



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade De Engenharia Elétrica E De Computação
Departamento De Sistemas E Energia

PRISCILA ALVES DOS SANTOS

**POTENCIAL TEÓRICO E TÉCNICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE
BIOMASSA E FOTOVOLTAICA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**

CAMPINAS

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS E ENERGIA



**POTENCIAL TEÓRICO E TÉCNICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE
BIOMASSA E FOTOVOLTAICA PARA O ESTADO DE SÃO PAULO**

Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Pereira da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestra em Engenharia Elétrica, na área de Área de Concentração em Energia Elétrica

Este exemplar corresponde à versão final da dissertação de mestrado defendida pela aluna Priscila Alves dos Santos, e orientada pelo Prof. Dr. Luiz Carlos Pereira da Silva.

CAMPINAS

2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizângela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

Santos, Priscila Alves dos, 1990-
Sa59p Potencial teórico e técnico de geração de energia a partir de biomassa e fotovoltaica para o Estado de São Paulo / Priscila Alves dos Santos. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Luiz Carlos Pereira da Silva.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Geração distribuída de energia. 2. Geração de energia fotovoltaica. 3. Biomassa. I. Silva, Luiz Carlos Pereira da, 1972-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Theoretical and technical potential of energy generation from biomass and photovoltaic to the State of São Paulo.

Palavras-chave em inglês:

Distributed power generation
Photovoltaic power generation
Biomass

Área de concentração: Energia Elétrica

Titulação: Mestra em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Luiz Carlos Pereira da Silva
Thelma Solange Piazza Fernandes
Takaaki Ohishi

Data de defesa: 31-08-2017

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

COMISSÃO JULGADORA – DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Candidato: Priscila Alves dos Santos **RA:** 162565

Data da Defesa: 31 de agosto de 2017

Título da Tese: “Potencial Teórico e Técnico de Geração de Energia a Partir de Biomassa e Fotovoltaica para O Estado de São Paulo”.

Prof. Dr. Luiz Carlos Pereira da Silva (Presidente, FEEC/UNICAMP)

Prof. Dr. Takaaki Ohishi (FEEC/UNICAMP)

Prof. Dr^a .Thelma Solange Piazza Fernandes (UFPR)

A ata de defesa, com as respectivas assinaturas dos membros da Comissão Julgadora, encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

DEDICATÓRIA

À minha família

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar forças ao longo dessa trajetória.

Ao Professor Dr. Luiz Carlos Pereira pela orientação, paciência e ensinamentos.

A minha família, ao meu pai Serafim Alves dos Santos, a minha mãe Teodosia Kuibida e ao meu irmão Gabriel, pelo carinho, paciência e pelas palavras de incentivo nos momentos mais difíceis, por me ouvirem nos momentos de dificuldade.

Aos Professores das Faculdade de Engenharia Elétrica, Mecânica, Agrícola, que transmitiram seus conhecimentos e seus sonhos.

Às pessoas que foram uma segunda mãe e pai para mim, em especial ao Carlos e sua esposa Maria Aparecida, a Kelly Mara que foram meus conselheiros e fizeram acreditar em mim. As minhas irmãs de coração Cauisa e Patricia Cardoso, que me ouviram nos momentos que estive longe dos meus familiares.

Às secretarias da coordenação de pós graduação, em especial a Noêmia e Camila. Aos amigos que encontrei ao longo dessa trajetória, em especial aos colegas dos laboratórios LE19 e LE 23.

Ao meu namorado, amigo e companheiro Renan, que se fez porto seguro nos momentos de insegurança. A Dona Antônia e ao Sr Renê, por sua dedicação, paciência e carinho.

In memoriam, às pessoas que de alguma forma gostaria de estar presentes e que deixaram uma saudade imensurável, que sempre estiveram me incentivando na busca dos meus sonhos, em especial ao Dr Luiz Fernando Rodriguez, a Dr^a Concessa Maria Mendes Lima Stiehler, a Dona Telma Motta Ruda (uma madrinha de coração).

In memoriam, às pessoas que mostraram a simplicidade, me fizeram amar a vida do campo e sua riqueza, e que gostaria muito que estivessem presentes comigo em especial Dona Rosa Kuibida e Sr Manoel Alves dos Santos

“Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha, é porque cada pessoa é única e nenhuma substitui a outra. Cada pessoa que passa em nossa vida passa sozinha, e não nos deixa só, porque deixa um pouco de si e leva um pouquinho de nós. Essa é a mais bela responsabilidade da vida e a prova de que as pessoas não se encontram por acaso” (Charlie Chaplin)

RESUMO

No cenário mundial e no Brasil existe um crescimento no consumo de energia elétrica. Porém, para suprir este consumo, em território nacional, algumas medidas são adotadas para manter a segurança elétrica, sendo uma delas o uso de usinas térmicas. No caso Brasileiro, grande parte das térmicas utiliza fontes fósseis, elevando assim a tarifa de energia com a implementação de bandeiras, e a emissão de gases de efeito estufa. A implantação de térmicas ocorre em resposta às crises hídricas que ocasionalmente atingem os reservatórios das hidrelétricas, e também aos impactos ambientais produzidos pela construção de novas hidroelétricas. Outra solução encontrada para suprir o consumo de energia elétrica é a implementação da geração distribuída. Alguns países vêm utilizando várias fontes renováveis, tais como a eólica, geotérmica, oceanomotriz, maremotriz, fotovoltaico e biomassa. É neste contexto que esta dissertação apresenta um estudo do potencial teórico e técnico disponibilizados por duas fontes, sendo estas a geração fotovoltaica e o biogás. O estudo teve como foco o Estado de São Paulo, sendo dividido em macrorregiões. O estudo quantifica o potencial de implementação da geração fotovoltaica e de biomassa no Estado e com base em diferentes cenários ideais e factível.

Palavras-chave: Geração Distribuída, Fotovoltaica e Biomassa

ABSTRACT

In the world scenario and in Brazil there is a growth in the consumption of electric energy. However, to supply this consumption, in national territory, some measures are adopted to maintain electrical safety, one of them being the use of thermal plants. In the Brazilian case, most of the thermals use fossil sources, thus raising the energy tariff with the implementation of flags, and the emission of greenhouse gases. The implantation of thermals occurs in response to the water crises that occasionally reach the hydroelectric reservoirs, as well as to the environmental impacts produced by the construction of new hydroelectric plants. Another solution found to supply the electricity consumption is the implementation of distributed generation. Some countries have been using various renewable sources, such as wind, geothermal, ocean power, tidal, photovoltaic and biomass. It is in this context that this dissertation presents a study of the theoretical and technical potential offered by two sources, these being photovoltaic generation and biogas. The study focused on the State of São Paulo, being divided into macro-regions. The study quantifies the potential for the implementation of photovoltaic and biomass generation in the State and based on different scenarios and feasible

Keywords: *Distributed Generation, Photovoltaic and Biomass.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Consumo de Energia total Gwh/ano.....	18
Figura 2.1 Etapas do aproveitamento da energia solar.....	29
Figura 2.2 Ilustra um exemplo da utilização de energia fotovoltaica em comunidades isoladas.....	30
Figura 2.3 Mapa de Radiação solar	32
Figura 2.4 Evolução da geração de energia fotovoltaica no Brasil.....	33
Figura 2.5 Tipos de irradiação solar	34
Figura 2.6 Mapa Mundial de Irradiação Solar Direta.....	35
Figura 2.7: Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa	37
Figura 2.8: Potencial global de produção de biogás.....	38
Figura 3.1 Representação de potenciais técnico, teórico e econômico.....	43
Figura 3.2: Incidência solar global média anual — Estado de São Paulo.....	48
Figura 3.3: Incidência solar global média anual — Municípios do Estado de São Paulo.....	49
Figura 3.4 - Área de plantação e expansão de cana de açúcar com base no ano de 2010.....	53
Figura 3.5 Geração de energia, com base na produção de 1 tonelada de cana de açúcar.....	55
Figura 4.1 Consumo de energia elétrica total do Estado de São Paulo Ano 2015.....	61
Figura 4.2 Consumo de energia e potencial teórico.....	62
Figura 4.3 Consumo de energia e potencial cenário 1:.....	63
Figura 4.4 Consumo de energia e potencial cenário 2:.....	64
Figura 4.5 Consumo de energia e potencial cenário 3:.....	65
Figura 4.6 Consumo de energia elétrica e área de plantação de cana de açúcar.....	66

Figura 4.7 Energia produzida por ano Cenário 4 versus energia gerada da cana de açúcar.	67
Figura 4.8 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, total de energia gerada dos da pecuária	70
Figura 4.9 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de bubalinos	71
Figura 4.10 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de caprinos	72
Figura 4.11 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de equinos	72
Figura 4.12 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de muares	73
Figura 4.13 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de ovinos	74
Figura 4.14 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de suinocultura ...	74
Figura 4.15 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de bovinos	75
Figura 4.16 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de avicultura	76
Figura 4.17 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, total do potencial técnico dos resíduos da pecuária..	76
Figura 4.18 Consumo de Energia no Estado de São Paulo e potencial técnico de geração de resíduos de bubalinos	77
Figura 4.19 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de caprinos	78
Figura 4.20 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de equinos.	78
Figura 4.21 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de muares.	79
Figura 4.22 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de ovinos .	80
Figura 4.23 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de suínos..	80
Figura 4.24 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de bovino.	81
Figura 4.25 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de avicultura	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Percentual de participação de fontes de energia.	27
Tabela 2.2 Fonte de biomassa no Brasil.	28
Tabela 2.3 Valores médios de concentração de gases do biogás.	40
Tabela 2.4: Principais diferenças entre zona rural e urbana.	41
Tabela 3.1: Valores médios de irradiação kwh/m ² /dia.	47
Tabela 3.2 Eficiência para geração fotovoltaica.	50
Tabela 3.3: Dados de número de consumidores conforme setor.	51
Tabela 3.4: Dados de área de cada região administrativa.	52
Tabela 3.5 Área de plantação de Cana de açúcar e Produção em São Paulo.	54
Tabela 3.6: População de animais por macrorregião administrativa.	58
Tabela 3.7: Produção de biogás.	59
Tabela 4.1 Resumo das Hipóteses adotadas nos cenários.	67
Tabela 4.2 Valores de Energia gerada conforme cenário 3.	68
Tabela 4.3 Valores de Energia gerada conforme cenário 4.	69
Tabela 4.4 Valores percentuais de energia atendida conforme potencial teórico e técnico de biomassa animal.	82
Tabela 4.5 Resumo das hipóteses de potencial técnico de biomassa e cenário 3 fotovoltaico.	83

