A.	140,02	146,38	121,94	111,19	94,08	91,39	90,66	106,30	106,79	120,47	124,14	136,60	1389,97
Itatiaia	Ampla	137,92	144,99	124,31	114,89	101,02	100,24	101,02	118,82	120,39	127,98	130,59	137,92	1460,10
Paraíba do Sul	Ampla	148,65	154,15	130,59	118,56	100,76	98,93	98,14	116,46	116,20	127,98	131,64	142,90	1484,96
Pinheiral	Light S.A.	137,09	143,20	119,99	108,99	93,10	90,66	90,17	106,06	105,81	118,27	121,45	132,94	1367,73
Pirai	Light S.A.	139,53	145,89	122,43	110,94	93,35	90,42	89,68	105,32	104,59	119,01	123,16	135,87	1380,20
Porto Real	Ampla	142,63	148,91	124,31	113,58	99,97	97,88	97,88	116,72	115,42	125,36	127,98	138,71	1449,37
Quatis	Light S.A.	133,67	139,05	116,08	106,06	93,35	91,39	91,39	108,99	108,01	117,30	119,50	129,27	1354,05
Resende	Ampla	139,23	146,56	123,01	112,80	99,97	98,14	98,40	116,20	115,68	124,31	126,93	136,35	1437,59
Rio Claro	Light S.A.	133,43	141,25	118,76	108,26	92,37	89,93	89,68	102,88	102,88	115,34	119,01	129,52	1343,30
Rio das Flores	Light S.A.	140,02	145,40	121,94	111,43	94,33	92,13	91,64	108,01	108,50	120,96	123,65	135,87	1393,88
Valença	Light S.A.	139,78	145,64	121,94	111,19	94,33	91,88	91,39	107,28	108,50	121,21	123,90	136,11	1393,15
Volta Redonda	Light S.A.	134,65	140,76	117,79	107,52	92,86	90,91	90,66	106,79	106,06	117,30	119,74	130,49	1355,51

PMT₁ – corresponde ao rendimento do valor presente no período k=1, ou seja, o rendimento do primeiro ano.

Fonte: próprio autor.

Com os valores do retorno do investimento, é possível ter o fluxo de caixa no valor presente (VP), em que apenas é levado em consideração o valor anual. No fluxo de caixa os valores de retorno devem estar todos no valor presente, ou seja, o retorno de cada ano k no valor presente equivale ao valor de PMT_1 . Portanto, tem-se o valor presente de fluxo de caixa ao longo dos 25 anos é dado pela Equação 17.

$$VP = 25 * PMT_1 \quad (17)$$

A VPL é calculada pela diferença entre o fluxo de caixa e o investimento conforme a Equação 14 já apresentada anteriormente. O investimento vale R\$ 16.000,00. A Tabela 9 representa os VPLs de cada cidade.

Tabela 9 – Valores de VPL para cada cidade do Vale do Paraíba.

Cidades do Vale do Paraíba	VP (R\$)	VPL (R\$)	Cidades do Vale do Paraíba	VP (R\$)	VPL (R\$)
Aparecida	36345,84	20345,84	Redenção da Serra	39535,22	23535,22
Arapeí	40133,91	24133,91	Roseira	36339,54	20339,54
Areias	40769,10	24769,10	Salesópolis	32881,93	16881,93
Bananal	40068,20	24068,20	Santa Branca	32926,02	16926,02
Caçapava	35168,11	19168,11	São José do Barreiro	40258,02	24258,02
Cachoeira Paulista	36597,76	20597,76	São José dos Campos	33738,46	17738,46
Caraguatatuba	33688,08	17688,08	São Luiz do Paraitinga	39294,28	23294,28
Canas	36937,85	20937,85	São Sebastião	34412,35	18412,35
Cruzeiro	35911,28	19911,28	Silveiras	40506,26	24506,26
Cunha	39097,16	23097,16	Taubaté	35527,10	19527,10
Guararema	31559,35	15559,35	Tremembé	35407,44	19407,44
Guaratinguetá	36352,14	20352,14	Ubatuba	39403,80	23403,80
Igaratá	36775,42	20775,42	Barra Mansa	33606,84	17606,84
Jacareí	32787,46	16787,46	Barra do Pirai	34749,26	18749,26
Jambeiro	34563,50	18563,50	Itatiaia	36502,45	20502,45
Lagoinha	40433,25	24433,25	Paraíba do Sul	37124,02	21124,02
Lorena	36585,17	20585,17	Pinheiral	34193,32	18193,32
Lavrinhas	41382,39	25382,39	Pirai	34504,89	18504,89
Monteiro Lobato	35130,32	19130,32	Porto Real	36234,19	20234,19
Natividade da Serra	38768,61	22768,61	Quatis	33851,21	17851,21
Nazaré Paulista	36249,74	20249,74	Resende	35939,77	19939,77
Paraíbuna	39644,74	23644,74	Rio Claro	33582,40	17582,40
Piquete	42251,21	26251,21	Rio das Flores	34847,01	18847,01
Pindamonhangaba	35911,28	19911,28	Valença	34828,68	18828,68
Potim	36345,84	20345,84	Volta Redonda	33887,86	17887,86
Queluz	40929,72	24929,72	Média	36558,23	20558,23

Fonte: próprio autor.

De acordo com a Tabela 9, a média do VPL é R\$ 20.558,23, esse valor representa o retorno do investimento em 25 anos. É interessante ressaltar que esse valor não corresponde ao valor real de retorno, ele é uma projeção em que todos os valores utilizados estão no presente.

Para o cálculo da TIR são usados os resultados de retorno máximos e mínimos de acordo com a tarifa de cada concessionária. Os resultados encontrados para a TIR são projetados para valor futuro multiplicando seus valores por FVF $[i\%;n]$, utilizando uma taxa de juros de 8%, conforme explicado no item 4.4.4.1. A Tabela 10 apresenta os resultados do valor presente no período k. Tais dados são baseados na PTM_1 (retorno do investimento no primeiro ano apresentados na Tabela 8), entretanto, não é levado em consideração o custo de investimento inicial.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 10, é possível notar que após um período de 25 anos, para o Estado de São Paulo (SP), nas cidades em que atua a concessionária Bandeirantes haverá um retorno mínimo de R\$ 8.004,94 e máximo de R\$ 9.369,19. Enquanto que para a concessionária Elektro o retorno mínimo correspondente é de R\$ 9.194,68 e máximo de R\$ 10.716,95. Para o Estado do Rio de Janeiro (RJ), após 25 anos do investimento realizado nas cidades em que atua a concessionária Light S.A. o retorno mínimo será de R\$ 9.116,05 e máximo de R\$ 9.416,43. Enquanto que nas cidades atendidas pela concessionária Ampla o retorno mínimo será de R\$ 8.518,13 e máximo de R\$ 8.838,87.

De uma forma geral, para São Paulo (SP) o retorno do investimento apresenta-se na faixa de R\$ 8.599,81 a R\$ 10.043,07, enquanto o Rio de Janeiro (RJ) de R\$ 8.817,09 a R\$ 9.127,65. Ao considerar a média entre os dois Estados, há uma faixa de retorno do investimento de R\$ 8.708,45 a R\$ 9.585,36. Isto significa que após 25 anos o retorno será positivo em R\$ 9.146,90.

Após a determinação do valor presente no período k, é calculada a taxa de retorno do investimento. É importante ressaltar que foi calculada a TIR para a situação de menor lucro, que corresponde ao retorno mínimo da concessionária Bandeirante na cidade de Guararema (SP).

Tabela 10 – Projeção do retorno do investimento para durante 25 anos.

k	n	FVF [i%;n] = (1+0,08) ⁿ	(1+TIR) ^k	Valor presente no período – PMT _k (R\$)							
				Bandeirantes		Elektro		Light S.A.		Ampla	
				Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
1	–	–	1,137170	1.477,51	1.262,37	1.690,05	1.449,99	1.484,96	1.437,59	1.393,88	1.343,30
2	1	1,0800	1,293156	1.595,71	1.363,36	1.825,25	1.565,99	1.603,76	1.552,60	1.505,39	1.450,76
3	2	1,1664	1,470538	1.723,37	1.472,43	1.971,27	1.691,27	1.732,06	1.676,81	1.625,82	1.566,83
4	3	1,2597	1,672251	1.861,22	1.590,21	2.128,96	1.826,55	1.870,60	1.810,93	1.755,87	1.692,16
5	4	1,3605	1,901634	2.010,15	1.717,45	2.299,31	1.972,71	2.020,29	1.955,84	1.896,37	1.827,56
6	5	1,4693	2,162481	2.170,91	1.854,80	2.483,19	2.130,47	2.181,85	2.112,25	2.048,03	1.973,71
7	6	1,5869	2,459109	2.344,66	2.003,26	2.681,94	2.300,99	2.356,48	2.281,31	2.211,95	2.131,68
8	7	1,7138	2,796425	2.532,16	2.163,45	2.896,41	2.484,99	2.544,92	2.463,74	2.388,83	2.302,15
9	8	1,8509	3,180010	2.734,72	2.336,52	3.128,11	2.683,79	2.748,51	2.660,84	2.579,93	2.486,31
10	9	1,9990	3,616213	2.953,54	2.523,48	3.378,41	2.898,53	2.968,44	2.873,74	2.786,37	2.685,26
11	10	2,1589	4,112248	3.189,80	2.725,33	3.648,65	3.130,38	3.205,88	3.103,61	3.009,25	2.900,05
12	11	2,3316	4,676325	3.444,96	2.943,34	3.940,52	3.380,80	3.462,33	3.351,89	3.249,97	3.132,04
13	12	2,5182	5,317777	3.720,67	3.178,90	4.255,88	3.651,37	3.739,43	3.620,14	3.510,07	3.382,70
14	13	2,7196	6,047217	4.018,24	3.433,14	4.596,26	3.943,39	4.038,50	3.909,67	3.790,80	3.653,24
15	14	2,9372	6,876713	4.339,74	3.707,83	4.964,02	4.258,91	4.361,63	4.222,49	4.094,10	3.945,54
16	15	3,1722	7,819992	4.686,96	4.004,49	5.361,18	4.599,66	4.710,59	4.560,32	4.421,67	4.261,22
17	16	3,4259	8,892660	5.061,80	4.324,75	5.789,94	4.967,52	5.087,32	4.925,04	4.775,29	4.602,01
18	17	3,7000	10,112466	5.466,79	4.670,77	6.253,19	5.364,96	5.494,35	5.319,08	5.157,36	4.970,21
19	18	3,9960	11,499593	5.904,13	5.044,43	6.753,44	5.794,16	5.933,90	5.744,61	5.569,94	5.367,83
20	19	4,3157	13,076993	6.376,49	5.448,01	7.293,75	6.257,72	6.408,64	6.204,21	6.015,57	5.797,28
21	20	4,6610	14,870764	6.886,67	5.883,91	7.877,32	6.758,40	6.921,40	6.700,61	6.496,88	6.261,12
22	21	5,0338	16,910586	7.437,49	6.354,52	8.507,37	7.298,96	7.474,99	7.236,54	7.016,51	6.761,90
23	22	5,4365	19,230211	8.032,48	6.862,88	9.187,96	7.882,87	8.072,99	7.815,46	7.577,83	7.302,85
24	23	5,8715	21,868021	8.675,20	7.412,01	9.923,13	8.513,62	8.718,94	8.440,81	8.184,17	7.887,19
25	24	6,3412	24,867656	9.369,19	8.004,94	10.716,95	9.194,68	9.416,43	9.116,05	8.838,87	8.518,13

Fonte: próprio autor.

A taxa de retorno é calculada através da Equação 15. A menor taxa de retorno para a Região do Vale do Paraíba é na cidade de Guararema, com uma taxa de retorno de 13,717%. Esse valor de TIR corresponde ao VPL igual a 0, isso significa que todo o investimento foi recuperado e haverá um retorno de 13,72% ao concluir os 25 anos. Para as outras cidades podemos observar um VPL maior que 0, isso significa que as cidades tendem a um retorno financeiro ($VPL > 0$) e a TIR delas é maior que 13,72%. Os valores de VPL para uma TIR de 13,72% são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Cálculo do valor presente líquido para a menor taxa de retorno.

Valor	Bandeirantes		Elektro		Light S.A.		Ampla	
	Canas	Guararema	Piquete	Nazaré Paulista	Rio das Flores	Rio Claro	Paraíba do Sul	Resende
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
VPL (R\$)	2726,693	-0,097	5420,531	2377,892	2821,119	2220,728	1666,726	1025,65
TIR (%)		13,717						

Fonte: próprio autor.

A menor TIR, já apresentada na Tabela 11, é do investidor da cidade de Guararema, para a tarifa da concessionária Bandeirante. A maior TIR é para os investidores da cidade de Piquete, que pagam a tarifa energética da concessionária Elektro. A Tabela 12 apresenta as TIRs máximas e mínimas de cada concessionária.

