

ROBERTO LUIZ DE CARLI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA CÉLULA URBANA RURAL**

**CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
ABRIL – 2016**

ROBERTO LUIZ DE CARLI

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA CÉLULA URBANA RURAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Reginaldo Ferreira Santos

Coorientador: Dr. Jair Antonio Cruz Ciqueira

**CASCADEL
PARANÁ – BRASIL
ABRIL – 2016**

D443a De Carli, Roberto Luiz
Análise de viabilidade econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico em uma célula urbana rural / Roberto Luiz de Carli.-
Cascavel: UNIOESTE, 2016.
84 p.: il.:fotos: mapas: tabelas
Inclui bibliografia

Dissertação (mestrado) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. Cascavel, 2016.
Orientador: Drº Reginaldo Ferreira Santos

1.Geração de energia fotovoltaico. 2. Sistemas de energia fotovoltaico. 3. Energia solar. 4. Energia renovável . I. Título.

CDD 20ª ed. 621.47

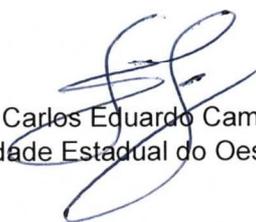
ROBERTO LUIZ DE CARLI

“ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM UMA CÉLULA URBANA RURAL”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. Carlos Eduardo Camargo Nogueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel



Prof. Dr. José Aírton Azevedo dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/Medianeira

Cascavel, 04 de abril de 2016.

*Aos meus pais
cujo amor, carinho e incentivo
são propulsores de todas minhas conquistas.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre está presente em todos os momentos da minha vida e pela oportunidade de realizar e concluir este curso de mestrado.

Especialmente aos meus pais, exemplos de vida, de responsabilidade e de persistência.

Meu agradecimento ao meu coorientador Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira e orientador professor Dr. Reginaldo Ferreira Santos pelo apoio dispensado durante a realização deste trabalho.

Agradeço a todos que colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01	<i>Pay Back</i> Descontado (PBD).....	27
Equação 02	Levantamento de consumo energético dos meses de janeiro a dezembro do ano de 2014.....	43
Equação 03	Calculo da energia produzida pelo sistema com um painel fotovoltaico (kWh/dia).....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Mapa de domicílios particulares brasileiros permanentes, por existência de energia elétrica por região.....	04
Figura 02	Funcionamento do sistema de compensação de energia elétrica.....	26
Figura 03	Localização do Distrito de Rio do Salto.....	30
Figura 04	Perímetro do Distrito de Rio do Salto.....	31
Figura 05	Perímetro de Rio do Salto.....	31
Figura 06	Mapa de Uso Real do Solo.....	32
Figura 07	Tipologia das edificações e do entrono da quadra.....	34
Figura 08	Uso Real do Solo/Ocupação na quadra.....	34
Figura 09	Mapa de tipologia das edificações.....	36
Figura 10	Irradiação Solar no Plano Horizontal para localidades próximas.....	45
Figura 11	Abordagem campo levantamento dos dados das unidades consumidoras.....	47
Figura 12	Verificação <i>in loco</i> dos padrões de entrada para identificar quantia de Unidades Consumidoras no lote.....	48
Figura 13	Ficha cadastral de consumo residencial (Histórico de consumo energético).....	49
Figura 14	Demonstrativo de ano de referencia para cálculo.....	50

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01	Fluxo de caixa para a edificação nos lotes 01 e 02.....	59
Gráfico 02	Fluxo de caixa para as edificações no lote 03.....	60
Gráfico 03	Fluxo de caixa para a edificação no lote 04.....	61
Gráfico 04	Fluxo de caixa para as edificações no lote 05.....	62
Gráfico 05	Fluxo de caixa para a edificação no lote 06.....	63
Gráfico 06	Fluxo de caixa para a edificação no lote 07.....	64
Gráfico 07	Fluxo de caixa para as edificações no lote 08.....	65
Gráfico 08	Fluxo de caixa para a edificação no lote 09.....	66
Gráfico 09	Fluxo de caixa para a edificação no lote 10.....	67
Gráfico 10	Fluxo de caixa para as edificações no lote 11.....	68
Gráfico 11	Fluxo de caixa para as edificações no lote 12.....	69
Gráfico 12	Fluxo de caixa para a edificação no lote 13.....	70
Gráfico 13	Fluxo de caixa para a edificação no lote 14.....	71
Gráfico 14	Fluxo de caixa para a edificação no lote 15.....	72
Gráfico 15	Fluxo de caixa para as edificações no lote 16.....	73
Gráfico 16	Fluxo de caixa para as edificações no lote 17.....	74
Gráfico 17	Fluxo de caixa para as edificações no lote 18.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Relação setores e suas respectivas participações no consumo energético brasileiro.....	03
Tabela 02	Domicílios particulares brasileiros permanentes, por existência de energia elétrica por regiões.....	04
Tabela 03	Geração elétrica em GWh (gigawatts hora) no Brasil.....	05
Tabela 04	Energia Disponibilizada e perdas em TWh (terawatts hora) no Brasil.....	06
Tabela 05	Resumo da Tipologia das Edificações da Quadra 11.....	36
Tabela 06	Consumo de energia em Quilowatts-Hora distribuído por Classe no de 2014 para o Distrito de Rio do Salto.....	41
Tabela 07	Número de Consumidores por Classe no de 2014 para o Distrito de Rio do Salto.....	42
Tabela 08	Consumo por Unidade Consumidora/Lote.....	53
Tabela 09	Análise dos dados coletados.....	55
Tabela 10	Resumo de equipamentos utilizados nos sistemas fotovoltaicos residenciais.....	57
Tabela 11	Planilha de resumo do <i>Pay Back</i>	76

DE CARLI, Roberto Luiz. UNIVERSIDADE Estadual do Oeste do Paraná, abril de 2016. **Análise de viabilidade econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico em uma célula urbana rural.** Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos, Prof. Dr. Jair Antônio Cruz Ciqueira.

RESUMO

Este estudo objetivou realizar a análise de viabilidade econômica na geração de energia na sede do distrito de Rio do Salto, para a implantação de um sistema de eficiência energética em uma célula urbana rural, localizada na área rural do Município de Cascavel, região oeste do estado do Paraná, situada a 32 Km do centro da cidade, junto à Rodovia Horácio R. Dos Reis (PR-180) sentido o Município de Boa Vista da Aparecida. A área urbanizada/loteamento de Rio do Salto foi aprovada na data de 24 de janeiro de 1978, de acordo com o Perfil Municipal 2015, o perímetro do distrito de Rio do Salto é de 265,05 Km², e inserido dentro deste contexto o perímetro urbano possui uma área de 402.367,84 m², possuindo hoje regulamentado 19 quadras num total de 241 lotes, sendo que destes, 45 lotes não são edificadas, sendo a quadra nº 10 a que possui a maior quantidade de terrenos vagos, 09 lotes no total, e a quadra nº 14 com o menor número, 01 no total. Todas as edificações da quadra 11 foram analisadas através de levantamento fotográfico e visual, e posteriormente as informações foram cruzadas com as disponíveis no Geoportal. Como nos cálculos, realizou-se o orçamento dos equipamentos a serem instalados para cada uma das unidades consumidoras da área de amostragem, suprimindo suas demandas energéticas. Após a realização do estudo para as edificações pertinentes a área de amostra, realizou-se uma equivalência para todo o perímetro urbano do Distrito de Rio do Salto, para instalação do sistema de geração de energia fotovoltaico. Os parâmetros utilizados para a análise de viabilidade são os da ABRAVA, 2008, onde o projeto é considerado viável, se o *Pay Back* período de retorno do investimento aconteça dentro do prazo previsto, ou seja, durante a vida útil do sistema de geração de energia fotovoltaico, e a TIR seja superior a TMA prevista/desejada para o empreendimento. Conclui-se que para garantir a viabilidade deste sistema de geração de energia, o consumo médio no período de 12 meses deve ser superior a taxa de disponibilidade da concessionária que o cliente deverá pagar, valor este que varia conforme o tipo da sua conexão (monofásico: 30kWh, bifásico: 50 kWh e trifásico: 100 kWh). O lote número 09 foi o único lote dentre todos que não apresentou condições para a implantação de sistema fotovoltaico por não atingir a tarifa mínima de ligação da concessionária.

Palavras-Chave: Viabilidade Econômica. Sistema de Eficiência Energética. Célula Urbana Rural.

DE CARLI , Luiz Roberto . UNIVERSITY State of West Paraná , April 2016. Analysis of economic feasibility for the implementation of a photovoltaic system in a rural urban cell. Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos, Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Ciqueira.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the economic feasibility analysis for power generation at the headquarters of the Salto River district, for the implementation of an energy efficiency system in a rural urban cell, located in the rural area of the municipality of Cascavel, west of the state Parana, located 32 kilometers from the city center, next to the highway Horace R. Dos Reis (PR-180) towards the city of Boa Vista da Aparecida. The urbanized area / Jump River allotment was approved on the date of January 24, 1978, according to the Municipal Profile 2015, the perimeter of the Salto do Rio district is 265.05 sq km, and inserted in this context the perimeter urban has an area of 402,367.84 square meters, having now regulated 19 blocks with a total of 241 lots, and of these, 45 lots are not built, and the block No. 10 that has the largest amount of vacant land, 09 lots in total and the block No. 14 with the lowest number, 01 in total. All the buildings in the block 11 were analyzed by photographic and visual survey, and later the information was cross-checked with those available in the Geoportal. As in the calculations, there was the budget of the equipment to be installed for each of the consumer units of the sampling area, supplying its energy demands. After the study to the relevant buildings the sample area, there was an equivalence for the entire urban area of the Jump River District for installation of the photovoltaic power generation system. The parameters used for the feasibility analysis are the ABRVA, 2008 where the project is considered viable if the pay back period of return on investment happens on schedule, that is, during the lifetime of the power generation system PV, and the IRR exceeds the expected / desired TMA for the enterprise. It is concluded that to ensure the viability of this power generation system, the average consumption in the 12-month period must be greater than the rate of availability of the utility that the customer must pay, this amount varies depending on the type of your connection (monophasic: 30kWh, biphasic: 50 kWh and three phase: 100 kWh). The lot number 09 was the only lot of all who did not provide conditions for the implementation of photovoltaic system does not reach the minimum rate of the utility connection.

Keywords: Economic Viability. Energy Efficiency System. Urban Rural cell.

SUMÁRIO

LISTA DE EQUAÇÕES.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE GRÁFICOS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1 Contextualização da geração de energia no Brasil.....	03
2.1.1 Oferta energética brasileira.....	05
2.1.2 Consumo energético brasileiro.....	07
2.1.3 Eficiência energética brasileira.....	08
2.2 Energia solar.....	09
2.2.1 Características da energia solar.....	11
2.2.2 Energia solar fotovoltaica.....	12
2.2.3 Energia solar fotovoltaica no Brasil.....	15
2.2.4 Potencial Solar.....	16
2.2.5 Painéis fotovoltaicos.....	17
2.2.5.1 Células de silício monocristalinas.....	19
2.2.5.2 Células de silício policristalinas.....	20
2.2.5.3 Células de silício amorfas.....	20
2.3 Condicionantes da demanda de energia nas áreas urbanas.....	21
2.3.1 Morfologia urbana.....	21
2.3.2 Morfologia urbana (urbanismo bioclimático).....	22
2.3.3 Edificações (arquitetura bioclimática).....	23
2.3.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico e interligação ao sistema de rede da concessionária - Sistema Grid-tie.....	25
2.4 Definição da análise econômica - Pay Back Descontado (PBD).....	26
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28

3.1 Condicionantes da demanda energética nas áreas urbanas.....	28
3.2 Caracterização do Local.....	29
3.3 Caracterização da Amostra.....	33
3.4 Levantamento das Edificações de Rio do Salto.....	35
3.5 Demanda mensal de energia no Distrito de Rio do Salto.....	38
3.6 Tipologia das Edificações.....	42
3.7 Dimensionamento do sistema Grid-Tie.....	43
3.8 Levantamento de consumo energético nas residências da quadra 11..	47
3.9 Análise de viabilidade econômica.....	50
3.10 Tratamento dos dados.....	51
4 RESULTADO E DISCUSSÕES.....	52
4.1 Levantamento de campo e análise de viabilidade econômica.....	52
4.1.1 Levantamento de campo e análise do consumo energético do local.....	52
4.2 Demanda energética para cada lote.....	54
4.3 Equipamentos instalados.....	56
4.4 Análise de viabilidade econômica.....	58
4.5 Comparação dos resultados da análise econômica.....	75
5 CONCLUSÕES.....	78
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXO A - PROPOSTA COMERCIAL E DE SERVIÇOS Nº PC0XXX-201X....	85
APÊNDICE A - ANÁLISE ECONÔMICA DOS LOTES	104

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008), durante todo o século XX, a oferta farta de energia, obtida principalmente a partir dos combustíveis fósseis como petróleo e carvão mineral, deu suporte ao crescimento e às transformações da economia mundial. Já nos primeiros anos do século atual, o cenário mudou ao ser colocado à prova a necessidade do desenvolvimento sustentável.

As fontes de energias renováveis permitem a continuação da evolução da humanidade, a manutenção de suas necessidades básicas e atividades cotidianas, sem ou com o menor comprometimento do meio ambiente e das gerações futuras. O uso das fontes renováveis auxilia na sustentabilidade ambiental do planeta através da utilização de recursos que não comprometam a qualidade de vida das gerações atuais e futuras, além de não ameaçar os ecossistemas (ROGNER, 2000).

As energias renováveis têm como aliada a eficiência energética, na busca pela sustentabilidade, com o objetivo de diminuir o consumo de energia, mantendo o mesmo desempenho das atividades. A eficiência energética ocorre pela mudança de hábito dos usuários, diminuindo o consumo, ou pela substituição de equipamentos por outros mais eficientes (GELLER, 2003). Aliando eficiência energética a um consumo energético com base renovável, o mundo poderá chegar a um patamar de desenvolvimento sustentável.

De acordo com Santos (2013), as fontes renováveis utilizam recursos naturais, com ampla disponibilidade e renovação, como o sol, recursos hídricos, ventos, oceanos, energia geotérmica, biomassa, entre outros. As energias renováveis ainda podem ser consideradas como aquelas para as quais o homem pode dar um manejo adequado à sua disponibilidade e utilização.

A energia solar fotovoltaica é a única que permite a conversão direta do recurso natural, a irradiação solar, em energia elétrica, a energia mais utilizada nas cidades e nas edificações. O aproveitamento da energia solar utiliza como base a irradiação solar recebida pela Terra e pode ser aproveitada de três formas: energia solar passiva, feita através da arquitetura bioclimática, que projeta a edificação para receber a incidência solar para iluminar, aquecer e direcionar o ar nos ambientes

internos; a energia solar térmica, que utiliza a irradiação solar para aquecimento de fluídos que poderão ser utilizados diretamente (aquecimento de água para consumo em banheiros, cozinhas e lavanderias) ou indiretamente (aquecimento de fluídos para movimentar turbinas a vapor); ou a energia solar fotovoltaica, que converte diretamente a irradiação solar em energia elétrica (SANTOS, 2013).

Compartilhando das idéias Le Corbusier (2000), Guimarães (2004), Ultramar (2005), Ortega, (2008), Almeida & Soares (2009), as células urbanas rurais ou áreas rurais urbanizadas, são os locais que proporcionam o suporte para o desenvolver da vida social, econômica, educacional, saúde e financeira de inúmeros produtores rurais, evitando assim que haja a necessidade de se deslocarem para os centros urbanos, para terem acesso a bancos, escolas, creches, postos de saúde, dentre outras necessidades para suprir suas demandas.

Este estudo objetivou realizar a análise de viabilidade para a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaico conectada a rede elétrica da Copel (Sistema Grid-Tie), localizada em uma célula urbana rural do distrito de Rio do Salto, área rural do município de Cascavel PR.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Contextualização da geração de energia no Brasil

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto à capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como automóveis, que demandam combustíveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos, que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica (ANEEL, 2008).

Segundo BEN (2014), no Brasil o consumo energético distribui-se da seguinte maneira nos mais diversos segmentos e setores, conforme tabela 01 apresentada abaixo:

Tabela 01: Relação setores e suas respectivas participações no consumo energético brasileiro

Consumo energético no Brasil	
Setor	Participação (%)
Indústria	33,90%
Transporte	32,00%
Residências	9,10%
Setor Energético	10,00%
Agropecuária	4,10%
Serviços	4,60%
Uso não Energético	6,30%
Total de Consumo	100,00%

Fonte: BEN, 2014

O Brasil é um país com quase 184 milhões de habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e se destaca como a quinta nação mais populosa do mundo.

Ainda, segundo dados do IBGE (2010), sendo este seus últimos dados disponibilizados sobre residências particulares brasileiras permanentes que possuem ligação/fornecimento de energia elétrica, pode-se verificar que uma grande parcela da população é atendida, ou seja, possui ligações com algum tipo de sistema de distribuição elétrica, conforme pode-se observar na Tabela 02 abaixo e na Figura 01 na seqüência.

Tabela 02: Domicílios particulares brasileiros permanentes por existência de energia elétrica por regiões

Número de consumidores					
Região	Domicílios particulares permanentes	Existência de energia elétrica total	Existência de energia elétrica de companhia	Existência de energia elétrica de outra fonte	Existência de energia elétrica não tinham
Brasil	57.323.185	56.595.007	56.044.395	550.612	728.512
Norte	3.975.533	3.724.295	3.547.426	176.869	251.207
Nordeste	14.922.901	14.583.662	14.460.942	122.720	339.087
Sudeste	25.199.799	25.133.234	24.937.720	195.514	66.211
Sul	8.891.279	8.859.224	8.829.870	29.354	31.979
Centro-Oeste	4.334.673	4.294.592	4.268.437	26.155	40.028

Fonte: IBGE, 2010

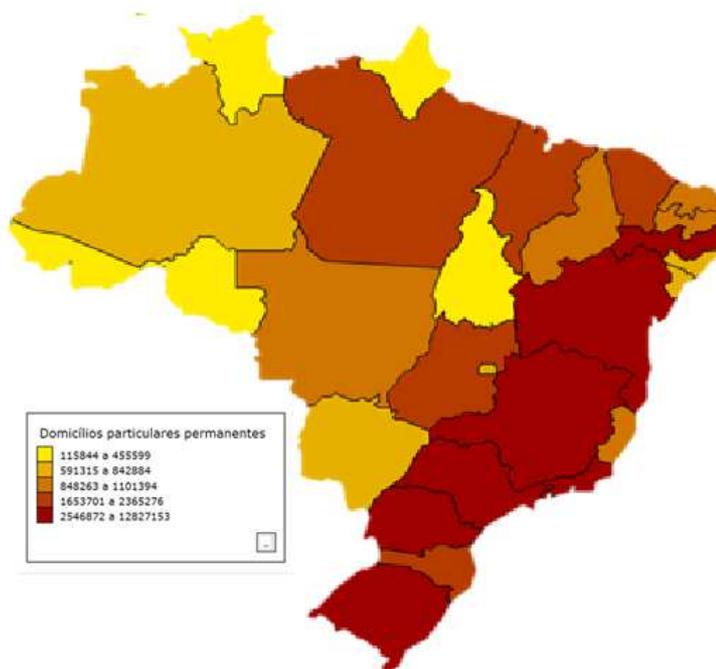


Figura 01: Mapa de domicílios particulares brasileiros permanentes, por existência de energia elétrica por região
Fonte: IBGE, 2010

Assim sendo, verificou-se que no ano de 2008, cerca de 95% da população tinha acesso à rede elétrica. Segundo dados divulgados no mês de setembro pela Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008), o país conta com mais de 61,5 milhões de unidades consumidoras em 99% dos municípios brasileiros. Destas, a grande maioria, aproximadamente de 85%, é residencial. Estes foram os últimos dados informados pela Aneel, com relação ao consumo residencial.

2.1.1 Oferta energética brasileira

De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG), da Aneel (2008) e BEN (2014) o Brasil, conta com aproximadamente 1.768 usinas em operação, que correspondem a uma capacidade instalada de 570,025 GWh (gigawatts) – número que exclui a participação paraguaia na usina de Itaipu, conforme observa-se na Tabela 03 abaixo. Do total aproximado de usinas, 159 são hidrelétricas, 1.042 térmicas abastecidas por fontes diversas (gás natural, biomassa, óleo diesel e óleo combustível), 320 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), duas nucleares, 227

centrais geradoras hidrelétricas (pequenas usinas hidrelétricas) e uma solar, conforme pode-se observar nas Tabelas 03 e 04 abaixo sobre a produção energética no Brasil.

Tabela 03: Geração elétrica em GWh (gigawatts) no Brasil

Fonte	2013	2012	Δ 13 / 12
Hidrelétrica	390.992	415.342	-5,9%
Gás Natural	69.017	46.760	47,6%
Biomassa ¹	39.679	34.662	14,5%
Derivados do Petróleo ²	22.090	16.214	36,2%
Nuclear	14.640	16.038	-8,7%
Carvão Vapor	14.801	8.422	75,7%
Eólica	6.579	5.050	30,3%
Outras ³	12.241	10.010	22,3%
Geração Total	570.025	552.498	3,2%

¹ Inclui lenha, bagaço de cana e lixívia

² Inclui óleo diesel e óleo combustível

³ Inclui outras recuperações, gás de coqueria e outras secundárias

Fonte: BEN, 2014

Tabela 04: Energia Disponibilizada e perdas em TWh (terawatts) no Brasil

Valores em TWh	2013	2012
E. Elétrica Disponibilizada ¹	609,9	592,8
Consumo Final ²	516,3	498,4
Perdas (comerciais + técnicas)	93,6	94,4
Perdas (%)	15,3	15,9

¹ Oferta Interna de Energia Elétrica

² Consumo Final de Energia Elétrica refere-se ao total: SIN + Isolados + Autoprodução

SIN – Sistema Interligado Nacional

Fonte: BEN, 2014

Este segmento conta com mais de 1.100 agentes regulados entre concessionários de serviço público de geração, comercializadores, autoprodutores e produtores independentes. A conexão e atendimento ao consumidor, qualquer que

seja o seu porte são realizados pelas distribuidoras de energia elétrica Aneel (2008) e BEN (2014).

Também as cooperativas de eletrificação rural, entidades de pequeno porte, transmitem e distribuem energia elétrica exclusivamente para os associados. Em 2008, a Aneel relaciona 53 dessas cooperativas que, espalhadas por diversas regiões do país, atendem a pequenas comunidades. Deste total, 25 haviam assinado contratos de permissão com a Aneel, após a conclusão do processo de enquadramento na condição de permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica para cumprimento da lei no 9.074/1995 e da resolução Aneel nº 012/2002 (ANEEL, 2008).

Contudo, conforme BEN (2014), através da tabela acima da Relação setores e suas respectivas participações no consumo energético brasileiro, os setores de transporte de cargas, produção industrial e mobilidade das pessoas correspondem a 66% do consumo de energia no país.

As distribuidoras são empresas de grande porte que funcionam como elo entre o setor de energia elétrica e a sociedade, visto que suas instalações recebem das companhias de transmissão todo o suprimento destinado ao abastecimento no país. Nas redes de transmissão, após deixar a usina, a energia elétrica trafega em tensão que varia de 88 kV (quilovolts) a 750 kV. Ao chegar às subestações das distribuidoras, a tensão é rebaixada e, por meio de um sistema composto por fios, postes e transformadores, chega à unidade final em 127 volts ou 220 volts. Exceção a essa regra são algumas unidades industriais que operam com tensões mais elevadas (de 2,3 kV a 88 kV) em suas linhas de produção e recebem energia elétrica diretamente da subestação da distribuidora (pela chamada rede de subtransmissão) (ANEEL, 2008).