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo Principal.....	19
1.1.2 Objetivo Específico	19
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA E EMBASAMENTO TEÓRICO	21
2.1 ENERGIAS RENOVAVEIS	21
2.2 CENÁRIO MUNDIAL	23
2.3 CENÁRIO BRASILEIRO.....	26
2.4 FOTOVOLTAICA	29
2.4.1 SISTEMAS CONECTADOS E DESCONECTADOS DA REDE	30
2.4.2 EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO	31
2.4.3 IRRADIAÇÃO SOLAR DIRETA, DIFUSA E GLOBAL	33
2.5 BIOMASSA.....	35
2.5.1 Biogás.....	37
2.6 DEFINIÇÃO DE ÁREA URBANA E RURAL.....	40
3 METODOLOGIA	42
3.1 DEFINIÇÃO DE PONTECIAL TEÓRICO E TÉCNICO	42
3.2 FOTOVOLTAICO	43
3.2.1 Potencial teórico.....	44
3.2.2 Potencial técnico.....	44
3.2.2.1 Cenário 1.....	44
3.2.2.2 Cenário 2.....	45
3.2.2.3 Cenário 3.....	46
3.2.2.4 Cenário 4.....	46
3.2.3 Dados e Materiais.....	47
3.2.3.1 Irradiação	47
3.2.3.2 Eficiência de Módulos Fotovoltaicos, Inversores e Perdas do Sistema fotovoltaicos	49
3.2.3.3 Número de consumidores de energia elétrica	51
3.2.3.4 Área de Implementação.....	51
3.3 BIOMASSA.....	55

3.3.1 Potencial Teórico.....	56
3.3.2 Potencial Técnico.	57
3.3.3 Dados e Materiais.....	57
3.3.3.1 Dados de população de animais.....	57
3.3.3.2 Valores de produção de biogás	58
3.3.3.3 Eficiência de motogeradores	59
3.3.3.4 Perdas de Manejo	59
3.3.3.5 Fatores de conversão	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 FOTOVOLTAICO	62
4.1.1 Resultado do Potencial Teórico	62
4.1.2 Resultado de Potencial Técnico dos Cenários.....	63
4.2 BIOMASSA.....	70
4.2.1 Potencial teórico.....	70
4.2.2 Potencial Técnico	76
4.2.3 Potencial Biomassa e Fotovoltaico	83
5 CONCLUSÃO	84
5.1 TRABALHOS FUTUROS	86
5.2 TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSO	86
REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

A poluição ambiental e a insegurança energética estão entre os maiores desafios enfrentados pelos seres humanos no século XXI. A mitigação das emissões de CO₂ e o aquecimento global, exigem a exploração de energia alternativa para reduzir a dependência do combustível fóssil (ZONG, 2017).

Todos os países no mundo devem considerar manter o bem-estar e os recursos para as gerações futuras, através do respeito dos objetivos de desenvolvimento sustentável que compõem o progresso social, a redução da pobreza, a equidade, a resiliência aprimorada, o crescimento econômico e a sustentabilidade ambiental. Medidas de política energética afetam em vários níveis o desenvolvimento de um país, principalmente as questões de segurança energética continuam sendo cruciais (VIDALILI, 2017).

Uma vez que a energia renovável possui vantagens de pouca emissão de gases de efeito estufa, o seu desenvolvimento é um bom meio para combater as mudanças climáticas causadas pelo consumo de energia fóssil (ANTIMIANI, 2013).

A exploração de fontes alternativas de energia está associada a várias questões urgentes, incluindo a independência energética, a flutuação dos custos do petróleo, a ameaça das mudanças climáticas e o esgotamento previsto de fontes de combustíveis não renováveis (RASHED, 2015).

O uso de sistemas de energia renovável tem o potencial de substituir os métodos tradicionais de geração de energia através da queima de combustíveis fósseis. Países com recursos limitados de combustíveis fósseis possuem mais segurança energética, uma vez que os recursos de energia renovável podem ser substitutos de combustíveis fósseis. Buscar novas alternativas de geração de energia é necessário de tal modo a garantir a continuidade dos processos produtivos existentes na sociedade. A demanda de energia em todo o mundo aumentou significativamente nas últimas décadas. Os países desenvolvidos exigem um fornecimento estável de energia para operações diárias, enquanto os países em desenvolvimento dependem do fornecimento de energia para o desenvolvimento econômico (TRAN E SMITH, 2017).

O Brasil foi um dos países presentes na 21ª Conferência da Paris (COP 21), sendo o primeiro país cujo governo aprovou em 11 de agosto de 2016, o projeto que consiste em cortar

as emissões de carbono em 37% até 2025, e 43% em 2030, ambos em comparação aos níveis de 2005 (DISTRITO FEDERAL, 2016). Para que essas medidas sejam atingidas, políticas de incentivos devem ser estabelecidas, para a transformação da matriz energética.

No Panorama Nacional dados do BEN, (2016) e EPE, (2014) determinam que: “a capacidade total instalada de geração de energia elétrica no Brasil (centrais de serviço público e autoprodutoras) alcançou 140.858 Megawatts (MW) em 2015, aumento de 6.945 MW em relação ao ano anterior, e deve aumentar para 182,4 GW em 2021 (EPE, 2013). A oferta interna de energia renovável subiu de 39,4% para 41,2% no mesmo período, já a expansão da capacidade instalada, contribuiu com 35,4%, enquanto as centrais térmicas responderam por 25%. As usinas eólicas e solares foram responsáveis pelos 39,6% restantes de aumento do parque nacional, mostrando que o Brasil está a cada dia com uma matriz elétrica mais limpa”.

Entretanto por possuir boa parte de sua geração provida por grandes centrais hidrelétricas, tendo em vista as recentes crises hídricas, e com baixos índices nos reservatórios dos sistemas brasileiros, a geração de energia demonstra sua fragilidade, sendo adotadas medidas para suprir a demanda com a ligação de usinas térmicas, que impacta diretamente as tarifas de energia, com a adoção do sistema de bandeiras (MARTINS, 2015).

O setor elétrico brasileiro já passou por uma fragilidade no suprimento de energia elétrica, nos anos de 2000 até 2002, com uma estiagem que afetou os reservatórios das hidrelétricas, somado a falta de investimento na geração, transmissão e distribuição, o que levou ao evento chamado de apagão. Em contrapartida aos efeitos causados pela falta de investimento, o Presidente da época sancionou a lei do Proinfa, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, que estabeleceu os incentivos para geração eólica, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa.

Os investimentos mais recentes na geração hídrica enfrentam vários problemas de caráter ambiental, social e econômico, como o caso da usina de Belo Monte, situada no meio da floresta Amazônica que enfrentou diversos problemas em sua construção. Segundo Santos et al. (2012) “apesar da potência de 11.233 MW prevista, a efetiva será de 4.500 MW pois a usina operará com reservatório reduzido, sendo que apenas 35,5 % dela é financeiramente viável (SANTOS et al, 2012).

Assim, devido aos altos custos de investimento no setor de geração e transmissão para atender esta demanda, o maior uso de termoelétricas que utilizam combustível fóssil, o

alto custo das tarifas de eletricidade de todo país provocado pelo uso prolongado de térmicas e pelas perdas técnicas e comerciais na transmissão e distribuição, são aspectos que contribuem para incentivar e justificar a necessidade de uma análise para implementação de políticas públicas na expansão de uma tecnologia, já largamente utilizada no cenário internacional: a energia fotovoltaica e biomassa.

Para assegurar o suprimento de energia e as tendências de demanda, diminuir os gastos com a implementação de grandes geradoras de energia, mitigar as emissões de gases de efeito estufa, este trabalho propõe a determinação dos potenciais de geração teórico e técnico a partir de fontes de energia fotovoltaica e biomassa. A escolha dessas duas fontes se deve ao potencial existente no território brasileiro.

O Brasil possui saídas de solução para problemas tanto de fornecimento de energia como dos impactos ambientais, sociais relacionadas a falta de medidas públicas. Segundo dados do Ministério da Agricultura, o Brasil é um dos principais exportadores de carne para o Mundo. Um dos problemas vinculado a pecuária, embora ela tenha melhorado ao longo do tempo, ainda é o maior usuário de terras agrícolas em todo o mundo e sua prática e expansão atual está profundamente ligada a muitos problemas ambientais como o desmatamento, as emissões de gases de efeito estufa (principalmente CH₄ e N₂O), contaminação de recursos hídricos entre outros problemas. Todos problemas são mais evidentes nos países em desenvolvimento, sendo possível resolve-los com a implementação de sistemas de geração de gás ou eletricidade (BRANDJES et al., 1996).