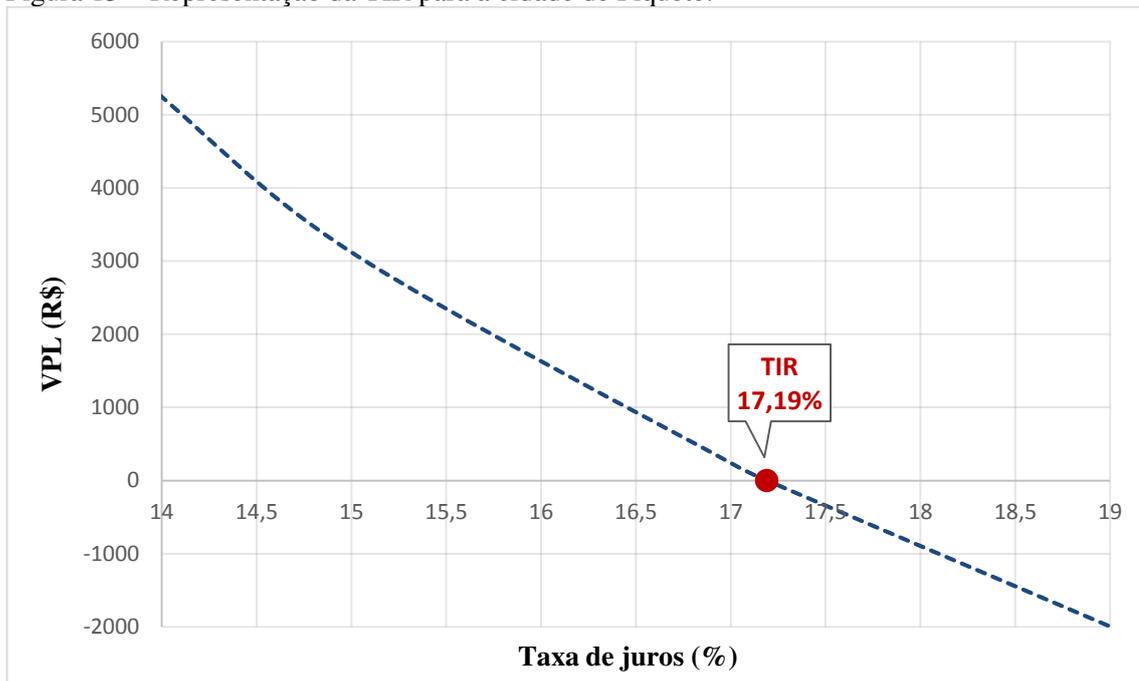
Tabela 12 – Cálculo da TIR.

Valor	Bandeirantes		Elektro		Light S.A.		Ampla	
	Canas	Guararema	Piquete	Nazaré Paulista	Rio das Flores	Rio Claro	Paraíba do Sul	Resende
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
VPL (R\$)	0,154	-0,097	0,246	0,575	-0,8325	0,081	-0,312	-0,349
TIR (%)	15,517	13,717	17,192	15,293	15,5780	15,192	14,832	14,409

Fonte: próprio autor.

O valor da TIR é obtido quando o VPL é zero, esse comportamento da TIR em relação ao VPL é observado na Figura 15 para município de Piquete.

Figura 15 – Representação da TIR para a cidade de Piquete.



Fonte: próprio autor

Para o Vale do Paraíba a menor TIR é de 13,92% na cidade de Guararema e a maior TIR é de 17,34% para a cidade de Piquete, e ambos os valores são vantajosos, pois são valores de juros maiores do que os juros de 8% utilizado para a projeção do valor futuro.

O cálculo do *Payback* é utilizado para a determinação do tempo de retorno financeiro, ou seja, o tempo em que o gasto inicial do investimento é recuperado pela entrada de capital do investimento. Os valores calculados de *payback* são apresentados na Tabela 13.

O *payback* também é calculado com os valores de PMT_k apresentados na Tabela 10. O cálculo é feito pela soma entre o lucro anual e a despesa (valor do investimento que ainda não teve retorno), as despesas são consideradas como valores negativos. Para $k = 1$ o cálculo realizado foi PMT_1 (lucro no primeiro ano) subtraindo o módulo das despesas (-116.000), portanto tem-se o *payback* no tempo $k = 1$; para os próximos anos é feita a soma do lucro no tempo k (PMT_k), com o *payback* no tempo $k-1$, caso haja despesas no tempo k elas devem ser subtraídas com o valor em módulo.

Tabela 13 – Cálculo do *payback* para cada concessionária, considerando retorno máximo e mínimo.

k	N	Fluxo de caixa Acumulado (R\$)							
		Bandeirantes		Elektro		Light S.A.		Ampla	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
1	-	-14522,49	-14737,63	-14309,95	-14550,01	-14515,04	-14562,41	-14606,12	-14656,70
2	1	-12926,78	-13374,27	-12484,70	-12984,02	-12911,28	-13009,81	-13100,73	-13205,94
3	2	-11203,41	-11901,84	-10513,42	-11292,75	-11179,23	-11333,01	-11474,91	-11639,11
4	3	-9342,19	-10311,63	-8384,47	-9466,20	-9308,62	-9522,08	-9719,04	-9946,96
5	4	-7332,04	-8594,18	-6085,15	-7493,49	-7288,33	-7566,23	-7822,66	-8119,40
6	5	-5161,13	-6739,38	-3601,96	-5363,02	-5106,48	-5453,98	-5774,64	-6145,69
7	6	-2816,47	-4736,12	-920,02	-3062,03	-2750,00	-3172,67	-3562,69	-4014,00
8	7	-284,32	-2572,68	1976,39	-577,04	-205,07	-708,93	-1173,86	-1711,86
9	8	2450,41	-236,15	5104,50	2106,75	2543,44	1951,91	1406,08	774,46
10	9	5403,95	2287,32	8482,91	5005,28	5511,87	4825,65	4192,44	3459,72
11	10	8593,74	5012,65	12131,56	8135,66	8717,75	7929,26	7201,69	6359,77
12	11	12038,71	7956,00	16072,08	11516,46	12180,09	11281,15	10451,66	9491,80
13	12	15759,37	11134,90	20327,96	15167,83	15919,51	14901,28	13961,73	12874,50
14	13	19777,61	14568,04	24924,22	19111,22	19958,01	18810,95	17752,53	16527,74
15	14	24117,35	18275,87	29888,24	23370,13	24319,63	23033,44	21846,63	20473,28
16	15	28804,31	22280,36	35249,41	27969,79	29030,22	27593,77	26268,30	24734,50
17	16	33866,11	26605,11	41039,36	32937,31	34117,55	32518,81	31043,59	29336,51
18	17	39332,90	31275,88	47292,54	38302,27	39611,90	37837,89	36200,95	34306,72
19	18	45237,03	36320,31	54045,98	44096,43	45545,80	43582,50	41770,89	39674,55
20	19	51613,52	41768,32	61339,73	50354,15	51954,44	49786,71	47786,46	45471,83
21	20	58500,19	47652,23	69217,05	57112,56	58875,84	56487,31	54283,33	51732,95
22	21	65937,68	54006,75	77724,43	64411,52	66350,83	63723,85	61299,85	58494,85
23	22	73970,16	60869,62	86912,38	72294,39	74423,82	71539,31	68877,67	65797,70
24	23	82645,36	68281,63	96835,51	80808,00	83142,76	79980,12	77061,84	73684,89
25	24	92014,55	76286,57	107552,46	90002,68	92559,19	89096,17	85900,71	82203,02
26	25	102133,28	84931,91	119126,76	99932,94	102728,94	98941,50	95446,70	91402,61

Fonte: próprio autor.

Os valores quando apresentados com o sinal negativo representam que o investimento ainda não foi compensado, o último valor negativo que está em negrito indica o ano que ocorrerá o retorno do investimento. Isto significa que, o gasto inicial será de R\$ 16.000,00, que terá seu valor quitado na média em 9 anos.

5.6 Análise do sistema solar fotovoltaico

A proposta para a instalação de painéis fotovoltaicos em residências com consumo de 250 kWh/mês foi feita com o intuito de avaliar se compensa financeiramente famílias com

baixo consumo de energia produzir sua própria energia e desse modo incentivar, para que a produção independente de energia seja adotada, como uma das soluções para a crise energética.

Foi escolhida a região do Vale do Paraíba para a realização dos estudos e pesquisado a irradiação solar incidente na região, na qual apresentaram bons resultados.

A cotação para um sistema que fosse capaz de gerar 250 kWh/mês foi feita em duas empresas e o valor para a compra foi determinado como R\$ 16.000,00. Esse valor pode ser um empecilho, pois famílias de classe baixa, inclusive algumas de classe média, não possuem recursos financeiros para fazer o investimento.

Além do valor cotado para geração de 250 kWh/mês outras duas cotações foram obtidas a de 300 kWh/mês e de 500 kWh/mês. O cálculo da potência de pico foi feito para todos os sistemas e é observado o comportamento o qual sistemas com maior capacidade de geração possuem um valor mais em conta.

A energia elétrica produzida pelo sistema solar fotovoltaico foi apresentada e os valores ficaram em torno de 200 kWh/mês. Com esse valor o custo da energia elétrica de origem solar fotovoltaica é calculado. Os valores ficam próximos de 0,75 R\$/kWh um pouco acima das médias das concessionárias de energia do vale que é de 0,72 R\$/kWh (com incidência de impostos), portanto a necessidade de incentivos no setor fotovoltaica é evidenciada por esses valores. Através de incentivos a energia fotovoltaica pode ficar mais barata e se tornar mais atrativa.

Após a implantação do sistema fotovoltaico o proprietário terá uma economia, pois haverá redução na sua conta de luz mensal, essa redução é proporcional à energia gerada (fotovoltaico) que seria cobrada com inclusão de tarifas. Essa economia mensal (o que deixa de gastar) representa o retorno do investimento, conforme já apresentado na Equação 16.

Portanto os valores de retorno do investimento são influenciados pela tarifa energética e pela energia elétrica gerada.

De acordo com a metodologia apresentada para análise econômica a menor taxa interna de retorno (TIR), do sistema sugerido, para a Região do Vale do Paraíba é de 13,72%. Essa taxa comparada ao valor da taxa mínima de atratividade (TMA) de 8%, indica que o retorno é lucrativo. A TMA foi determinada como 8%, por ser aproximadamente o valor de juros da poupança, portanto, o retorno que será obtido é maior do que o retorno para investimento na poupança. O tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 9

anos para o *payback* simples. O cálculo da TIR e do *payback* simples são feitos com valores futuros e apresentam uma resposta positiva para o investimento.

O cálculo do VPL é feito com valores presentes, conforme apresentado na metodologia, entretanto é importante afirmar que os valores de retorno financeiro do investimento são influenciados pela tarifa energética que mudam sem nenhum padrão de comportamento, podendo aumentar (conforme reajuste anual ou ainda devido à crise financeira ou energética do país) ou até mesmo diminuir ao longo dos anos (conforme interesse do governo federal) e isso alteraria o valor do VPL. Além disso, essa alteração anual da tarifa energética influencia de forma diferente o retorno em cada ano, entretanto foi estipulado que o retorno de todos os anos será igual no valor presente. Para o cálculo do VPL também há influência, caso ele fosse calculado em um ano diferente, o VPL seria diferente, portanto, nesse trabalho o VPL é uma estimativa. Por exemplo, para o próximo ano é estimado um aumento de 15% na tarifa energética, isso traria um retorno de investimento maior, diferente do valor obtido usando um valor constante de tarifa para todos os anos.

O VPL calculado é de R\$ 20.558,23 ao longo dos 25 anos, o que corresponde ao valor mensal de R\$ 68,53, ou seja, por mês o proprietário tem esse lucro. É importante ressaltar como observação que o gasto a ser pago pelo proprietário pela diferença entre a energia projetada e a consumida (ou seja, a parcela captada da rede), não foi levado em consideração ao apresentar o lucro nem os gastos com manutenção e limpeza do sistema.

É provável que ao término da vida útil do sistema o proprietário não desinstale de imediato o equipamento, com isso será notado que os painéis continuam produzindo energia mesmo após 25 anos, entretanto a taxa anual de degradação dos módulos sofre um decaimento rápido. Para a instalação de um novo sistema é necessário apenas realizar a troca dos painéis que falharam, por exemplo, comprar o painel solar da Canadlam (250 kWh/mês) por R\$ 956,00, ou seja, como são ao todo 6 painéis um custo total de R\$ 5736,00. Se inicialmente o sistema já foi viável, a troca (renovação) vai ser ainda mais viável e lucrativa para os próximos 25 anos.

Todas as metodologias de análise econômica apresentam resultados a favor do investimento no sistema fotovoltaico.

6 CONCLUSÃO

Dentre várias possibilidades de geração de energia, a energia solar fotovoltaica pelo sistema conectado à rede (*Grid Tie*) apresenta-se como uma solução eficaz e economicamente viável para geração de energia elétrica.

Neste trabalho foi realizada uma avaliação de viabilidade para a proposta de energia fotovoltaica conectada à rede (*Grid Tie*), que apresentou um custo de investimento de R\$ 16.000,00 para o consumo médio de 250 kWh/mês. A análise financeira foi realizada em 3 etapas: *payback*, taxa de retorno do investimento (TIR) e valor presente líquido (VPL).

O *payback*, que é o tempo para o investidor ter o valor do investimento de volta, obteve como resultado por volta do nono ano, ou seja, são necessários nove anos para recuperar os R\$ 16.000,00 gastos para aquisição do sistema fotovoltaico, depois todos os 16 anos seguintes são lucro.

A taxa de retorno do investimento (TIR) consiste na taxa da qual não há lucro e nem prejuízo, que obteve 13,72% como menor taxa de retorno, valor considerado bom para produção residencial, uma vez que é muito superior à taxa de poupança.

Por último foi calculado o valor presente líquido (VPL) que corresponde ao lucro do investimento, que foi estimado em R\$ 20.558,23 ao longo dos 25 anos, que corresponde a um valor de retorno mensal igual a R\$ 68,53.

Todas as metodologias de análise apresentaram valores que afirmam que o investimento compensa para as residências com consumo médio de 250 kWh/mês. Entretanto, o valor de investimento inicial de R\$ 16000,00 pode ser uma dificuldade, por isso é necessário que sejam desenvolvidos mais incentivos, inclusive de financiamento para o sistema. E para o Brasil se tornar uma potência no uso da energia fotovoltaica há a necessidade de busca por tecnologias e incentivo de mercado consumidor na região.

Com o objetivo do trabalho alcançado, de comprovar que o sistema é viável e atrativo financeiramente, a energia fotovoltaica é apresentada como uma das soluções para problemas energéticos, pois essa solução é adequada nos quesitos: ambiental, social e econômico. Ambiental, pois seus impactos podem ser prevenidos com a destinação correta dos resíduos sólidos e a produção de energia é limpa. Social, pois permite que a energia seja produzida em lugares onde não chegam e com a tecnologia das baterias tesla chegando ao mercado os sistemas autônomos serão muito mais eficientes.