2.1.2 Consumo energético brasileiro

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade. Ele reflete tanto o ritmo de atividade dos setores industrial, comercial e de serviços, quanto à capacidade da população para adquirir bens e serviços tecnologicamente mais avançados, como

automóveis, que demandam combustíveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos, que exigem acesso à rede elétrica e pressionam o consumo de energia elétrica (ANEEL, 2008).

De acordo com BEN – Balanço Energético Nacional (2014), outra variável que determina o consumo de energia é o crescimento da população, é o indicador obtido tanto pela comparação entre as taxas de natalidade e mortalidade quanto pela medição de fluxos migratórios. No Brasil, entre 2000 e 2005, essa taxa teve uma tendência de queda relativa, registrando variação média anual de 1,46%, segundo relata o estudo Análise Retrospectiva constante do Plano Nacional de Energia 2030, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética.

Ainda assim, a tendência do consumo de energia no período foi de crescimento: 13,93%. Como exemplo do que ocorre no mercado mundial, também neste caso o movimento pode ser atribuído principalmente ao desempenho da economia. O Produto Interno Bruto do país, no mesmo período, registrou um crescimento acumulado de 14,72%, conforme dados da EPE – Empresa de Pesquisa Energética (BEN, 2014).

A série histórica constante do Balanço Energético Nacional – BEN 2014, do Ministério de Minas e Energia mostra que em todo o período que vai de 1970 a 2013, de uma maneira geral a tendência tem sido de expansão do consumo global de energia (o que abrange derivados de petróleo, gás natural, energia elétrica, entre outros). De 1990 a 2013, o crescimento acumulado foi superior a 80%, podendo apontar principalmente para os últimos anos, onde no período entre 2012 e 2013, teve seu maior aumento passando de 5.258 Mtep (Mil toneladas equivalentes de petróleo), para 5.824 Mtep, apresentando um aumento de 10,8%, incentivado pelo grande aumento no uso das termoeletricas na geração de energia elétrica no país.

2.1.3 Eficiência energética brasileira

Para a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008) e BEN (2014), a energia elétrica foi a modalidade mais consumida no país em 2007, considerando que os derivados de petróleo, em vez de somados, são desmembrados em óleo diesel, gasolina e GLP. O volume absorvido, 35,443 milhões de tep, correspondeu a uma

participação de 17,6% no volume total e a um aumento de 5,7% sobre o ano anterior. Com este desempenho, a tendência à expansão contínua e acentuada, iniciada em 2003, manteve-se inalterada.

Em função do racionamento de 2001 – e das correspondentes práticas de eficiência energética adotadas, como utilização de lâmpadas econômicas no setor residencial, em 2002 o consumo de energia elétrica verificado no país, de 321.551 GWh, estava em níveis próximos aos verificados entre 1999 e 2000. A partir desse ano, porém, ingressou em ritmo acelerado de crescimento – 6,5% em 2003; 5,2% em 2004; 4,2% em 2005 e 3,9% [...] – esse ritmo de crescimento continuou acelerado, o que provocou preocupações com relação à capacidade de a oferta acompanhar esta evolução (ANEEL, 2008; BEN 2014).

A Aneel (2008) informa que em todo o mundo, o Brasil é o país com maior potencial hidrelétrico: um total de 260 mil MW, segundo o Plano 2015 da Eletrobrás, último inventário produzido no país em 1992. Destes, pouco mais de 30% se transformaram em usinas construídas ou outorgadas. De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, o potencial a aproveitar é de cerca de 126.000 MW. Desse total, mais de 70% estão nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia.

Contudo, segundo dados do BEN (2014), devido as desfavoráveis condições hidrológicas apresentada encontradas no Brasil pelo segundo ano consecutivo, ocorreu o decréscimo da oferta energética hidráulica, recuando 5,4%. Esta redução na produção de energia hídrica justifica a redução da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira, caindo de 84,5% em 2012 para 79,3% em 2013, mesmo com a instalação de 1.724 MW de potencia nos parques hidrelétricos.

Mediante a estas intempéries que vieram a afetar a produção hidrelétrica, seguindo ainda as ideias de BEN (2014), verificou-se que a produção energética eólica teve um aumento de geração de 30,2%, produzindo 2.202 MW. Contudo, em contra partida, seguindo as informações do autor, o consumo final de energia no ano de 2013, foi de 3,6%, tendo como destaques os setores comercial e residencial, demanda esta que foi suprida através da expansão da geração térmica, tendo uma maior ênfase às usinas movidas a carvão natural com aumento de 75,7% e crescimento comparado entre 2012 e 2013 de 1,6% para 2,6% dentro da matriz

energética, gás natural 47,6% passando de 7,9% para 11,3% e de bagaço de cana 19,2% que aumentou de 4,2% para 4,9% respectivamente.

2.2 Energia solar

A energia radiante emitida pelo Sol, sob a forma de ondas eletromagnéticas é chamada de radiação solar. Em uma visão quântica, esta radiação é composta por um fluxo de fótons de energia.

A radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre provém da região da fotosfera solar. Sua composição espectral corresponde aproximadamente a de um corpo negro com temperatura de 5800 K. Cerca de 50% desta radiação situa-se na parte visível do espectro eletromagnético (400 a 700 nm) e a outra metade encontra-se, sobretudo, na zona do infravermelho próximo (700 a 1400 nm). Uma pequena parcela situa-se na região ultravioleta do espectro (100 a 400 nm) (SILVA, 2006).

A energia solar pode ser aproveitada de forma direta, como fonte de energia térmica, ou através da utilização de elementos semicondutores, diretamente convertida em energia elétrica. A energia solar também é considerada responsável pela produção da energia hidráulica, eólica, biomassa, energia dos oceanos e combustíveis fósseis, sendo essas as principais formas indiretas de manifestação solar.

A energia que atinge a superfície terrestre é originada no núcleo solar, onde através de fusões nucleares, dois núcleos pesados de hidrogênio se fundem formando um núcleo de hélio, com liberação de grande quantidade de energia. A principal reação que ocorre no núcleo solar envolve os isótopos de hidrogênio, Deutério e Trítio, obedecendo à equação: $D^2 + T^3 \rightarrow (He^4 + 3,52 \text{ MeV}) + (n + 14,06 \text{ MeV})$ (INPE, 2015).

Estudos apontam que a qualidade de vida das futuras gerações dependerá intensamente das tecnologias de exploração da energia solar. Diante dessas tendências, o Brasil precisa no curto prazo ingressar de forma sustentável, no mercado de energia fotovoltaica, para garantir seu espaço estratégico na geração de dividendos socioeconômicos no futuro.

De acordo com o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE (2010), documentos internacionais reportam para o ano de 2050 que 50% da geração de energia no mundo virão de fontes renováveis. Dessa demanda, 25% serão supridos pela energia solar fotovoltaica. No fim deste século, essa dependência será de até 90% dos quais 70% serão de origem fotovoltaica.

A energia solar pode ser convertida diretamente em eletricidade utilizando-se das tecnologias de células fotovoltaicas. É vista como a tecnologia do futuro, uma vez que se utiliza uma fonte limpa e inesgotável que é o Sol. No atual estado da arte desta tecnologia, ela só encontra viabilidade econômica em aplicações de pequeno porte em sistemas rurais isolados (Iluminação, bombeamento de água), serviços profissionais (retransmissores de sinais, aplicações marítimas) e produtos de consumo (relógio, calculadoras) (FADIGAS, 2015).

A participação da energia solar é pouco expressiva na matriz mundial, ainda assim, ela aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. Em 2007, a potência total instalada atingiu 7,8 mil MW, conforme estudo do *Photovoltaic Power Systems Programme*, da IEA. Ela corresponde a pouco mais de 50% da capacidade instalada da usina hidrelétrica de Itaipu, de 14 mil MW (ANEEL, 2008).

Geralmente os projetos já implementados para produção de eletricidade a partir da energia solar ainda são restritos e destinados a abastecer localidades isoladas, embora, nos projetos de expansão da fonte, este quadro esteja se alterando. Em 2007 entrou em operação a Central Solar Fotovoltaica de Serpa, situada no Alentejo, em Portugal. Naquela época, foi a maior unidade do gênero do mundo, com capacidade instalada de 11 MW, suficiente para abastecer cerca de oito mil habitações. Para o futuro, estão previstas unidades bem maiores. O governo australiano, por exemplo, projeta a construção de uma central de 154 MW. No deserto de Mojave, na Califórnia (Estados Unidos), deverá ser instalada, também, usina solar com potência de 500 MW (ANEEL, 2008).

Tradicionalmente o que é mais generalizado é o uso da energia solar para obtenção de energia térmica. Esta aplicação destina-se a atender setores diversos, que vão da indústria, em processos que requerem temperaturas elevadas (por exemplo, secagem de grãos na agricultura) ao residencial, para aquecimento de água.

Outra tendência que se forma é a utilização da energia solar para a obtenção conjunta de calor e eletricidade (ANEEL, 2008).

2.2.1 Características da energia solar

A energia radioativa recebida pela Terra na forma de ondas eletromagnéticas proveniente do Sol é denominada de radiação solar (MOURA, 2007).

A radiação solar é a causa final para o movimento da atmosfera. O eixo de rotação da terra está inclinado em $23^{\circ}45'$ com relação a seu plano de órbita, fazendo com que a intensidade anual de radiação solar seja maior nas regiões equatoriais (CUSTÓDIO, 2009).

Um projeto para implantação de sistema fotovoltaico requer dados de medições em locais mais próximos possíveis de onde se pretende implantar o sistema, pois a radiação incidente em cada local terrestre é extremamente variável. Pinho (2008) destaca que além das variações regulares, diária e anual, devidas ao movimento aparente do Sol, variações irregulares são causadas por condições climáticas (nuvens), bem como pela composição geral da atmosfera.

A energia solar chega a Terra nas formas térmica e luminosa. Segundo o estudo sobre outras fontes constante do Plano Nacional de Energia 2030, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética, sua irradiação por ano na superfície da Terra é suficiente para atender milhares de vezes o consumo anual de energia do mundo. Contudo, essa radiação não atinge de maneira uniforme toda a crosta terrestre, pois depende da latitude, da estação do ano e de condições atmosféricas como nebulosidade e umidade relativa do ar (ANEEL, 2008).

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008), ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar manifesta-se sob a forma de luz visível de raios infravermelhos e de raios ultravioleta. É possível captar essa luz e transformá-la em alguma forma de energia utilizada pelo homem: térmica ou elétrica. São os equipamentos utilizados nessa captação que determinam qual será o tipo de energia a ser obtida.

Caso seja utilizada uma superfície escura para a captação, a energia solar será transformada em calor. Se utilizadas células fotovoltaicas (painéis fotovoltaicos),

o resultado será a eletricidade. Os equipamentos necessários à produção do calor são chamados de coletores e concentradores, pois, além de coletar, às vezes é necessário concentrar a radiação em um só ponto. Este é o princípio de muitos aquecedores solares de água (ANEEL, 2008).

Para a produção de energia elétrica existem dois sistemas: o heliotérmico e o fotovoltaico. No primeiro, a irradiação solar é convertida em calor que é utilizado em usinas termelétricas para a produção de eletricidade. O processo completo compreende quatro fases: coleta da irradiação, conversão em calor, transporte e armazenamento e, finalmente, conversão em eletricidade. Para o aproveitamento da energia heliotérmica é necessário um local com alta incidência de irradiação solar direta, o que implica em pouca intensidade de nuvens e baixos índices pluviométricos, como ocorre no semi-árido brasileiro (ANEEL, 2008).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008), o que tradicionalmente é mais generalizado é o uso da energia solar para obtenção de energia térmica. Esta aplicação destina-se a atender setores diversos, que vão da indústria, em processos que requerem temperaturas elevadas (por exemplo, secagem de grãos na agricultura) ao residencial, para aquecimento de água. Outra tendência que se forma é a utilização da energia solar para a obtenção conjunta de calor e eletricidade.

2.2.2 Energia solar fotovoltaica

Para a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008), a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico. No sistema fotovoltaico, a transformação da radiação solar em eletricidade é direta. Para tanto, é necessário adaptar um material semicondutor, geralmente o silício, para que, na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico, partículas positivas e negativas.

Segundo o Plano Nacional 2030, todas as células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente carregada, formando uma junção eletrônica. Quando a luz do sol atinge o semicondutor na região dessa junção, o campo elétrico existente permite o

estabelecimento do fluxo eletrônico, antes bloqueado, e dá início ao fluxo de energia na forma de corrente contínua. Assim sendo, quanto maior a intensidade de luz, maior o fluxo de energia elétrica (ANEEL, 2008).

A geração de energia por sistema solar fotovoltaico utiliza elementos semicondutores fotossensíveis que convertem a radiação solar em uma diferença de potencial nos terminais de suas junções. Através de ligações elétricas nesses terminais, ocorre a circulação de elétrons em corrente contínua.

Cada célula solar produz uma diferença de potencial de 0,5 a 0,6 V, com potência entre 1,0 e 1,5 W. Através de arranjos, com ligações série-paralelo são confeccionados os módulos fotovoltaicos, cuja potência pode chegar até 250 W, com tensão de 12 ou 24 V. Com novas associações série-paralelo entre painéis é possível dimensionar potências e voltagens que atendam a demandas específicas.

No entanto, existem alguns conceitos que nos permitem maior clareza no entendimento de variáveis que influenciam o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico, a seguir mencionados:

a) Irradiância solar: é a medida de densidade de potência, expressa em Wm^{-2} , usualmente, a radiação incidente é medida em um plano horizontal.

b) Irradiação solar: é a unidade de densidade de energia, expressa em $\text{kWh/m}^2/\text{dia}$ ou $\text{KW/m}^2/\text{ano}$. Representa a medida da quantidade de energia solar fornecida ao longo de determinado período.

c) Fator de capacidade: é a razão entre a energia média produzida num intervalo de tempo e a capacidade nominal do sistema, multiplicada pelo número de horas do período considerado. Está diretamente dependente da irradiância solar incidente no local como do fator de desempenho do sistema, medindo assim a qualidade da instalação fotovoltaica.

d) Constante solar: a medida da radiação solar recebida na parte superior da atmosfera terrestre. Seu valor numérico é de 1.353 Wm^{-2} .

A potência de saída de um painel fotovoltaico aumenta sempre que houver aumento da radiação solar, fazendo com que a corrente elétrica de curto circuito também sofra variação linear com esse aumento. Castro (2008) esclarece que a tensão de circuito aberto varia pouco com a radiação incidente, sendo esta variação, entretanto, mais importante para valores baixos de radiação incidente.

De acordo com Kelman (2012), a irradiação média diária ao nível do mar é de 6 kWhm^{-2} , o que corresponde a uma irradiância diária média de aproximadamente 250 Wm^{-2} ($6000 \text{ W/m}^2/24\text{h}$). Ou seja, apenas 20% da irradiância que atinge o topo da atmosfera pode ser efetivamente aproveitada na geração de energia.

Uma das restrições técnicas à difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável (ANEEL, 2002).

Segundo Santos (2013), a geração fotovoltaica não ocasiona ruído ou emissão de gases em seu funcionamento e necessita pouca manutenção.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2008), um sistema fotovoltaico não precisa do brilho do sol para operar, uma vez que também pode gerar eletricidade em dias nublados.

A produção de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos pode ser obtida de duas formas principais: em sistemas isolados (ou autônomos) e conectados à rede elétrica. A principal diferença entre os dois sistemas é a existência ou não de acumuladores de energia que, aos sistemas isolados são conectados um banco de acumuladores químicos (baterias) onde a energia elétrica produzida é transformada em energia química para o posterior consumo, à noite e em horários onde não haja produção.

Os sistemas conectados à rede elétrica funcionam como usinas geradoras de energia, em paralelo as grandes centrais geradoras. Sua produção poderá ser consumida em qualquer parte do território nacional, estando à disposição do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e proporcionando a manutenção dos reservatórios das hidroelétricas, por exemplo.

Quando instalado em uma região urbana e ligado diretamente à rede elétrica de baixa tensão, o sistema fotovoltaico produz eletricidade a um custo muito competitivo e pode ser empregado para reduzir a conta de eletricidade do consumidor (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

A utilização da energia solar fotovoltaica interligada à rede elétrica, de forma complementar a hidroeletricidade, pode ser considerada uma grande alternativa para a utilização de medidas de gerenciamento pelo lado da demanda (SALAMONI, 2009).

A energia solar fotovoltaica, em todo mundo, é a fonte alternativa que tem recebido mais atenção. Os sistemas de geração distribuída são muito adequados para a instalação em qualquer lugar onde haja bastante incidência de luz (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

O mercado tem crescido a uma taxa anual de 35%, mesmo a produção mundial de eletricidade recorrendo a sistemas fotovoltaicos seja ainda marginal, quando comparada com a produção total (FREITAS, 2008).

2.2.3 Energia solar fotovoltaica no Brasil

O Brasil dispõe de grande potencial para a aplicação da energia solar fotovoltaica por ser privilegiado por elevados níveis de irradiação solar, mas, o papel dessa fonte renovável no mercado brasileiro ainda é bastante pequeno (SALAMONI, 2009).

A firme trajetória de aumento de eficiência e queda dos custos de implantação de módulos e sistemas fotovoltaicos tem tornado cada vez mais clara a oportunidade de explorar a energia fotovoltaica no Brasil (KELMAN, 2012).

O número de sistemas fotovoltaicos conectados à rede vem aumentando no Brasil e sua utilização deverá ter um salto extraordinário nos próximos anos, principalmente com a aprovação da resolução 482/2012 pela ANEEL (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

Medeiros et al. (2010) explicam que o Brasil é rico em recursos naturais e possui recursos humanos disponíveis para atuar na geração de energia solar fotovoltaica. Apesar de notáveis esforços em algumas fontes renováveis de energia, são poucos os resultados que promovam a inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica nacional.

Conforme reportam documentos internacionais para o ano de 2050 que 50% da geração de energia no mundo virão de fontes renováveis. Dessa demanda, 25% serão supridos pela energia solar fotovoltaica. Populações do fim do século

dependerão em até 90% das renováveis, dos quais 70% será de fotovoltaica. Aplicados ao Brasil, esses números indicam que haverá um crescimento da eletricidade solar fotovoltaica, seguida da energia eólica, podendo vir a predominar sobre a energia hidroelétrica, a qual representa elevada parcela da matriz energética nacional (MEDEIROS et al., 2010).

Incontáveis estudos apontam ainda que a qualidade de vida das futuras gerações dependerá intensamente das tecnologias de exploração da energia solar. O Brasil precisa no curto prazo ingressar de forma sustentável no mercado de energia fotovoltaica a fim de garantir seu espaço estratégico na geração de dividendos socioeconômicos no futuro (MEDEIROS et al., 2010).

A energia fotovoltaica apresenta importante benefício referente à criação de empregos, pois muitos dos postos de trabalho estão no local da instalação do sistema (instaladores, revendedores e engenheiros), estimulando a economia local. Baseado em informações providas por indústrias, pode-se considerar que 10 empregos são criados para cada MW produzido, e 33 para cada MW instalado. Estudo realizado sobre o potencial brasileiro estima a geração de mais de 60 mil empregos até 2025 (MEDEIROS et al., 2010).

2.2.4 Potencial Solar

A determinação do potencial solar de uma localidade pode ser feita de diversas maneiras: por meio de dados de um Atlas solarimétrico, através de cálculos que interpolam dados de estações próximas ao local, ou pela medição da radiação solar no próprio local (HAUSCHILD, 2006).

A medição da radiação solar em um determinado local pode ser feita com a utilização de equipamentos específicos. O pireliômetro é utilizado para determinar a medida da radiação solar direta e o piranômetro, para medir a radiação solar global. Outras formas de medir a radiação solar em determinado local pode ser feita com a utilização de células fotovoltaicas de silício, porém estas medidas não conseguem distinguir a radiação direta da difusa.

A transmissão da energia do Sol para a Terra se dá através da radiação eletromagnética, sendo que 97% da radiação solar está contida entre comprimentos

de onda de 0,3 a 3,0 μm o que caracteriza como uma radiação de ondas curtas. Para a análise da radiação na superfície terrestre é importante o conhecimento da intensidade da radiação e de sua composição. A radiação solar incidente no limite superior da atmosfera sofre uma série de reflexões, dispersões e absorções durante o seu percurso até o solo devido às flutuações climáticas (FADIGAS, 2015).

A incidência total da radiação solar sobre um corpo localizado no solo é a soma das componentes direta, difusa e refletida. Radiação direta é a radiação proveniente diretamente do disco solar e que não sofreu nenhuma mudança de direção além da provocada pela refração atmosférica. Radiação difusa é aquela recebida por um corpo após a direção dos raios solares ter sido modificada por reflexão ou espalhamento na atmosfera. A radiação refletida depende das características do solo e da inclinação do equipamento captador (FADIGAS, 2015).

Fadigas (2015) salienta que os níveis de radiação solar em um plano horizontal na superfície da Terra variam com as estações do ano, devido principalmente à inclinação do seu eixo de rotação em relação ao plano da órbita em torno do Sol. Variam também com a região, devido principalmente às diferenças de latitude, condições meteorológicas e altitudes.

Os instrumentos solarimétricos medem a potência incidente por unidade de superfície, integrada sobre os diversos comprimentos de onda. A radiação solar cobre toda a região do espectro visível, 0,4 a 0,7 μm , uma parte do ultravioleta próximo de 0,3 a 0,4 μm , e o infravermelho no intervalo de 0,7 a 5 μm . As medições padrões são a radiação total e componente difusa no plano horizontal e a radiação direta normal (FADIGAS, 2015).

O Brasil possui um ótimo índice de radiação solar, principalmente o nordeste brasileiro. Na região do semi-árido temos os melhores índices, com valores típicos de 200 a 250 W/m^2 de potência contínua, o que equivale entre 1752 kWh/m^2 a 2190 kWh/m^2 por ano de radiação incidente. Isto coloca o local entre as regiões do mundo com maior potencial de energia solar (FADIGAS, 2015).

Para o uso prático, na análise e no dimensionamento de instalações fotovoltaicas, pode-se recorrer a mapas de insolação e a ferramentas que fornecem imediatamente as informações desejadas sobre a radiação solar de uma determinada localidade (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

2.2.5 Painéis fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são componentes do sistema fotovoltaico responsáveis por captar a energia (irradiação) solar transformando-a em eletricidade.

O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, e consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, quando exposto à presença de luz solar. Os Painéis Fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do Sol diretamente em energia elétrica através do chamado “Efeito Fotovoltaico” (BOLAÑOS, 2007).

Segundo Medeiros et al. (2010), o Brasil possui como riqueza natural grandes jazidas de quartzo de qualidade, além de um grande parque industrial que extrai esse mineral e o beneficia, transformando-o em silício grau metalúrgico.

O silício grau metalúrgico é considerado matéria prima ainda bruta para a produção de painéis fotovoltaicos. O grau de pureza desse material deve ser extremamente elevado. Esse processo de purificação agrega imenso valor ao mineral brasileiro, transformando-o tanto em silício grau solar quanto em silício grau eletrônico. O silício grau solar, dependendo de seu grau de purificação, pode ser utilizado como matéria prima para a indústria fotovoltaica e para a produção de semicondutores (chips de computadores) (MEDEIROS et al., 2010).

Na natureza existem materiais classificados como semicondutores, que se caracterizam por possuírem uma banda de valência totalmente preenchida por elétrons e uma banda de condução totalmente vazia à temperaturas muito baixas. O semicondutor mais utilizado é o silício. Seus átomos se caracterizam por possuírem quatro elétrons de ligação que se ligam aos vizinhos, formando uma rede cristalina. Ao adicionarem-se átomos com cinco elétrons de ligação, como o fósforo, por exemplo, haverá um elétron em excesso que não poderá ser emparelhado e que ficará sobrando, fracamente ligado a seu átomo de origem. Isto faz com que, com pouca energia térmica, este elétron se livre, indo para a banda de condução. Assim sendo, o fósforo é um dopante doador de elétrons e denomina-se *dopante n* ou *impureza n* (FADIGAS, 2015).