O território brasileiro 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). Então é necessário em um 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 utilização da energia fotovoltaica no Brasil ainda é muito incipiente considerado o seu potencial e ainda há diversos pontos a serem ajustados tendo em vista que pouco se avançou na difusão dessa modalidade entre os consumidores de energia elétrica (GANEM, 2015). A utilização de biomassa de resíduo animal para a geração de energia elétrica é ainda algo economicamente inviável na implementação de pequenas centrais de geração de biogás, devido aos custos dos equipamentos e de manter uma central e a falta de valores competitivos no mercado, porém deve-se dar a devida atenção, tendo em vista os recorrentes

impactos ambientais, principalmente em áreas rurais. Essas regiões possuem uma deficiência tanto em informação como em medidas públicas sobre esses impactos.

Considerando que as regiões sul e sudeste possuem restrições para a implementação de grandes usinas hidroelétricas, principalmente devido aos impactos ambientais e sociais, a baixa capacidade de implementação de geradores eólicos e visando a segurança do suprimento de energia, com base no cenário dos últimos anos devido à crise hídrica e considerando também que a implementação de geradores eólicos estão localizando longe das linhas de transmissão e dos principais consumidores de energia, esta dissertação propõe a determinação dos potenciais teórico e técnico dos principais recursos existentes para o aproveitamento solar e de biomassa no Estado de São Paulo. A escolha do Estado de São Paulo, se deve a demanda de energia, conforme estabelecido na Figura 1.1, a segurança energética devido ao número de indústrias, e ao aproveitamento dos recursos existentes.

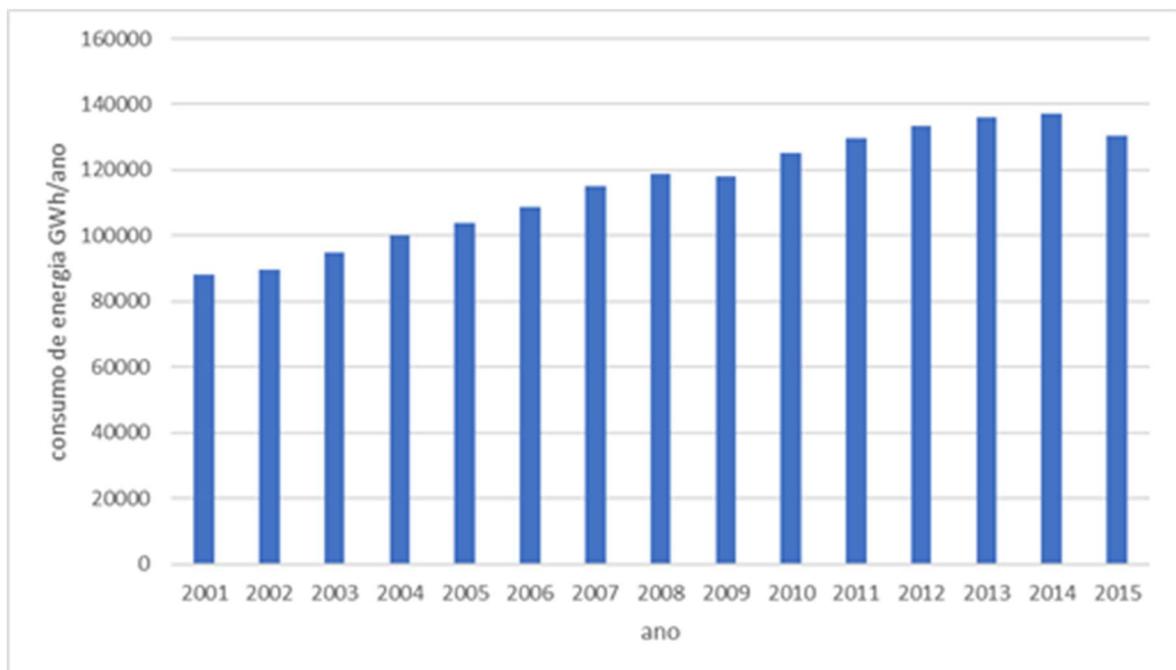


Figura 1.1 Consumo de Energia total Gwh/ano.
Fonte: IMP

No entanto com a aprovação da Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL, e a sua atualização com base na Resolução Normativa nº 687, a qual estabelece as condições gerais para o acesso a microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, espera-se que a utilização de energia solar no Brasil venha fazer

parte da sua matriz elétrica na qual hoje predomina a hidroeletricidade, porém a utilização somente de geradores fotovoltaicas não traz a segurança necessária devido a intermitência e as suas curvas de geração não casarem com as curva do pico de consumo. A implementação de uma fonte que pode ter sua energia armazenada, como no caso da biomassa, traz a segurança necessária para a implementação de sistemas de micro e mini geração. O intuito deste trabalho é determinar ao final se existe esta segurança energética com base na implementação dessas duas fontes, sendo as principais formas de geração para regiões com grande concentração de animais e áreas disponíveis para implementação de geração fotovoltaica, como o caso do Estado de São Paulo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Principal

Considerando o panorama atual de mudanças climáticas e o aquecimento global e que um processo de geração de energia deve evidenciar uma relação de equilíbrio entre o meio ambiente e a sociedade, este trabalho buscou identificar as potencialidades da geração de energias renováveis como a fotovoltaica e de biomassa nas Regiões Administrativas do Estado de São Paulo.

1.1.2 Objetivo Específico

Para a determinação do resultado final deste trabalho os objetivos específicos foram:

1. Estabelecimento de metodologia para levantamento de potencial teórico e técnico de geração fotovoltaica e biomassa, considerando as restrições existentes em cada uma das aplicações.
2. Determinação de base de dados
3. Estabelecimento das perdas da geração de energia
4. Determinação de potencial máxima da geração fotovoltaica e a potencial de energia de biomassa.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação se divide em cinco capítulos, conforme descrito abaixo:

Capítulo 1 apresenta uma introdução sobre o tema do estudo, justificativa e os objetivos estabelecidos para o desenvolvimento desta dissertação.

Capítulo 2 apresenta embasamento teórico, conceitos sobre o tema, cenários energéticos, panorama fotovoltaico nacional e internacional.

Capítulo 3 apresenta a metodologia e os materiais utilizados neste trabalho com o objetivo de atingir os propósitos iniciais, .

Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos

Capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

Por fim, apresenta as referências usadas para o desenvolvimento deste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 ENERGIAS RENOVÁVEIS

Definem-se como fontes renováveis as energias que são provenientes da natureza, com a possibilidade de se renovar, ou seja, uma vez utilizadas a possibilidade de esgotamento é remota uma vez que a própria natureza se incumba de repô-las. São exemplos de energias renováveis: a energia solar, a eólica, a energia gerada a partir do uso de biomassa (PRATES, 2005). Já Reis, Fadigas e Carvalho (2005) definem fontes renováveis aquelas cujo o poder de recuperação é maior que seu emprego como energia, exemplo: água dos rios, marés, sol e ventos, ou a forma de exploração pode ser combinadas com a necessidade do uso da energia, exemplo da biomassa, originadas da cana de açúcar, restos de madeiras, resíduo de animais e lixos urbanos e industriais (REIS, FADIGAS e CARVALHO, 2005).

Uso de novos recursos de geração de energia tem sido considerado como a questão mais importante e atual. Cerca de dois bilhões de pessoas em todo o mundo não têm acesso a eletricidade. A dependência da tecnologia, o melhoramento dos padrões de vida dos países desenvolvidos e o aumento contínuo da população nos países em desenvolvimento, resultam no aumento da demanda de energia, sendo as fontes renováveis uma saída para suprir a necessidade. Atualmente, as fontes de energia renováveis fornecem cerca de 23,7% da demanda total de energia mundial (HUSSAINA et al,2017)

No final de 2015, as energias renováveis supriam 24% da demanda mundial. De acordo com compromissos firmados por 176 países na 21ª Conferência do Clima, em dezembro de 2015, e segundo o que foi assinado no Acordo de Paris, o mundo precisa investir pesadamente em fontes limpas de energia nos próximos anos.

Até 2035, as energias renováveis terão um impacto maior do que outras alternativas energéticas, principalmente com relação a captura e armazenamento de CO₂ e diminuindo-se os valores de gases de efeito estufa (GEE). Por esta razão, o mercado de energia renováveis e os quadros de políticas estão sendo desenvolvidos rapidamente nos últimos anos, e eles terão um papel substancial no futuro. Prevê-se que o potencial técnico das energias renováveis seja 18 vezes maior do que o atual consumo de energia no mundo. O crescente interesse por fontes renováveis

dos governos levou ao desenvolvimento substancial e à implantação de energia renovável nas últimas duas décadas (BILGILI et al, 2015).

Apesar das crescentes demandas de energia reportadas globalmente, no entanto, milhões de comunidades e famílias, em particular nos países em desenvolvimento, ainda não têm acesso a serviços básicos de energia, como eletricidade, combustíveis líquidos e gás natural. Por exemplo, cerca de 1,5 bilhão de pessoas (mais de 20% da população mundial) não possuem energia elétrica e cerca de 3 bilhões de pessoas (aproximadamente 45% da população mundial) dependem de combustíveis sólidos como lenha, resíduos de colheita, resíduos da pecuária, e carvão para atender às suas necessidades (WHO, UNDP,2009).