7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar simulação de gastos do consumidor para um comparativo entre energia elétrica proveniente das concessionárias e o sistema de energia fotovoltaico implantado;
- Investigar os custos para implantação de um sistema fotovoltaico isolado;
- Estudar a viabilidade econômica para comparativo entre diferentes tipos de sistema de energia fotovoltaica;
- Investigar e elaborar propostas de política pública para aumentar o incentivo e o uso da energia fotovoltaica no Brasil;
- Pesquisar sobre desenvolvimento e melhoria da tecnologia dos painéis de energia fotovoltaica.

REFERÊNCIAS

ALY, O. **Estudo para conversão de partes poluentes dos gases de combustão de termoeétrica a óleo em matéria prima para fertilizante**. Instituto de Pesquisas energéticas e nucleares da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Omar%20Fernandes%20Aly_M.pdf> Acesso: 08 abr. 2015.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **ANA divulga publicação especial sobre a crise hídrica**. 2015. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?List=ccb75a86%2Dbd5a%2D4853%2D8c76%2Dcc46b7dc89a1&ID=12684>>. Acesso: 03 mai. 2015.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Altera a Resolução Normativa nº. 482, de 17 de abril de 2012 e o Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST**. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2012/100/documento/ren_-_alteracoes_-_482.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2015.

_____. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Micro e mini geração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Brasília: ANEEL, 2014. 28 p. (Cadernos temáticos da ANEEL). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.

_____. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída**. 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_a_rea=90>. Acesso em: 20 set. 2015.

APA. AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Directiva 2012/19/UE, de 24 de Julho relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE)**. C2015. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/zdata/DESTAQUES/2012/DIR%20REEE_2%20texto%20site%20APA.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2015.

BEER, R. O sol é para todos. **Revista Veja**, n. 2416, p. 84-89, 2015. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/energia/o-sol-e-para-todos-854900.shtml>>. Acesso: 10 mai. 2015.

BRANKER, K; PATHAK, M. J. M; PEARCE, J. M. A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, p. 4470–4482, 2011. Disponível em: <<https://qspace.library.queensu.ca/bitstream/1974/6879/1/LCOE%20of%20PV%20pre-print.pdf>>. Acesso 10 mai. 2015.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2014**: relatório síntese, ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/BEN%202014%20Rel%20S%C3%ADntese%20ab%202013a.pdf>>. Acesso: 08 abr. 2015.

_____. Ministério das Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco energético nacional 2015**: relatório síntese, ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015a. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf>. Acesso: 08 dez. 2015.

_____. Ministério da Fazenda. Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ). Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 abr. 2015b. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/convenio-icms/2015/cv016_15>. Acesso em: 07 nov. 2015.

CÉLIO TAVARES. Célio Tavares – Consultoria e Treinamento. **Métodos para a análise de investimentos**: uma abordagem crítica. C2015. Disponível em: <http://www.ctavares.com.br/index.asp?modulo=flex_texto&conteudo=146>. Acesso em: 08 nov. 2015.

CGEE. CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Energia solar fotovoltaica no Brasil**: subsídios para tomada de decisão. Serie documentos técnicos 2. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6392>>. Acesso: 08 abr. 2015.

COORDENADAS GPS. **Coordenadas geograficas en google maps**. C2015. Disponível em: <<http://www.coordenadas-gps.com/>>. Acesso em: 15 set. 2015.

CRESESB. CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, março 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso: 09 de maio 2015.

EDER, C. F.; MENESES, G.; FITERMAN, L.; TINOCO, M. A. C. **Avaliação dos métodos da taxa interna de retorno modificada: uma aplicação prática**. Artigo (Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/503_tir_modificada.pdf>. Acesso em: 30 set. 2015.

ENERGY VALE. Energy Vale. **Energia solar - como funciona?** C2015. Disponível em: <<http://www.energyvale.com.br/#!energia-solar/c24jo>>. Acesso em: 26 out. 2015.

_____. Energy Vale. Cotação [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <ldinizduizit@yahoo.com.br> em 6 set. 2015.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Nota Técnica DEA 19/14 – **Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil** – Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro, outubro, 2014a. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADda%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20%28Revisada%29.pdf>>. Acesso: 03 mai. 2015.

_____. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2014**. Rio de Janeiro: EPE, 2014b.

_____. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2015**. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

FF SOLAR. FF Solar – Energias Renováveis, Lda. **Sistemas autônomos**. C2015. Disponível em: <<http://www.ffiolar.com/index.php?lang=PT&page=sistemas-autonomos>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

GONÇALVES, V. C. S. **O caminho para a viabilidade econômica e ambiental da energia fotovoltaica**. 99 f. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Disponível em: <http://run.unl.pt/bitstream/10362/13324/1/Goncalves_2014.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.

MARION et al. Performance parameters for grid-connected PV systems. In: IEEE PHOTOVOLTAICS SPECIALISTS CONFERENCE AND EXHIBITION, 31., 2005, Florida. **Proceedings**. IEEE: Piscataway, 2005. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/37358.pdf>>. Acesso: 10 mai. 2015.

MONTENEGRO, A. **Avaliação do retorno do investimento em sistemas fotovoltaicos integrados a residências unifamiliares urbanas no Brasil**. 210 f. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

NAKABAYASHI, R. K. **Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. 106 f. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

NASCIMENTO, C. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. 2004. (Especialização em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras,

Lavras, 2004. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf>. Acesso: 09 mai. 2015.

NEOSOLAR ENERGIA. **Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes**. C2015. Disponível em: <<http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

NOGUEIRA, D.; BATISTA, H. G.; FARIELLO, D. **Luz pode subir até 15% em 2016 com novas fontes de pressão**: alta do dólar e incerteza sobre resultado de leilão de energia podem elevar contas. C2015. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/luz-pode-subir-ate-15-em-2016-com-novas-fontes-de-pressao-17833006>>. Acesso em: 28 out. 2015.

PEGELS, A.; LÜTKENHORST, W. Is Germany's energy transition a case of successful green industrial policy? Contrasting wind and solar PV. **Energy Policy**, v.74, p. 522-534, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421514004030>>. Acesso: 08 abr. 2015.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RÜTHER, R. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf>. Acesso: 03 mai. 2015.

PUCCINI, E. C. **Matemática Financeira**. Brasília: Universidade Aberta do Brasil, 2007. 208 p. Disponível em: <http://www.proativams.com.br/files_aberto/Livro%20de%20MF_original.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2015.

_____. Finanças empresariais – site de relacionamento. **Tabelas Financeiras**. 2009. Disponível em: <http://www.proativams.com.br/index.php?modulo=arquivos&id_pasta=6>. Acesso em: 10 mai. 2015.

RENEW ENERGIA. RENEW Energia. Cotação [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <ldinizduizit@yahoo.com.br> em 9 set. 2015.

SILVA, J. J. B. **Análise técnica e econômica de um sistema fotovoltaico como fonte de energia para agricultura familiar**. 54 f. 2014. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/4557/1/TCC_An%C3%A1lise%20t%C3%A9cnica%20e%20econ%C3%B4mica%20de%20um%20sistema%20fotovoltaico%20como%20fonte%20de%20energia%20para%20agricultura%20familiar>. Acesso: 09 mai. 2015.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil**: dos incentivos aos desafios. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, fevereiro, 2015. (Texto para Discussão nº 166).

Disponível em: <<http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>>. Acesso: 03 mai. 2015.

SOLENERG. Solenerg Engenharia e Comércio Ltda. **Bombeamento de água com energia solar fotovoltaica**. C2015. Disponível em: <<http://www.solenerg.com.br/files/Bombeamento-de-agua-com-energia%20solar-Solenerg-Engenharia.pdf>>. Acesso em: 11 dez. 2015.

SOARES, A.; CAMARGO, G.; BAUMBACH, I.; DIAS, L. M. S. **Implementação de um sistema de captação de energia solar**. Universidade Federal do Pampa, Bagé, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABY8YAJ/implementacao-sistema-captacao-energia-solar>> Acesso: 08 abr. 2015.

SUSTENTARQUI. Portal SustentArqui. **Novos incentivos fiscais para energia solar no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://sustentarqui.com.br/energia-equipamentos/incentivos-fiscais-para-energia-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 09 nov. 2015.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista da Sociedade de Cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

WALDMAN, M. Lixo e Economia: a fantasia do resíduo brasileiro emergente. In: ENCONTRO NACIONAL DE FORMAÇÃO DA COMISSÃO NACIONAL DA PASTORAL DA TERRA (CPT), outubro 17–20, 2011, Hidrolândia, Goiás. **Resumos...** Disponível em: <http://www.mw.pro.br/mw/geog_lixo_e_economia.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2015.

ANEXO A

Tabela de valores financeiros para valor futuro de um VP

$$FVF_{[i\%,n]} = (1 + i)^n$$

Tabela 1A – Valores financeiros para um valor futuro de um VP.

(continua)

n	Taxa de Juros (i%,ap)																			
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
1	1,0100	1,0200	1,0300	1,0400	1,0500	1,0600	1,0700	1,0800	1,0900	1,1000	1,1100	1,1200	1,1300	1,1400	1,1500	1,1600	1,1700	1,1800	1,1900	1,2000
2	1,0201	1,0404	1,0609	1,0816	1,1025	1,1236	1,1449	1,1664	1,1881	1,2100	1,2321	1,2544	1,2769	1,2996	1,3225	1,3456	1,3689	1,3924	1,4161	1,4400
3	1,0303	1,0612	1,0927	1,1249	1,1576	1,1910	1,2250	1,2597	1,2950	1,3310	1,3676	1,4049	1,4429	1,4815	1,5209	1,5609	1,6016	1,6430	1,6852	1,7280
4	1,0406	1,0824	1,1255	1,1699	1,2155	1,2625	1,3108	1,3605	1,4116	1,4641	1,5181	1,5735	1,6305	1,6890	1,7490	1,8106	1,8739	1,9388	2,0053	2,0736
5	1,0510	1,1041	1,1593	1,2167	1,2763	1,3382	1,4026	1,4693	1,5386	1,6105	1,6851	1,7623	1,8424	1,9254	2,0114	2,1003	2,1924	2,2878	2,3864	2,4883
6	1,0615	1,1262	1,1941	1,2653	1,3401	1,4185	1,5007	1,5869	1,6771	1,7716	1,8704	1,9738	2,0820	2,1950	2,3131	2,4364	2,5652	2,6996	2,8398	2,9860
7	1,0721	1,1487	1,2299	1,3159	1,4071	1,5036	1,6058	1,7138	1,8280	1,9487	2,0762	2,2107	2,3526	2,5023	2,6600	2,8262	3,0012	3,1855	3,3793	3,5832
8	1,0829	1,1717	1,2668	1,3686	1,4775	1,5938	1,7182	1,8509	1,9926	2,1436	2,3045	2,4760	2,6584	2,8526	3,0590	3,2784	3,5115	3,7589	4,0214	4,2998
9	1,0937	1,1951	1,3048	1,4233	1,5513	1,6895	1,8385	1,9990	2,1719	2,3579	2,5580	2,7731	3,0040	3,2519	3,5179	3,8030	4,1084	4,4355	4,7854	5,1598
10	1,1046	1,2190	1,3439	1,4802	1,6289	1,7908	1,9672	2,1589	2,3674	2,5937	2,8394	3,1058	3,3946	3,7072	4,0456	4,4114	4,8068	5,2338	5,6947	6,1917
11	1,1157	1,2434	1,3842	1,5395	1,7103	1,8983	2,1049	2,3316	2,5804	2,8531	3,1518	3,4785	3,8359	4,2262	4,6524	5,1173	5,6240	6,1759	6,7767	7,4301
12	1,1268	1,2682	1,4258	1,6010	1,7959	2,0122	2,2522	2,5182	2,8127	3,1384	3,4985	3,8960	4,3345	4,8179	5,3503	5,9360	6,5801	7,2876	8,0642	8,9161
13	1,1381	1,2936	1,4685	1,6651	1,8856	2,1329	2,4098	2,7196	3,0658	3,4523	3,8833	4,3635	4,8980	5,4924	6,1528	6,8858	7,6987	8,5994	9,5964	10,6993
14	1,1495	1,3195	1,5126	1,7317	1,9799	2,2609	2,5785	2,9372	3,3417	3,7975	4,3104	4,8871	5,5348	6,2613	7,0757	7,9875	9,0075	10,1472	11,4198	12,8392
15	1,1610	1,3459	1,5580	1,8009	2,0789	2,3966	2,7590	3,1722	3,6425	4,1772	4,7846	5,4736	6,2543	7,1379	8,1371	9,2655	10,5387	11,9737	13,5895	15,4070
16	1,1725	1,3728	1,6047	1,8730	2,1829	2,5404	2,9522	3,4259	3,9703	4,5950	5,3109	6,1304	7,0673	8,1372	9,3576	10,7480	12,3303	14,1290	16,1715	18,4884