Introduzem-se átomos com apenas três elétrons de ligação, como é o caso do boro, haverá uma falta de um elétron para satisfazer as ligações com os átomos de silício da rede. Esta falta de elétron é denominada buraco ou lacuna e ocorre que, com pouca energia térmica, um elétron de um sítio vizinho pode passar a esta posição, fazendo com que o buraco se desloque. Portanto, o boro é um *aceitador de elétrons* ou um *dopante p* (FADIGAS, 2015).

Os dispositivos utilizados para a conversão da energia solar em energia elétrica são as células fotovoltaicas, que convertem diretamente a irradiação solar em energia elétrica, não utilizando qualquer tipo de combustível fóssil e nem gerando degradação ambiental no local de seu uso final. Como o efeito fotovoltaico só ocorre na presença de luz, só há geração de energia durante o dia, sendo uma fonte que não apresenta geração à noite e apresenta reduções significativas em dias chuvosos ou nublados.

A tecnologia de geração energética a partir da conversão fotovoltaica é feita através dos módulos fotovoltaicos. Cada módulo apresenta um conjunto de células fotovoltaicas que, unidas, promovem a geração de energia elétrica. Ao unir vários módulos em um arranjo, o sistema compõe um painel, que pode ser instalado em uma edificação ou sobre o solo (RÜTHER, 2004).

Como o funcionamento das células fotovoltaicas depende diretamente da disponibilidade da luz, quanto maiores os níveis de irradiação, maior também a quantidade de energia gerada. A luz à qual as células respondem é a radiação eletromagnética produzida pelo Sol que chega a Terra. Embora a densidade energética deste tipo de energia seja baixa em relação aos combustíveis fósseis, a disponibilidade é muito maior, já que a radiação que atinge o globo terrestre em 12 minutos seria suficiente para abastecer todo o planeta por um ano (RÜTHER, 2004).

2.2.5.1 Células de silício monocristalinas

As células de silício monocristalinas são fabricadas a partir do cristal silício. Estas células são as mais eficientes, e também as mais caras, de todas as células de silício. O monocristal é crescido a partir do silício fundido de alta pureza (99,99% a 99,9999%) em reatores sob atmosfera controlada (FALCÃO, 2005).

As células de silício monocristalinas são as mais eficientes produzidas em larga escala e disponíveis comercialmente. Alcançam eficiência de 15 a 18%, mas tem um custo de produção mais elevado do que outros tipos de células (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

O silício monocristalino é o material mais usado na composição das células fotovoltaicas, atingindo cerca de 60% do mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. As células monocristalinas foram as primeiras a serem elaboradas a partir de um bloco de silício cristalizado num único cristal. Apresentam-se sob a forma de placas redondas, quadradas ou pseudo quadradas. Contudo, apresentam dois inconvenientes: preço elevado e elevado período de retorno do investimento (FREITAS, 2008).

2.2.5.2 Células de silício policristalinas

O silício policristalino, constituído por um número muito elevado de pequenos cristais da espessura de um cabelo humano, dispõe de uma quota de mercado de cerca de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de eletrons e encorajam a recombinação com as lacunas, o que reduz a potência de saída. O processo de fabricação é mais barato do que o do silício cristalino (FREITAS, 2008).

As células de silício policristalinas são mais baratas que as de silício monocristalino por exigirem um processo de preparação das células menos rigoroso (SILVA; PÉTRIS; PEREIRA, 2008).

O silício policristalino é a tecnologia fotovoltaica mais tradicional, mas o fato de fazer uso de “wafers” representa uma maior limitação em termos de redução de custos de produção, tendo em vista a quantidade de material utilizado na fabricação das células (FALCÃO, 2005).

As células de silício policristalinas tem eficiências comerciais entre 13 e 15%, ligeiramente inferiores às das células monocristalinas, entretanto, seu custo de fabricação é menor do que o das células monocristalinas e isso compensa a redução de eficiência (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

2.2.5.3 Células de silício amorfas

Uma célula de silício amorfo apresenta alto grau de desordem na estrutura dos átomos, característica esta suficiente para diferenciar esse tipo de célula das Células de Silício Monocristalino e Silício Policristalino (SILVA; PÉTRIS; PEREIRA, 2008).

Estas células são menos eficientes que as células de silício policristalino, no entanto, poderão vir a ser competitivas para produção em grande escala (FALCÃO, 2005).

As células amorfas são compostas por um suporte de vidro ou de outra matéria sintética, na qual é deposta uma camada fina de silício (a organização dos átomos já não é regular como num cristal). O rendimento deste tipo de células é mais baixo do que nas células cristalinas, mas mesmo assim, a corrente produzida é razoável. A sua gama de aplicações são os pequenos produtos de consumo como relógios, calculadoras, mas podem também ser utilizadas em instalações solares. Apresentam como vantagem o fato de reagirem melhor à luz difusa e à luz fluorescente e, portanto, apresentarem melhores desempenhos a temperaturas elevadas (FREITAS, 2008).

A eficiência dos módulos de filmes finos de silício amorfo é muito baixa quando comparado com as dos dispositivos cristalinos. A maior desvantagem das células amorfas consiste na sua baixa eficiência (entre 5 e 8%) (VILLALVA; GAZOLI, 2013).

A terceira geração fotovoltaica visa atingir alta eficiência, mesmo usando o “filme fino”. A idéia consiste em reduzir o custo por watt de pico, com apenas um pequeno aumento nos custos de área, utilizando materiais abundantes e não tóxicos (UNSW, 2010/11).

2.3 Condicionantes da demanda de energia nas áreas urbanas

As áreas urbanas podem ser consideradas sistemas físicos, funcionais e também energéticos, nos quais seus componentes apresentam interdependências que condicionam seu metabolismo. Considerando o processo de urbanização uma

tendência progressiva no mundo e no Brasil, assim como a concentração do consumo de recursos, o planejamento do desenvolvimento urbano coloca-se como uma oportunidade de promover melhores níveis de integração das funções, fluxos e infraestrutura da cidade, envolvendo o meio ambiente natural e o construído, com uso eficiente de recursos, sobretudo energéticos, necessários à promoção da qualidade de vida e à conservação do meio ambiente (BURDETT; SUDJIC, 2008; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011).

2.3.1 Morfologia urbana

A morfologia urbana, segundo Lamas (2014), trata sobre o estudo a forma do meio urbano no que se reporta as suas partes exteriores, ou seja, a sua produção e transformação no tempo, dividindo o meio urbano em partes e de suas articulações dentre si, havendo assim a necessidade identificar e purificar seus elementos morfológicos de forma a ordenar sua leitura ou análise espacial de concepção/produção levando em consideração seus níveis sociais/intervenção ou momentos de produção do espaço urbano.

Assim sendo, entende-se a morfologia urbana como sendo o resultado/produto de uma grande combinação de inúmeros elementos e fatores que compõe o local onde o espaço urbano foi implantado/desenvolvido, sua estrutura urbana propriamente dita como as áreas urbanas abertas com ou sem vegetação, áreas livres ou edificadas, suas volumetrias, seus materiais empregados, pavimentações e cores.

Dentro deste contexto, a ideia de planejamento energético dentro de qualquer forma de abordagem, sendo ela eólica, fotovoltaica, dentre outras, implica na consideração de um âmbito global de todos os aspectos funcionais urbanísticos e sociais, para que desta forma se consiga obter soluções mais favoráveis e eficientes para a produção e consumo eficiente de energia (MARINS, 2010).

2.3.2 Morfologia urbana (urbanismo bioclimático)

De acordo com Lamas (1992), o termo “morfologia” vem do grego (*morphé + lógos + ía*) e significa “a ciência que estuda a forma” ou “a ciência que trata da forma”. Do ponto de vista urbanístico, a morfologia pode ser definida como o estudo da forma urbana ou o estudo dos aspectos exteriores do meio urbano, por meio do qual se coloca em evidência a paisagem e sua estrutura.

José Lamas propõe que esse estudo seja feito a partir da análise dos elementos morfológicos, as unidades ou partes físicas que, associadas e estruturadas, constituem a forma, ou seja, o solo, os edifícios, o lote, o quarteirão, as fachadas, os logradouros, o traçado, as ruas, as praças, os monumentos, a vegetação e o mobiliário. Esses elementos devem ser articulados entre si e vinculados ao conjunto que definimos lugares que constituem o espaço urbano (LAMAS, 1992).

Morfologia urbana é o estudo da forma das cidades. Mas enquanto há consenso entre os morfologistas urbanos sobre o que eles estudam, há também um debate considerável sobre como as formas urbanas devam ser estudadas. Parece contribuir para esta divergência a diversidade verificada na formação, na origem cultural e na língua materna dos principais pesquisadores desta área. Essa diversidade, ao mesmo tempo em que incrementou o entendimento da complexidade da forma urbana, descortinou formulações teóricas de bases filosóficas e epistemológicas bastante distintas (GAUTHIER; GILLILAND, 2006).

A morfologia urbana, frequentemente referida como estrutura ou malha urbana, é resultado da combinação de diversos elementos que formam as áreas ocupadas, livres, com vegetação ou pavimentação, com volumetrias, materiais e cores diversas (MARINS; ROMERO, 2012).

Numa abordagem sistêmica, a morfologia urbana influi diretamente nos sistemas de transporte e circulação, ou seja, na mobilidade urbana, também no projeto de edifícios. No primeiro caso, a demanda de passageiros transportados, bem como o espaço físico, necessário para implantação de infraestrutura de circulação e transporte, faz com que a mobilidade urbana esteja condicionada em grande parte pelas características de uso e ocupação do solo. Ao mesmo tempo, em que as condições de acessibilidade também condicionam os padrões de ocupação (MARINS; ROMERO, 2012).

2.3.3 Edificações (arquitetura bioclimática)

A expansão urbana, sendo ordenada ou não, é um dos maiores problemas encontrados no século XXI. Hoje em dia o Brasil conta com uma taxa de 80% de crescimento urbano, muitas vezes com um péssimo planejamento, tendo como consequências impactos no meio ambiente e na qualidade de vida humana (BAPTISTA; CALIJURI, 2007).

Uma das grandes razões para haver um impacto na qualidade de vida urbana e no meio ambiente é que a expansão urbana traz consigo a retirada da cobertura vegetal e esta por sua vez corrobora para o decréscimo da qualidade de vida. As áreas verdes são de grande importância para a manutenção e melhoria da qualidade ambiental urbana, pois garantem a interceptação, absorção e reflexão da radiação luminosa e a fotossíntese funcionando como um moderador climático (BISPO; VALERIANO; OLIVEIRA, 2009).

Nas cidades a vegetação constitui um importante indicador de qualidade ambiental, pois garante áreas permeáveis, reduz a poluição atmosférica, contribui para a regularização do microclima urbano (LIMA; AMORIM, 2011).

Em edificações as características de cânion urbano, a orientação e o dimensionamento dos lotes e quadras podem afetar a disponibilidade de luz e ventilação natural no interior dos edifícios (MARINS; ROMERO, 2012).

A concentração humana em núcleos urbanos é decorrente da necessidade por uma intensidade nas relações sociais, que espacialmente configuram a cidade econômica no entrono de um lugar central, reproduzindo prioritariamente formas urbanas compactas e concêntricas (JENKS; BURGESS, 2000).

A descontinuidade espacial não se trata de um produto direto e exclusivo das relações sociais no espaço (PORTUGALI, 2000; BATTY, 2009), é resultante da sobreposição de fatores sociais, econômicos, ecológicos e culturais, onde a paisagem natural também apresenta influências (ALBERTI, et al., 2003; CZAMANSKI et al., 2008).

No Brasil é comum ocorrer o direcionamento dos recursos urbanos apenas para uma determinada parte da população, geralmente a população com mais recursos financeiros, e deixando assim a outra parte da população desvalorizada com

déficit nos recursos urbanos. A valorização imobiliária destas áreas privilegiadas estimulou a ocupação de locais impróprios à moradia, como áreas de preservação permanente (BATISTA; BORTOLUZZI, 2007).

A população que não tem recursos financeiros para morar nessas áreas, procura morar em locais com preços mais acessíveis e que geralmente são em locais afastados do centro da cidade. Geralmente, esses locais não tem planejamento e crescem desorganizados sem nenhum tipo de planejamento e conseqüentemente com pouca qualidade de vida e qualidade ambiental (RIBEIRO, 2008).

Essa anomalia térmica tem um aumento expressivo em áreas onde ocorre a remoção da vegetação natural, pois o mesmo é substituído por casas, edifícios, ruas e avenidas e isso faz com o que solo se torne impermeável, sendo assim as águas superficiais permanecem menos tempo na superfície terrestre, devido à evaporação, causando um aumento na temperatura local (COSTA; PERES; SILVA, 2009).

2.3.4 Dimensionamento do sistema fotovoltaico e interligação ao sistema de rede da concessionária - Sistema Grid-tie

O sistema fotovoltaico conectado ou Grid-tie trata-se de um dispositivo que permite aos micros ou mini geradores de energia fotovoltaica a interligar o seu sistema a rede das concessionárias e injetar na rede o excedente de energia produzida pelo seu sistema (PINTÃO, 2012).

Acompanhando ainda o raciocínio do autor sobre Grid-tie, observa-se a necessidade de alguns componentes básicos para garantir o bom funcionamento do sistema.

A quantidade de painéis instalados em uma residência é variada, ou seja, varia de acordo com a quantidade de energia consumida pela edificação, assim sendo para a realização do dimensionamento do sistema fotovoltaico, Foram utilizadas as idéias conceituais de Pintão (2012), juntamente com as idéias e equações propostas

por Ito et al. (2009) e mesclando com a metodologia de cálculo e dados coletados e disponibilizados pela empresa local Master Solar (2015) .

Assim sendo conforme disposto pela ANEEL (2012), Ito et al. (2009) e Pintão (2012), o painel solar é responsável unicamente pelo serviço de captação da energia solar, o qual é formado por várias células de fotovoltaicas, que por sua vez utilizam o silício como matéria prima. Para transformar a energia elétrica oriunda/captadas através das placas fotovoltaicas, utilizam inversores para transformar esta energia captada em corrente alternada para sua utilização e o balanço entre a fonte solar e a energia da rede convencional, além de também realizar o trabalho de sincronismo entre a energia solar e a rede elétrica da concessionária.

Além dos componentes elétricos da rede para a geração, vale à pena salientar a necessidade de instalação de uma estrutura em alumínio, onde é realizada a fixação dos painéis sobre os telhados, esta estrutura ainda é responsável por garantir a inclinação no ângulo adequado para a melhor captação da radiação solar.

Para reger este escambo entre a energia gerada através das placas fotovoltaicas e as concessionárias é regida pela ANEEL através da Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, a qual regulamenta a micro e mini produção de energia, ou seja, proprietários de residências, comércio e indústria poderão produzir sua própria energia e as concessionárias devem adequar seus medidores a um modelo que permita que a energia gerada e não consumida no local possa ser enviada à rede para consumo em outro ponto e gerar créditos para o consumidor na próxima fatura, conforme demonstrado na Figura 02 abaixo.

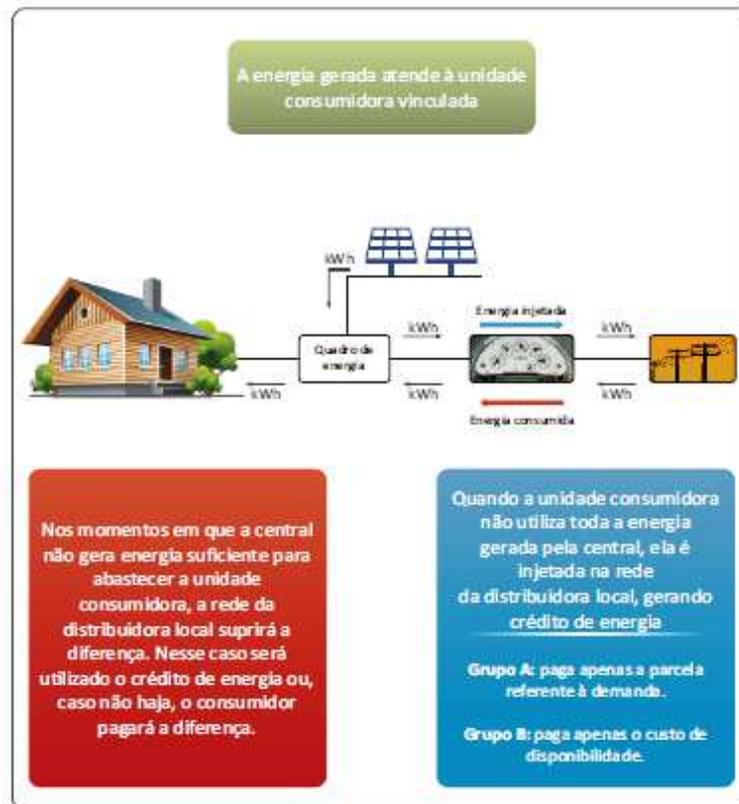


Figura 02: Funcionamento do sistema de compensação de energia elétrica
Fonte: ANEEL, 2012

2.4 Definição da análise econômica - *Pay Back* Descontado (PBD)

Para realizar a análise econômica, optou-se apenas pela realização do *Pay Back* descontado.

O termo *Pay Back* por si só consiste em determinar o número de períodos necessários para que o investidor possa recuperar seu investimento no projeto. Este é considerado o método mais simples para verificar se o prazo de recuperação do investimento, dentro do período de esperado.

Seguindo o mesmo raciocínio, o *Pay Back* descontado consiste em representar o período de retorno do capital investido, só que considerando agora a taxa de juros. Para a realização desta análise utiliza-se a equação 01:

Eq.01)

$$PBD = n \text{ QUANDO } \left(\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \right) - I = 0$$

Onde:

- n corresponde ao período de recuperação do investimento/tempo de pagamento em meses ou anos;
- FC_t é o fluxo de caixa líquido no período;
- i trata -se da taxa de juros empregada;
- t é o período de tempo do investimento em meses ou anos; e
- I investimento inicial.

Segundo ABRAVA (2008), o *Payback* tanto o simples quanto o descontado, proporciona informações nítidas a respeito da liquidez dos projetos desenvolvidos, indicando ainda quanto tempo levará até que o valor do investimento seja recuperado, sendo esta uma maneira de apresentar as informações de maneira facilmente interpretável, assim sendo muito utilizada por empreendedores e empresas de pequeno e médio porte.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo apresenta-se a proposta metodológica para o dimensionamento e a análise de viabilidade técnica e econômica para a implantação de um sistema fotovoltaico, a fim de transformar uma célula urbana rural auto suficiente na produção de energia para o consumo local.

3.1 Condicionantes da demanda energética nas áreas urbanas

Nenhum conceitual possui capacidade para definir as inúmeras peculiaridades de cada cidade contemporânea, quando muito o que pode ser definido são apenas alguns tópicos e abordar alguns destes aspectos. Conforme descreve Guimarães (2004), que cada cidade é diferente uma da outra, semelhantes a organismos biológicos.

Mas, mesmo com essa semelhança e organismos biológicos, em cada área urbana existem certas peculiaridades, características, identidades, configurações, desenhos urbanos, comportamentos e tipos de funcionamento, que auxiliam na compreensão, estudo, identificação e intervenção no espaço urbano (CORBUSIER, 2000; GUIMARÃES, 2004; ULTRAMARI, 2005; ORTEGA, 2008; ALMEIDA; SOARES, 2009).

Desta forma, a fim de subsidiar o desenvolvimento e a compreensão da proposta metodológica, para analisar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema de captação energética fotovoltaico eficiente para suprir a demanda energética de uma área urbana rural, necessita-se de uma compreensão de uma série de fatores pertinentes a dinâmica urbana diretamente relacionadas aos espaços de uso público e privado, nas residências no que tange os ambientes interno e externo, as áreas de trabalho (indústria), nas edificações propriamente ditas e no meio de transporte local, que venham a gerar impactos no consumo energético local.

Estas características constituem as condicionantes na demanda energética local, ou seja, do ambiente urbano construído. Contudo, para a realização deste trabalho, os termos demanda energética e impacto no consumo energético, serão analisados apenas sobre a ótica do consumo e geração de energia elétrica para as edificações e o ambiente urbano na sede de distrito localizada na área rural da cidade de Cascavel – PR, denominada de Rio do Salto.

Tendo em vista que a metodologia a ser abordada é aplicada na implementação das edificações já existentes e de um ambiente urbano também já desenvolvido, torna-se imprescindível focar em itens mais relevantes ligados diretamente à morfologia urbana, tipologia das edificações e à demanda energética a fim de analisar a viabilidade para a implantação de um sistema fotovoltaico eficiente dentro do contexto urbano já construído, de forma a suprir a demanda energética desta célula urbana rural.

Como estas áreas de concentração de estudo caracterizam-se como sendo muito amplas as suas abordagens, será necessário focar em fatores fundamentais relacionados à dinâmica urbana e estrutura a fim de condicionar ao uso racional da energia elétrica gerada através do sistema fotovoltaico a ser desenvolvido para o local. Abordemos a seguir estes principais fatores característicos a fim de determinar se a implantação do sistema fotovoltaico é viável economicamente ou na Comunidade de Rio do Salto.

3.2 Caracterização do Local

O local escolhido para a realização da análise de viabilidade econômica na geração de energia é a sede de distrito de Rio do Salto (Coordenadas de referência, Latitude 25°8'31"S; Longitude 53°19'40"W; e Altitude 781m), localizado na área rural do Município de Cascavel, região oeste do estado do Paraná Brasil, situada a 32 Km do centro da cidade, junto à Rodovia Horácio R. Dos Reis (PR-180) sentido o Município de Boa Vista da Aparecida, conforme podemos ver na Figura 03, a seguir.

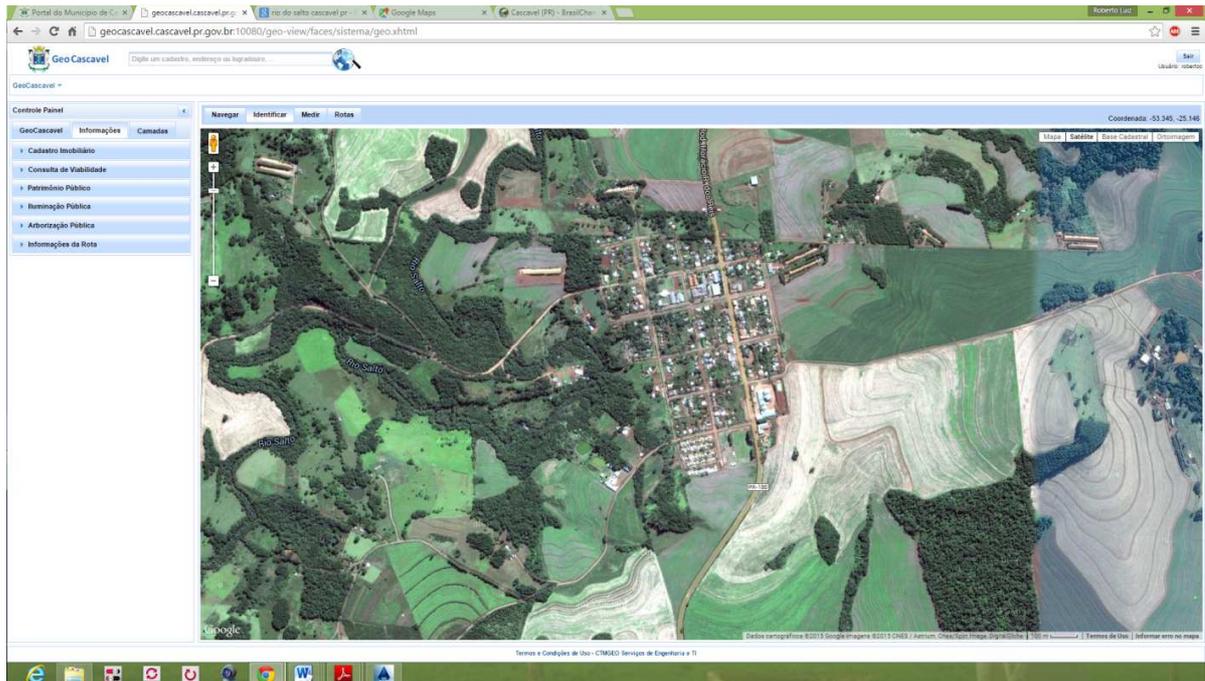


Figura 03: Localização do Distrito de Rio do Salto
 Fonte: Município de Cascavel – Geoportal, 2015

A área urbanizada/loteamento de Rio do Salto foi aprovada na data de 24 de janeiro de 1978, de acordo com o Perfil Municipal 2015, o perímetro do distrito de Rio do Salto é de 265,05 Km², e inserido dentro deste contexto o perímetro urbano possui uma área de 402.367,84 m², possuindo hoje regulamentado 19 quadras num total de 241 lotes, conforme Figuras 04 e 05, a seguir, sendo que destes, 45 lotes não são edificadas, sendo a quadra nº 10 a que possui a maior quantidade de terrenos vagos, 09 lotes no total, e a quadra nº 14 com o menor numero, 01 no total, conforme pode-se verificar na Figura 06.