Segundo Vidadili et al (2017), os cinco alvos importantes para a energia sustentável devem ser:

1. .Emitir baixas ou nulas quantidades de dióxido de carbono;
2. Não provocar impactos ambientais;
3. .Reforçar a segurança do fluxo energético;
4. .Reduzir o custo da produção de energia;
5. .Melhorar a utilização das tecnologias verdes

Porém algumas fontes renováveis, ao serem implementadas em grande escala, possuem um alto impacto ambiental. A energia hidrelétrica é considerada renovável e limpa, no entanto, sua aplicação é restrita devido aos impactos ambientais causados pela inundação de grandes áreas, pela emissão de metano (CH_4) resultante da degradação anaeróbia de material orgânico submerso por inundações e devido a hidrologia dependência da região a ser implementada (SANTOS 2006).

A implantação de uma usina eólica pode gerar de forma direta e indireta danos sobre as aves como risco de colisão com os aerogeradores (rotores, pás e torres de suporte); perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de habitat de reprodução e alimentação; associada à presença das turbinas (TOLMASQUIM ,2004).

A construção de grandes usinas solares em solo provoca o comprometimento do uso da terra, considerando que necessita de uma grande área para a instalação de painéis fotovoltaicos

e seu tempo de vida útil de 25-30 anos. Outros impactos relacionados estão a biodiversidade em áreas pertos de matas nativas(TURNEY e FTHENAKIS, 2011).

2.2 CENÁRIO MUNDIAL

A maioria das centrais a carvão foi construída há duas décadas e emite cerca de 80-85% de todos os poluentes gerados pelas empresas de energia elétrica. A taxa de emissão de poluentes de algumas usinas de energia mais antigas é 70-100 vezes maior que a das plantas de usinas mais novas. As emissões de tais plantas causam aquecimento global, chuva ácida, poluição atmosférica urbana e, portanto, estão resultando em graves danos ao meio ambiente (PAZHERI et al ,2012).

De acordo com dados da Agência Internacional de Energia no relatório de 2013 de Principais Estatísticas Energéticas Mundiais, o Brasil, a Rússia, a Índia e a China representam 32% da demanda mundial de energia (IEA,2012).

Segundo dados da ANEEL (2008), com o passar dos tempos, muitos países começaram a exigir a participação da energia solar no aquecimento de água. Destacando-se primeiramente Israel e posteriormente a Espanha, no ano de 2006, que exigiu um percentual mínimo de produção de energia solar em novas edificações. Já o governo australiano, projetou a construção de uma central de 154 MW até o ano de 2013. Finalmente, no deserto de Mojave, na Califórnia (Estados Unidos), deverá ser instalada, também, usina solar com potência de 500 MW até o ano de 2022 (ANEEL, 2008).

Em 2007, a iniciativa foi acompanhada por países como Índia, Coréia do Sul, China e Alemanha, onde os percentuais exigidos variam de 30% a 70%, dependendo do clima, nível de consumo e disponibilidade de outras fontes de energia (ANEEL, 2008). No mesmo ano entrou em operação a Central Solar Fotovoltaica de Serpa, situada no Alentejo, em Portugal, com capacidade instalada de 11 MW, e suficiente para abastecer cerca de oito mil habitações, sendo que para o futuro, estão previstas unidades bem maiores.

A participação da energia solar é pouco expressiva na matriz mundial, ainda assim, ela aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. A potência total instalada em 2007 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). Segundo dados IEA, a geração fotovoltaica no ano de 2015 chegou aos 227,1 GW instalados. Neste mesmo ano a China acumula um valor de 43,5 GW instalados, seguidos da Alemanha com 39,7 GW e o Japão com 25,6 GW (IEA, 2017).

Estimativas mostram que em 2030, cerca de 40% da eletricidade mundial será proveniente de usinas nucleares e combustíveis renováveis, tendo níveis crescentes em relação ao consumo energético através de fontes renováveis (EXONMOBIL 2010).

Segundo Assunção et al. (2010) para o ano de 2050 aproximadamente 50% da geração de energia no mundo virá de fontes renováveis, dessa demanda, 25% serão supridos pela energia solar fotovoltaica. Populações do fim do século dependerão em até 90% das energias renováveis, das quais 70% serão da 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).

Programas de incentivos têm sido utilizados em diversos países do mundo para, de forma geral, encorajar a indústria fotovoltaica a atingir a escala necessária para competir com outras fontes de geração de eletricidade. Tais programas possuem motivações diversas tais como a promoção de independência energética, domínio tecnológico e redução das emissões de gases do efeito estufa (ABINEE, 2012).

Em 2010, existiam 10 mil empresas envolvidas na cadeia fotovoltaica alemã, sendo aproximadamente 200 produtores de células, módulos e outros componentes. São mais de 100 empresas envolvidas na produção de componentes BoS e centenas envolvidas com o desenvolvimento de projetos, integração de sistemas e instalação (ABINEE, 2012).

De acordo com os dados da *German Solar Industry Association* (BSW Solar), a geração de eletricidade a partir da fonte solar fotovoltaica atendeu a demanda de mais de 3,4 milhões de domicílios no país em 2010, com 12 mil GWh produzidos (mais de 2% do total de eletricidade gerada no país) (REN 2011). O volume de emissões de CO₂ evitadas no ano foi estimado em 6,2 milhões de toneladas, um crescimento de 78% em relação a 2009. Quase oito pessoas foram empregadas por MWp instalado no ano, resultado bastante inferior ao observado para os Estados Unidos (~ 55 empregos/MWp) (ABINEE, 2012).

A opção da Alemanha pelo mecanismo de contratos longos e a adoção de regras claras para redução de preços pagos ao investidor foi fundamental para constituir o nível de estabilidade necessário para permitir o aumento do número de investimentos no setor. Além disso, muitos países vêm adotando políticas governamentais para um aumento das fontes de energia renováveis vistos a atual preocupação com as mudanças climáticas e uma maior segurança energética (Países que são grandes produtores de petróleo são os mais envolvidos em conflitos regionais) (GALLINA, 2011).

A indústria fotovoltaica foi responsável por adicionar cerca de 10 bilhões de euros à economia alemã em 2010 (direta e indiretamente), e a arrecadação tributária representou por volta de 1,5 bilhão de euros. Embora o retorno sobre o investimento no setor fotovoltaico esteja estimado em mais de 20%, as incertezas sobre o futuro dos incentivos na região, os preços de módulos e questões regulatórias, deverão gerar bastante volatilidade no curto prazo neste mercado. Este fato revela a importância da estabilidade para o desenvolvimento do mercado (ABINEE, 2012).

Desde 2000, o crescimento da geração solar tem sido o mais forte nos países da União Europeia. A Alemanha, o maior produtor devido ao seu apoio à geração de energia solar fotovoltaica, aumentou a produção de 60 GWh em 2000 para 38.432 GWh em 2015, atingindo uma taxa de crescimento de 53,9% ao longo desse período, levando as concessionárias a pagar para que o consumidor utilize a energia elétrica da rede. O Japão, o segundo maior produtor, aumentou a produção de 347 GWh em 2000 para 35.974 GWh em 2015, com uma taxa de crescimento anual de 36,3%. O Reino Unido experimentou a taxa de crescimento mais rápida no mesmo período aumentou de 1 GWh em 2000 para 7.556 GWh em 2015, uma taxa de crescimento de 81,4%. A França experimentou 62,7% da taxa de crescimento, a segunda taxa de crescimento mais rápida, passando de 5 GWh em 2000 para 7.400 GWh em 2015.

Geralmente os projetos 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. Na maioria dos países, a intensidade energética (razão da energia consumida para os bens e serviços fornecidos) tem se reduzido, apesar de não ser em nível suficiente para compensar o crescimento econômico geral e reduzir o consumo (FA-PESP, 2010).

A geração de biomassa tem se desenvolvido principalmente para obtenção de etanol e biogás. A Alemanha é produtor e líder global no mercado de biogás, até 2012 as plantas funcionais de biogás foram 7470 unidades, incluindo 80 plantas produtoras de biometano. A Suécia é líder mundial em produção do biogás para usar como combustível de transporte. Até 2012, existiam 47 fábricas de produção de biogás na Suécia (KADAM,2017). No que diz respeito à produção geral de biogás, a Alemanha, seguida pelo Reino Unido, França, Itália e Países Baixos possuem as maiores produções de biogás. O biogás é utilizado em unidades combinadas de calor e energia para produzir eletricidade e calor. Em 2013, a produção primária de biogás na Europa (incluindo aterro e gás de esgoto) foi estimada em 13,4 milhões de toneladas de equivalentes de petróleo (Mtep) (HIJAZI,2016)

2.3 CENÁRIO BRASILEIRO

Para promover o desenvolvimento sustentável do setor de energia no Brasil, existe a necessidade da adoção de uma nova política energética fortemente baseada em energias renováveis. O Greenpeace através de um estudo denominado Revolução Energética – Perspectivas para uma energia global sustentável para o setor elétrico do Brasil faz menção a essa necessidade premente.

O Brasil é o 10º maior consumidor de energia do mundo, sendo o maior da América do Sul. O desenvolvimento sustentável explorando a geração de energias renováveis, com a redução de poluição e conseqüentemente preservação ambiental, aparece como alternativa que deverá nortear e garantir o fornecimento adequado de energia a toda população (CUNHA; AUGUSTIN, 2014). Conforme Bezerra et al.(2014), o desenvolvimento sustentável busca a garantia dos produtos sem comprometer o ambiente ao entorno da organização(BEZERRA et al, 2014).