Tabela 1A – Valores financeiros para um valor presente de um VF

(conclusão)

n	Taxa de Juros (i%,ap)																			
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
17	1,1843	1,4002	1,6528	1,9479	2,2920	2,6928	3,1588	3,7000	4,3276	5,0545	5,8951	6,8660	7,9861	9,2765	10,7613	12,4677	14,4265	16,6722	19,2441	22,1861
18	1,1961	1,4282	1,7024	2,0258	2,4066	2,8543	3,3799	3,9960	4,7171	5,5599	6,5436	7,6900	9,0243	10,5752	12,3755	14,4625	16,8790	19,6733	22,9005	26,6233
19	1,2081	1,4568	1,7535	2,1068	2,5270	3,0256	3,6165	4,3157	5,1417	6,1159	7,2633	8,6128	10,1974	12,0557	14,2318	16,7765	19,7484	23,2144	27,2516	31,9480
20	1,2202	1,4859	1,8061	2,1911	2,6533	3,2071	3,8697	4,6610	5,6044	6,7275	8,0623	9,6463	11,5231	13,7435	16,3665	19,4608	23,1056	27,3930	32,4294	38,3376
21	1,2324	1,5157	1,8603	2,2788	2,7860	3,3996	4,1406	5,0338	6,1088	7,4002	8,9492	10,8038	13,0211	15,6676	18,8215	22,5745	27,0336	32,3238	38,5910	46,0051
22	1,2447	1,5460	1,9161	2,3699	2,9253	3,6035	4,4304	5,4365	6,6586	8,1403	9,9336	12,1003	14,7138	17,8610	21,6447	26,1864	31,6293	38,1421	45,9233	55,2061
23	1,2572	1,5769	1,1974	2,4647	3,0715	3,8197	4,7405	5,8715	7,2579	8,9543	11,0263	13,5523	16,6266	20,3616	24,8915	30,3762	37,0062	45,0076	54,6487	66,2474
24	1,2697	1,6084	2,0328	2,5633	3,2251	4,0489	5,0724	6,3412	7,9111	9,8497	12,2392	15,1786	18,7881	23,2122	28,6252	35,2364	43,2973	53,1090	65,0320	79,4968
25	1,2824	1,6406	2,0938	2,6658	3,3864	4,2919	5,4274	6,8485	8,6231	10,8347	13,5855	17,0001	21,2305	26,4619	32,9190	40,8742	50,6578	62,6686	77,3881	95,3962
26	1,2953	1,6734	2,1566	2,7725	3,5557	4,5494	5,8074	7,3964	9,3992	11,9182	15,0799	19,0401	23,9905	30,1666	37,8568	47,4141	59,2697	73,9490	92,0918	114,4755
27	1,3082	1,7069	2,2213	2,8834	3,7335	4,8223	6,2139	7,9881	10,2451	13,1100	16,7386	21,3249	27,1093	34,3899	43,5353	55,0004	69,3455	87,2598	109,5893	137,3706
28	1,3213	1,7410	2,2879	2,9987	3,9201	5,1117	6,6488	8,6271	11,1671	14,4210	18,5799	23,8839	30,6335	39,2045	50,0656	63,8004	81,1342	102,9666	130,4112	164,8447
29	1,3345	1,7758	2,3566	3,1187	4,1161	5,4184	7,1143	9,3173	12,1722	15,8631	20,6237	26,7499	34,6158	44,6931	57,5755	74,0085	94,9271	121,5005	155,1893	197,8136
30	1,3478	1,8114	2,4273	3,2434	4,3219	5,7435	7,6123	10,0627	13,2677	17,4494	22,8923	29,9599	39,1159	50,9502	66,2118	85,8499	111,0647	143,3706	184,6753	237,3763
31	1,3613	1,8476	2,5001	3,3731	4,5380	6,0881	8,1451	10,8677	14,4618	19,1943	25,4104	33,5551	44,2010	58,0832	76,1435	99,5859	129,9456	169,1774	219,7636	284,8516
35	1,4166	1,9999	2,8139	3,9461	5,5160	7,6861	10,6766	14,7853	20,4140	28,1024	38,5749	52,7996	72,0685	98,1002	133,1755	180,3141	243,5035	327,9973	440,7006	590,6682
40	1,4889	2,2080	3,2620	4,8010	7,0400	10,2857	14,9745	21,7245	31,4094	45,2593	65,0009	93,0510	132,7816	188,8835	267,8635	378,7212	533,8687	750,3783	–	–
45	1,5648	2,4379	3,7816	5,8412	8,9850	13,7646	21,0025	31,9204	48,3273	72,8905	109,5302	163,9876	244,6414	363,6791	538,7693	795,4438	–	–	–	–
50	1,6445	2,6916	4,3839	7,1067	11,4574	18,4202	29,4570	46,9016	74,3575	117,3909	184,5648	289,0022	450,7359	700,2330	–	–	–	–	–	–

Fonte: PUCCINI (2009).

ANEXO B

Tabela de valores financeiros para valor presente de um VF

$$FVP_{[i\%;n]} = \frac{1}{(1 + i)^n}$$

Tabela 1B – Valores financeiros para um valor presente de um VF.

(continua)

n	Taxa de Juros (i%,ap)																			
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
1	0,9901	0,9804	0,9709	0,9615	0,9524	0,9434	0,9346	0,9259	0,9174	0,9091	0,9009	0,8929	0,8850	0,8772	0,8696	0,8621	0,8547	0,8475	0,8403	0,8333
2	0,9803	0,9612	0,9426	0,9246	0,9070	0,8900	0,8734	0,8573	0,8417	0,8264	0,8116	0,7972	0,7831	0,7695	0,7561	0,7432	0,7305	0,7182	0,7062	0,6944
3	0,9706	0,9423	0,9151	0,8890	0,8638	0,8396	0,8163	0,7938	0,7722	0,7513	0,7312	0,7118	0,6931	0,6750	0,6575	0,6407	0,6244	0,6086	0,5934	0,5787
4	0,9610	0,9238	0,8885	0,8548	0,8227	0,7921	0,7629	0,7350	0,7084	0,6830	0,6587	0,6355	0,6133	0,5921	0,5718	0,5523	0,5337	0,5158	0,4987	0,4823
5	0,9515	0,9057	0,8626	0,8219	0,7835	0,7473	0,7130	0,6806	0,6499	0,6209	0,5935	0,5674	0,5428	0,5194	0,4972	0,4761	0,4561	0,4371	0,4190	0,4019
6	0,9420	0,8880	0,8375	0,7903	0,7462	0,7050	0,6663	0,6302	0,5963	0,5645	0,5346	0,5066	0,4803	0,4556	0,4323	0,4104	0,3898	0,3704	0,3521	0,3349
7	0,9327	0,8706	0,8131	0,7599	0,7107	0,6651	0,6227	0,5835	0,5470	0,5132	0,4817	0,4523	0,4251	0,3996	0,3759	0,3538	0,3332	0,3139	0,2959	0,2791
8	0,9235	0,8535	0,7894	0,7307	0,6768	0,6274	0,5820	0,5403	0,5019	0,4665	0,4339	0,4039	0,3762	0,3506	0,3269	0,3050	0,2848	0,2660	0,2487	0,2326
9	0,9143	0,8368	0,7664	0,7026	0,6446	0,5919	0,5439	0,5002	0,4604	0,4241	0,3909	0,3606	0,3329	0,3075	0,2843	0,2630	0,2434	0,2255	0,2090	0,1938
10	0,9053	0,8203	0,7441	0,6756	0,6139	0,5584	0,5083	0,4632	0,4224	0,3855	0,3522	0,3220	0,2946	0,2697	0,2472	0,2267	0,2080	0,1911	0,1756	0,1615
11	0,8963	0,8043	0,7224	0,6496	0,5847	0,5268	0,4751	0,4289	0,3875	0,3505	0,3173	0,2875	0,2607	0,2366	0,2149	0,1954	0,1778	0,1619	0,1476	0,1346
12	0,8874	0,7885	0,7014	0,6246	0,5568	0,4970	0,4440	0,3971	0,3555	0,3186	0,2858	0,2567	0,2307	0,2076	0,1869	0,1685	0,1520	0,1372	0,1240	0,1122
13	0,8787	0,7730	0,6810	0,6006	0,5303	0,4688	0,4150	0,3677	0,3262	0,2897	0,2575	0,2292	0,2042	0,1821	0,1625	0,1452	0,1299	0,1163	0,1042	0,0935
14	0,8700	0,7579	0,6611	0,5775	0,5051	0,4423	0,3878	0,3405	0,2992	0,2633	0,2320	0,2046	0,1807	0,1597	0,1413	0,1252	0,1110	0,0985	0,0876	0,0779
15	0,8613	0,7430	0,6419	0,5553	0,4810	0,4173	0,3624	0,3152	0,2745	0,2394	0,2090	0,1827	0,1599	0,1401	0,1229	0,1079	0,0949	0,0835	0,0736	0,0649
16	0,8528	0,7284	0,6232	0,5339	0,4581	0,3936	0,3387	0,2919	0,2519	0,2176	0,1883	0,1631	0,1415	0,1229	0,1069	0,0930	0,0811	0,0708	0,0618	0,0541

Tabela 1B – Valores financeiros para um valor presente de um VF.

(conclusão)

n	Taxa de Juros (i%,ap)																			
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%	17%	18%	19%	20%
17	0,8444	0,7142	0,6050	0,5134	0,4363	0,3714	0,3166	0,2703	0,2311	0,1978	0,1696	0,1456	0,1252	0,1078	0,0929	0,0802	0,0693	0,0600	0,0520	0,0451
18	0,8360	0,7002	0,5874	0,4936	0,4155	0,3503	0,2959	0,2502	0,2120	0,1799	0,1528	0,1300	0,1108	0,0946	0,0808	0,0691	0,0592	0,0508	0,0437	0,0376
19	0,8277	0,6864	0,5703	0,4746	0,3957	0,3305	0,2765	0,2317	0,1945	0,1635	0,1377	0,1161	0,0981	0,0829	0,0703	0,0596	0,0506	0,0431	0,0367	0,0313
20	0,8195	0,6730	0,5537	0,4564	0,3769	0,3118	0,2584	0,2145	0,1784	0,1486	0,1240	0,1037	0,0868	0,0728	0,0611	0,0514	0,0433	0,0365	0,0308	0,0261
21	0,8114	0,6598	0,5375	0,4388	0,3589	0,2942	0,2415	0,1987	0,1637	0,1351	0,1117	0,0926	0,0768	0,0638	0,0531	0,0443	0,0370	0,0309	0,0259	0,0217
22	0,8034	0,6468	0,5219	0,4220	0,3418	0,2775	0,2257	0,1839	0,1502	0,1228	0,1007	0,0826	0,0680	0,0560	0,0462	0,0382	0,0316	0,0262	0,0218	0,0181
23	0,7954	0,6342	0,5067	0,4057	0,3256	0,2618	0,2109	0,1703	0,1378	0,1117	0,0907	0,0738	0,0601	0,0491	0,0402	0,0329	0,0270	0,0222	0,0183	0,0151
24	0,7876	0,6217	0,4919	0,3901	0,3101	0,2470	0,1971	0,1577	0,1264	0,1015	0,0817	0,0659	0,0532	0,0431	0,0349	0,0284	0,0231	0,0188	0,0154	0,0126
25	0,7798	0,6095	0,4776	0,3751	0,2953	0,2330	0,1842	0,1450	0,1160	0,0923	0,0736	0,0588	0,0471	0,0378	0,0304	0,0245	0,0197	0,0160	0,0129	0,0105
26	0,7720	0,5976	0,4637	0,3607	0,2812	0,2198	0,1722	0,1352	0,1064	0,0839	0,0663	0,0525	0,0417	0,0331	0,0264	0,0211	0,0169	0,0135	0,0109	0,0087
27	0,7644	0,5859	0,4502	0,3468	0,2678	0,2074	0,1609	0,1252	0,0976	0,0763	0,0597	0,0469	0,0369	0,0291	0,0230	0,0182	0,0144	0,0115	0,0091	0,0073
28	0,7568	0,5744	0,4371	0,3335	0,2551	0,1956	0,1504	0,1159	0,0895	0,0693	0,0538	0,0419	0,0326	0,0255	0,0200	0,0157	0,0123	0,0097	0,0077	0,0061
29	0,7493	0,5631	0,4243	0,3207	0,2429	0,1846	0,1406	0,1073	0,0822	0,0630	0,0485	0,0374	0,0289	0,0224	0,0174	0,0135	0,0105	0,0082	0,0064	0,0051
30	0,7419	0,5521	0,4120	0,3083	0,2314	0,1741	0,1314	0,0994	0,0754	0,0573	0,0437	0,0334	0,0256	0,0196	0,0151	0,0116	0,0090	0,0070	0,0054	0,0042
31	0,7346	0,5412	0,4000	0,2965	0,2204	0,1643	0,1228	0,0920	0,0691	0,0521	0,0394	0,0298	0,0226	0,0172	0,0131	0,0100	0,0077	0,0059	0,0046	0,0035
35	0,7059	0,5000	0,3554	0,2534	0,1813	0,1301	0,0937	0,0676	0,0490	0,0356	0,0259	0,0189	0,0139	0,0102	0,0075	0,0055	0,0041	0,0030	0,0023	0,0017
40	0,6717	0,4529	0,3066	0,2083	0,1420	0,0972	0,0668	0,0460	0,0318	0,0221	0,0154	0,0107	0,0075	0,0053	0,0037	0,0026	0,0019	0,0013	0,0010	0,0007
45	0,6319	0,4102	0,2644	0,1712	0,1113	0,0727	0,0476	0,0313	0,0207	0,0137	0,0091	0,0061	0,0041	0,0027	0,0019	0,0013	0,0009	0,0006	0,0004	0,0003
50	0,6080	0,3715	0,2281	0,1407	0,0872	0,0543	0,0339	0,0213	0,0134	0,0085	0,0054	0,0035	0,0022	0,0014	0,0009	0,0006	0,0004	0,0003	0,0002	0,0001

Fonte: PUCCINI (2009).

ANEXO C

Informações das cidades do Vale do Paraíba

Tabela 1C – Dados das cidades como concessionária, altura e as coordenadas geográficas.