Figura 05: Perímetro de Rio do Salto
 Fonte: SEPLAN – Secretaria de Planejamento



Figura 06: Mapa de Uso Real do Solo
 Fonte: Autor, 2015

Alem disso, o perímetro urbano de Rio do Salto possui ainda 3 quadras totalizando 50 lotes todos edificados, de moradias populares ainda não regulamentadas. Conforme pode-se observar na Figura 06 mapa de uso real do solo apresentado anteriormente. Com base nesta mesma imagem, vale a pena salientar que a quadra 06 pertence à Igreja Católica, onde na mesma foi edificado uma igreja, salão comunitário e áreas de apoio para a realização de evento (churrasqueira) juntamente com uma praça, já a quadra 07 possui duas escolas com ginásios, sendo uma estadual atendendo alunos do ensino complementar e a outra municipal a qual

atende alunos do ensino fundamental, e na quadra 18, existe uma cerealista de armazenamento de grãos.

3.3 Caracterização da Amostra

Seguindo as ideias de Guimarães (2004), Marins (2010) e de Lamas (2014), sobre a morfologia urbana e seu amplo contexto de análise, e os critérios propostos por ambos os autores, foi realizada a análise a forma urbana em seus aspectos quantitativo, referente à densidade superfície e fluxos; organização funcional, as atividades humanas; tratamentos qualitativos, tratamento do espaço, analisando a insolação sobre as edificações; e aspectos figurativos, relacionados à comunicação estética da intervenção. Foram realizadas também análises referentes às dimensões espaciais na morfologia urbana, em outras palavras a compreensão e concepção das formas urbanas, através das dimensões setoriais, urbana e territorial, juntamente com os elementos morfológicos do espaço urbano, solo, edificações, lotes, quadras, fachadas, logradouros, traçado das ruas, praças, árvores e demais vegetações.

Assim, após a análise de todos estes critérios, chegou-se a uma quadra específica, onde na qual será realizada a proposta de estudo, e a partir desta será realizada uma média de produção e custos por tamanho da edificação, para todo o perímetro urbano. Assim sendo, a quadra optada foi a de número 11, pelo fato desta apresentar condicionantes interessantes, como tipologia das edificações, funções urbanas sociais, serviços e moradia, pavimentações das ruas diferenciadas, estar em meio a área urbana/ilha de calor, fachadas diferenciadas, cada lote possui uma forma de utilização do solo diferenciada, dentre outras, conforme observado na Figuras 07 e 08, na sequência.

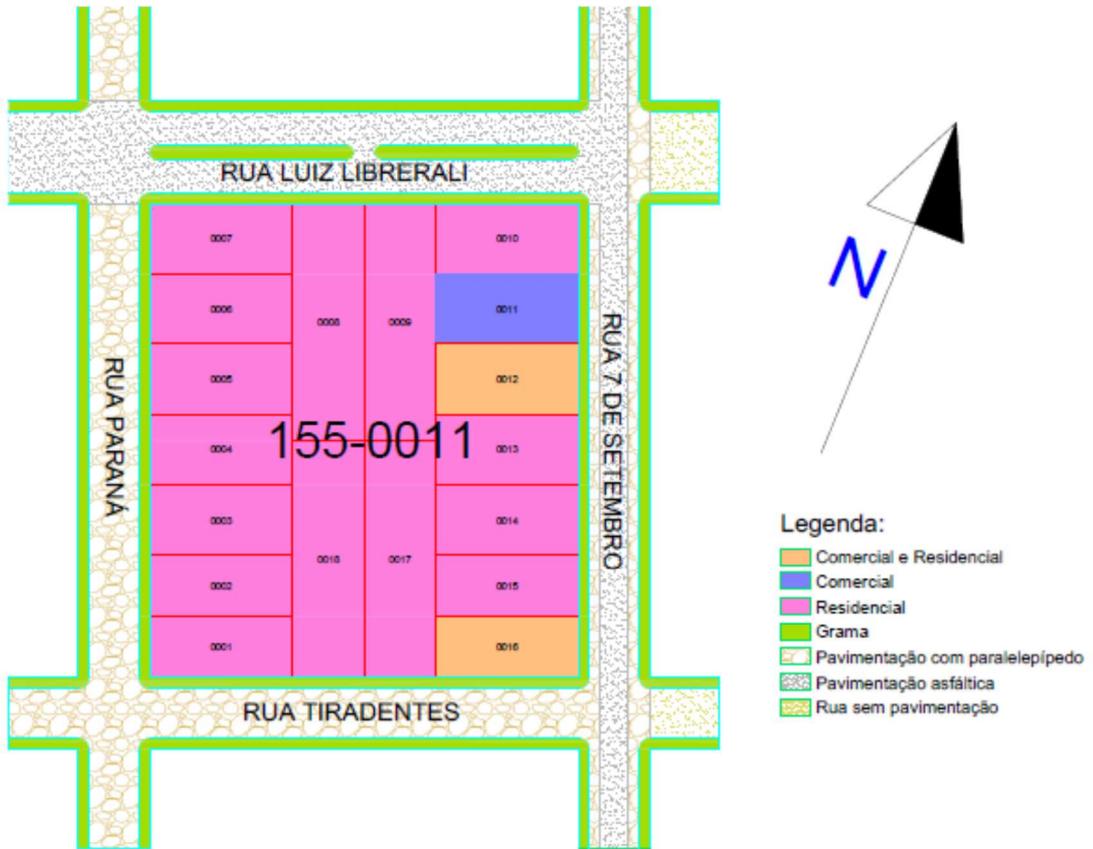


Figura 07: Tipologia das edificações e do entrono da quadra.
 Fonte: Autor, 2015

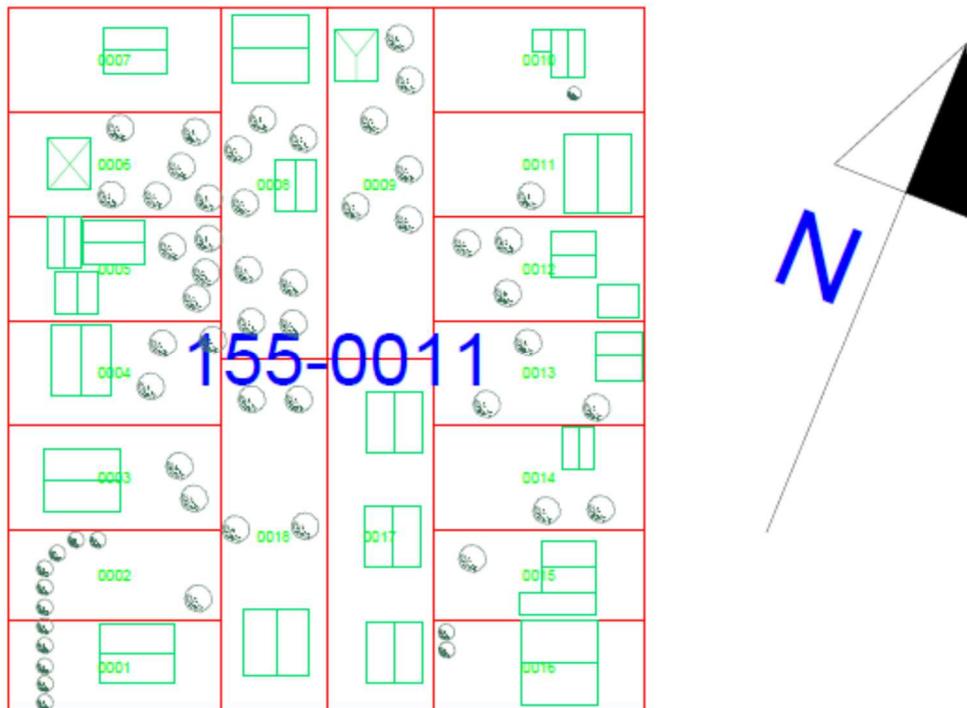


Figura 08: Uso Real do Solo/Ocupação na quadra

Fonte: Autor, 2015

3.4 Levantamento das Edificações de Rio do Salto

Conforme verificado em levantamento *in loco* e através de informações disponibilizadas pelo Município de Cascavel, através de seu sistema de consulta online Geoportal.

Num panorama amplo, as edificações do distrito de Rio do Salto, em sua maioria tratam se de edificações térreas com altura padrão, pé direito entre 2,60 e 2,80 m sendo que o diferencial de altura seriam as cumeeiras, que variam conforme a inclinação e o tipo das telhas. As poucas construções existentes que contam com mais de um pavimento além do térreo (configurando sobrado), estão localizadas junto a Rua 7 de Setembro, onde sua altura construtiva estão dentre 5,20 e 5,60m, sem contar com suas respectivas coberturas.

Contudo, o grande diferencial encontrado no local, além das grandes dimensões dos terrenos, é a implantação das edificações, onde observa-se na Figura 06: Mapa de Uso Real do Solo, elas encontram-se locadas no centro dos terrenos, sendo poucas as edificações lindeiras aos terrenos vizinhos, amenizam ou até mesmo não possuem influencia das edificações maiores, sendo a mais observada das influencias o sombreamento sobre as edificações.

Avaliou-se todas as edificações existentes sobre a quadra 11, e fez se uma comparação com as informações contidas nos bancos de dados do pertencentes ao município. Chegando ao resultado demonstrado através da Figura 09 e na Tabela 05 a seguir, Mapa de Tipologia das Edificações e Tabela de Resumo da Tipologia das Edificações da Quadra 11.

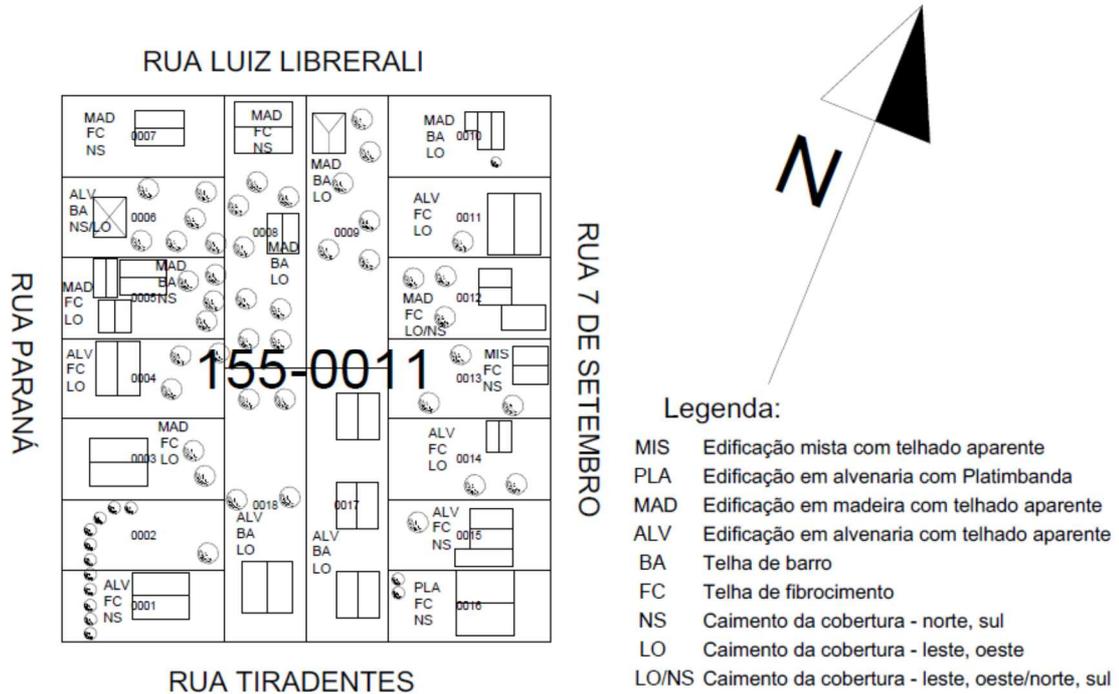


Figura 09: Mapa de tipologia das edificações

Fonte: Autor, 2015

Tabela 05 - Resumo da Tipologia das Edificações da Quadra 11

Resumo da Tipologia das Edificações da quadra 11

Dados do imóvel			Tipologia							Orientação Solar dos Telhados		
			Fechamento				Cobertura		NS	LO	LO/NS	
nº do lote	nº de edificações	Profissional responsável	MIS	PLA	MAD	ALV	BA	FC	NS	LO	LO/NS	
1												
2	1	não possui				1		1	1			
3	1	não possui			1			1		1		
4	1	não possui				1		1		1		
5	3	não possui			3		1	2	1	1		
6	1	não possui				1	1				1	
7	1	não possui			1			1	1			
8	2	não possui			2		1	1	1	1		
9	1	não possui			1		1			1		
10	1	não possui		1			1			1		
11	1	não possui				1		1		1		
12	2	não possui			1			1			2	
13	1	não possui	1					1	1			
14	1	não possui				1		1		1		
15	1	não possui				1		1	1			
16	1	não possui		1				1	1			
17	3	não possui				3	3			3		
18	1	não possui				1	1			1		
Total	23		1	2	9	10	9	13	7	12	3	

Legenda:

MIS	Edificação mista com telhado aparente
PLA	Edificação em alvenaria com platibanda
MAD	Edificação em madeira com telhado aparente
ALV	Edificação em alvenaria com telhado aparente
BA	Telha de barro
FC	Telha de fibrocimento
NS	Caimento da cobertura - norte/sul
LO	Caimento da cobertura - leste/oeste
LO/NS	Caimento da cobertura - norte/sul - leste/oeste

Através do mapa e da tabela, pode-se observar que, a quadra selecionada possui 18 lotes, e com exceção do lote 01 e 02 onde a edificação foi implantada utilizando o espaço de ambos os lotes, os demais são todos edificados, possuindo entre 1 a 3 edificações, verifica se também que as construções possuem características variadas, sendo estas relacionadas a materiais como no caso do fechamento (paredes), cobertura (tipo de telhas) e em seu design, a orientação solar para as faces do telhado, contudo neste ultimo quesito, as edificações analisada não apresentam características arquitetônicas marcantes, elementos construtivos diferenciados ou análise em consideração a eficiência energética em fase de projeto.

Estas características são evidenciadas e compreendidas, quando cruzamos os fatores técnico construtivos das edificações com as informações disponibilizadas no sistema Geoportal do Município de Cascavel, onde verificamos que estas construções não possuem projeto aprovado e nem responsável técnico, levando a pensar que os próprios moradores elaboraram os projetos e possivelmente a construir.

Assim sendo, das 23 construções existentes na quadra distribuídas nos 18 lotes, 10 possuem paredes em alvenaria, 9 em madeira, 1 mista (alvenaria e madeira) e duas possuem platibanda ocultando a cobertura. No que refere-se às telhas, 13 edificações possuem cobertura com telhas de fibrocimento e 9 com telhas de barro. Com relação à orientação solar destas coberturas, 12 são telhados de 2 águas com faces voltadas predominantemente no sentido leste/oeste, 7 no sentido norte/sul e apenas 3 que apresenta posicionamento de seus caimentos nos 2 sentidos. Os

telhados possuem dimensões e estruturas adequadas para comportar a instalação dos módulos fotovoltaicos.

Com relação à vegetação, as árvores existentes não caracterizam nenhuma forma de empecilho para a captação de energia solar, pois as espécies identificadas e localizadas no mapa de tipologia das edificações (Figura 09), através da utilização de GPS, onde foram marcadas as coordenadas para localizar cada uma das árvores existente, tratam-se de árvores frutíferas de pequeno porte como limoeiros, goiabeiras, dentre outras, as de grande porte ficam localizadas mais aos fundos dos terrenos, longe das edificações, assim sendo, as coberturas recebem insolação direta em todos os momentos do dia e sem obstrução de edificações do entorno ou da vegetação existente.

3.5 Demanda mensal de energia no Distrito de Rio do Salto

Nesta etapa da pesquisa, verifica-se a demanda energética no distrito de Rio do Salto para fins de identificar a quantidade de unidades consumidoras e suas respectivas classes consumidoras, no intuito de identificar as características de consumo para cada uma das respectivas classes, e assim dimensionar o sistema de geração fotovoltaico eficiente no intuito de tornar o local autossuficiente na geração de energia.

Segundo a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, em sua resolução normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, aonde são estabelecidas condições gerais para o fornecimento de energia elétrica, de maneira consolidada para todo território nacional. Dentro deste cenário estabelecido pela normativa, no capítulo 2, seção II, artigo 4º, é estabelecida uma classificação referente à unidade consumidora, mediante a atividade exercida nela e a finalidade da utilização da energia.

Seguindo o descrito na Seção II, no Artigo 5º da normativa nº 414/2010, estabelece 8 classes de unidades consumidoras, e dentro destas unidades consumidoras as subclasses que se enquadram dentro do seu respectivo panorama. Estas 8 classes e suas respectivas subclasses estão dispostas da seguinte forma:

- **Classe residencial** - caracteriza-se pelo fornecimento de energia elétrica à unidade consumidora com fim residencial.

- **Classe Industrial** - é caracterizada pelo fornecimento de energia elétrica à unidade consumidora onde seja desenvolvida atividade industrial, conforme estipulado pela Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, assim como o transporte de matéria-prima, insumo ou produto resultante do seu processamento, caracterizado como atividade de suporte e sem fim econômico próprio, desde que realizado de forma integrada fisicamente à unidade consumidora industrial.

- **Classe Comercial** - caracteriza-se pelo fornecimento de energia elétrica à unidade consumidora em que seja exercida atividade comercial ou de prestação de serviços.

- **Classe Rural** – caracterizada pelo fornecimento de energia elétrica para o desenvolvimento de atividades de agricultura, pecuária ou aquicultura, dispostas nos grupos 01.1 a 01.6 ou 03.2 da CNAE.

- **Classe Poder Público** - independente da atividade a ser desenvolvida, trata-se do fornecimento de energia elétrica à unidade consumidora solicitado por pessoa jurídica de direito público que assuma as responsabilidades inerentes à condição de consumidor, incluindo a iluminação em rodovias e semáforos, radares e câmeras de monitoramento de trânsito.

- **Classe Iluminação Pública** – é de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público ou por esta delegada mediante concessão ou autorização, caracteriza-se pelo fornecimento para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, passagens subterrâneas, jardins, vias, estradas, passarelas, abrigos de usuários de transportes coletivos, logradouros de uso comum e livre acesso, inclusive a iluminação de monumentos, fachadas, fontes luminosas e obras de arte de valor histórico, cultural ou ambiental, localizadas em áreas públicas e definidas por meio de legislação específica, exceto o fornecimento de energia elétrica que tenha por objetivo qualquer forma de propaganda ou publicidade, ou para realização de atividades que visem a interesses econômicos.

- **Classe Serviço Público** – corresponde ao fornecimento exclusivo para motores, máquinas e cargas essenciais à operação de serviços públicos de água, esgoto, saneamento e tração elétrica urbana ou ferroviária, explorados diretamente pelo Poder Público ou mediante concessão ou autorização.

- **Classe Consumo Próprio**- trata-se do fornecimento de energia elétrica destinado ao consumo de energia elétrica das instalações da distribuidora.

Assim, entrou-se em contato com a COPEL – Companhia Paranaense de Energia, através de e-mail com o Sr. Marcos Amorim Lopes, do Setor de Manutenção Cascavel – DMAOES, o qual encaminhou os dados de consumo em kWh e número de unidades consumidoras divididas por classes, referentes ao período de janeiro a dezembro do ano de 2014, ano este que será utilizado como base para cálculo da demanda energética, pelo fato de possuir seus dados todos já contabilizados e disponibilizados pela concessionária de energia. Estes valores estão demonstrados nas Tabelas 06 e 07 a seguir:

Tabela 06 - Consumo de energia em Quilowatts-Hora distribuído por Classe no de 2014 para o Distrito de Rio do Salto (em cima)

Consumo (kWh) 2014

DescMun	DescLoc	Clas se												
			jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	1	45.088	46.968	40.348	41.420	42.800	43.149	40.748	42.302	42.728	42.163	46.606	45.541
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	2	19.182	21.409	29.175	21.924	21.297	30.324	47.831	59.915	53.860	55.440	52.383	61.623
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	3	21.035	28.347	29.963	36.849	27.503	25.123	23.268	38.681	18.632	16.392	18.956	19.351
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	4	246.924	266.73	363.08	274.31	259.50	246.77	229.33	225.23	231.65	241.96	261.74	297.55
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	5	4.302	3.248	5.644	4.777	4.984	5.126	4.205	4.193	5.160	5.502	4.950	6.653
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	6	11.448	10.344	11.448	11.080	11.448	11.080	11.448	11.448	11.080	11.448	11.080	11.448
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	7	6.280	6.593	6.636	6.244	6.210	5.471	5.088	5.657	6.540	6.673	6.148	6.635
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Total de Consumo por Classe			354359	383744	486402	396712	373844	367150	362019	387528	369752	379684	401963	448902

*Classes: 1 – Residencial; 2 – Industrial; 3 – Comercial; 4 – Rural; 5 – Poderes Públicos; 6 – Iluminação Pública; 7 – Serviços Públicos; e 8 – Próprio.

Fonte: Copel, 2015

Tabela 07 – Número de Consumidores por Classe no de 2014 para o Distrito de Rio do Salto

Número de consumidores

DescMun	DescLoc	Clas se	Número de consumidores											
			jan	Fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	1	304	303	303	303	309	308	307	308	309	311	307	310
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	5
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	3	25	25	24	27	21	23	23	24	24	24	24	25
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	4	375	376	377	379	377	374	375	376	381	375	377	379
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	7	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Cascavel	Cascavel - Rio do Salto	8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total de Unidades Consumidoras			727	727	727	732	730	728	728	731	737	733	732	736

*Classes: 1 – Residencial; 2 – Industrial; 3 – Comercial; 4 – Rural; 5 – Poderes Públicos; 6 – Iluminação Pública; 7 – Serviços Públicos; e 8 – Próprio.

Fonte: Copel, 2015

Dentro deste panorama geral, demonstrado através das tabelas de número de consumidores e do consumo por classe, foi trabalhado apenas com as classes 1 e 3, as quais estão ligadas diretamente ao uso residencial e comercial, ou seja, estão diretamente ligados ao consumo privado independente de ações públicas.

Assim sendo foi realizado o levantamento da informação do consumo apenas nas edificações da quadra 11, conforme citado no item 3.3 Caracterização da Amostra, e com base no consumo anual destas edificações, realizou-se uma análise entre a produção de energia através de placas fotovoltaicas e o consumo energético, para o local de amostragem, e posteriormente feita uma média para a implantação em todas as edificações/unidades consumidoras de classe 1 e 3 de todo o distrito.