Tendo em vista as projeções de crescimento da população, levando por consequência o aumento da urbanização e das necessidades básicas de água, alimento, energia e saneamento, a diversificação na matriz energética será necessária. De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), projeta-se um aumento de pouco mais de 50% do consumo de eletricidade atual até 2024.No estudo de demanda de energia 2050 da EPE, projeta-se que o país irá triplicar a sua demanda de energia. Conforme a Tabela 2.1, o Brasil necessita de uma diversificação urgente em

sua matriz energética. O apoio de 66% em uma única fonte, mostra a fragilidade do setor considerando as recentes crises hídricas, que reduziram os níveis de reservatórios e provocaram o aumento nas tarifas de energia elétrica. Considera-se uma solução o investimento em fontes alternativas renováveis de baixo impacto ambiental, sendo as principais frentes a biomassa e a solar.

Tabela 2.1 Percentual de participação de fontes de energia.

Fontes utilizadas no Brasil - Fase: Operação		
Origem	Potência Outorgada (MW)	%
Fóssil	28.115	17,45
Biomassa	14.609	9,03
Nuclear	1.990	1,24
Hídrica	106.571	66,08
Eólica	10.169	6,19
Solar	27	0,02
Total	161.481	100

Fonte: ANEEL, 2017

Medeiros et al. (2010) explica 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 promovem a inserção da energia fotovoltaica na matriz elétrica nacional (MEDEIROS et al , 2010). Os subsídios realizados pelo governo Alemão, são um exemplo de política a ser adotada em território nacional, tarifas reduzidas por um longo prazo, subsídios para compra de equipamentos e a venda de energia excedente.

A energia fotovoltaica também 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 (PIRES, 2010). Baseando-se em informações providas por indústrias, Medeiros et al. (2010), considera que 10 empregos são criados para cada MW produzido, e 33 para cada MW instalado, sendo que estudos realizados sobre o potencial brasileiro estima a geração de mais de 60 mil empregos até 2025(MEDEIROS et al , 2010).

Uma significativa parcela dos sistemas fotovoltaicos existentes no País foi instalada no âmbito do Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, instituído pelo Governo Federal, em dezembro de 1994, no âmbito da Secretaria de Energia do Ministério de Minas e Energia – MME. Outros programas, como o Luz para todos, incentivaram

o uso de geração fotovoltaica em áreas rurais e isoladas. Mesmo assim, ainda é uma pequena parte da matriz energética nacional. O governo brasileiro precisa se adaptar para o uso da energia solar em sua matriz energética, assim, necessita de alterações em sua regulamentação, adequação nos procedimentos de rede, e incentivar a indústria a utilizar as novas tecnologias e fomentar novas pesquisas (FAPESP, 2010).

O Brasil detém hoje quase 76% da fonte biomassa de cana de açúcar, sendo a terceira fonte de geração mais importante da nossa matriz elétrica em termos de capacidade instalada somente ficando atrás da fonte hídrica e das termelétricas com gás natural conforme pode ser constatado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(ANEEL, 2017)

Tabela 2.2 Fonte de biomassa no Brasil.

Fontes de biomassa utilizadas no Brasil - Fase: Operação		
Origem	Potência Outorgada(kW)	%
Biomassa da Cana de Açúcar	11.078	75,83
Casca de Arroz	45	0,31
Biogás-AGR	2	0,01
Capim Elefante	66	0,45
Floresta	3.294	22,55
Resíduos sólidos urbanos	118	0,81
Resíduos animais	2	0,01
Biocombustíveis líquidos	5	0,03
Total	14.609	100

Fonte : ANEEL, 2017

Atualmente a fonte biomassa representa 9% da potência outorgada pela Agencia Nacional de Energia Elétrica- ANEEL na matriz elétrica do Brasil como se pode observar na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Com a então resolução normativa nº687 da Aneel, que altera a resolução nº 482, as fontes de energias renováveis terão uma abertura maior em âmbito nacional, devido aos fatores de compensação de energia elétrica na unidade consumidora ou em múltiplas unidades consumidoras(ANEEL, 2015).

2.4 FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é obtida através da conversão da radiação solar em eletricidade por intermédio de materiais semicondutores, esse fenômeno é conhecido como efeito fotovoltaico. Este efeito foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel, onde se notou o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos de solução condutora, quando esta era iluminada pela luz solar (GARCIA, 2003)

De acordo com a Figura 2.1, o aproveitamento da geração de energia através do sol pode ser quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, ela produz uma pequena corrente elétrica. Essa corrente é recolhida por fios ligados à célula, e transferida para os demais componentes do sistema, sendo assim, quanto mais células fotovoltaicas são ligadas em série ou em paralelo, maior a corrente e tensão produzidas (Pereira et al., 2006).

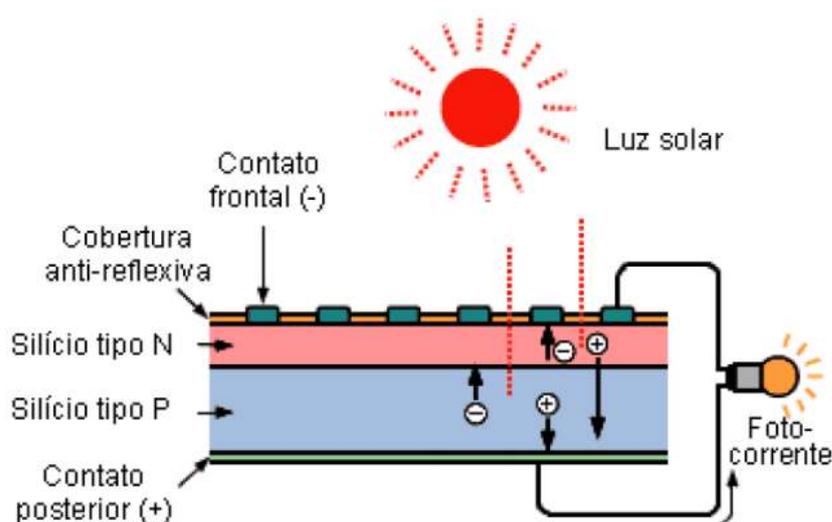


Figura 2.1 Etapas do aproveitamento da energia solar.
Fonte: Tolmasquim, 2016

A geração fotovoltaica é um modo de se obter energia limpa, utilizando diretamente a irradiação solar. Assim sendo, o uso da tecnologia fotovoltaica permite a geração de energia de uma forma sustentável e se apresenta como uma solução para os problemas energéticos da atualidade (KEMERICH et al., 2016). A Figura 2.2 mostra um exemplo da utilização de células solares em uma pequena comunidade para a geração de energia elétrica.



Figura 2.2 Ilustra um exemplo da utilização de energia fotovoltaica em comunidades isoladas.
Fonte: KEMERICH et al., 2016

2.4.1 SISTEMAS CONECTADOS E DESCONECTADOS DA REDE

Segundo Urbanetz (2011), sistemas de conversão fotovoltaica autônomos (*off-grid*) são aqueles que fornecem eletricidade sem a necessidade de estarem conectados à rede de distribuição, não impedindo sua utilização em condições em que esse acesso não exista (URBANETZ, 2011). Apesar de as redes de transmissões de energia elétrica estarem se espalhando para novas áreas motivados por políticas públicas nacionais e regionais de energia, o Banco Mundial possui dados que comprovam que aproximadamente 1,2 bilhão de pessoas no mundo ainda não possuem acesso à eletricidade (EPE, 2013).

Os sistemas de conversão fotovoltaicos autônomos constituem-se em uma das melhores opções para prover energia elétrica a locais isolados (CHAUREY & KANDPAL, 2010) e podem ser configurados dependendo do número de locais a serem atendidos e da proximidade: instalações individuais ou coletivas. Porém, o número de locais atendidos, a distância e a demanda de carga influenciam na configuração a ser efetuada nessas instalações para que se tenha um melhor aproveitamento (CHAUREY & KANDPAL, 2010).

Sistemas de conversão fotovoltaica ligados à rede (*on-grid*) são aqueles capazes de ser interligados com a rede elétrica e possui o objetivo de complementar a quantidade de energia demandada pelo consumidor. Nesse tipo de sistema fotovoltaico, a rede convencional de distribuição de energia elétrica funciona como um acumulador (GREENPRO, 2004). Quando o sistema a ela ligado gera mais energia do que aquela demandada pelo consumidor, o medidor contabiliza a energia que resulta da conversão fotovoltaica e o excedente é injetado na rede e debitado para a concessionária (RUTHER, 2004).

2.4.2 EFICIÊNCIA DE CONVERSÃO

A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é convertida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25% (GREEN et al., 2000). Segundo CRESESB (2006), atualmente as células fotovoltaicas são fabricadas, na sua grande maioria, usando o silício (Si) e podendo ser constituída de cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo

Os sistemas fotovoltaicos podem ser integrados às edificações, não ocupando área extra. Estes sistemas utilizam uma fonte renovável, silenciosa e limpa e não apresentam perdas na transmissão e distribuição, pois a geração ocorre junto ao ponto de consumo. Os sistemas fotovoltaicos podem ser instalados em áreas já ocupadas, telhados e coberturas residenciais como unidades de geração distribuída (ABINEE 2012).

A energia solar fotovoltaica é uma das tecnologias renovável mais recente e sua geração é uma tendência em diversos países, em especial, na Europa, Estados Unidos e Austrália. Os sistemas fotovoltaicos já possuem tecnologia disponíveis para sua implementação como uma das soluções para os problemas energéticos atuais. Na Alemanha, esses sistemas já estão sendo utilizados há mais de 30 anos e são confiáveis em sua geração e durabilidade (ABREU, 2009).