Cidades do Vale do Paraíba	Região	Concessionária	Altura (m)	Coordenadas Geográficas (graus, minutos e segundos)	
				Latitude	Longitude
Aparecida	SP	Bandeirante	522	22°50'49.119" S	45°13'53.893" O
Arapeí	SP	Elektro	498	22°40'19.525" S	44°26'51.322" O
Areias	SP	Elektro	524	22°34'44.723" S	44°41'58.801" O
Bananal	SP	Elektro	455	22°41'0.24" S	44°19'21.875" O
Caçapava	SP	Bandeirante	558	23°05'58.907" S	45°42'29.096" O
Cachoeira Paulista	SP	Bandeirante	524	22°39'54.359" S	45°00'41.969" O
Caraguatatuba	SP	Bandeirante	6	23°37'32.125" S	45°25'26.923" O
Canas	SP	Bandeirante	532	22°42'3.011" S	45°03'9.171" O
Cruzeiro	SP	Bandeirante	548	22°34'23.722" S	44°58'9.801" O
Cunha	SP	Elektro	912	23°04'27.676" S	44°57'21.964" O
Guararema	SP	Bandeirante	580	23°24'46.309" S	46°02'6.072" O
Guaratinguetá	SP	Bandeirante	533	22°48'28.896" S	45°11'39.192" O
Igaratá	SP	Elektro	745	23°12'18.817" S	46°09'22.603" O
Jacareí	SP	Bandeirante	571	23°17'55.618" S	45°57'58.515" O
Jambeiro	SP	Bandeirante	713	23°15'21.138" S	45°41'51.496" O
Lagoinha	SP	Elektro	886	23°05'6.414" S	45°11'41.452" O
Lorena	SP	Bandeirante	530	22°44'1.941" S	45°07'12.4" O
Lavrinhas	SP	Elektro	515	22°34'13.941" S	44°54'10.036" O
Monteiro Lobato	SP	Bandeirante	645	22°57'16.399" S	45°50'19.292" O
Natividade da Serra	SP	Elektro	744	23°22'45.813" S	45°26'37.543" O
Nazaré Paulista	SP	Elektro	862	23°10'53.603" S	46°23'52.334" O
Paraíbuna	SP	Elektro	663	23°23'24.716" S	45°39'45.881" O
Piquete	SP	Elektro	643	22°36'46.651" S	45°10'44.558" O
Pindamonhangaba	SP	Bandeirante	561	22°55'30.441" S	45°27'42.115" O
Potim	SP	Bandeirante	536	22°50'24.41" S	45°15'19.761" O
Queluz	SP	Elektro	522	22°31'53.988" S	44°46'42.717" O
Redenção da Serra	SP	Elektro	725	23°15'42.093" S	45°31'54.078" O
Roseira	SP	Bandeirante	552	22°54'4.101" S	45°18'33.076" O
Salesópolis	SP	Bandeirante	806	23°32'10.287" S	45°50'57.605" O
Santa Branca	SP	Bandeirante	672	23°24'28.692" S	45°53'14.692" O
São José do Barreiro	SP	Elektro	526	22°38'37.16" S	44°34'46.208" O
São José dos Campos	SP	Bandeirante	598	23°13'25.324" S	45°54'3.266" O
São Luiz do Paraitinga	SP	Elektro	859	23°12'56.624" S	45°15'42.684" O
São Sebastião	SP	Bandeirante	1	23°48'22.848" S	45°24'5.952" O
Silveiras	SP	Elektro	626	22°39'54.926" S	44°51'1.907" O
Taubaté	SP	Bandeirante	582	23°01'13.641" S	45°33'22.879" O
Tremembé	SP	Bandeirante	545	22°57'27.476" S	45°32'52.661" O
Ubatuba	SP	Elektro	5	23°26'1.168" S	45°5'1.853" O
Barra Mansa	RJ	Light S.A.	382	22°32'27.067" S	44°10'38.137" O
Barra do Pirai	RJ	Light S.A.	361	22°28'19.292" S	43°49'38.414" O
Itatiaia	RJ	Ampla	408	22°29'24.73" S	44°34'4.478" O
Paraíba do Sul	RJ	Ampla	295	22°09'31.95" S	43°17'25.706" O
Pinheiral	RJ	Light S.A.	397	22°31'3.739" S	44°00'9.258" O
Pirai	RJ	Light S.A.	384	22°37'34.67" S	43°54'21.09" O
Porto Real	RJ	Ampla	395	22°25'4.674" S	44°17'44.124" O
Quatis	RJ	Light S.A.	688	22°18'9.826" S	44°11'12.679" O
Resende	RJ	Ampla	414	22°28'15.477" S	44°27'4.804" O
Rio Claro	RJ	Light S.A.	435	22°43'33.199" S	44°08'33.199" O
Rio das Flores	RJ	Light S.A.	551	22°10'43.926" S	43°35'26.603" O
Valença	RJ	Light S.A.	546	22°14'45.294" S	43°42'24.822" O
Volta Redonda	RJ	Light S.A.	376	22°30'27.963" S	44°05'40.606" O

Fonte: elaborado a partir de COORDENADAS GPS (c2015).

ANEXO D
Cálculo da produtividade de referência (*Reference Yield*) Y_r

Tabela 1D – Cálculo da produtividade de referência para cada cidade do Vale do Paraíba.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da produtividade de referência ou <i>Reference Yield</i> – Y _r (h)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	4,804	5,614	5,745	4,994	4,494	3,893	3,773	3,843	4,584	4,664	5,154	5,334	5,665
Arapeí	4,584	5,374	5,745	4,774	4,404	3,793	3,723	3,743	4,363	4,283	4,734	4,874	5,204
Areias	4,654	5,334	5,574	4,774	4,343	3,863	3,813	3,833	4,664	4,504	4,864	4,964	5,354
Bananal	4,574	5,424	5,765	4,824	4,414	3,793	3,693	3,703	4,253	4,223	4,734	4,844	5,254
Caçapava	4,654	5,474	5,604	4,914	4,293	3,743	3,553	3,683	4,353	4,474	4,974	5,244	5,574
Cachoeira Paulista	4,844	5,614	5,745	5,034	4,534	3,923	3,813	3,893	4,654	4,734	5,194	5,354	5,665
Caraguatatuba	4,454	5,564	5,624	4,884	4,233	3,603	3,333	3,353	3,893	3,933	4,554	5,034	5,524
Canas	4,884	5,675	5,785	5,094	4,584	3,933	3,813	3,913	4,654	4,794	5,274	5,444	5,735
Cruzeiro	4,754	5,454	5,635	4,894	4,434	3,903	3,823	3,863	4,714	4,654	5,024	5,164	5,504
Cunha	4,464	5,294	5,574	4,714	4,243	3,703	3,553	3,553	4,283	4,083	4,524	4,864	5,204
Guararema	4,173	4,904	5,114	4,384	3,883	3,433	3,213	3,393	3,853	3,893	4,333	4,854	4,894
Guaringuetá	4,814	5,614	5,735	4,994	4,494	3,893	3,773	3,843	4,594	4,664	5,164	5,334	5,665
Igaratá	4,193	4,874	5,124	4,353	3,863	3,413	3,213	3,413	3,953	3,993	4,363	4,964	4,884
Jacareí	4,333	5,134	5,374	4,574	4,043	3,553	3,333	3,473	3,883	4,023	4,564	5,004	5,144
Jambeiro	4,574	5,454	5,655	4,834	4,273	3,723	3,503	3,603	4,133	4,253	4,864	5,154	5,474
Lagoinha	4,614	5,494	5,685	4,814	4,363	3,813	3,613	3,663	4,243	4,303	4,864	5,104	5,464
Lorena	4,854	5,645	5,755	5,054	4,544	3,923	3,793	3,883	4,614	4,634	5,214	5,384	5,695
Lavrinhas	4,724	5,414	5,614	4,864	4,404	3,883	3,813	3,863	4,714	4,614	4,974	5,114	5,454
Monteiro Lobato	4,644	5,314	5,434	4,844	4,343	3,783	3,633	3,763	4,424	4,604	5,014	5,214	5,454
Natividade da Serra	4,424	5,314	5,564	4,724	4,183	3,663	3,423	3,473	4,043	4,023	4,594	4,904	5,234
Nazaré Paulista	4,133	4,764	5,084	4,263	3,793	3,363	3,143	3,373	3,893	3,943	4,283	5,004	4,784
Paraíbuna	4,524	5,434	5,665	4,794	4,263	3,713	3,473	3,573	3,983	4,133	4,794	5,104	5,414
Piquete	4,824	5,544	5,685	5,004	4,524	3,933	3,813	3,903	4,594	4,764	5,194	5,334	5,624
Pindamonhangaba	4,754	5,524	5,665	4,934	4,434	3,863	3,713	3,813	4,544	4,614	5,084	5,254	5,624

Tabela 1D – Cálculo da produtividade de referência para cada cidade do Vale do Paraíba.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da produtividade de referência ou <i>Reference Yield</i> – Yr (h)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Potim	4,804	5,614	5,745	4,994	4,494	3,893	3,773	3,843	4,584	4,664	5,164	5,324	5,665
Queluz	4,674	5,324	5,564	4,784	4,363	3,873	3,833	3,863	4,674	4,554	4,904	5,014	5,354
Redenção da Serra	4,514	5,404	5,635	4,794	4,253	3,703	3,473	3,543	4,053	4,143	4,754	5,064	5,374
Roseira	4,804	5,614	5,745	4,994	4,494	3,893	3,773	3,843	4,584	4,664	5,154	5,324	5,665
Salesópolis	4,343	5,334	5,454	4,634	4,063	3,533	3,263	3,383	3,833	3,933	4,504	5,084	5,234
Santa Branca	4,353	5,164	5,434	4,594	4,063	3,563	3,333	3,483	3,873	4,023	4,584	5,044	5,164
São José do Barreiro	4,594	5,324	5,594	4,724	4,333	3,833	3,773	3,793	4,484	4,394	4,774	4,894	5,264
São José dos Campos	4,464	5,264	5,474	4,704	4,143	3,623	3,413	3,553	4,093	4,193	4,734	5,104	5,314
São Luiz do Paraitinga	4,484	5,374	5,594	4,764	4,253	3,723	3,503	3,523	4,173	4,103	4,624	4,934	5,294
São Sebastião	4,544	5,775	5,745	5,034	4,303	3,603	3,313	3,343	3,783	3,983	4,804	5,244	5,755
Silveiras	4,624	5,364	5,584	4,774	4,333	3,823	3,763	3,793	4,504	4,444	4,824	4,964	5,354
Taubaté	4,704	5,514	5,645	4,934	4,363	3,793	3,623	3,743	4,394	4,534	5,034	5,264	5,614
Tremembé	4,684	5,404	5,524	4,874	4,363	3,823	3,673	3,793	4,464	4,604	5,014	5,214	5,514
Ubatuba	4,414	5,394	5,594	4,774	4,203	3,673	3,433	4,434	3,973	3,983	4,444	4,854	5,254
Barra Mansa	4,584	5,434	5,735	4,794	4,384	3,793	3,703	3,723	4,323	4,293	4,764	4,854	5,254
Barra do Pirai	4,734	5,735	5,995	4,994	4,554	3,853	3,743	3,713	4,353	4,373	4,934	5,084	5,594
Itatiaia	4,644	5,274	5,544	4,754	4,394	3,863	3,833	3,863	4,544	4,604	4,894	4,994	5,274
Paraíba do Sul	4,724	5,685	5,895	4,994	4,534	3,853	3,783	3,753	4,454	4,444	4,894	5,034	5,464
Pinheiral	4,664	5,614	5,865	4,914	4,464	3,813	3,713	3,693	4,343	4,333	4,844	4,974	5,444
Pirai	4,704	5,715	5,975	5,014	4,544	3,823	3,703	3,673	4,313	4,283	4,874	5,044	5,564
Porto Real	4,614	5,454	5,695	4,754	4,343	3,823	3,743	3,743	4,464	4,414	4,794	4,894	5,304
Quatis	4,614	5,474	5,695	4,754	4,343	3,823	3,743	3,743	4,464	4,424	4,804	4,894	5,294
Resende	4,574	5,324	5,604	4,704	4,313	3,823	3,753	3,763	4,444	4,424	4,754	4,854	5,214
Rio Claro	4,574	5,464	5,785	4,864	4,434	3,783	3,683	3,673	4,213	4,213	4,724	4,874	5,304
Rio das Flores	4,754	5,735	5,955	4,994	4,564	3,863	3,773	3,753	4,424	4,444	4,954	5,064	5,564
Valença	4,744	5,725	5,965	4,994	4,554	3,863	3,763	3,743	4,394	4,444	4,964	5,074	5,574
Volta Redonda	4,624	5,514	5,765	4,824	4,404	3,803	3,723	3,713	4,373	4,343	4,804	4,904	5,344

Fonte: próprio autor.