3.6 Tipologia das Edificações

A tipologia urbana caracteriza-se como sendo o estudo científico dos mais diversos elementos, signos e tipos que constituem o estilo arquitetônico de uma edificação, sendo este tipo de estudo interpretado como uma categorização aos estudos sistematizados de tipos elementares que venham a constituir uma regra dentro do ambiente urbano.

Contudo, verifica-se que não existe uma única definição sobre a tipologia construtiva, ao contrário, conforme Pereira (2015), onde verifica-se que o conceito de tipologia está relacionado com o tipo de investigação a ser realizada, assim sendo, “o tipo de investigação” caracteriza-se como sendo um instrumento de análise e não uma categoria.

Para a realização deste trabalho o quesito “tipologia das edificações”, abordou-se no âmbito de elementos, materiais, técnica construtiva e estado de conservação das edificações possui condições de comportar a instalação de placas fotovoltaicas em suas coberturas, se a inclinação das coberturas propiciam uma posição adequada para um maior aproveitamento do equipamento implantado, e comparar as informações levantadas *in loco* com as informações disponibilizadas pelo Município de Cascavel através do seu sistema de consulta de terrenos online chamado Geoportal (2015).

Assim sendo, todas as edificações da quadra 11 foram analisadas através de levantamento fotográfico e visual, e posteriormente as informações foram cruzadas com as disponíveis no Geoportal. Levou-se ainda em consideração a existência ou não de arborização de grande porte, que possam vir a afetar na captação de energia, através de levantamento de georeferenciamento com a utilização de GPS.

Também, analisou-se ao longo do dia a influência do sombreamento, tanto das edificações vizinhas, incidindo umas sobre as outras, assim como a das árvores no entorno das edificações. Essa análise ocorreu da seguinte maneira, através de registro fotográfico, nos horários das 8:00 Hrs da manhã, as 10:00 Hrs, 12:00 Hrs, 14:00, as 16:00 Hrs e por fim as 18:00 Hrs. Assim, foi analisado de forma adequada o ciclo solar e sua incidência sobre as edificações.

3.7 Dimensionamento do sistema Grid-Tie

Conforme descrita anteriormente no item 2.3.4, com a definição do sistema solar fotovoltaico para a geração de energia Grid-tie, assim sendo para a o dimensionamento das placas fotovoltaicas, a fim de tornar o Distrito de Rio do Salto autossuficiente na geração para o consumo próprio/edificações, será através da seguinte metodologia proposta por Ito et al. (2009), mesclada com a metodologia empregada pela empresa local denominada Master Solar (2015), conforme apresentada por e-mail pelo Sr. Danlei Alvarenga de Oliveira, responsável pelo setor de projetos:

Seguindo inicialmente a metodologia de Ito et al. (2009) para analisar a média mensal o levantamento de consumo energético dos meses de janeiro a dezembro do ano de 2014, de cada unidade consumidora da área de amostragem (quadra 11, conforme demonstrado 3.3 Característica da Amostra), levando em consideração assim as estações do ano, e a diferença no consumo energético da residência, expresso na grandeza de kWh/mês, e posteriormente fazer a média de consumo destes valores através da equação 02:

(Eq.02)

$$\Delta c = \frac{\sum tm}{12}$$

Onde:

- Δc é a variação/média de consumo expressa, Kwh/mês;

- \sum_{tm} é a somatória de todos os meses expressa, Kwh/mês; e

- 12 é o período de tempo expressa em meses.

Seguindo ainda as idéias de Ito et al. (2009), o cálculo da energia produzida pelo sistema com um painel fotovoltaico (kWh/dia), é feito através do cálculo de potência nominal a qual por sua vez é gerada a partir da radiação solar, que será necessária para o consumo médio diário, levando em consideração para cada unidade consumidora a ser instalada.

Para tanto, é necessário ter o valor correspondente ao consumo médio diário de energia da edificação, através da divisão do valor médio mensal pelo número de dias. Valor este correspondente ao consumo médio expresso em kWh/dia, demonstrado através da equação 03:

(Eq.03)

$$Kd = \Delta d / I$$

Onde:

- Kd é o índice de dimensionamento da placa fotovoltaica, m²;

- Δd é a variação/média de consumo diário, kWh/dia; e

- I corresponde a irradiação solar média diária, kWh/m²/dia.

O índice correspondente a irradiação solar é disponibilizado pela CRESESB, através de seu site, onde o seu programa online denominado SunData, desenvolvido para o dimensionamento de sistema fotovoltaicos para auxiliar no Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Município - PRODEEM, calcula automaticamente a irradiação solar diária e média mensal em qualquer lugar do território nacional, através da inserção de coordenadas geográficas do local, auxiliando/tornando-se uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, conforme demonstrado na Figura 10 abaixo:

Localidades próximas

Latitude: 24° S

Longitude: 53° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média (kWh/m ² .dia)																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Campo Mourao	Campo Mourão	PR	BRA	24° S	52,383055° O	62,7	5,56	5,56	5,17	4,25	3,72	3,33	3,64	3,89	4,36	5,36	6,08	5,89	4,73	2,75
<input checked="" type="checkbox"/>	Toledo	Toledo	PR	BRA	24,7° S	53,743055° O	108,4	5,67	5,83	5,25	4,58	3,81	3,11	3,61	3,92	4,14	5,44	5,86	6,39	4,80	3,28
<input checked="" type="checkbox"/>	Maringa	Maringá	PR	BRA	23,4° S	51,938611° O	127,1	5,44	5,75	5,31	4,36	3,89	3,00	3,75	4,14	4,11	5,36	5,86	6,11	4,76	3,11

Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas

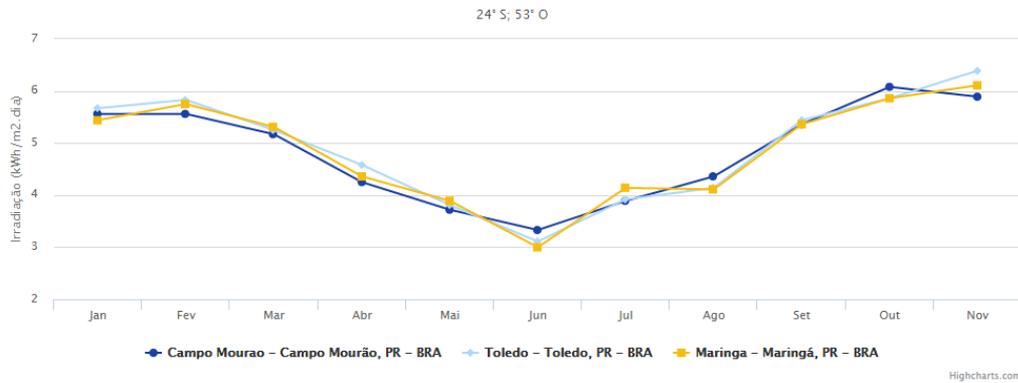


Figura 10: Irradiação Solar no Plano Horizontal para localidades próximas
Fonte: SUNDATA/CRESESB, 2015.

Contudo, para a realização do trabalho, levou-se em consideração os dados solamimétricos da empresa local Master Solar (2015), onde juntamente com a mesma e utilizando a metodologia de cálculo destes, os sistemas foram dimensionados levando em consideração a orientação solar de cada um dos telhados levantados, e considerando ainda a pior das hipóteses de posicionamento para assim atingir a melhor produção e micro geração fotovoltaica.

Assim, o resultado obtido para Kd, corresponde a área necessária para suprir a necessidade/demanda energética, isso apenas se for possível o aproveitamento total da radiação fornecida pelo sol.

Segundo a empresa local Master Solar (2015), para a cidade de Cascavel – PR, o índice solamimétrico médio é de 5,06 kWh/m²/dia, e ângulo de inclinação do módulo igual à latitude.

Sendo assim, esta a média solar adotada para a realização deste trabalho.

Para verificar a área em metros quadrados correspondente as áreas de cada módulo a ser instalado, convertendo em unidades (módulos fotovoltaicos), utilizou-se a metodologia da empresa Master Solar (2015), passamos a dimensionar a geração energética para cada uma das unidades consumidoras, ou seja, a potência instalada em kWp, conforme abaixo exemplificado:

Partindo do pressuposto que o sistema deverá gerar 350kWh/mês.

Desta forma, o primeiro passo é a conversão de (kWh/mês) para (Wh/mês) bastando apenas multiplicarmos por 1000 (k=1000):

$$\text{Ex: } 350 \text{ kWh/mês} = 350.000 \text{ Wh/mês}$$

Segundo passo, calcular o consumo que está medido em um mês, para o consumo médio de um dia para isto basta dividir a grandeza “mês” por 30, e teremos o consumo em “dia”, conforme demonstrado no exemplo a seguir:

$$\text{Ex: } 350.000 \text{ Wh}/30 = 11.666,66 \text{ Wh/dia.}$$

Seguindo ainda a metodologia da empresa Master Solar (2015), para que determinar a quantidade de módulos fotovoltaicos, se em um determinado dia o consumo médio de 11.666,66 Wh/dia, verificamos quantos módulos fotovoltaicos serão necessários para gerar esta potência, considerando uma radiação solar de 1000W/m² durante 5,06 h/dia, demonstrado no exemplo a seguir:

$$\text{Ex: Potência de placas necessária} = 11.666,7 \text{ Wh/dia} \div 5,06 \text{ h/dia} = 2.305,66\text{W}$$

$$\text{Assumindo Eficiência de 75\%: } 2.305,66/0,75 = 3.074,21 \text{ W}$$

Supondo que o módulo escolhido para o projeto seja de 255 W

$$\text{Quantidade de placas: } 3.074,21/255 = 12,055$$

Sendo, assim, necessários 12 módulos de 255 W

Portanto, teremos um sistema de 3,06kWp (12*255W)

Obs.: De acordo com a empresa local Master Solar (2015), a eficiência do Projeto Fotovoltaico (Performance Ratio): 75% (perdas na geração e transmissão de

potência), para tanto este será o coeficiente de produção admitido para cada placa fotovoltaica utilizada.

Com base nestes cálculos, foi realizado o orçamento dos equipamentos a serem instalados para cada uma das unidades consumidoras da área de amostragem, suprimindo suas demandas energéticas. Posteriormente a realização do estudo para as edificações pertinentes a área de amostra, foi realizada uma equivalência para todo o perímetro urbano do Distrito de Rio do Salto, para instalação do sistema de geração de energia fotovoltaico.

3.8 Levantamento de consumo energético nas residências da quadra 11

Para atingir o objetivo proposto de levantamento do consumo energético das várias unidades habitacionais/unidades consumidoras de energia, foram realizadas várias visitas a campo, no intuito de conversar pessoalmente todos os proprietários, moradores ou inquilinos das residências delimitadas para a pesquisa, conforme pode-se observar nas figuras 11 e 12 abaixo.



Figura 11: Abordagem em campo para levantamento dos dados das unidades consumidoras

Fonte: Autor, 2015



Figura 12: Verificação *in loco* dos padrões de entrada para identificar quantas Unidades Consumidoras há no lote.

Fonte: Autor, 2015

Assim sendo, as visitas ocorreram ao dentro o período do final do mês de março e início de abril, nos mais diversos dias da semana e horários, mais precisamente dentre os dias 23/03 a 10/04, conseguindo assim identificar todas as unidades consumidoras (UC) com seus respectivos números de UC, para posteriormente entrar em contato com a COPEL, e solicitar o histórico de consumo de energia destas edificações.

Após a identificação das UCs com seus respectivos números de identificação, foi entrado em contato novamente com a COPEL, através de e-mail com o Sr. Marcos Amorim Lopes, do Setor de Manutenção Cascavel – DMAOES, enviando lhe as informações coletas, solicitando lhe então o histórico de consumo destas edificações.

Em posse destas informações, pode-se destacar o consumo de cada habitação/UC no período respectivo para o ano de 2014, como demonstrado nas figuras 13 e 14 na seqüência, conforme citado anteriormente no item 3.5 Demanda mensal de energia no Distrito de Rio do Salto, pelo fato deste ano já apresentar o consumo dentro de todo ciclo climático do ano, ou seja, em todas as estações.

F5GQUAD0/SFICHCAD - FICHA CADASTRAL - v1.23												
Cliente: 19546284 - VITOR DILMAR KADES Documento: CPF 64352501972 RG: UF: Tot. C/R:												
Unidade Consumidora: 10881921 Empresa: 1300 - COPEL Logradouro: 132364 - R SETE SETEMBRO Complemento:				UC Anterior: 1109939 Localidade: 5920 - RIS Bairro: RIO DO SALTO Per. Final: -				Número: Trecho: 0001 CEP: 85824000				
Per. Inicial: - Situação da UC: LG - LIGADA em: 04-03-1993				Lig. Orig.: 04-03-1993 Inic. Rel.: 04-03-1993								
DADOS DA LEITURA Etapa: 01 Livro: 003297 Seq. de Leit.: 43 Tipo de Leitura: 05 - SIMULTA												
DADOS DE FATURAMENTO Arrecadação: 01 - INDEFIN Entrega: 01 - NA UC Classe Consumo: 4827 - SERV DE MANUT E REP MEC VEIC AUTOM Tipo Faturamento: 001 - BT E AT SEM RD Início de Faturamento: 05/05/2015 Consumo Est. (kWh): Sazonalidade: N Fator Potência: %Perdas: 0 Critério de Bxa. Renda: Rotina Func.:												
Grupo Tensão: B - BAIXA Subgrupo: 3 - OUTRAS Tipo de Tarifa: 01 - CONVENC												
DADOS TÉCNICOS Fase: TR - TRIFASI Fases Ligadas: ABCN- LIGADA NAS FASES: A, B e C + NEUTRO Carga Declarada(W): 1000 Tensão Mínima(V): 127 Tensão Máxima(V): 220 Posto de Transformação: Poste: Alimentador: Caixa:												
Histórico de Consumo						Dados de Leitura						
Orig.	Dt. Ref.	Dias	Faturado	Ftp.	Irreg.	Data Leitura	Equipamento	CON/AHR	Demanda	En. Reat.	Cste.	Dias
ANL	05/2012	30	226	000	000	04/05/2012	1300 MD 0961542815	38797			1	30
ANL	06/2012	31	237	000	000	04/06/2012	1300 MD 0961542815	39034			1	31
ANL	07/2012	30	240	000	000	04/07/2012	1300 MD 0961542815	39274			1	30
ANL	08/2012	30	226	000	000	03/08/2012	1300 MD 0961542815	39500			1	30
ANL	09/2012	32	251	000	000	04/09/2012	1300 MD 0961542815	39751			1	32
ANL	10/2012	30	230	000	000	04/10/2012	1300 MD 0961542815	39981			1	30
ANL	11/2012	34	292	000	000	07/11/2012	1300 MD 0961542815	40273			1	34
ANL	12/2012	26	208	000	000	03/12/2012	1300 MD 0961542815	40481			1	26
ANL	01/2013	31	275	000	000	03/01/2013	1300 MD 0961542815	40756			1	31
ANL	02/2013	30	244	000	000	02/02/2013	1300 MD 0961542815	41000			1	30
ANL	03/2013	30	229	000	000	04/03/2013	1300 MD 0961542815	41229			1	30
ANL	04/2013	29	248	000	000	02/04/2013	1300 MD 0961542815	41477			1	29
ANL	05/2013	31	251	000	000	03/05/2013	1300 MD 0961542815	41738			1	31
ANL	06/2013	32	257	000	000	04/06/2013	1300 MD 0961542815	41995			1	32
ANL	07/2013	30	243	000	000	04/07/2013	1300 MD 0961542815	42238			1	30
ANL	08/2013	29	256	000	000	02/08/2013	1300 MD 0961542815	42494			1	29
ANL	09/2013	33	277	000	000	04/09/2013	1300 MD 0961542815	42771			1	33
ANL	10/2013	29	264	000	000	03/10/2013	1300 MD 0961542815	43035			1	29
ANL	11/2013	32	267	000	000	04/11/2013	1300 MD 0961542815	43302			1	32
ANL	12/2013	29	269	000	000	03/12/2013	1300 MD 0961542815	43571			1	29
ANL	01/2014	31	346	000	000	03/01/2014	1300 MD 0961542815	43917			1	31
ANL	02/2014	32	347	000	000	04/02/2014	1300 MD 0961542815	44264			1	32
ANL	03/2014	27	299	000	000	03/03/2014	1300 MD 0961542815	44563			1	27
ANL	04/2014	29	296	000	000	01/04/2014	1300 MD 0961542815	44859			1	29
ANL	05/2014	31	309	000	000	02/05/2014	1300 MD 0961542815	45168			1	31
ANL	06/2014	31	309	000	000	02/06/2014	1300 MD 0961542815	45477			1	31
ANL	07/2014	29	295	000	000	01/07/2014	1300 MD 0961542815	45772			1	29
ANL	08/2014	31	298	000	000	01/08/2014	1300 MD 0961542815	46070			1	31
ANL	09/2014	31	292	000	000	01/09/2014	1300 MD 0961542815	46362			1	31
ANL	10/2014	30	251	000	000	01/10/2014	1300 MD 0961542815	46613			1	30
ANL	11/2014	31	301	000	000	01/11/2014	1300 MD 0961542815	46914			1	31
ANL	12/2014	30	280	000	000	01/12/2014	1300 MD 0961542815	47194			1	30
ANL	01/2015	32	356	000	000	02/01/2015	1300 MD 0961542815	47550			1	32
ANL	02/2015	31	317	000	000	02/02/2015	1300 MD 0961542815	47867			1	31
ANL	03/2015	29	244	000	000	03/03/2015	1300 MD 0961542815	48111			1	29
ANL	04/2015	29	268	000	000	01/04/2015	1300 MD 0961542815	48379			1	29
ANL	05/2015	33	282	000	000	04/05/2015	1300 MD 0961542815	48661			1	33

Figura 13: Ficha cadastral de consumo residencial
(Histórico de consumo energético)

Fonte: COPEL, 2015

ANL	10/2013	29	264	000	04/11/2013	1300	MD 0961542815	43302	1	32
ANL	11/2013	32	267	000	03/12/2013	1300	MD 0961542815	43571	1	29
ANL	12/2013	29	269	000	03/01/2014	1300	MD 0961542815	43917	1	31
ANL	01/2014	31	346	000	04/02/2014	1300	MD 0961542815	44264	1	32
ANL	02/2014	32	347	000	03/03/2014	1300	MD 0961542815	44563	1	27
ANL	03/2014	27	299	000	01/04/2014	1300	MD 0961542815	44859	1	29
ANL	04/2014	29	296	000	02/05/2014	1300	MD 0961542815	45168	1	31
ANL	05/2014	31	309	000	02/06/2014	1300	MD 0961542815	45477	1	31
ANL	06/2014	31	309	000	01/07/2014	1300	MD 0961542815	45772	1	29
ANL	07/2014	29	295	000	01/08/2014	1300	MD 0961542815	46070	1	31
ANL	08/2014	31	298	000	01/09/2014	1300	MD 0961542815	46362	1	31
ANL	09/2014	31	292	000	01/10/2014	1300	MD 0961542815	46613	1	30
ANL	10/2014	30	251	000	01/11/2014	1300	MD 0961542815	46914	1	31
ANL	11/2014	31	301	000	01/12/2014	1300	MD 0961542815	47194	1	30
ANL	12/2014	30	280	000	02/01/2015	1300	MD 0961542815	47550	1	32
ANL	01/2015	32	356	000	02/02/2015	1300	MD 0961542815	47857	1	31
ANL	02/2015	31	317	000	03/03/2015	1300	MD 0961542815	48111	1	29

Figura 14: Demonstrativo de ano de referencia para cálculo

Fonte: COPEL, 2015

Com base nestas informações foram realizados os cálculos para análise da viabilidade de consumo energético das edificações.

3.9 Análise de viabilidade econômica

O sistema de geração de energia fotovoltaico, ainda é um sistema que possui um custo elevado, contudo, segundo Pintão (2012), o valor do sistema fotovoltaico está diretamente/proporcionalmente ligado ao tamanho de sua área de captação e aos equipamentos optados, desta maneira dependem da quantidade de energia a ser gerada e as características do local de implantação, podendo assim custar entre 7.000 e 15.000 R\$/kWp, produzido.

Assim, para a realização desta análise de viabilidade econômica, para a implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaico para as edificações próprias no distrito rural de Rio do Salto, foi realizada com base nos conceitos de Análise de Investimentos.

Este tipo de análise consiste em realizar estimativas entorno de todos os gastos relacionados com o investimento inicial para a implantação do produto, neste caso sistema fotovoltaico para a geração de energia, incluindo também os gastos com operação, manutenção e receitas geradas por um determinado período de tempo, para que desta forma possa ser montado um fluxo de caixa para determinar os indicadores econômicos deste sistema.

Como não fora encontrado nenhuma metodologia específica para a análise econômica deste tipo de sistema, com produção para consumo e venda do excedente para concessionária de energia local (neste caso a COPEL, concessionária de energia do Estado do Paraná), até o presente momento.

Assim, será utilizado o padrão de Análise de investimento da ABRAVA (2008), o qual foi desenvolvido para “Sistemas de Aquecimento Solar de Água”. Esta metodologia de análise utiliza três métodos para a determinação da viabilidade de investimento e de tomada de decisões, sendo estes:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- *Pay Back* Descontado (PBD); e
- Taxa Interna de Retorno (TIR).

Contudo, para a realização deste trabalho optou-se apenas pela realização do *payback* descontado contando com uma taxa de juros de 8% ao ano, como forma de análise de viabilidade econômica.

3.10 Tratamento dos dados

Com a realização da coleta de dados, os mesmos foram lançados/digitalizados no *software* livre *BrOffice* 4.1.1, o qual trata-se de uma versão brasileiro do *OpenOffice*, através do aplicativo *Calc*, o qual assemelha-se ao *software* da *Microsoft Excel* versão 2007.

Neste aplicativo os dados foram organizados, calculados e por fim exibidos através de planilhas e gráficos, afim de ilustrar e sintetizar as informações propostas neste trabalho.

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresenta-se os resultados e discussões do levantamento das edificações e da demanda mensal de energia no distrito de Rio do Salto, a fim de dimensionar o sistema de geração fotovoltaico eficiente no intuito de tornar o local auto suficiente na geração de energia.

4.1 Levantamento de campo e análise de viabilidade econômica

4.1.1 Levantamento de campo e análise do consumo energético do local

Os dados de consumo energético analisados para a quadra número 11 do distrito rural de Rio do Salto na área rural da Cidade de Cascavel - PR, foram coletados no ano base de 2014, podendo assim avaliar o consumo durante o período de um ano todo e verificando a média de consumo para todos os meses e estações do ano.

Assim sendo, a tabela 08 apresenta o consumo por lote, baseado na quantidade de unidades consumidoras existentes dentro de cada lote, com o seu respectivo número de moradores, seu consumo anual e sua média de consumo no ano.