Mesmo com as diferentes características climáticas observadas no Brasil, pode-se observar que a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, Figura 2.3, com médias anuais relativamente altas em todo país. Conforme afirma Fagundes (2012), o local no Brasil onde ocorre a menor radiação solar global se dá no estado de Santa Catarina (4,25 kWh/m²), valor este,

é cerca de quatro vezes superior ao apresentado para o território da Alemanha, país que é líder mundial no aproveitamento de energia solar (FAGUNDES, 2012).

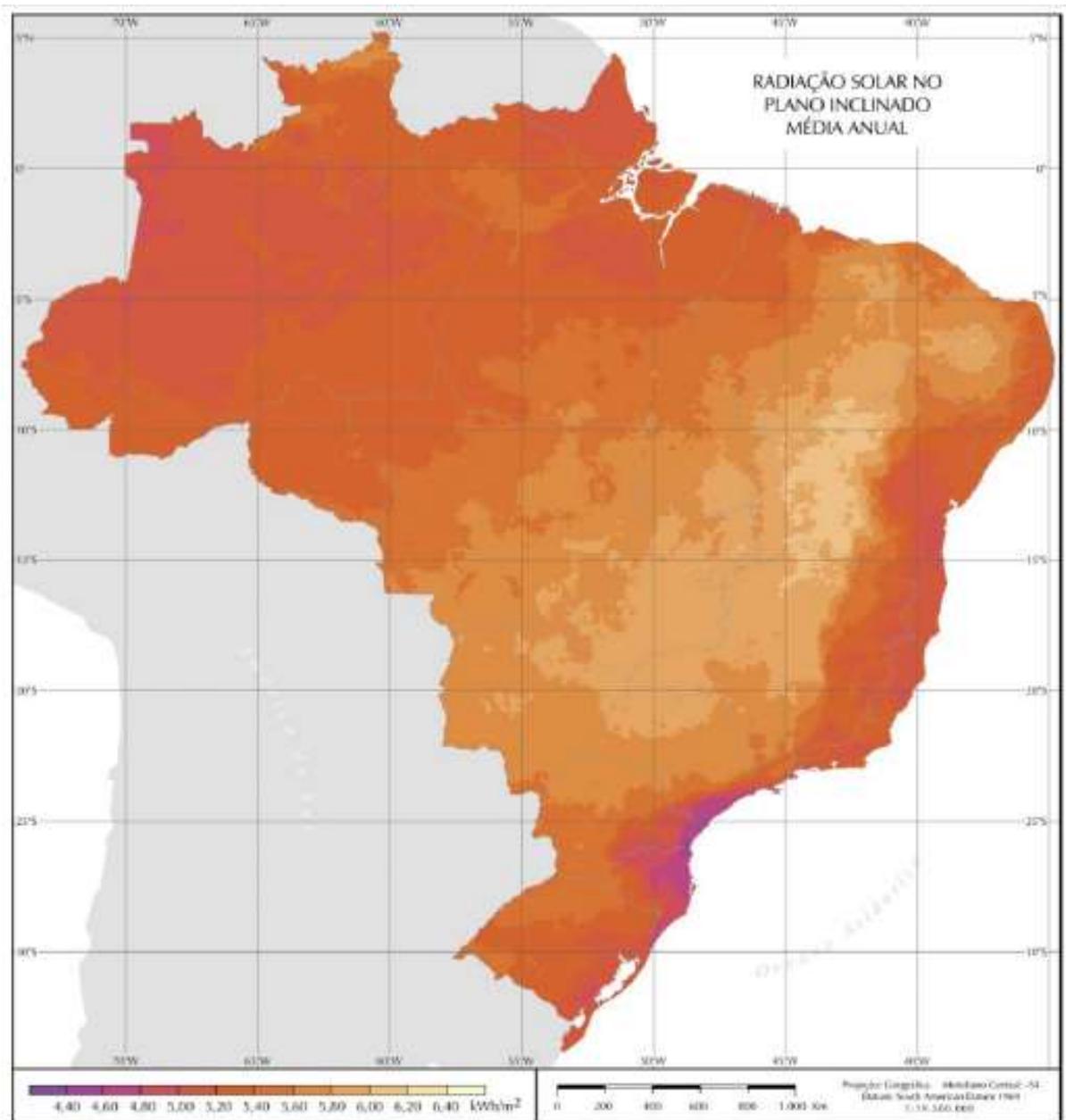


Figura 2.3 Mapa de Radiação solar
Fonte: Santos, 2009

No entanto, apesar dos bons valores de irradiação solar, é o baixo potencial de aproveitamento da energia solar no território brasileiro de acordo com a Figura 2.4, sendo necessários investimentos e financiamentos por parte do governo, principalmente, para difundir tal tecnologia.

Esta fonte de energia pode ser a solução para acesso à energia elétrica em regiões isoladas, pois o sistema não necessita de grandes linhas de distribuição (DISTRITO FEDERAL, 2014).

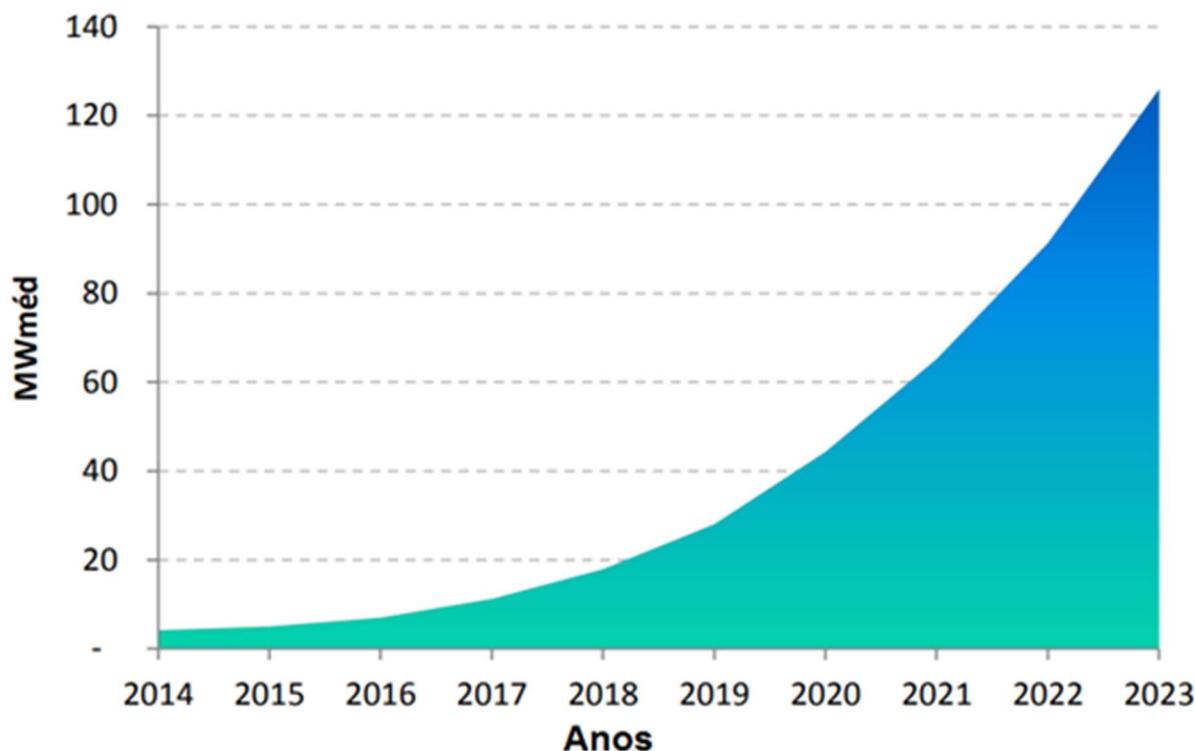


Figura 2.4 Evolução da geração de energia fotovoltaica no Brasil.
Fonte: Adaptado de Distrito Federal, 2014

O Brasil necessita aumentar sua oferta de energia, entretanto, esta ação estratégica deve ser integrada de forma a desenvolver a sociedade nas áreas econômica, social e ambiental (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006). Sua viabilidade está relacionada a incentivos tanto do governo quanto de empresas privadas, que como nos países desenvolvidos, financiam e promovem os projetos, com a finalidade de obter um maior desenvolvimento do país (SHAYANI; OLIVEIRA; CAMARGO, 2006).

2.4.3 IRRADIAÇÃO SOLAR DIRETA, DIFUSA E GLOBAL

A irradiação solar direta, em inglês *Direct Normal Irradiation* (DNI), é aquela que não há nenhuma dispersão pelos efeitos da atmosfera, pode ser normal ou horizontal à superfície. A

irradiação difusa, *Diffuse Horizontal Irradiation* (DIF), é aquela que foi alterada devido à atmosfera. Por último, a irradiação global, *Global Horizontal Irradiation* (GHI), é o somatório da irradiação direta e difusa (Figura 2.5) (Vienello & Alves, 1991).



Figura 2.5 Tipos de irradiação solar

Conhecido o conceito de cada tipo de irradiação, essa quantidade de energia pode ser medida para dimensionar o potencial de uma determinada região para a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico.

De acordo com a Figura 2.6, é possível visualizar a diferença de irradiação solar direta incidente em todo o território mundial. Além disso, o mapa mostra a média de irradiação direta, onde as regiões de maiores incidências solares estão localizadas em regiões semiáridas onde há maior presença de céu limpo. Os dados na figura são dados em kWh/m².