ANEXO E
Cálculo do fator de capacidade – FC

Tabela 1E – Cálculo do fator de capacidade para cada cidade do Vale do Paraíba.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo do fator de capacidade – FC (%)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	0,1601	0,1871	0,1915	0,1665	0,1498	0,1298	0,1258	0,1281	0,1528	0,1555	0,1718	0,1778	0,1888
Arapeí	0,1528	0,1791	0,1915	0,1591	0,1468	0,1264	0,1241	0,1248	0,1454	0,1428	0,1578	0,1625	0,1735
Areias	0,1551	0,1778	0,1858	0,1591	0,1448	0,1288	0,1271	0,1278	0,1555	0,1501	0,1621	0,1655	0,1785
Bananal	0,1525	0,1808	0,1922	0,1608	0,1471	0,1264	0,1231	0,1234	0,1418	0,1408	0,1578	0,1615	0,1751
Caçapava	0,1551	0,1825	0,1868	0,1638	0,1431	0,1248	0,1184	0,1228	0,1451	0,1491	0,1658	0,1748	0,1858
Cachoeira Paulista	0,1615	0,1871	0,1915	0,1678	0,1511	0,1308	0,1271	0,1298	0,1551	0,1578	0,1731	0,1785	0,1888
Caraguatatuba	0,1485	0,1855	0,1875	0,1628	0,1411	0,1201	0,1111	0,1118	0,1298	0,1311	0,1518	0,1678	0,1841
Canas	0,1628	0,1892	0,1928	0,1698	0,1528	0,1311	0,1271	0,1304	0,1551	0,1598	0,1758	0,1815	0,1912
Cruzeiro	0,1585	0,1818	0,1878	0,1631	0,1478	0,1301	0,1274	0,1288	0,1571	0,1551	0,1675	0,1721	0,1835
Cunha	0,1488	0,1765	0,1858	0,1571	0,1414	0,1234	0,1184	0,1184	0,1428	0,1361	0,1508	0,1621	0,1735
Guararema	0,1391	0,1635	0,1705	0,1461	0,1294	0,1144	0,1071	0,1131	0,1284	0,1298	0,1444	0,1618	0,1631
Guaratinguetá	0,1605	0,1871	0,1912	0,1665	0,1498	0,1298	0,1258	0,1281	0,1531	0,1555	0,1721	0,1778	0,1888
Igaratá	0,1398	0,1625	0,1708	0,1451	0,1288	0,1138	0,1071	0,1138	0,1318	0,1331	0,1454	0,1655	0,1628
Jacareí	0,1444	0,1711	0,1791	0,1525	0,1348	0,1184	0,1111	0,1158	0,1294	0,1341	0,1521	0,1668	0,1715
Jambeiro	0,1525	0,1818	0,1885	0,1611	0,1424	0,1241	0,1168	0,1201	0,1378	0,1418	0,1621	0,1718	0,1825
Lagoinha	0,1538	0,1831	0,1895	0,1605	0,1454	0,1271	0,1204	0,1221	0,1414	0,1434	0,1621	0,1701	0,1821
Lorena	0,1618	0,1882	0,1918	0,1685	0,1515	0,1308	0,1264	0,1294	0,1538	0,1545	0,1738	0,1795	0,1898
Lavrinhas	0,1575	0,1805	0,1871	0,1621	0,1468	0,1294	0,1271	0,1288	0,1571	0,1538	0,1658	0,1705	0,1818
Monteiro Lobato	0,1548	0,1771	0,1811	0,1615	0,1448	0,1261	0,1211	0,1254	0,1475	0,1535	0,1671	0,1738	0,1818
Natividade da Serra	0,1475	0,1771	0,1855	0,1575	0,1394	0,1221	0,1141	0,1158	0,1348	0,1341	0,1531	0,1635	0,1745
Nazaré Paulista	0,1378	0,1588	0,1695	0,1421	0,1264	0,1121	0,1048	0,1124	0,1298	0,1314	0,1428	0,1668	0,1595
Paraíbuna	0,1508	0,1811	0,1888	0,1598	0,1421	0,1238	0,1158	0,1191	0,1328	0,1378	0,1598	0,1701	0,1805
Piquete	0,1608	0,1848	0,1895	0,1668	0,1508	0,1311	0,1271	0,1301	0,1531	0,1588	0,1731	0,1778	0,1875
Pindamonhangaba	0,1585	0,1841	0,1888	0,1645	0,1478	0,1288	0,1238	0,1271	0,1515	0,1538	0,1695	0,1751	0,1875

Tabela 1E – Cálculo do fator de capacidade para cada cidade do Vale do Paraíba.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo do fator de capacidade – FC (%)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Potim	0,1601	0,1871	0,1915	0,1665	0,1498	0,1298	0,1258	0,1281	0,1528	0,1555	0,1721	0,1775	0,1888
Queluz	0,1558	0,1775	0,1855	0,1595	0,1454	0,1291	0,1278	0,1288	0,1558	0,1518	0,1635	0,1671	0,1785
Redenção da Serra	0,1505	0,1801	0,1878	0,1598	0,1418	0,1234	0,1158	0,1181	0,1351	0,1381	0,1585	0,1688	0,1791
Roseira	0,1601	0,1871	0,1915	0,1665	0,1498	0,1298	0,1258	0,1281	0,1528	0,1555	0,1718	0,1775	0,1888
Salesópolis	0,1448	0,1778	0,1818	0,1545	0,1354	0,1178	0,1088	0,1128	0,1278	0,1311	0,1501	0,1695	0,1745
Santa Branca	0,1451	0,1721	0,1811	0,1531	0,1354	0,1188	0,1111	0,1161	0,1291	0,1341	0,1528	0,1681	0,1721
São José do Barreiro	0,1531	0,1775	0,1865	0,1575	0,1444	0,1278	0,1258	0,1264	0,1495	0,1465	0,1591	0,1631	0,1755
São José dos Campos	0,1488	0,1755	0,1825	0,1568	0,1381	0,1208	0,1138	0,1184	0,1364	0,1398	0,1578	0,1701	0,1771
São Luiz do Paraitinga	0,1495	0,1791	0,1865	0,1588	0,1418	0,1241	0,1168	0,1174	0,1391	0,1368	0,1541	0,1645	0,1765
São Sebastião	0,1515	0,1925	0,1915	0,1678	0,1434	0,1201	0,1104	0,1114	0,1261	0,1328	0,1601	0,1748	0,1918
Silveiras	0,1541	0,1788	0,1861	0,1591	0,1444	0,1274	0,1254	0,1264	0,1501	0,1481	0,1608	0,1655	0,1785
Taubaté	0,1568	0,1838	0,1882	0,1645	0,1454	0,1264	0,1208	0,1248	0,1465	0,1511	0,1678	0,1755	0,1871
Tremembé	0,1561	0,1801	0,1841	0,1625	0,1454	0,1274	0,1224	0,1264	0,1488	0,1535	0,1671	0,1738	0,1838
Ubatuba	0,1471	0,1798	0,1865	0,1591	0,1401	0,1224	0,1144	0,1478	0,1324	0,1328	0,1481	0,1618	0,1751
Barra Mansa	0,1528	0,1811	0,1912	0,1598	0,1461	0,1264	0,1234	0,1241	0,1441	0,1431	0,1588	0,1618	0,1751
Barra do Pirai	0,1578	0,1912	0,1998	0,1665	0,1518	0,1284	0,1248	0,1238	0,1451	0,1458	0,1645	0,1695	0,1865
Itatiaia	0,1548	0,1758	0,1848	0,1585	0,1465	0,1288	0,1278	0,1288	0,1515	0,1535	0,1631	0,1665	0,1758
Paraíba do Sul	0,1575	0,1895	0,1965	0,1665	0,1511	0,1284	0,1261	0,1251	0,1485	0,1481	0,1631	0,1678	0,1821
Pinheiral	0,1555	0,1871	0,1955	0,1638	0,1488	0,1271	0,1238	0,1231	0,1448	0,1444	0,1615	0,1658	0,1815
Pirai	0,1568	0,1905	0,1992	0,1671	0,1515	0,1274	0,1234	0,1224	0,1438	0,1428	0,1625	0,1681	0,1855
Porto Real	0,1538	0,1818	0,1898	0,1585	0,1448	0,1274	0,1248	0,1248	0,1488	0,1471	0,1598	0,1631	0,1768
Quatis	0,1538	0,1825	0,1898	0,1585	0,1448	0,1274	0,1248	0,1248	0,1488	0,1475	0,1601	0,1631	0,1765
Resende	0,1525	0,1775	0,1868	0,1568	0,1438	0,1274	0,1251	0,1254	0,1481	0,1475	0,1585	0,1618	0,1738
Rio Claro	0,1525	0,1821	0,1928	0,1621	0,1478	0,1261	0,1228	0,1224	0,1404	0,1404	0,1575	0,1625	0,1768
Rio das Flores	0,1585	0,1912	0,1985	0,1665	0,1521	0,1288	0,1258	0,1251	0,1475	0,1481	0,1651	0,1688	0,1855
Valença	0,1581	0,1908	0,1988	0,1665	0,1518	0,1288	0,1254	0,1248	0,1465	0,1481	0,1655	0,1691	0,1858
Volta Redonda	0,1541	0,1838	0,1922	0,1608	0,1468	0,1268	0,1241	0,1238	0,1458	0,1448	0,1601	0,1635	0,1781

Fonte: próprio autor.

ANEXO F
Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial

Tabela 1F – Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial diária para cada cidade do Vale do Paraíba.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial (kWh/dia)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	5,7646	6,7374	6,8935	5,9928	5,3923	4,6717	4,5276	4,6117	5,5004	5,5965	6,1849	6,4011	6,7974
Arapeí	5,5004	6,4492	6,8935	5,7286	5,2842	4,5516	4,4676	4,4916	5,2362	5,1401	5,6805	5,8487	6,2450
Areias	5,5845	6,4011	6,6893	5,7286	5,2122	4,6357	4,5757	4,5997	5,5965	5,4043	5,8367	5,9568	6,4251
Bananal	5,4884	6,5092	6,9175	5,7886	5,2962	4,5516	4,4315	4,4436	5,1041	5,0681	5,6805	5,8126	6,3050
Caçapava	5,5845	6,5693	6,7254	5,8967	5,1521	4,4916	4,2634	4,4195	5,2242	5,3683	5,9688	6,2930	6,6893
Cachoeira Paulista	5,8126	6,7374	6,8935	6,0408	5,4403	4,7078	4,5757	4,6717	5,5845	5,6805	6,2330	6,4251	6,7974
Caraguatatuba	5,3443	6,6773	6,7494	5,8607	5,0801	4,3235	3,9992	4,0232	4,6717	4,7198	5,4644	6,0408	6,6293
Canas	5,8607	6,8094	6,9415	6,1129	5,5004	4,7198	4,5757	4,6958	5,5845	5,7526	6,3291	6,5332	6,8815
Cruzeiro	5,7046	6,5452	6,7614	5,8727	5,3203	4,6837	4,5877	4,6357	5,6565	5,5845	6,0288	6,1970	6,6053
Cunha	5,3563	6,3531	6,6893	5,6565	5,0921	4,4436	4,2634	4,2634	5,1401	4,8999	5,4283	5,8367	6,2450
Guararema	5,0080	5,8847	6,1369	5,2602	4,6597	4,1193	3,8551	4,0713	4,6237	4,6717	5,2002	5,8247	5,8727
Guaratinguetá	5,7766	6,7374	6,8815	5,9928	5,3923	4,6717	4,5276	4,6117	5,5124	5,5965	6,1970	6,4011	6,7974
Igaratá	5,0320	5,8487	6,1489	5,2242	4,6357	4,0953	3,8551	4,0953	4,7438	4,7918	5,2362	5,9568	5,8607
Jacareí	5,2002	6,1609	6,4492	5,4884	4,8519	4,2634	3,9992	4,1673	4,6597	4,8279	5,4764	6,0048	6,1729
Jambeiro	5,4884	6,5452	6,7854	5,8006	5,1281	4,4676	4,2034	4,3235	4,9600	5,1041	5,8367	6,1849	6,5693
Lagoinha	5,5364	6,5933	6,8215	5,7766	5,2362	4,5757	4,3355	4,3955	5,0921	5,1641	5,8367	6,1249	6,5572
Lorena	5,8247	6,7734	6,9055	6,0648	5,4524	4,7078	4,5516	4,6597	5,5364	5,5604	6,2570	6,4612	6,8335
Lavrinhas	5,6685	6,4972	6,7374	5,8367	5,2842	4,6597	4,5757	4,6357	5,6565	5,5364	5,9688	6,1369	6,5452
Monteiro Lobato	5,5725	6,3771	6,5212	5,8126	5,2122	4,5396	4,3595	4,5156	5,3082	5,5244	6,0168	6,2570	6,5452
Natividade da Serra	5,3082	6,3771	6,6773	5,6685	5,0200	4,3955	4,1073	4,1673	4,8519	4,8279	5,5124	5,8847	6,2810
Nazaré Paulista	4,9600	5,7166	6,1009	5,1161	4,5516	4,0352	3,7710	4,0472	4,6717	4,7318	5,1401	6,0048	5,7406
Paraíbuna	5,4283	6,5212	6,7974	5,7526	5,1161	4,4556	4,1673	4,2874	4,7798	4,9600	5,7526	6,1249	6,4972
Piquete	5,7886	6,6533	6,8215	6,0048	5,4283	4,7198	4,5757	4,6837	5,5124	5,7166	6,2330	6,4011	6,7494
Pindamonhangaba	5,7046	6,6293	6,7974	5,9207	5,3203	4,6357	4,4556	4,5757	5,4524	5,5364	6,1009	6,3050	6,7494