Tabela 08 – Consumo por Unidade Consumidora/Lote

Lote	Classe de consumo	Grupo tensão	Tipo de tarifa	Fase	Período de tempo - Ano base 2014												
					Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
18	Res. 01	Comercial	Baixa	01-Conv.	Tri	346	347	299	296	309	309	295	298	292	251	301	280
	Res. 03	Residencial	Baixa	01-Conv.	Tri	212	159	156	173	142	100	100	183	185	176	244	163
17	Res. 31	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	105	121	79	81	72	80	67	83	81	114	144	132
	Res. 21	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	308	315	243	228	232	204	189	205	206	229	358	311
	Res. 28	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	169	170	193	156	159	131	106	123	111	115	157	137
16	Res. 18	Comercial	Baixa	01-Conv.	Mono	38	48	37	33	30	30	30	30	30	30	58	36
	Res. 02	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	36	40	32	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Res. 26	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	77	93	98	102	90	97	93	85	78	69	87	79
	Res. 06	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	75	78	55	54	55	38	56	48	56	54	65	61
15	Res. 07	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	30	50	91	101	120	127	118	134	133	132	137	130
	Res. 04	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	250	203	213	230	190	201	181	208	208	170	208	192
14	Res. 08	Baixa Renda	Baixa	01-Conv.	Mono	114	116	96	97	102	90	81	90	87	95	109	109
13	Res. 12	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	205	207	104	131	131	134	132	138	130	124	206	212
12	Res. 16	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	185	179	143	140	119	113	96	102	111	118	151	132
	Res. 13	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	153	162	119	129	116	93	81	77	197	155	193	186
	Res. 17	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	146	164	136	147	149	141	131	136	138	146	157	137
11	Res. 35	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	185	179	143	140	119	113	96	102	111	118	151	132
	Res. 15	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	74	66	66	66	30	58	63	106	57	46	70	60
	Res. 09	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	65	68	49	61	49	48	38	43	39	60	52	47
	Res. 27	Comercial	Baixa	01-Conv.	Bif	424	419	360	363	373	342	302	345	346	370	405	353
10	Res. 33	Comercial	Baixa	01-Conv.	Bif	Não possui dados correspondentes ao período de análise											
	Res. 10	Baixa Renda	Baixa	01-Conv.	Mono	88	94	78	76	82	77	72	82	84	77	90	91
9	Res. 05	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	28	66	57	54	50	50	50	50	50	50	113	54
8	Res. 30	Comercial	Baixa	01-Conv.	Tri	131	122	235	100	100	100	100	115	117	100	100	100
	Res. 32	Residencial	Baixa	01-Conv.	Tri	129	134	120	121	117	105	113	118	148	180	177	122
	Res. 19	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	99	110	92	91	101	89	89	89	93	53	159	97
7	Res. 29	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	163	176	167	167	191	187	184	175	181	177	218	202
6	Res. 36	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	146	164	136	147	149	141	131	136	138	146	157	137
	Res. 22	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	92	93	77	78	86	77	65	72	71	80	92	84
5	Res. 23	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	185	217	179	181	176	165	156	160	167	163	188	176
	Res. 11	Comercial	Baixa	01-Conv.	Mono	Não possui dados correspondentes ao período de análise											
	Res. 24	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	184	202	167	160	186	177	151	145	139	116	171	181
4	Res. 25	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	186	171	63	50	50	123	118	50	65	67	57	56
3	Res. 14	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	117	169	153	167	181	172	164	171	197	234	220	216
	Res. 20	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	343	328	277	308	289	311	275	315	344	328	256	235
1 e 2	Res. 34	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	186	191	162	148	150	153	146	167	161	155	176	164

Fonte: Autor, 2015

Como dito anteriormente, o ano base optado para a análise foi o de 2014, além dos fatos supracitados, durante o levantamento de campo, verificou-se que os proprietários criaram muitos imóveis para locação e/ou para a moradia de mais familiares, assim justificando o caso de existirem inúmeros imóveis dentro de um mesmo lote.

Com base neste apontamento e na tabela 08, optou-se para a realização da análise de viabilidade econômica a implantação de sistemas fotovoltaicos para o lote e não para a unidade consumidora independente.

Motivo este observado facilmente, onde pode-se verificar que o consumo individual para cada unidade consumidora muitas vezes é muito baixo, desta forma não justificando a implantação do sistema independente para cada unidade. Assim sendo, optou-se pela implantação do sistema para todas as unidades consumidores existentes no lote, apoiando-se no critério de que para que exista mais de uma edificação em um lote faz-se necessária a criação de condomínio, conforme previsto no Código Civil Art. 1332/88, assim como na Lei Federal 4591/64.

Assim sendo, alienado ao fato de que atrelado a normativa da Resolução Normativa 414/2010 da ANEEL, onde no Capítulo 1 em seu Art. 2º parágrafo III, dispõe que pode haver o sistema de compensação de energia através de uma unidade consumidora com microrregião distribuída, sendo esta geração cedida para a distribuidora e posteriormente compensada através do consumo de outras unidades consumidoras que possuam a mesma titularidade, desde que as mesmas possuam cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

Desta forma, a proposta para a realização deste trabalho, apoiando-se na lei de condomínios e na normativa da ANEEL, propôs-se a desenvolver a microgeração para cada lote, e vincular em um único CPF, sendo ele o proprietário dos imóveis.

4.2 Demanda energética para cada lote

Conforme descrito anteriormente, partindo do pressuposto da unificação da microgeração para cada lote individualizado, exceto para os lotes 1 e 2, onde existe apenas uma residência, a aplicação da metodologia resume-se ao demonstrado na tabela 09, a seguir:

Tabela 09 – Análise dos dados coletados

Lote		Classe de consumo	Grupo tensão	Tipo de tarifa	Fase	Somatória do consumo	Média de consumo mês	Energia a ser produzida		
								Média dia	Potencia instalada kWp	Quantidade de módulos
18	Res. 01	Comercial	Baixa	01-Conv.	Tri	5616	468	15,6	3,90	15,29
	Res. 03	Residencial	Baixa	01-Conv.	Tri					
17	Res. 31	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	5914	492,83	16,43	4,11	16,11
	Res. 21	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif					
	Res. 28	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif					
16	Res. 18	Comercial	Baixa	01-Conv.	Mono	3854	321,17	10,71	2,68	10,50
	Res. 02	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 26	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 06	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
15	Res. 04	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	2454	204,5	6,82	1,70	6,68
14	Res. 08	Baixa Renda	Baixa	01-Conv.	Mono	1186	98,83	3,29	0,82	3,23
13	Res. 12	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	1854	154,5	5,15	1,29	5,05
12	Res. 16	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	4978	414,83	13,83	3,46	13,56
	Res. 13	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 17	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
11	Res. 35	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	7372,00	614,33	20,48	5,12	20,08
	Res. 15	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 09	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 27	Comercial	Baixa	01-Conv.	Bif					
	Res. 33	Comercial	Baixa	01-Conv.	Bif					
10	Res. 10	Baixa Renda	Baixa	01-Conv.	Mono	991	82,58	2,75	0,69	2,70
9	Res. 05	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	672	56	1,87	0,47	1,83
8	Res. 30	Comercial	Baixa	01-Conv.	Tri	4166	347,17	11,57	2,89	11,35
	Res. 32	Residencial	Baixa	01-Conv.	Tri					
	Res. 19	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
7	Res. 29	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	2188	182,33	6,08	1,52	5,96
6	Res. 36	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	1728	144	4,80	1,20	4,71
5	Res. 22	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	5059	421,58	14,05	3,51	13,78
	Res. 23	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 11	Comercial	Baixa	01-Conv.	Mono					
	Res. 24	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono					
4	Res. 25	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif	1056	88	2,93	0,73	2,88
3	Res. 14	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	5770	480,83	16,03	4,01	15,71
	Res. 20	Residencial	Baixa	01-Conv.	Bif					
1 e 2	Res. 34	Residencial	Baixa	01-Conv.	Mono	1959	163,25	5,44	1,36	5,33

Fonte: Autor, 2015

Assim sendo, com base nos dados, confirma-se que a viabilidade de implantação de um sistema fotovoltaico, começa a demonstrar-se vantajoso a partir do momento que o mesmo é implantado para um conjunto de residências, fator este explicitamente demonstrado e identificado na somatória dos valores, e na média de consumo mensal, pois em sua maioria ainda são baixos para justificar a implantação de conjuntos fotovoltaicos para residências isoladas.

Outro fator determinante é oriundo de uma observação bem simples, a de que, para que seja viável a instalação de um sistema fotovoltaico, a residência no mínimo deve possuir instalação elétrica bifásica, contudo, para solucionar este problema, seria necessária a adaptação de apenas uma edificação para comportar a instalação do sistema, e posteriormente através do critério da ANEEL de compensação, compensar os gastos das demais residências, utilizando-se do sistema condominal e colocação de todas as faturas em um único CPF ou CNPJ.

4.3 Equipamentos instalados

Para a concepção de uma proposta projetual e de orçamento junto a empresa local Master Solar, utilizou-se a NTC-905200/14 - Normas Técnicas Copel (2014), onde são estabelecidas as normas, equipamentos, tipos de ligação, especificações técnicas e de projeto, para que se possa desenvolver um projeto de micro e mini geração de energia para residências.

Após esta elaboração da proposta projetual, buscou-se junto ao site da COPEL (2015), a lista de materiais homologados pela concessionária para implementar os sistemas fotovoltaicos para a micro/mini geração de energia, interligado à rede de concessionária no sistema de compensação de energia (grid tie), para edificações.

Desta forma o orçamento e foi feito com base nos cálculos e obedecendo os materiais homologados pela concessionária, conforme podemos observar na integra no Anexo C, apresentado pela empresa.

Na tabela 10, a seguir, pode-se observar o resumo do quantitativo de equipamentos utilizados para a instalação do sistema fotovoltaico residencial, estipulados por lotes e/ou ocupação do terreno.

Tabela 10 - Resumo de equipamentos utilizados nos sistemas fotovoltaicos residenciais

Planilha de Resumo de equipamentos					
Lotes	Inversor	Módulos fotovoltaicos	String Box	Quadro de proteção AC	Acessórios, serviços e projetos
Lote 01 e 02	1	6	1	1	1
Lote 03	1	14	1	1	1
Lote 04	1	6	1	1	1
Lote 05	1	12	1	1	1
Lote 06	1	6	1	1	1
Lote 07	1	6	1	1	1
Lote 08	1	12	1	1	1
Lote 09	Não viável para a implantação de sistema fotovoltaico				
Lote 10	1	6	1	1	1
Lote 11	1	16	1	1	1
Lote 12	1	12	1	1	1
Lote 13	1	6	1	1	1
Lote 14	1	6	1	1	1
Lote 15	1	6	1	1	1
Lote 16	1	8	1	1	1
Lote 17	1	14	1	1	1
Lote 18	1	14	1	1	1

Fonte: Autor, 2015

Conforme demonstrado na tabela acima, esclarece-se que os kits oferecidos pela empresa local são vendidos em números pares, não sendo adequados para cada situação.

Assim sendo, verifica-se de uma maneira geral que a variação de equipamento ocorre apenas no número de placas fotovoltaicas para a geração de energia, no que se remete aos demais equipamentos de todo conjunto fotovoltaico, a única diferença é de que a capacidade/carga com a qual eles trabalham é maior conforme a quantidade de painéis e/ou geração de energia.

Outro detalhe observado ao desenvolver o projeto e orçamento junto à empresa local, e de que a mesma trabalha com o que podemos denominar kits de geração fotovoltaicos, pois observando na planilha verifica-se que em muitos casos os números de placas fotovoltaicas se repetem, e ao analisar as especificações técnicas nos orçamentos apresentados pela mesma, verifica-se que as especificações técnicas dos equipamentos utilizados são padrão conforme a demanda a ser gerada para cada unidade consumidora, e/ou conjunto de unidades consumidoras.

4.4 Análise de viabilidade econômica

Para a realização da análise do Payback, entrou-se em contato com a empresa Master Solar, localizada na cidade de Cascavel – Pr, onde a mesma desenvolveu e disponibilizou para a realização deste trabalho seus orçamentos, onde os quais encontram-se na íntegra no Anexo B.

A análise foi realizada para o período de 25 anos, tempo correspondente à vida útil dos equipamentos do sistema fotovoltaico, considerando ainda a redução da taxa de produtividade de 0,5% ao ano conforme os dados do fabricante.

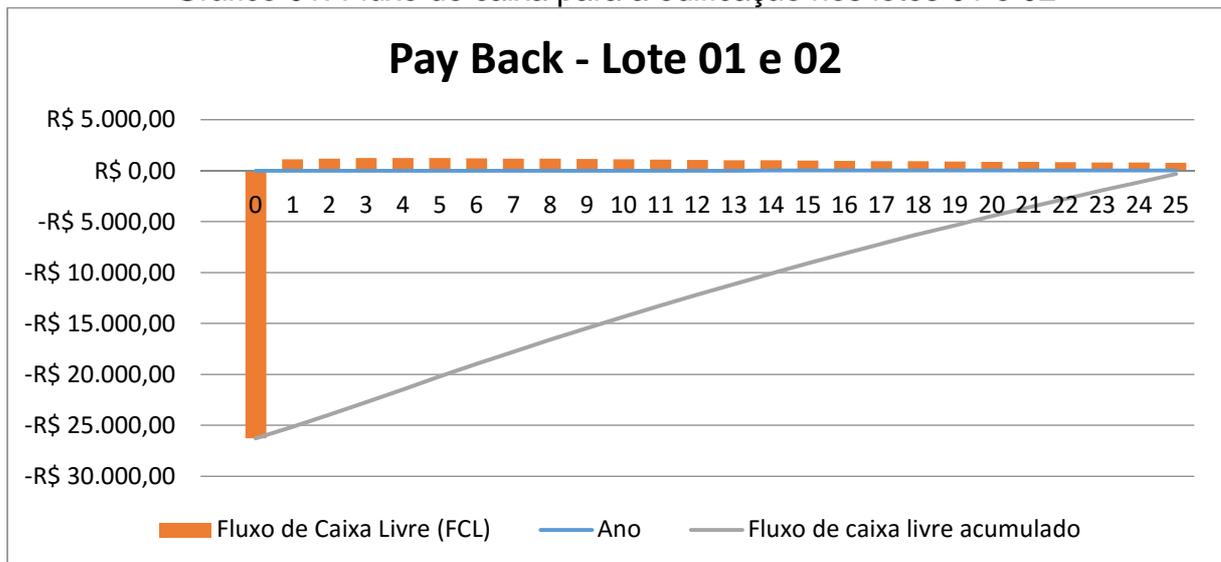
A taxa de juros para o reajuste da energia, conforme o Jornal O Globo, 2015, foi considerada de 15% para o ano de 2016, prevendo uma redução de 2,5% para os anos subsequentes, sendo de 12,5% para 2017, 10% para 2018, para 2019 prevendo uma redução de 2%, prevendo-se assim um reajuste de 8%, e finalmente estabilizando a uma média de 5,5% partindo do ano de 2020 até 2039.

Assim sendo com base nos valores fornecidos pela empresa, foram realizadas 17 análises econômicas a fim de verificar a viabilidade para a implantação em cada

um destes lotes. Vale ressaltar de que os lotes 01 e 02 desta quadra possuem uma casa única em meio aos dois lotes como pode se verificar na figura 08, anteriormente apresentada.

Os gráficos a seguir de 01 a 18 apresentam o fluxo de caixa para análise de viabilidade econômica para a avaliação de cada um dos lotes, e/ou conjunto de unidades consumidoras analisadas.

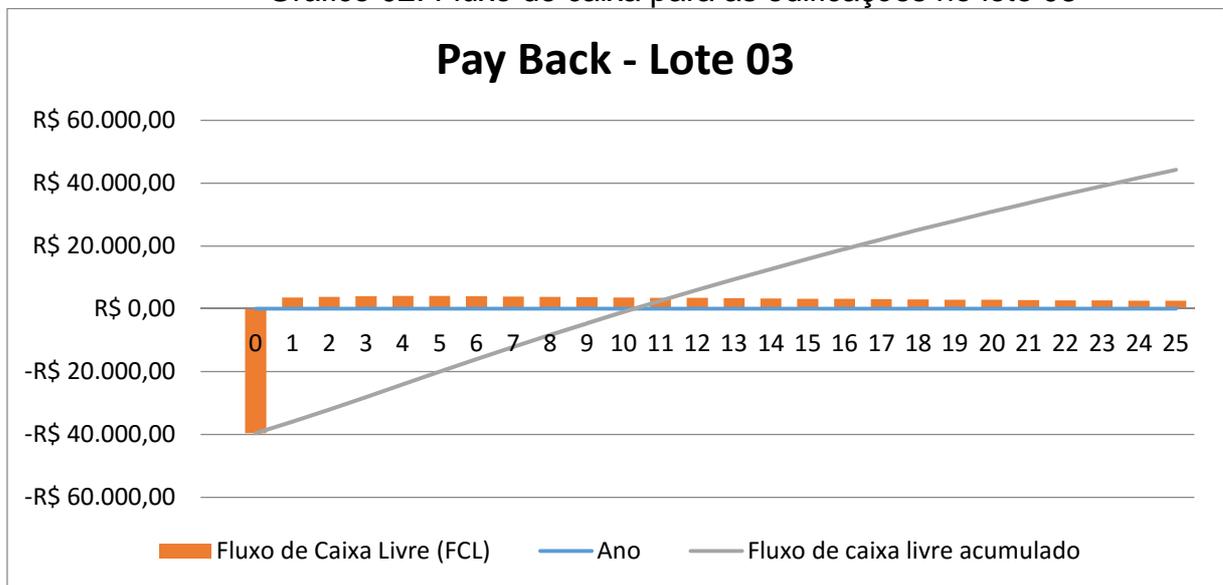
Gráfico 01: Fluxo de caixa para a edificação nos lotes 01 e 02



A análise econômica feita para estes lotes onde os mesmos possuem uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 329,60.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente interessante.

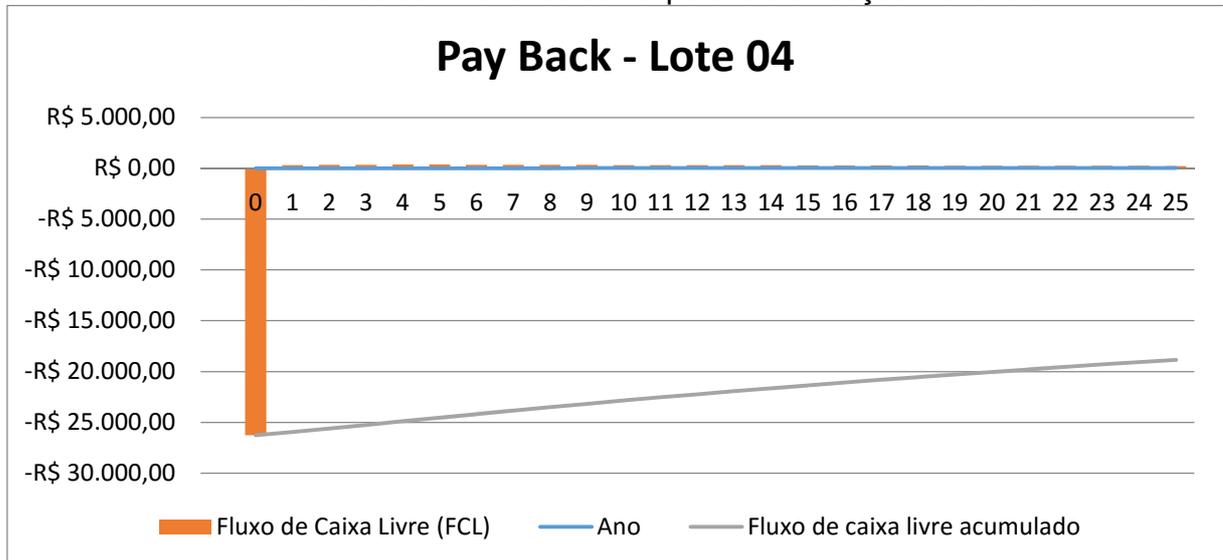
Gráfico 02: Fluxo de caixa para as edificações no lote 03



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui duas unidades consumidoras, apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 39.562,00, tendo como tempo de retorno previsto 10 anos e 4 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 44.266,66.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

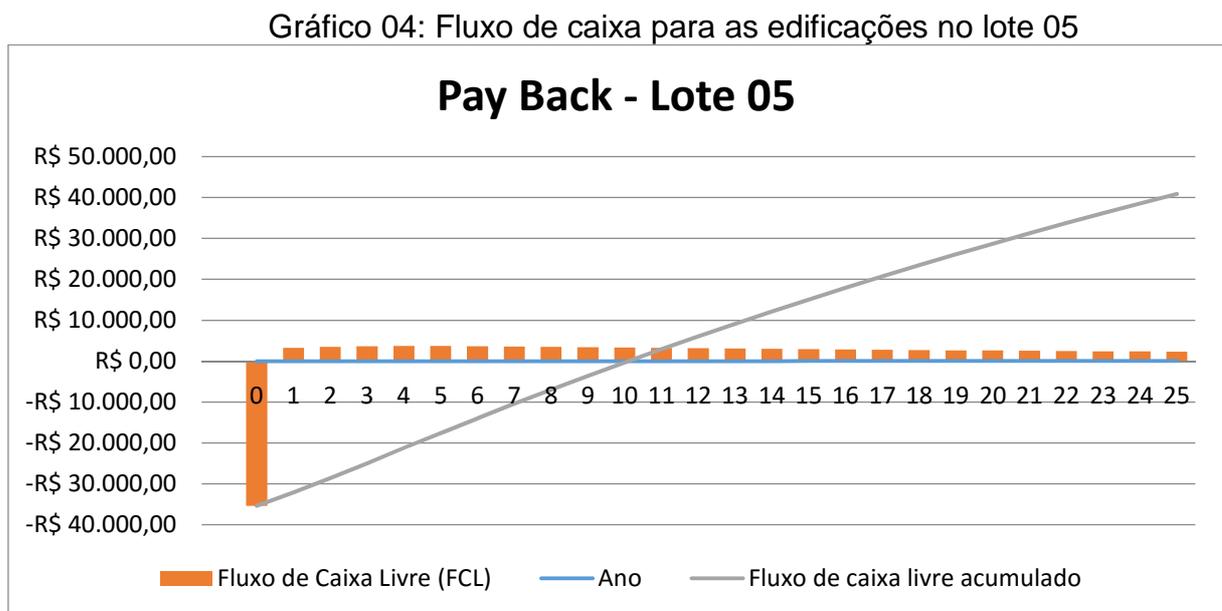
Gráfico 03: Fluxo de caixa para a edificação no lote 04



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$

26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 18.849,99.

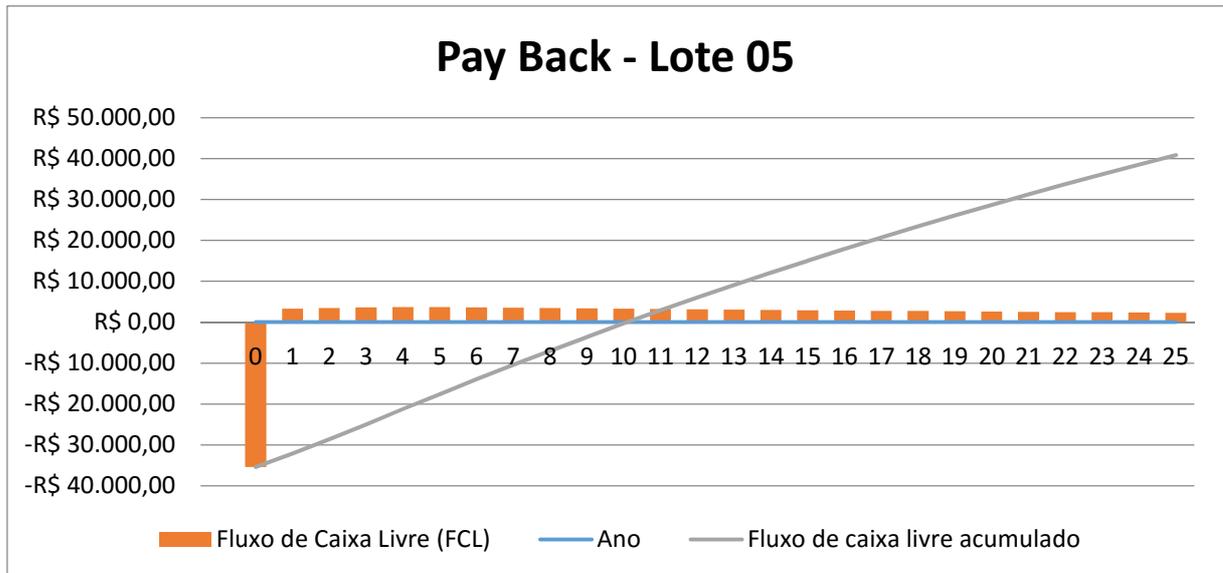
A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente inviável.