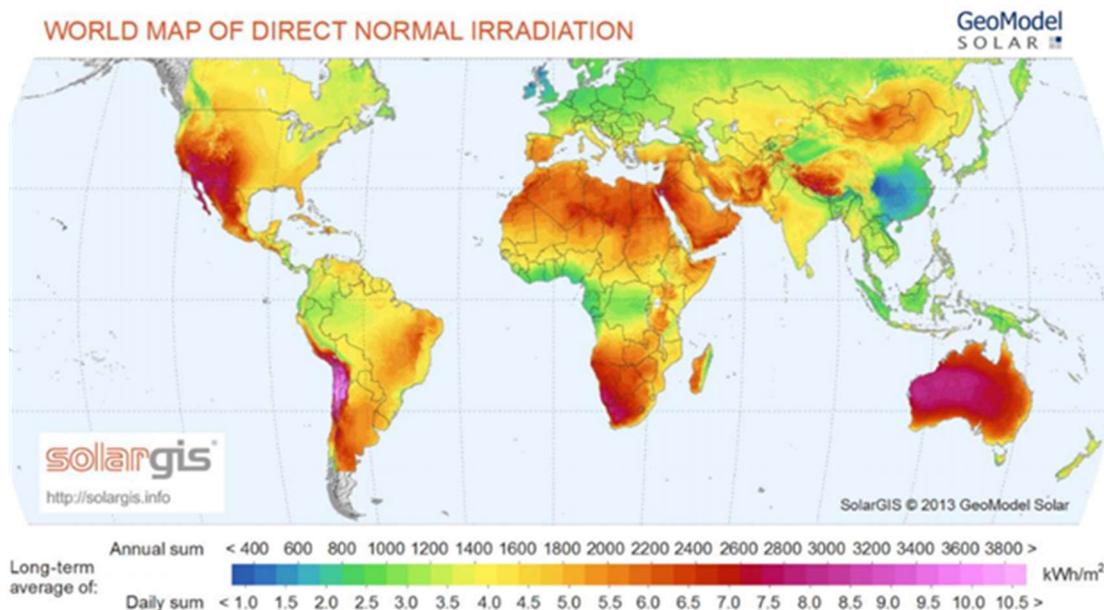


Figura 2.6 Mapa Mundial de Irradiação Solar Direta
Fonte: SolarGIS, 2013

2.5 BIOMASSA

A biomassa foi o primeiro combustível usado pela humanidade e também é o combustível que foi o pilar da economia de combustível global até meados do século XVIII (TASNEEM,2010). Há um ressurgimento do interesse na energia da biomassa, devido ao fato de ser considerada uma fonte energética, com emissão neutra de GEE ao contrário dos combustíveis fósseis que emitem quantidades expressivas de carbono, e que o uso abundante levou a intensificação do aquecimento global e à acidificação dos oceanos (TASNEEM,2010).

Segundo Gupta e Demirbas (2006), biomassa geralmente se refere à madeira, culturas herbáceas, bagaço de cana, resíduos de madeira, serragem, resíduos agrícolas, resíduos industriais, resíduos de papel, resíduos sólidos urbanos, resíduos de processamento de alimentos, plantas aquáticas, algas, resíduos animais, e semelhantes materiais com valor de energia e que pode ser convertida em energia mecânica, térmica ou elétrica(GUPTA E DEMIRBAS,2006).No Brasil muitas formas de geração de energia elétrica a partir da biomassa têm sido pesquisadas, entre elas a biomassa residual. Segundo Bley et al (2009), a biomassa residual é formada através de restos de vegetais inaproveitáveis para consumo ou plantio como pecuária que possam ser biodegradados como dejetos e esterco (BLEY ET AL ,2009),.

É uma fonte de energia renovável com importância aumentando pois as políticas e as estratégias energéticas nacionais se concentram mais fortemente na viabilidade de fontes renováveis e na conservação dos recursos existentes (KAREKEZI,2004).

“As fontes de energia de biomassa possuem uma diversificação para sua obtenção, sendo as mais importantes: são resíduos de madeira e de fazendas de reflorestamento (pinus e eucalipto), culturas agrícolas e seus subprodutos de resíduos, resíduos sólidos municipais, resíduos da pecuária, resíduos de agroindustrial, plantas aquáticas e algas. A bioenergia pode ser uma alternativa importante em um futuro e um suprimento de energia mais sustentável.”(KAREKEZI ,2004).

O interesse crescente pela bioenergia é impulsionado pelos seguintes fatores:

- Contribui para a redução da pobreza nos países em desenvolvimento,
- Atende as necessidades de energia em todos os momentos, sem dispositivos de conversão caros,
- Pode fornecer energia em todas as formas que (combustíveis líquidos e gasosos, calor e eletricidade)

Recentemente, o conselho mundial da energia e a comissão das Nações Unidas (ONU) sobre desenvolvimento sustentável reiteraram a necessidade de energia acessível, limpa e renovável para melhorar o desenvolvimento sustentável (HSU E AGORAMOORTHY,2008). Além disso, a ONU declarou 2012 como o "ano internacional de energia sustentável para todos", que teve como objetivo proporcionar acesso universal à energia moderna em 2030 (ONU,2011).

A Figura 2.7, ANEEL (2005), apresenta a diversificação de obtenção de produtos associados a biomassa, determinando-se o processo de conversão e o seu resultado energético. O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta, de processos termoquímicos ou de processos biológicos. A combustão direta (terceiro elemento do processo de conversão) é a transformação de energia química em calor, sendo exemplos claros a madeira, biomassa aplicada em caldeiras. A gaseificação (sexto elemento do processo de conversão) é o processo de conversão de combustíveis sólidos em gasoso através de reações termoquímicas. Pirólise ou carbonização (quarto elemento do processo de conversão) considerado o mais antigo processo de conversão de um combustível (lenha em carvão). Biodigestão (sétimo elemento no processo de

conversão) ocorre devido decomposição da matéria orgânica. Fermentação (primeiro elemento do processo) transformação de açúcares (ANEEL,2005).

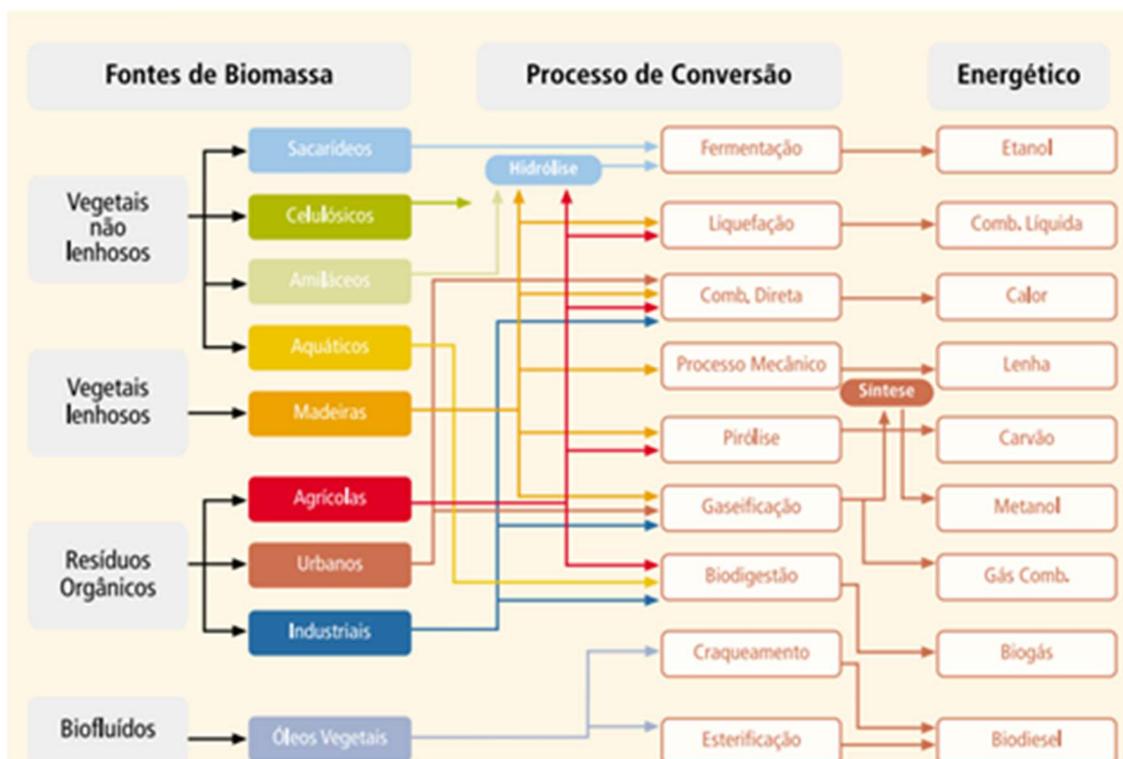


Figura 2.7: Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa

Fonte: ANEEL,2005

2.5.1 Biogás

O biogás é gerado a partir de materiais orgânicos sob condições anaeróbicas. As matérias-primas para a geração de biogás incluem resíduos da pecuária, lixo de cozinha, matéria excrementosa e algas. Países onde o setor agrícola é um componente importante para o crescimento da economia, encontram o biogás como um substituto útil para cocção e geração de energia (ARTHUR,2011). A Figura 2.8, apresenta o potencial global de produção de biogás mundial. Pode-se notar que o Brasil é um dos poucos países que apresentam o maior potencial de produção de biogás (>100,000,000 Nm³/d) em comparação a Alemanha, que apresenta somente um potencial entre 20,000,000 – 100,000,000.