Tabela 1F – Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial para cada cidade do Vale do Paraíba.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial (kWh/dia)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Potim	5,7646	6,7374	6,8935	5,9928	5,3923	4,6717	4,5276	4,6117	5,5004	5,5965	6,1970	6,3891	6,7974
Queluz	5,6085	6,3891	6,6773	5,7406	5,2362	4,6477	4,5997	4,6357	5,6085	5,4644	5,8847	6,0168	6,4251
Redenção da Serra	5,4163	6,4852	6,7614	5,7526	5,1041	4,4436	4,1673	4,2514	4,8639	4,9720	5,7046	6,0769	6,4492
Roseira	5,7646	6,7374	6,8935	5,9928	5,3923	4,6717	4,5276	4,6117	5,5004	5,5965	6,1849	6,3891	6,7974
Salesópolis	5,2122	6,4011	6,5452	5,5604	4,8759	4,2394	3,9151	4,0592	4,5997	4,7198	5,4043	6,1009	6,2810
Santa Branca	5,2242	6,1970	6,5212	5,5124	4,8759	4,2754	3,9992	4,1793	4,6477	4,8279	5,5004	6,0528	6,1970
São José do Barreiro	5,5124	6,3891	6,7134	5,6685	5,2002	4,5997	4,5276	4,5516	5,3803	5,2722	5,7286	5,8727	6,3170
São José dos Campos	5,3563	6,3170	6,5693	5,6445	4,9720	4,3475	4,0953	4,2634	4,9119	5,0320	5,6805	6,1249	6,3771
São Luiz do Paraitinga	5,3803	6,4492	6,7134	5,7166	5,1041	4,4676	4,2034	4,2274	5,0080	4,9239	5,5484	5,9207	6,3531
São Sebastião	5,4524	6,9295	6,8935	6,0408	5,1641	4,3235	3,9752	4,0112	4,5396	4,7798	5,7646	6,2930	6,9055
Silveiras	5,5484	6,4371	6,7014	5,7286	5,2002	4,5877	4,5156	4,5516	5,4043	5,3323	5,7886	5,9568	6,4251
Taubaté	5,6445	6,6173	6,7734	5,9207	5,2362	4,5516	4,3475	4,4916	5,2722	5,4403	6,0408	6,3170	6,7374
Tremembé	5,6205	6,4852	6,6293	5,8487	5,2362	4,5877	4,4075	4,5516	5,3563	5,5244	6,0168	6,2570	6,6173
Ubatuba	5,2962	6,4732	6,7134	5,7286	5,0440	4,4075	4,1193	5,3203	4,7678	4,7798	5,3323	5,8247	6,3050
Barra Mansa	5,5004	6,5212	6,8815	5,7526	5,2602	4,5516	4,4436	4,4676	5,1881	5,1521	5,7166	5,8247	6,3050
Barra do Pirai	5,6805	6,8815	7,1938	5,9928	5,4644	4,6237	4,4916	4,4556	5,2242	5,2482	5,9207	6,1009	6,7134
Itatiaia	5,5725	6,3291	6,6533	5,7046	5,2722	4,6357	4,5997	4,6357	5,4524	5,5244	5,8727	5,9928	6,3291
Paraíba do Sul	5,6685	6,8215	7,0737	5,9928	5,4403	4,6237	4,5396	4,5036	5,3443	5,3323	5,8727	6,0408	6,5572
Pinheiral	5,5965	6,7374	7,0376	5,8967	5,3563	4,5757	4,4556	4,4315	5,2122	5,2002	5,8126	5,9688	6,5332
Pirai	5,6445	6,8575	7,1697	6,0168	5,4524	4,5877	4,4436	4,4075	5,1761	5,1401	5,8487	6,0528	6,6773
Porto Real	5,5364	6,5452	6,8335	5,7046	5,2122	4,5877	4,4916	4,4916	5,3563	5,2962	5,7526	5,8727	6,3651
Quatis	5,5364	6,5693	6,8335	5,7046	5,2122	4,5877	4,4916	4,4916	5,3563	5,3082	5,7646	5,8727	6,3531
Resende	5,4884	6,3891	6,7254	5,6445	5,1761	4,5877	4,5036	4,5156	5,3323	5,3082	5,7046	5,8247	6,2570
Rio Claro	5,4884	6,5572	6,9415	5,8367	5,3203	4,5396	4,4195	4,4075	5,0560	5,0560	5,6685	5,8487	6,3651
Rio das Flores	5,7046	6,8815	7,1457	5,9928	5,4764	4,6357	4,5276	4,5036	5,3082	5,3323	5,9448	6,0769	6,6773
Valença	5,6926	6,8695	7,1577	5,9928	5,4644	4,6357	4,5156	4,4916	5,2722	5,3323	5,9568	6,0889	6,6893
Volta Redonda	5,5484	6,6173	6,9175	5,7886	5,2842	4,5636	4,4676	4,4556	5,2482	5,2122	5,7646	5,8847	6,4131

Fonte: próprio autor.

ANEXO G

Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial por mês

Tabela 1G – Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial por mês para cada cidade do Vale do Paraíba.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial (kWh/mês)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	172,938	202,122	206,805	179,784	161,769	140,152	135,829	138,351	165,012	167,894	185,548	192,034	203,923
Arapeí	165,012	193,475	206,805	171,857	158,527	136,549	134,027	134,748	157,086	154,203	170,416	175,460	187,350
Areias	167,534	192,034	200,680	171,857	156,365	139,071	137,270	137,990	167,894	162,130	175,100	178,703	192,754
Bananal	164,652	195,276	207,526	173,659	158,887	136,549	132,946	133,307	153,122	152,042	170,416	174,379	189,151
Caçapava	167,534	197,078	201,761	176,901	154,564	134,748	127,902	132,586	156,725	161,049	179,063	188,791	200,680
Cachoeira Paulista	174,379	202,122	206,805	181,225	163,210	141,233	137,270	140,152	167,534	170,416	186,989	192,754	203,923
Caraguatatuba	160,328	200,320	202,482	175,821	152,402	129,704	119,976	120,696	140,152	141,593	163,931	181,225	198,879
Canas	175,821	204,283	208,246	183,387	165,012	141,593	137,270	140,873	167,534	172,578	189,872	195,997	206,445
Cruzeiro	171,137	196,357	202,842	176,181	159,608	140,512	137,630	139,071	169,696	167,534	180,865	185,909	198,158
Cunha	160,688	190,592	200,680	169,696	152,762	133,307	127,902	127,902	154,203	146,998	162,850	175,100	187,350
Guararema	150,240	176,541	184,107	157,806	139,792	123,579	115,652	122,138	138,711	140,152	156,005	174,740	176,181
Guaratinguetá	173,299	202,122	206,445	179,784	161,769	140,152	135,829	138,351	165,372	167,894	185,909	192,034	203,923
Igaratá	150,961	175,460	184,467	156,725	139,071	122,858	115,652	122,858	142,314	143,755	157,086	178,703	175,821
Jacareí	156,005	184,828	193,475	164,652	145,556	127,902	119,976	125,020	139,792	144,836	164,291	180,144	185,188
Jambeiro	164,652	196,357	203,563	174,019	153,843	134,027	126,101	129,704	148,799	153,122	175,100	185,548	197,078
Lagoinha	166,093	197,798	204,644	173,299	157,086	137,270	130,064	131,865	152,762	154,924	175,100	183,747	196,717
Lorena	174,740	203,202	207,166	181,945	163,571	141,233	136,549	139,792	166,093	166,813	187,710	193,835	205,004
Lavrinhas	170,056	194,916	202,122	175,100	158,527	139,792	137,270	139,071	169,696	166,093	179,063	184,107	196,357
Monteiro Lobato	167,174	191,313	195,636	174,379	156,365	136,189	130,785	135,468	159,247	165,732	180,504	187,710	196,357
Natividade da Serra	159,247	191,313	200,320	170,056	150,600	131,865	123,218	125,020	145,556	144,836	165,372	176,541	188,431
Nazaré Paulista	148,799	171,497	183,026	153,483	136,549	121,057	113,130	121,417	140,152	141,953	154,203	180,144	172,218
Paraíbuna	162,850	195,636	203,923	172,578	153,483	133,667	125,020	128,623	143,395	148,799	172,578	183,747	194,916
Piquete	173,659	199,600	204,644	180,144	162,850	141,593	137,270	140,512	165,372	171,497	186,989	192,034	202,482
Pindamonhangaba	171,137	198,879	203,923	177,622	159,608	139,071	133,667	137,270	163,571	166,093	183,026	189,151	202,482

Tabela IG – Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial por mês para cada cidade do Vale do Paraíba.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico residencial (kWh/mês)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Potim	172,938	202,122	206,805	179,784	161,769	140,152	135,829	138,351	165,012	167,894	185,909	191,673	203,923
Queluz	168,254	191,673	200,320	172,218	157,086	139,431	137,990	139,071	168,254	163,931	176,541	180,504	192,754
Redenção da Serra	162,490	194,556	202,842	172,578	153,122	133,307	125,020	127,542	145,917	149,159	171,137	182,306	193,475
Roseira	172,938	202,122	206,805	179,784	161,769	140,152	135,829	138,351	165,012	167,894	185,548	191,673	203,923
Salesópolis	156,365	192,034	196,357	166,813	146,277	127,182	117,454	121,777	137,990	141,593	162,130	183,026	188,431
Santa Branca	156,725	185,909	195,636	165,372	146,277	128,263	119,976	125,380	139,431	144,836	165,012	181,585	185,909
São José do Barreiro	165,372	191,673	201,401	170,056	156,005	137,990	135,829	136,549	161,409	158,166	171,857	176,181	189,511
São José dos Campos	160,688	189,511	197,078	169,335	149,159	130,424	122,858	127,902	147,358	150,961	170,416	183,747	191,313
São Luiz do Paraitinga	161,409	193,475	201,401	171,497	153,122	134,027	126,101	126,821	150,240	147,718	166,453	177,622	190,592
São Sebastião	163,571	207,886	206,805	181,225	154,924	129,704	119,255	120,336	136,189	143,395	172,938	188,791	207,166
Silveiras	166,453	193,114	201,041	171,857	156,005	137,630	135,468	136,549	162,130	159,968	173,659	178,703	192,754
Taubaté	169,335	198,519	203,202	177,622	157,086	136,549	130,424	134,748	158,166	163,210	181,225	189,511	202,122
Tremembé	168,615	194,556	198,879	175,460	157,086	137,630	132,226	136,549	160,688	165,732	180,504	187,710	198,519
Ubatuba	158,887	194,195	201,401	171,857	151,321	132,226	123,579	159,608	143,034	143,395	159,968	174,740	189,151
Barra Mansa	165,012	195,636	206,445	172,578	157,806	136,549	133,307	134,027	155,644	154,564	171,497	174,740	189,151
Barra do Pirai	170,416	206,445	215,813	179,784	163,931	138,711	134,748	133,667	156,725	157,446	177,622	183,026	201,401
Itatiaia	167,174	189,872	199,600	171,137	158,166	139,071	137,990	139,071	163,571	165,732	176,181	179,784	189,872
Paraíba do Sul	170,056	204,644	212,210	179,784	163,210	138,711	136,189	135,108	160,328	159,968	176,181	181,225	196,717
Pinheiral	167,894	202,122	211,129	176,901	160,688	137,270	133,667	132,946	156,365	156,005	174,379	179,063	195,997
Pirai	169,335	205,724	215,092	180,504	163,571	137,630	133,307	132,226	155,284	154,203	175,460	181,585	200,320
Porto Real	166,093	196,357	205,004	171,137	156,365	137,630	134,748	134,748	160,688	158,887	172,578	176,181	190,953
Quatis	166,093	197,078	205,004	171,137	156,365	137,630	134,748	134,748	160,688	159,247	172,938	176,181	190,592
Resende	164,652	191,673	201,761	169,335	155,284	137,630	135,108	135,468	159,968	159,247	171,137	174,740	187,710
Rio Claro	164,652	196,717	208,246	175,100	159,608	136,189	132,586	132,226	151,681	151,681	170,056	175,460	190,953
Rio das Flores	171,137	206,445	214,371	179,784	164,291	139,071	135,829	135,108	159,247	159,968	178,343	182,306	200,320
Valença	170,777	206,085	214,732	179,784	163,931	139,071	135,468	134,748	158,166	159,968	178,703	182,666	200,680
Volta Redonda	166,453	198,519	207,526	173,659	158,527	136,909	134,027	133,667	157,446	156,365	172,938	176,541	192,394

Fonte: próprio autor.

ANEXO H

Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico ao longo de 25 anos

Tabela 1H – Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico ao longo de 25 anos para cada cidade do Vale do Paraíba.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico ao longo de 25 anos (kWh)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	2104,08	2459,15	2516,13	2187,37	1968,19	1705,18	1652,58	1683,27	2007,64	2042,71	2257,50	2336,41	2481,06
Arapeí	2007,64	2353,94	2516,13	2090,93	1928,74	1661,35	1630,66	1639,43	1911,21	1876,14	2073,40	2134,77	2279,42
Areias	2038,33	2336,41	2441,61	2090,93	1902,44	1692,03	1670,12	1678,88	2042,71	1972,58	2130,38	2174,22	2345,17
Bananal	2003,26	2375,86	2524,90	2112,85	1933,13	1661,35	1617,51	1621,90	1862,99	1849,84	2073,40	2121,62	2301,34
Caçapava	2038,33	2397,78	2454,76	2152,30	1880,52	1639,43	1556,14	1613,13	1906,82	1959,43	2178,60	2296,96	2441,61
Cachoeira Paulista	2121,62	2459,15	2516,13	2204,90	1985,73	1718,33	1670,12	1705,18	2038,33	2073,40	2275,04	2345,17	2481,06
Caraguatatuba	1950,66	2437,23	2463,53	2139,15	1854,22	1578,06	1459,71	1468,47	1705,18	1722,72	1994,49	2204,90	2419,69
Canas	2139,15	2485,45	2533,67	2231,20	2007,64	1722,72	1670,12	1713,95	2038,33	2099,70	2310,11	2384,63	2511,75
Cruzeiro	2082,16	2389,01	2467,91	2143,53	1941,89	1709,57	1674,50	1692,03	2064,63	2038,33	2200,52	2261,89	2410,93
Cunha	1955,04	2318,87	2441,61	2064,63	1858,61	1621,90	1556,14	1556,14	1876,14	1788,47	1981,34	2130,38	2279,42
Guararema	1827,92	2147,92	2239,97	1919,97	1700,80	1503,54	1407,10	1486,01	1687,65	1705,18	1898,06	2126,00	2143,53
Guaratinguetá	2108,47	2459,15	2511,75	2187,37	1968,19	1705,18	1652,58	1683,27	2012,03	2042,71	2261,89	2336,41	2481,06
Igaratá	1836,69	2134,77	2244,35	1906,82	1692,03	1494,77	1407,10	1494,77	1731,48	1749,02	1911,21	2174,22	2139,15
Jacareí	1898,06	2248,74	2353,94	2003,26	1770,94	1556,14	1459,71	1521,08	1700,80	1762,17	1998,88	2191,75	2253,12
Jambeiro	2003,26	2389,01	2476,68	2117,23	1871,76	1630,66	1534,23	1578,06	1810,39	1862,99	2130,38	2257,50	2397,78
Lagoinha	2020,80	2406,54	2489,83	2108,47	1911,21	1670,12	1582,44	1604,36	1858,61	1884,91	2130,38	2235,59	2393,39
Lorena	2126,00	2472,30	2520,51	2213,67	1990,11	1718,33	1661,35	1700,80	2020,80	2029,56	2283,81	2358,33	2494,21
Lavrinhas	2069,01	2371,48	2459,15	2130,38	1928,74	1700,80	1670,12	1692,03	2064,63	2020,80	2178,60	2239,97	2389,01
Monteiro Lobato	2033,95	2327,64	2380,24	2121,62	1902,44	1656,96	1591,21	1648,20	1937,51	2016,41	2196,14	2283,81	2389,01
Natividade da Serra	1937,51	2327,64	2437,23	2069,01	1832,30	1604,36	1499,16	1521,08	1770,94	1762,17	2012,03	2147,92	2292,57
Nazaré Paulista	1810,39	2086,55	2226,82	1867,37	1661,35	1472,86	1376,42	1477,24	1705,18	1727,10	1876,14	2191,75	2095,31
Paraíbuna	1981,34	2380,24	2481,06	2099,70	1867,37	1626,28	1521,08	1564,91	1744,63	1810,39	2099,70	2235,59	2371,48
Piquete	2112,85	2428,46	2489,83	2191,75	1981,34	1722,72	1670,12	1709,57	2012,03	2086,55	2275,04	2336,41	2463,53
Pindamonhangaba	2082,16	2419,69	2481,06	2161,07	1941,89	1692,03	1626,28	1670,12	1990,11	2020,80	2226,82	2301,34	2463,53