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui quatro unidades consumidoras, apresentam um valor inicial de investimento de R\$ 35.377,00, tendo como tempo de retorno previsto 10 anos e 2 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 40.848,59.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

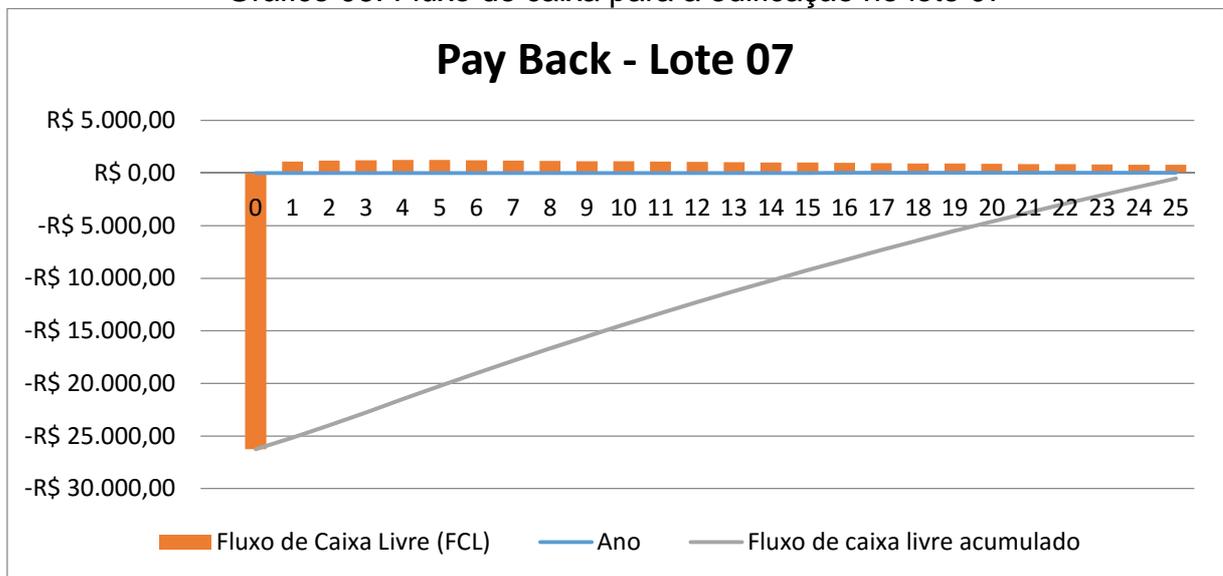
Gráfico 05: Fluxo de caixa para a edificação no lote 06



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 4.033,66.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente inviável.

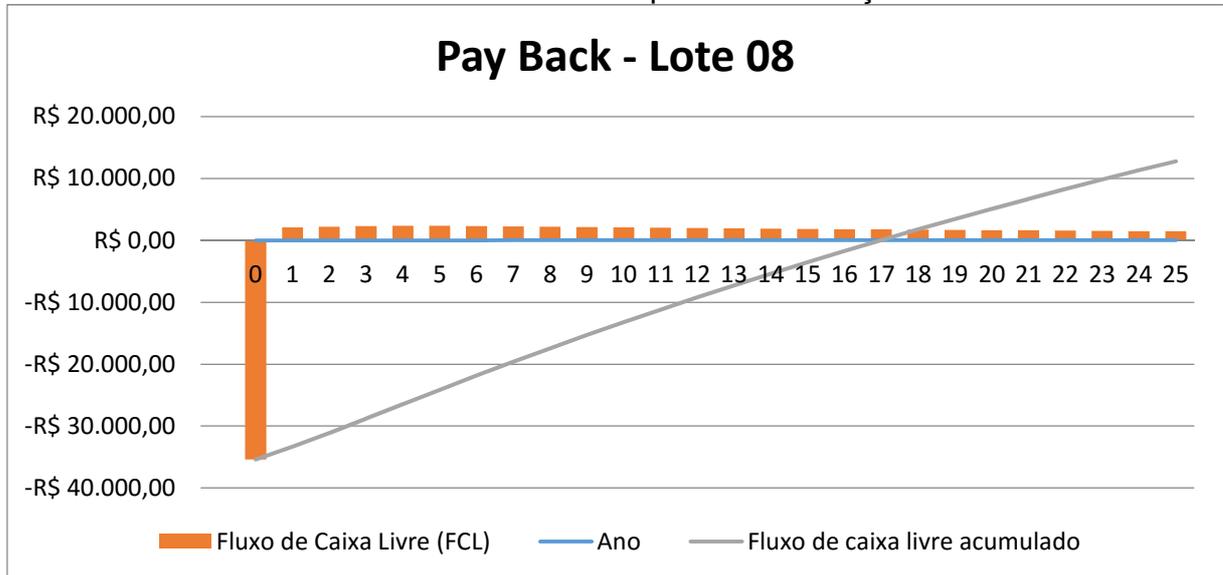
Gráfico 06: Fluxo de caixa para a edificação no lote 07



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 524,55.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente interessante.

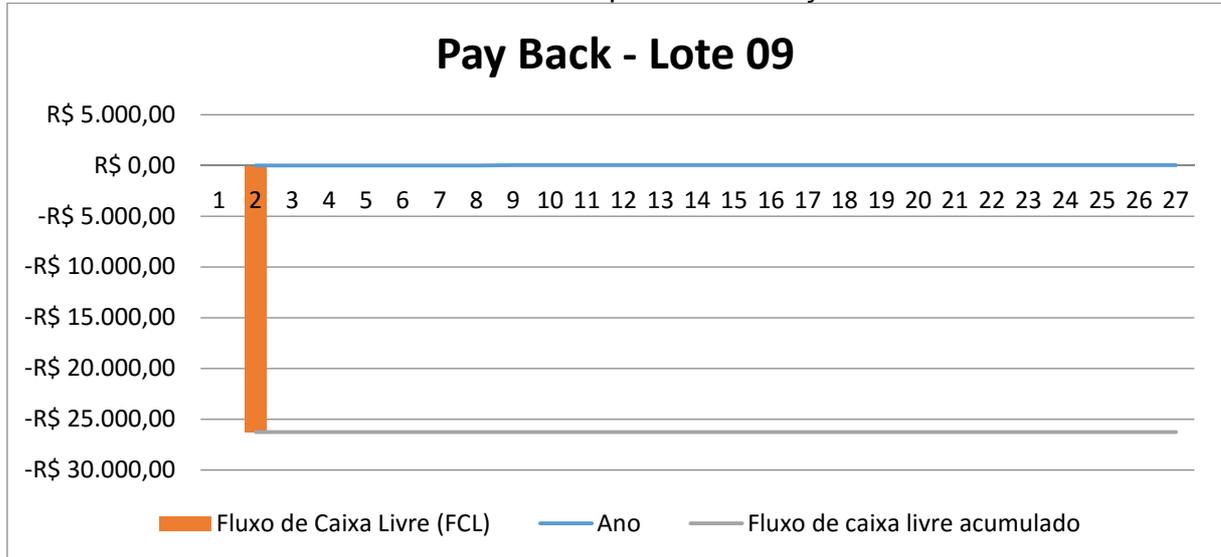
Gráfico 07: Fluxo de caixa para as edificações no lote 08



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui três unidades consumidoras, apresentam um valor inicial de investimento de R\$ 35.377,00, tendo como tempo de retorno previsto 16 anos e 9 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 12.775,74.

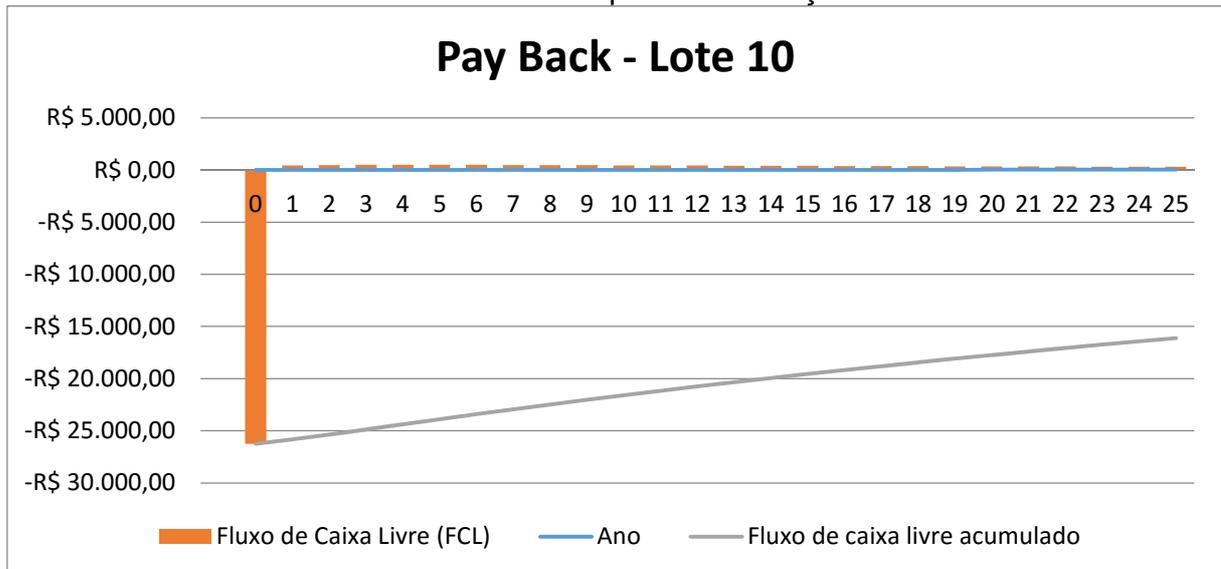
A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

Gráfico 08: Fluxo de caixa para a edificação no lote 09



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada, contudo o consumo energético é igual ou inferior ao consumo mínimo (custo de disponibilidade) que você terá que pagar mensalmente a sua distribuidora, conforme os valores as taxas mínimas estipuladas para o tipo da sua conexão (bifásico: 50 kWh), conforme estipulado na Resolução Normativa 414/2010 da Aneel (Art. 98).

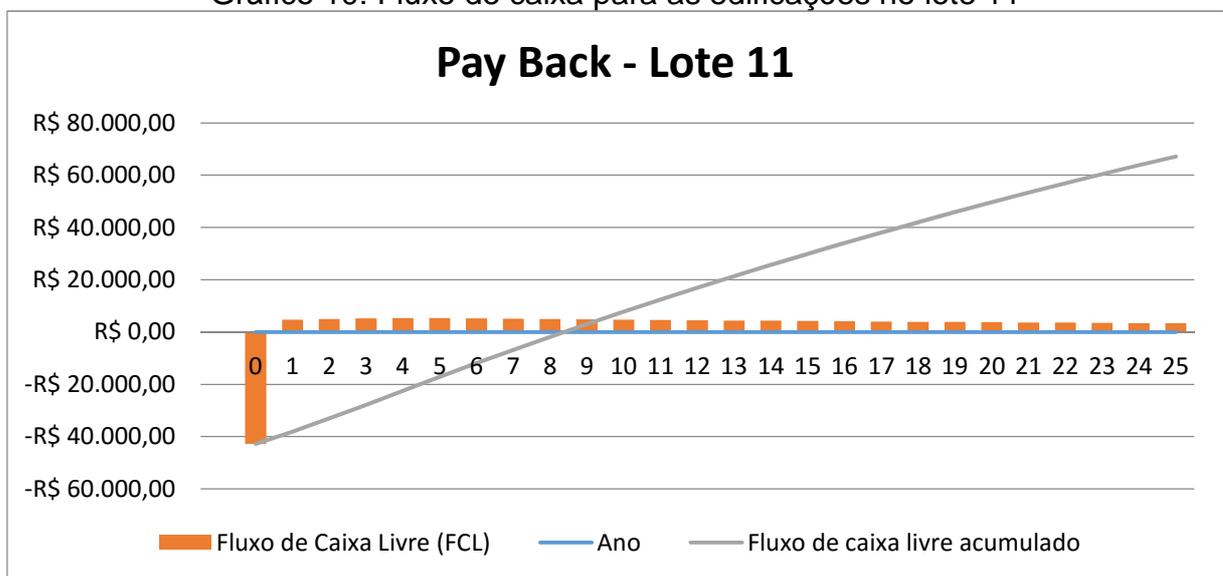
Gráfico 09: Fluxo de caixa para a edificação no lote 10



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 16.120,58.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente inviável.

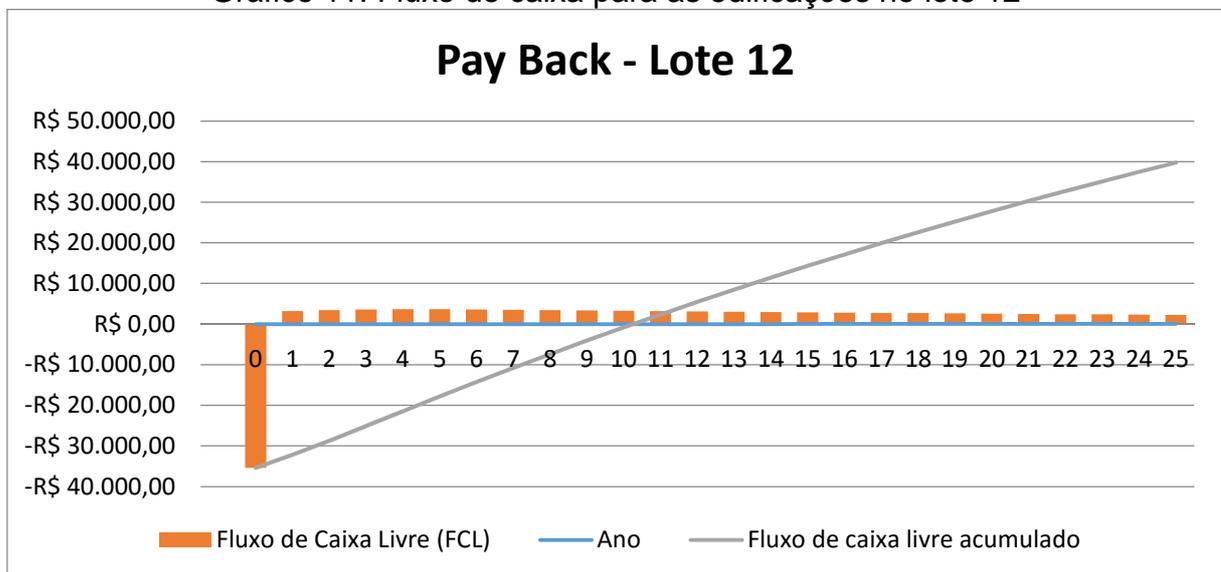
Gráfico 10: Fluxo de caixa para as edificações no lote 11



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui cinco unidades consumidoras, apresentam um valor inicial de investimento de R\$ 42.800,00, tendo como tempo de retorno previsto 8 anos e 3 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 67.152,01.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

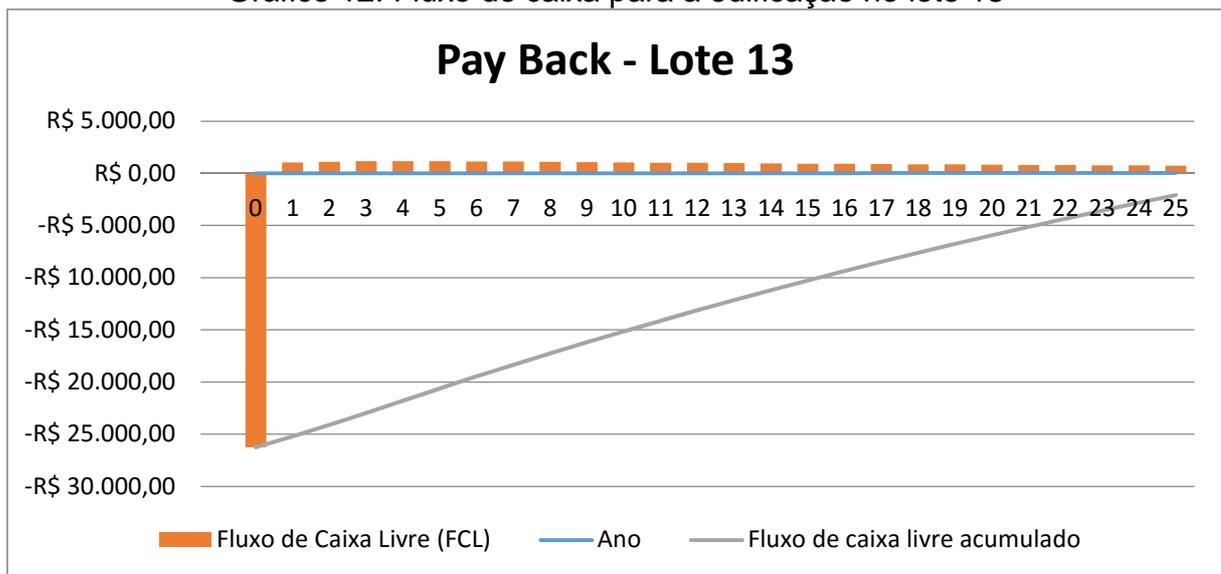
Gráfico 11: Fluxo de caixa para as edificações no lote 12



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui três unidades consumidoras, apresentam um valor inicial de investimento de R\$ 35.380,00, tendo como tempo de retorno previsto 11 anos e 4 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 39.773,37.

A análise elaborada através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

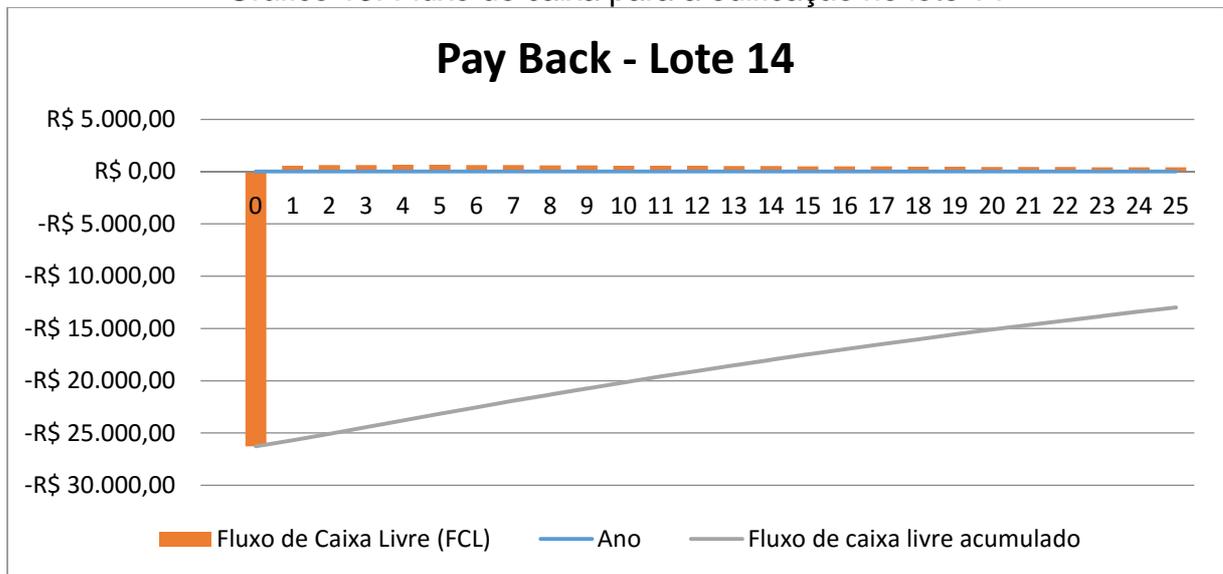
Gráfico 12: Fluxo de caixa para a edificação no lote 13



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 2.084,15.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente inviável.

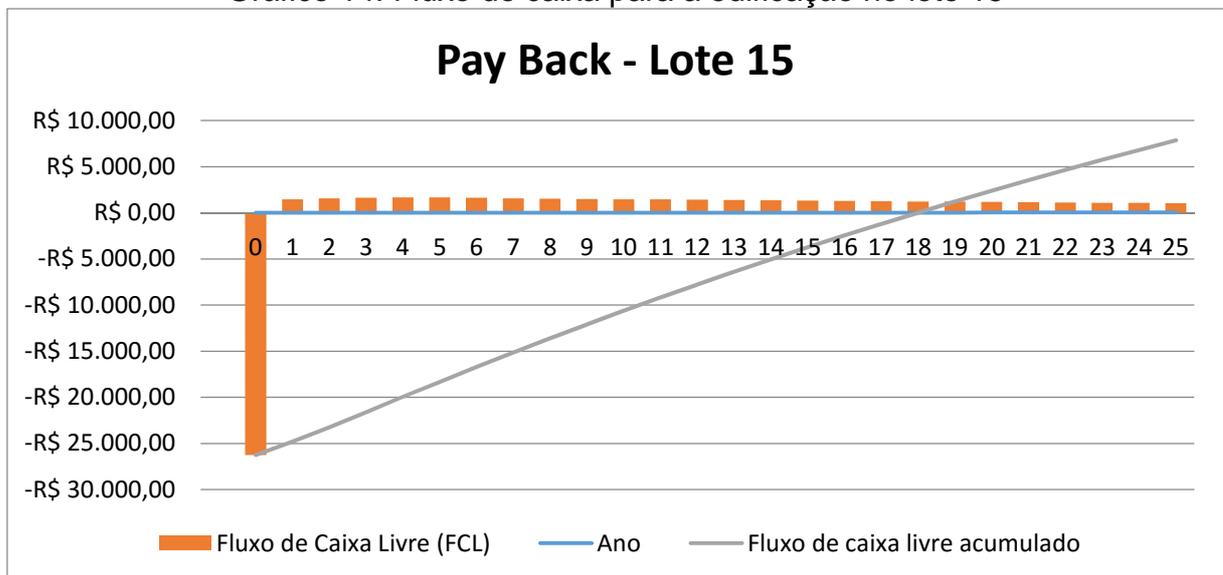
Gráfico 13: Fluxo de caixa para a edificação no lote 14



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 26.258,00, não havendo retorno para o período de 25 anos conforme o estipulado, apresentando um déficit no final do período de R\$ 13.001,38.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente inviável.

Gráfico 14: Fluxo de caixa para a edificação no lote 15

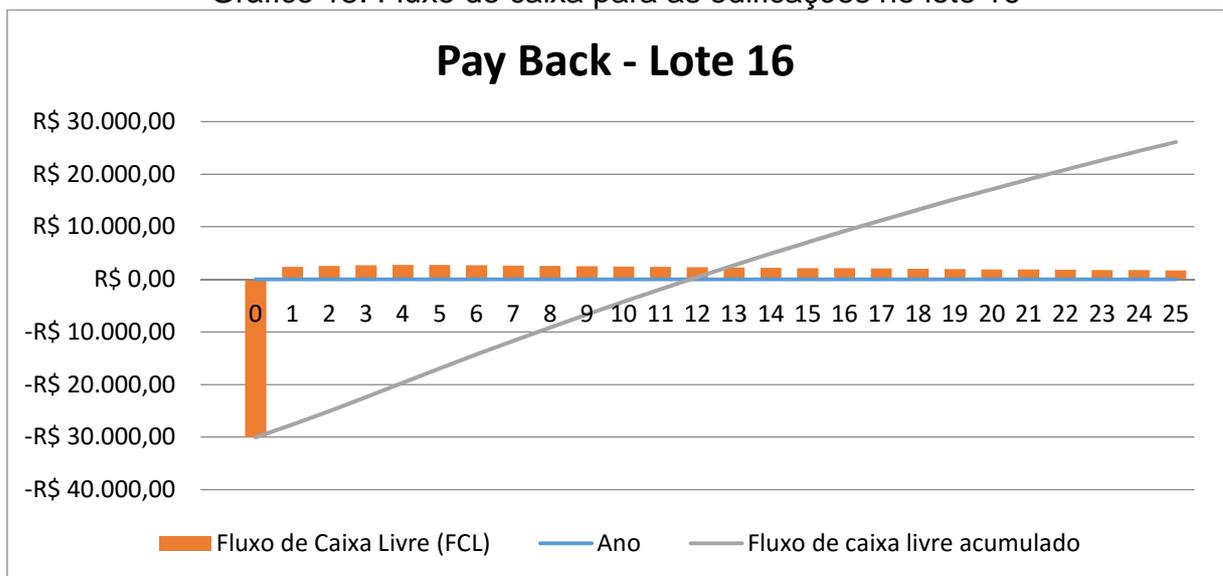


A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui uma unidade consumidora única e isolada, apresentam um valor inicial de investimento de R\$

26.258,00, tendo como tempo de retorno previsto 7 anos e 11 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 7.842,06.