Tabela 1H – Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico ao longo de 25 anos para cada cidade do Vale do Paraíba.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Cálculo da energia elétrica gerada pelo sistema fotovoltaico ao longo de 25 anos (kWh)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Potim	2104,08	2459,15	2516,13	2187,37	1968,19	1705,18	1652,58	1683,27	2007,64	2042,71	2261,89	2332,02	2481,06
Queluz	2047,10	2332,02	2437,23	2095,31	1911,21	1696,42	1678,88	1692,03	2047,10	1994,49	2147,92	2196,14	2345,17
Redenção da Serra	1976,96	2367,09	2467,91	2099,70	1862,99	1621,90	1521,08	1551,76	1775,32	1814,77	2082,16	2218,05	2353,94
Roseira	2104,08	2459,15	2516,13	2187,37	1968,19	1705,18	1652,58	1683,27	2007,64	2042,71	2257,50	2332,02	2481,06
Salesópolis	1902,44	2336,41	2389,01	2029,56	1779,70	1547,38	1429,02	1481,62	1678,88	1722,72	1972,58	2226,82	2292,57
Santa Branca	1906,82	2261,89	2380,24	2012,03	1779,70	1560,53	1459,71	1525,46	1696,42	1762,17	2007,64	2209,29	2261,89
São José do Barreiro	2012,03	2332,02	2450,38	2069,01	1898,06	1678,88	1652,58	1661,35	1963,81	1924,36	2090,93	2143,53	2305,72
São José dos Campos	1955,04	2305,72	2397,78	2060,25	1814,77	1586,83	1494,77	1556,14	1792,85	1836,69	2073,40	2235,59	2327,64
São Luiz do Paraitinga	1963,81	2353,94	2450,38	2086,55	1862,99	1630,66	1534,23	1542,99	1827,92	1797,24	2025,18	2161,07	2318,87
São Sebastião	1990,11	2529,28	2516,13	2204,90	1884,91	1578,06	1450,94	1464,09	1656,96	1744,63	2104,08	2296,96	2520,51
Silveiras	2025,18	2349,56	2446,00	2090,93	1898,06	1674,50	1648,20	1661,35	1972,58	1946,28	2112,85	2174,22	2345,17
Taubaté	2060,25	2415,31	2472,30	2161,07	1911,21	1661,35	1586,83	1639,43	1924,36	1985,73	2204,90	2305,72	2459,15
Tremembé	2051,48	2367,09	2419,69	2134,77	1911,21	1674,50	1608,75	1661,35	1955,04	2016,41	2196,14	2283,81	2415,31
Ubatuba	1933,13	2362,71	2450,38	2090,93	1841,07	1608,75	1503,54	1941,89	1740,25	1744,63	1946,28	2126,00	2301,34
Barra Mansa	2007,64	2380,24	2511,75	2099,70	1919,97	1661,35	1621,90	1630,66	1893,67	1880,52	2086,55	2126,00	2301,34
Barra do Pirai	2073,40	2511,75	2625,72	2187,37	1994,49	1687,65	1639,43	1626,28	1906,82	1915,59	2161,07	2226,82	2450,38
Itatiaia	2033,95	2310,11	2428,46	2082,16	1924,36	1692,03	1678,88	1692,03	1990,11	2016,41	2143,53	2187,37	2310,11
Paraíba do Sul	2069,01	2489,83	2581,88	2187,37	1985,73	1687,65	1656,96	1643,81	1950,66	1946,28	2143,53	2204,90	2393,39
Pinheiral	2042,71	2459,15	2568,73	2152,30	1955,04	1670,12	1626,28	1617,51	1902,44	1898,06	2121,62	2178,60	2384,63
Pirai	2060,25	2502,98	2616,95	2196,14	1990,11	1674,50	1621,90	1608,75	1889,29	1876,14	2134,77	2209,29	2437,23
Porto Real	2020,80	2389,01	2494,21	2082,16	1902,44	1674,50	1639,43	1639,43	1955,04	1933,13	2099,70	2143,53	2323,26
Quatis	2020,80	2397,78	2494,21	2082,16	1902,44	1674,50	1639,43	1639,43	1955,04	1937,51	2104,08	2143,53	2318,87
Resende	2003,26	2332,02	2454,76	2060,25	1889,29	1674,50	1643,81	1648,20	1946,28	1937,51	2082,16	2126,00	2283,81
Rio Claro	2003,26	2393,39	2533,67	2130,38	1941,89	1656,96	1613,13	1608,75	1845,46	1845,46	2069,01	2134,77	2323,26
Rio das Flores	2082,16	2511,75	2608,18	2187,37	1998,88	1692,03	1652,58	1643,81	1937,51	1946,28	2169,83	2218,05	2437,23
Valença	2077,78	2507,36	2612,57	2187,37	1994,49	1692,03	1648,20	1639,43	1924,36	1946,28	2174,22	2222,44	2441,61
Volta Redonda	2025,18	2415,31	2524,90	2112,85	1928,74	1665,73	1630,66	1626,28	1915,59	1902,44	2104,08	2147,92	2340,79

Fonte: próprio autor.

ANEXO I
Custo da energia fotovoltaica mensal

Tabela II – Custo da energia fotovoltaica mensal para cada cidade do Vale do Paraíba.

(continua)

Cidades do Vale do Paraíba	Custo da energia fotovoltaica mensal (R\$/kWh)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Aparecida	0,718	0,615	0,601	0,691	0,768	0,886	0,915	0,898	0,753	0,740	0,669	0,647	0,609
Arapeí	0,753	0,642	0,601	0,723	0,784	0,910	0,927	0,922	0,791	0,806	0,729	0,708	0,663
Areias	0,741	0,647	0,619	0,723	0,794	0,893	0,905	0,900	0,740	0,766	0,709	0,695	0,644
Bananal	0,754	0,636	0,599	0,715	0,782	0,910	0,934	0,932	0,811	0,817	0,729	0,712	0,657
Caçapava	0,741	0,630	0,616	0,702	0,804	0,922	0,971	0,937	0,793	0,771	0,694	0,658	0,619
Cachoeira Paulista	0,712	0,615	0,601	0,685	0,761	0,880	0,905	0,886	0,741	0,729	0,664	0,644	0,609
Caraguatatuba	0,775	0,620	0,613	0,707	0,815	0,958	1,035	1,029	0,886	0,877	0,758	0,685	0,625
Canas	0,707	0,608	0,597	0,677	0,753	0,877	0,905	0,882	0,741	0,720	0,654	0,634	0,602
Cruzeiro	0,726	0,633	0,612	0,705	0,778	0,884	0,903	0,893	0,732	0,741	0,687	0,668	0,627
Cunha	0,773	0,652	0,619	0,732	0,813	0,932	0,971	0,971	0,806	0,845	0,763	0,709	0,663
Guararema	0,827	0,704	0,675	0,787	0,889	1,005	1,074	1,017	0,896	0,886	0,796	0,711	0,705
Guaratinguetá	0,717	0,615	0,602	0,691	0,768	0,886	0,915	0,898	0,751	0,740	0,668	0,647	0,609
Igaratá	0,823	0,708	0,673	0,793	0,893	1,011	1,074	1,011	0,873	0,864	0,791	0,695	0,707
Jacareí	0,796	0,672	0,642	0,754	0,853	0,971	1,035	0,994	0,889	0,858	0,756	0,690	0,671
Jambeiro	0,754	0,633	0,610	0,714	0,807	0,927	0,985	0,958	0,835	0,811	0,709	0,669	0,630
Lagoinha	0,748	0,628	0,607	0,717	0,791	0,905	0,955	0,942	0,813	0,802	0,709	0,676	0,631
Lorena	0,711	0,611	0,600	0,683	0,759	0,880	0,910	0,889	0,748	0,745	0,662	0,641	0,606
Lavrinhas	0,730	0,637	0,615	0,709	0,784	0,889	0,905	0,893	0,732	0,748	0,694	0,675	0,633
Monteiro Lobato	0,743	0,649	0,635	0,712	0,794	0,912	0,950	0,917	0,780	0,750	0,688	0,662	0,633
Natividade da Serra	0,780	0,649	0,620	0,730	0,825	0,942	1,008	0,994	0,853	0,858	0,751	0,704	0,659
Nazaré Paulista	0,835	0,724	0,679	0,809	0,910	1,026	1,098	1,023	0,886	0,875	0,806	0,690	0,721
Paraíbuna	0,763	0,635	0,609	0,720	0,809	0,929	0,994	0,966	0,866	0,835	0,720	0,676	0,637
Piquete	0,715	0,622	0,607	0,690	0,763	0,877	0,905	0,884	0,751	0,724	0,664	0,647	0,613
Pindamonhangaba	0,726	0,625	0,609	0,699	0,778	0,893	0,929	0,905	0,759	0,748	0,679	0,657	0,613

Tabela II – Custo da energia fotovoltaica anual para cada cidade do Vale do Paraíba.

(conclusão)

Cidades do Vale do Paraíba	Custo da energia fotovoltaica anual (R\$/kWh)												
	Média	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Potim	0,718	0,615	0,601	0,691	0,768	0,886	0,915	0,898	0,753	0,740	0,668	0,648	0,609
Queluz	0,738	0,648	0,620	0,721	0,791	0,891	0,900	0,893	0,738	0,758	0,704	0,688	0,644
Redenção da Serra	0,764	0,638	0,612	0,720	0,811	0,932	0,994	0,974	0,851	0,833	0,726	0,681	0,642
Roseira	0,718	0,615	0,601	0,691	0,768	0,886	0,915	0,898	0,753	0,740	0,669	0,648	0,609
Salesópolis	0,794	0,647	0,633	0,745	0,849	0,977	1,058	1,020	0,900	0,877	0,766	0,679	0,659
Santa Branca	0,793	0,668	0,635	0,751	0,849	0,968	1,035	0,991	0,891	0,858	0,753	0,684	0,668
São José do Barreiro	0,751	0,648	0,617	0,730	0,796	0,900	0,915	0,910	0,770	0,785	0,723	0,705	0,655
São José dos Campos	0,773	0,655	0,630	0,734	0,833	0,952	1,011	0,971	0,843	0,823	0,729	0,676	0,649
São Luiz do Paraitinga	0,770	0,642	0,617	0,724	0,811	0,927	0,985	0,979	0,827	0,841	0,746	0,699	0,652
São Sebastião	0,759	0,598	0,601	0,685	0,802	0,958	1,042	1,032	0,912	0,866	0,718	0,658	0,600
Silveiras	0,746	0,643	0,618	0,723	0,796	0,903	0,917	0,910	0,766	0,777	0,715	0,695	0,644
Taubaté	0,734	0,626	0,611	0,699	0,791	0,910	0,952	0,922	0,785	0,761	0,685	0,655	0,615
Tremembé	0,737	0,638	0,625	0,708	0,791	0,903	0,939	0,910	0,773	0,750	0,688	0,662	0,626
Ubatuba	0,782	0,640	0,617	0,723	0,821	0,939	1,005	0,778	0,868	0,866	0,777	0,711	0,657
Barra Mansa	0,753	0,635	0,602	0,720	0,787	0,910	0,932	0,927	0,798	0,804	0,724	0,711	0,657
Barra do Pirai	0,729	0,602	0,576	0,691	0,758	0,896	0,922	0,929	0,793	0,789	0,699	0,679	0,617
Itatiaia	0,743	0,654	0,622	0,726	0,785	0,893	0,900	0,893	0,759	0,750	0,705	0,691	0,654
Paraíba do Sul	0,730	0,607	0,585	0,691	0,761	0,896	0,912	0,919	0,775	0,777	0,705	0,685	0,631
Pinheiral	0,740	0,615	0,588	0,702	0,773	0,905	0,929	0,934	0,794	0,796	0,712	0,694	0,634
Pirai	0,734	0,604	0,578	0,688	0,759	0,903	0,932	0,939	0,800	0,806	0,708	0,684	0,620
Porto Real	0,748	0,633	0,606	0,726	0,794	0,903	0,922	0,922	0,773	0,782	0,720	0,705	0,651
Quatis	0,748	0,630	0,606	0,726	0,794	0,903	0,922	0,922	0,773	0,780	0,718	0,705	0,652
Resende	0,754	0,648	0,616	0,734	0,800	0,903	0,919	0,917	0,777	0,780	0,726	0,711	0,662
Rio Claro	0,754	0,631	0,597	0,709	0,778	0,912	0,937	0,939	0,819	0,819	0,730	0,708	0,651
Rio das Flores	0,726	0,602	0,579	0,691	0,756	0,893	0,915	0,919	0,780	0,777	0,697	0,681	0,620
Valença	0,727	0,603	0,578	0,691	0,758	0,893	0,917	0,922	0,785	0,777	0,695	0,680	0,619
Volta Redonda	0,746	0,626	0,599	0,715	0,784	0,907	0,927	0,929	0,789	0,794	0,718	0,704	0,646

Fonte: próprio autor.