A análise elaborada através do Payback demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente interessante.

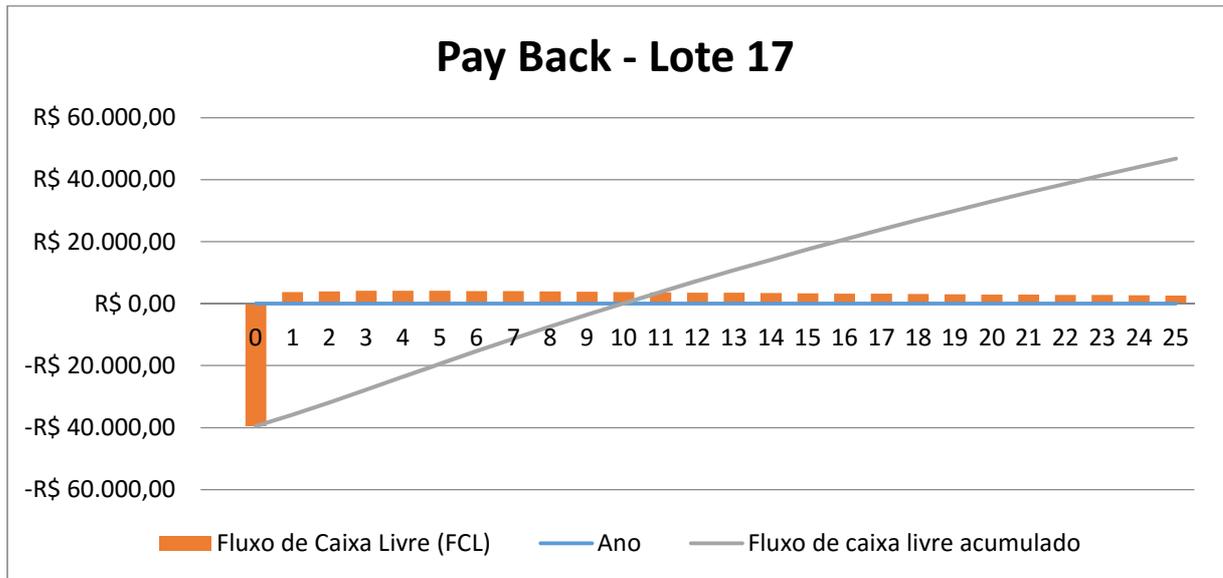
Gráfico 15: Fluxo de caixa para as edificações no lote 16



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui cinco unidades consumidoras, apresenta um valor inicial de investimento de R\$ 30.008,00, tendo como tempo de retorno previsto 11 anos e 3 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 26.121,46.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

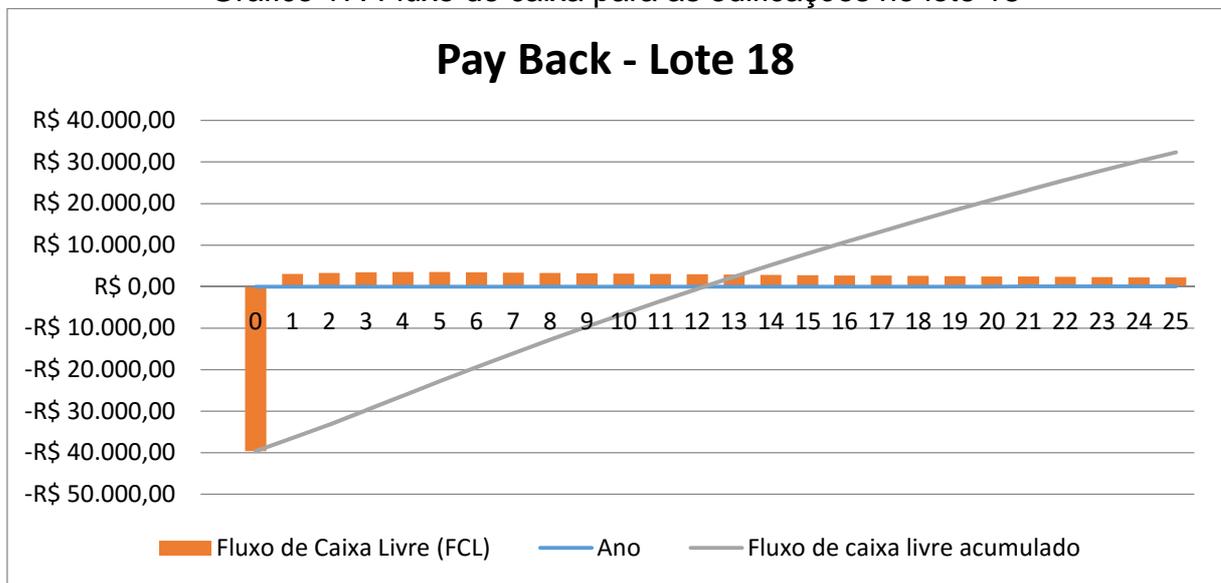
Gráfico 16: Fluxo de caixa para as edificações no lote 17



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui três unidades consumidoras, apresentam um valor inicial de investimento de R\$ 39.562,00, tendo como tempo de retorno previsto 9 anos e 11 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 46.784,76.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

Gráfico 17: Fluxo de caixa para as edificações no lote 18



A análise econômica feita para este lote onde o mesmo possui duas unidades consumidoras, apresentam um valor inicial de investimento de R\$ 39.562,00, tendo como tempo de retorno previsto 12 anos e 2 meses e uma lucratividade ao longo de 25 anos de R\$ 32.358,44.

A análise elaborada, através do Payback, demonstra que a instalação do sistema fotovoltaico para estes lotes é economicamente viável.

As análises completas para cada um dos lotes específicos analisados na quadra 11 na comunidade de Rio do Salto encontram-se na íntegra (tabelas e gráficos).

4.5 Comparação dos resultados da análise econômica

A tabela 11 a seguir apresenta um quadro de resumo, contendo o valor dos valores a serem investidos, o tempo de retorno do investimento (Pay Back) e o valor do retorno do investimento ao longo de 25 anos, quando as placas fotovoltaicas começam a exigir manutenção, conforme apresentado em orçamento e nos Datasheets dos fabricantes dos módulos fotovoltaicos.

Tabela 11 – Planilha de resumo do *Pay Back*

Planilha de Resumo do Pay Back Analisado					
Lotes	Pay back	Valor do Investimento		Retorno do Investimento após 25 anos - VPL	
Lote 01 e 02	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	329,60
Lote 03	10 anos e 4 meses	R\$	39.562,00	R\$	44.266,66
Lote 04	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	18.849,89
Lote 05	10 anos e 2 meses	R\$	35.377,00	R\$	40.848,59
Lote 06	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	4.033,66
Lote 07	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	524,55
Lote 08	16 anos e 9 meses	R\$	35.377,00	R\$	12.775,74
Lote 09	0 anos e 0 meses	R\$	-	-	-
Lote 10	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	16.120,58
Lote 11	8 anos e 3 meses	R\$	42.800,00	R\$	67.152,01
Lote 12	11 anos e 4 meses	R\$	35.380,00	R\$	39.773,37
Lote 13	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	2.084,15
Lote 14	0 anos e 0 meses	R\$	26.258,00	-R\$	13.001,38
Lote 15	17 anos e 11 meses	R\$	26.258,00	R\$	7.842,06
Lote 16	11 anos e 3 mês	R\$	30.008,00	R\$	26.121,46
Lote 17	9 anos e 11 meses	R\$	39.562,00	R\$	46.784,76
Lote 18	12 anos e 2 meses	R\$	39.562,00	R\$	32.358,44
Soma		R\$	507.692,00	R\$	262.979,28

Tempo Médio de retorno do Payback	6 anos e 4 meses	
Média de investimento	R\$	29.864,24
VPL Médio	R\$	16.436,20

Fonte: Autor, 2015

Observa-se a partir da tabela 11, que em todos os lotes analisados, exceto no lote 09 onde o consumo energético é igual ou inferior ao consumo mínimo (custo de disponibilidade) que você terá que pagar mensalmente a distribuidora, todos os demais lotes apresentam uma rentabilidade atrativa para a implantação do sistema fotovoltaico.

Salienta-se que o custo médio para implantação em todos os conjuntos habitacionais e/ou unidade consumidora isolada é de R\$ 29.864,24, com um VPL médio de R\$ 16.436,20, e um tempo médio de retorno de 6 anos e 4 meses, para os lotes onde é viável a implantação do sistema, frisando sempre que o lote número 09 foi desconsiderado por não apresentar valores de consumo médio maiores que as taxas básicas de ligação de energia junto a concessionária de energia.

Analisando ainda a tabela 11, pode-se afirmar que a instalação do sistema fotovoltaico para conjunto de residências e/ou edificações em áreas rurais é viável, mediante ao consumo de cada lote, ou seja, é viável apenas para locais onde o consumo energético é alto, como no caso dos lotes 03, 05, 08, 11, 12, 15, 16, 17, e 18, e torna-se interessante a implantação nos lotes unificados 01 e 02 e no lote 07, onde no final do período de 25 anos, os mesmos não apresentam rentabilidade na instalação do sistema, contudo, no final deste período o valor pendente para a quitação do investimento é inferior a média de anual do payback.

Afirmado ainda após a análise realizada, de que a atratividade de retorno do investimento é muito mais rápido quanto maior o consumo energético de cada conjunto habitacional/lote, ou seja, maior é a capacidade instalada e menor é o tempo de retorno do investimento.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foram realizados os estudos, efetuaram-se as seguintes conclusões:

Considerando o conceito e células urbanas, verificou-se que a implantação de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica nas células urbanas rurais, pode proporcionar a melhoria e manutenção das atividades e dos serviços prestados nestes locais.

O presente trabalho demonstrou que para que a implantação destes sistemas sejam viáveis torna-se necessário a implantação para um determinado conjunto de edificações localizadas sobre um terreno específico, em regime de condomínio com todas as faturas e/ou ligações cadastradas em um único CPF ou CNPJ, para que se tenha um consumo energético considerável, tornando assim viável a implementação deste sistema geração de energia nestas áreas.

No intuito de garantir a viabilidade deste sistema de geração de energia, o consumo médio no período de 12 meses deve ser superior a taxa de disponibilidade da concessionária que o cliente deverá pagar valor este que varia conforme o tipo da sua conexão (monofásico: 30kWh, bifásico: 50 kWh e trifásico: 100 kWh). Desta forma o lote número 09 foi o único lote dentre todos que não apresentou condições para a implantação de sistema fotovoltaico por não atingir a tarifa mínima de ligação da concessionária.

Os lotes 04, 06, 10, 13 e 14, apresentam-se inviáveis para a implantação do sistema fotovoltaico, por possuírem um consumo energético muito baixo ainda, tornando o valor do investimento muito alto para o consumo dos mesmos. Embora observado que a empresa local trabalhe com kits para a micro geração de energia fotovoltaica em unidades habitacionais e/ou conjuntos habitacionais, não instalando/elaborando um projeto específico dentro da demanda para cada conjunto, conforme observado nos orçamentos e especificações técnicas ofertados pela empresa. Saliencia-se que mesmo assim de forma geral todos os projetos demonstram-se viáveis, exceto para o lote número 09, onde o consumo médio mensal é inferior ao valor pago ao tipo de conexão e/ou taxa mínima pago a concessionária de energia.

O tempo médio de retorno (payback) do investimento, levando em consideração todos os lotes onde foram instalados os conjuntos fotovoltaicos a média de tempo é de 8 anos e dois meses, variando conforme a demanda energética de cada conjunto, sendo no período de tempo mínimo para o retorno de 4 anos e 5 meses, e no período mais longo 10 anos e 9 meses.

Com relação aos custos de investimento, verificou-se de forma global que a média de custos para a implantação deste sistema é de média R\$ 29.864,24, oscilando entre o valor máximo de R\$ 42.800,00 no sistema instalado no lote 11 e mínimo de R\$ 26.258,00, nos sistemas instalados nos lotes unificados 01 e 02, e nos lotes 04,06, 07, 10, 13, 14 e 15 para os conjuntos onde foram instalados com uma média de variação de 63% no valor dentre eles. Com relação aos sistemas instalados e que apresentam um payback dentro do período estipulado, destaca-se 9 lotes sendo estes 03, 05, 08, 11, 12, 15, 16, 17, e 18 com uma média de retorno de R\$ 35.324,79, oscilando entre o retorno máximo R\$ 46.784,76, no lote 17, e retorno mínimo de R\$ 7.842,06 no lote 15, com uma média de variação de 579% no valor dentre eles.

Por fim, que apesar e que a empresa local trabalhe com conjuntos (kits) fotovoltaicos, dentro da proposta desta pesquisa de implantação de sistema de geração de energia fotovoltaico em uma célula urbana rural, afirmamos que dentro das condições proposta de acordo com as legislações vigentes, apresenta-se como uma alternativa economicamente viável.

Assim sendo, sugere-se posteriormente a realização da análise de viabilidade para a implantação de um sistema fotovoltaico para toda a comunidade, tendo em vista que de forma independente a implantação através do demonstrado através da análise da quadra 11 viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. **Manual de Capacitação em projetos de aquecimento Solar**. 138p. 2008. Disponível em: <<http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/manual2008.pdf>>. Acesso em: 31 Mar. 2015.

ALBERTI, M. et al. Integrating Humans into Ecology: Opportunities and Challenges for Studying Urban Ecosystems. **BioScience** v.53, n.12, p.1169–1179, 2003.

ALMEIDA, F. G.; SOARES, L. A. A. **Ordenamento territorial**: coletânea de textos com diferentes abordagens no contexto brasileiro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 1. ed. Brasília, ANEEL, 2002. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf> Acesso em: 02 Mai 2015.

_____. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. Brasília: ANEEL, 2008.

_____. **Resolução Normativa nº 414**, de 9 de Setembro de 2010. Agência Nacional de Energia Elétrica. 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso em: 17 Abr. 2015.

_____. **Resolução Normativa nº 482**, de 17 de Abril de 2012. 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 17 Abr. 2015.

ASSAF NETO, A. **Matemática financeira e suas aplicações**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

BAPTISTA, Alessandra Carreiro; CALIJURI, Maria Lúcia. Caracterização espaço-temporal por sensoriamento remoto da expansão urbana na APA Petrópolis. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII**, Florianópolis, 2007.

BATISTA, G. V.; BORTOLUZZI, S. D. Utilização de imagens de satélite de alta resolução no planejamento urbano de treze municípios da Grande Florianópolis. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XIII**, Florianópolis, 2007.

BATTY, M. Catastrophic cascades: extending our understanding of urban change and dynamics. **Editorial Environment and Planning B: Planning and Design** 36, 2009.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – BEN. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório Final do Balanço Energético Nacional 2014**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em: 02 Mai 2015.

BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; OLIVEIRA, C. H. Gradiente da qualidade ambiental entre oito áreas urbanas do nordeste do estado de São Paulo com o uso de NDVI. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto XIV**, Natal, 2009.

BOLAÑOS, J.R.M. **Controlador supervisor inteligente para sistemas híbridos eólico-diesel-bateria de pequeno porte**. 2007. [Dissertação] Mestrado em Engenharia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BURDETT, R.; SUDJIC, D. **The Endless City**: the Urban Age project by the London School of Economics and Deutsche Bank's Alfred Herrhausen Society. London, UK: Phaidon, 2008.

CASTRO, R.M.G. **Introdução à energia fotovoltaica**. Universidade Técnica de Lisboa, Maio de 2008 (edição 22).

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão: **Série Documentos Técnicos 02-10**, Brasília, Distrito Federal: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Maio, 2010.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. **Publicação eletrônica** [marcos.lopes@copel.com]. Mensagem recebida por, <robertodcarli@gmail.com> em: 24 Abril 2015.

_____. **Publicação eletrônica** [marcos.lopes@copel.com]. Mensagem recebida por, <robertodcarli@gmail.com> em: 14 Maio 2015.

CORBUSIER, Le. **Urbanismo**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

COSTA, D. F.; PERES, L. F.; SILVA, H. R. **Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira-SP através da utilização de geotecnologias**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto XIV, Natal, 2009.

CUSTÓDIO, R.S. **Energia eólica para produção de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.

CZAMANSKI, D. et al. Urban Sprawl and Ecosystems - Can Nature Survive? **International Review of Environmental and Resource Economics**. v.2, p.321–366, 2008.

FADIGAS, E.A.F.A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. PEA–2420 Produção de Energia. GEPEA - Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo – USP. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/56337/mod_resource/content/2/Apostila_solar.pdf> Acesso em: 05 Mar 2015.

FALCÃO, V.D. **Fabricação de células solares de CDs/CdTe.** 2005,120p. [Dissertação/ Mestrado em Ciências dos Materiais. Instituto Militar de Engenharia (IME), Rio de Janeiro, 2005.

FREITAS, S.S.A. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.** [Dissertação] Mestrado em Engenharia Industrial. IPB - Instituto Politécnico de Bragança. Novembro de 2008.

GAUTHIER, P.; GILLILAND, J. Mapping urban morphology: a classification scheme for interpreting contributions to the study of urban form. **Urban Morphology**, v. 10, n. 1, p. 41-50, 2006.

GELLER, H. S. **Revolução energética:** políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: USAid, 2003.

GUIMARÃES, P.P. **Configuração urbana:** evolução, avaliação, planejamento e urbanização. São Paulo: ProLivros, 2004.

HAUSCHILD, L. **Avaliação de estratégias de operação de Sistemas Híbridos Fotovoltaico-Eólico-Diesel.** 2006, 117p. [Dissertação] Mestrado em Energia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

HOJI, M. **Administração financeira:** uma abordagem pratica. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico de 2010.** 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>. Acesso em: 05 Mar. 2015.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Reações de fusão.** Disponível em: < http://www.plasma.inpe.br/LAP_Portal/LAP_Sitio/Texto/Reacoes_de_Fusao.htm> Acesso em: 02 Mai 2015.

ITO, F.S.; BECKER, O.M.; INADA, R. T.; OMI, R. S. **Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico:** estudo sobre implementação residencial autônoma. Publicado em Dezembro de 2009. Disponível em: <<http://sistemas.ib.unicamp.br/be310/index.php/be310/article/viewFile/192/141>>. Acesso em: 10 Mar. 2015.

JENKS, M.; BURGESS, R. **Compact Cities:** Sustainable Urban Forms for Developing Countries. London, Spon Press, 2000.

KELMAN, R. **Inserção da energia solar no Brasil.** Relatório Final. Maio, 2012. São Paulo, 2012. Disponível em: <

http://www.cogen.com.br/Solar/Biblioteca_Virtual/Relatorio_Final_GT_COGEN_SOLAR.pdf> Acesso em: 02 Mai 2015.

LAMAS, J. M. R.G. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1992.

_____. **Morfologia urbana e desenho da cidade**. 7. ed. Lisboa: Gulbenkian, 2014.

LIMA, V.; AMORIM, M.C.C.T. A utilização de informações de temperatura da superfície, do NDVI e de temperatura do ar na análise de qualidade ambiental urbana. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XV**, Curitiba, 2011.

MARINS, K.R. C.C. **Proposta metodológica para planejamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas**. O potencial da integração de estratégias e soluções em morfologia e mobilidade urbanas, edifícios, energia e meio ambiente: o caso da operação urbana água branca no município de São Paulo. [Tese de Doutorado]. FAUUSP, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-09062010-155906/pt-br.php>>. Acesso em: 10 Mar. 2015.

MARINS, K.R.C.C.; ROMERO, M.A. Integração de condicionantes de morfologia urbana no desenvolvimento de metodologia para planejamento energético urbano. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 117-137, out./dez. 2012.

MASTER SOLAR ENERGY LTDA. Energia Sustentável. **Proposta Comercial e de Serviços**. Rua Santa Catarina, 1785 - Centro - Cascavel/PR. Disponível em: <www.mastersolar.com.br> Acesso em: 26 Out. 2015.

MEDEIROS, E.F. (coordenador). CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão. **Série Documentos Técnicos 02-10**. A Série Documentos Técnicos tem o objetivo de divulgar resultados de estudos e análises realizados pelo CGEE com a participação de especialistas e instituições vinculadas aos temas das publicações. Maio, 2010.

MOURA, R.G. **Estudos das radiações solar e terrestre acima e dentro de uma floresta tropical úmida**. 2007, 147p. [Dissertação] Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2007.

ORTEGA, A. C. **Territórios deprimidos: desafios para as políticas de desenvolvimento rural**. Campinas: Alínea, 2008.

PEREIRA, R. B. Tipologia arquitetônica e morfologia urbana uma abordagem histórica de conceitos e métodos. Arqtextos, **Revista Eletrônica Vitruvius**. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/13.146/4421>> Acesso em: 07 Mar. 2015.

PERFIL MUNICIPAL. **Perfil do Município de Cascavel, 2015**. Disponível em: <<http://www.cascavel.pr.gov.br/secretarias/seplan/pagina.php?id=202>>. Acesso em: 02 Abr. 2015.

PINHO, J.T. **Sistemas híbridos: soluções energéticas para a Amazônia**. 1. ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf> Acesso em: 02 Mai 2015.

PINTÃO, R. A. Entra em vigor norma que permite produzir energia e vender excedente. **Revista Sustentabilidade**. 13 de dezembro de 2012. Disponível em: <<http://revistasustentabilidade.com.br/entr-em-vigor-norma-que-permite-produzir-energia-e-vender-excedente/>>. Acesso em: 05 Abr. 2015.

PORTAL DO MUNICÍPIO DE CASCAVEL. **GeoPortal**. Disponível em: <<http://www.cascavel.pr.gov.br/secretarias/seplan/subpagina.php?id=870>> Acesso em: 02 Abr. 2015.

PORTUGALI, J. **Self-organization and the city**. Berlin: Springer. 352 p, 2000.

RIBEIRO, R.J.C. **Índice composto de qualidade de vida urbana: aspectos de configuração espacial, socioeconômicos e ambientais urbanos**. 2008. 219 f. Departamento de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Fau, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ROGNER, H. Energy Resources. **World Energy Assessment: energy and the Challenge of Sustainability**, 2000.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis: LABSOLAR, 2004.

SALAMONI, I.T. **Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica**. 2009. 200p. [Tese] Doutorado em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SANTOS, I. P. **Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à Arquitetura**. 2013. 278p. Tese [Doutorado]. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2013.

SEPLAN - Secretaria de Planejamento e Urbanismo de Cascavel –Pr. Disponível em:<<http://www.cascavel.pr.gov.br/secretarias/seplan/subpagina.php?id=871>> Acesso em: 13 Mar 2015.

SILVA, E.R.P.; PÉTRIS, G.C.; PEREIRA, L.F.C.A. **Tutorial de célula solar**. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 2008.

ULTRAMARI, C. **O fim das utopias urbanas**. São Paulo: Studio Nobel, 2005.

UNSW, A.R.C. **Photovoltaics Centre of Excellence**, University of New South Wales, Sydney, Australia, 2010/11, Annual Report, 124p.

VILLALVA, M.G.; GAZOLI, J.R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. Sistemas isolados e conectados à rede. 1. ed. São Paulo: Érica, 2013.