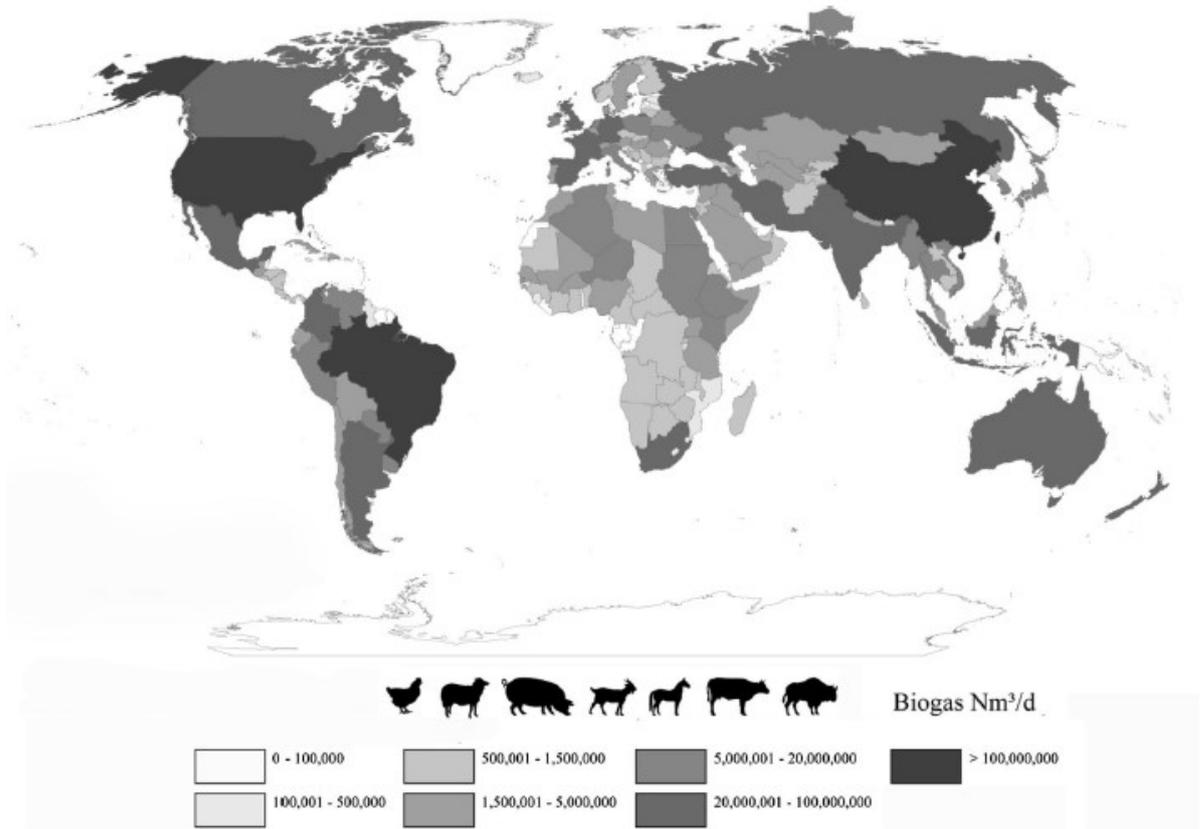


Figura 2.8: Potencial global de produção de biogás.

Fonte: Adaptado de Chávez-fuentes et al. (2017)

A aplicação de resíduos da pecuária pode causar contaminação da água, devido ao fato de o excesso de matéria orgânica, ao se oxidar bioquimicamente com oxigênio dissolvido em corpos de água, causa a anaerobiose. Além disso, a sobrecarga de nutrientes leva à eutrofização. O vazamento de resíduos da pecuária também pode ocorrer quando a água da chuva lava os resíduos e ou lagoas de armazenamento de dejetos. É importante ter um sistema de coleta de lixiviação para prevenir a contaminação de corpos de água e do solo.

A utilização do biogás como combustível para geração de energia elétrica não apenas aproveita de forma sustentável este subproduto da disposição dos resíduos sólidos, como também evita que o gás metano nele contido seja emitido para a atmosfera. Como o metano tem potencial 21 vezes maior que o CO₂ para aumento do efeito estufa, a queima do biogás na produção de energia gera emissões evitadas deste gás (BRASIL, 2010).

Sendo considerada uma energia limpa e renovável, o biogás poderia aumentar a segurança energética. Produzido através de degradação anaeróbica é processo muito complexo que requer certas condições ambientais, bem como diferentes populações de bactérias. A energia do biogás tem algumas vantagens em relação a outras fontes de energia (ARTHUR,2011). O uso bem-sucedido da tecnologia de biogás pode resultar não apenas na geração de energia e na produção de bio-fertilizantes, mas também em outros benefícios sociais e ecológicos, incluindo saneamento, reflorestamento e redução de fontes não renováveis (ARTHUR,2011).

O processo de obtenção de biogás prove da digestão anaeróbica, um método biológico que pode ser usado para converter resíduos orgânicos em um produto estável para aplicação na terra sem efeitos ambientais adversos (Ahn, 2010). A digestão anaeróbica é uma série de processos biológicos, em que a degradação de microorganismos de material biodegradável na ausência de oxigênio. Envolve uma série de processos bioquímicos, como hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (KADAM,2017). A aplicação do biogás é diversificada, sendo aplicado no processo de cocção, aquecimento de água, na geração de energia através de um sistema de combustão controlada convertendo em energia elétrica ou mecânica, injeção em redes de gás natural ou na aplicação de combustíveis para veículos (KADAM,2017).

As plantas de geração de biogás podem ser caracterizadas como sendo de dois tipos: as ecológicas e as ambientais. As plantas do "tipo ecológico" são geralmente consideradas como um componente do sistema eco-agrícola e anexadas às fazendas produtoras, cercadas por campos agrícolas, lagoas ou pomares. Este padrão garante que os resíduos e efluentes fermentados após a fermentação aeróbia podem ser completamente digeridos por áreas agrícolas próximas. As plantas de geração do "tipo ambiental" são construídas para descartar e reciclar os resíduos de animais com o objetivo de melhorar a qualidade da descarga para cumprir as normas nacionais de emissão (CHEN,2017).

Nos países em desenvolvimento, principalmente com digestores domésticos, o uso final de biogás se limita principalmente a cocção e iluminação. Isso ocorre porque o digestor mais comum nos países em desenvolvimento tem um tamanho de 2-10 m³ e o volume de biogás produzido é suficiente para as funções básicas. Deve-se notar que o biogás produzido a partir de plantas em larga escala em alguns países em desenvolvimento, estão sendo usado para geração de eletricidade através de células de combustível ou moto geradores.

A composição do biogás é uma mistura de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) com quantidades pequenas de componentes sulfúrico (H₂S). O biogás consiste em uma mistura de gases em diferentes concentrações, como mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, a qual representa os valores médios de concentração de gases no biogás. A concentração desses gases tende a ser diferente conforme resíduo utilizado (IGONI et al., (2008); SALOMON & LORA (2009); DERMIRBAS (2006); HUANG & CROOKES (1998); MACIEL (2003)).

Tabela 2.3 Valores médios de concentração de gases do biogás

Componente de gás	IGONI et al., (2008)	SALOMON & LORA (2009)	DERMIRBAS (2006)	HUANG & CROOKES (1998)	MACIEL (2003)
Metano (CH ₄)	55-75%	40-75%	55-62%	50-70%	45-60%
Dióxido de carbono (CO ₂)	30-45%	25-40%	35-45%	25-50%	35-50%
Sulfureto de hidrogênio (H ₂ S)	1-2%	Traços	0-1%	Traços	-
Nitrogênio (N ₂)	0-1%	Traços	0-3%	0,3-3%	0-10%
Hidrogênio (H ₂)	0-1%	Traços	0-1%	1-5%	<0,1%
Monóxido de carbono (CO)	Traços	Traços	Traços	-	<0.1%
Oxigênio (O ₂)	Traços	Traços	-	-	4%

2.6 DEFINIÇÃO DE ÁREA URBANA E RURAL

A definição de área urbana e a área rural são conceitos utilizados na geografia para diferenciar dois tipos de espaços geográficos distintos. Sendo definido como área rural aquela utilizada para o desenvolvimento de atividades de agricultura, pecuária, extrativismo, silvicultura, conservação ambiental, turismo rural (ecoturismo), dentre outras. Já as zonas urbanas são áreas

municipais que passaram pelo processo de urbanização fomentado, sobretudo, pela industrialização. Além disso, a densidade demográfica das áreas urbanas é superior à das áreas rurais. As áreas urbanas possuem diversas infraestruturas que muitas vezes, não são encontradas no campo: ruas e avenidas asfaltadas, habitações, indústrias, hospitais, escolas, comércios, abastecimento de água, sistemas de esgoto, iluminação pública, dentre outros.

Um fator importante a ser ressaltado é que uma depende da outra, ou seja, as áreas urbanas adquirem produtos da área rural. Por sua vez, a área rural adquire produtos e serviços oferecidos pelas áreas urbanas. Para compreender melhor essa diferença analise a Tabela 2.4 :

Tabela 2.4: Principais diferenças entre zona rural e urbana

Zona Rural	Zona Urbana
Chamado de meio rural	Chamado de meio urbano
Principais atividades desenvolvidas: agricultura e pecuária	Maior infraestrutura
Paisagem natural	Paisagem humanizada
Habitações: sítios, chácaras e fazendas	Habitações: casas e prédios
Localizada fora dos centros urbanos	Maior oferta de emprego
Área não urbanizada	Intenso processo de urbanização
Baixa densidade demográfica	Densidade demográfica elevada
Povoamento disperso	Povoamento concentrado
Setor Primário da Economia (extrativismo, agricultura e pecuária)	Setor da Economia: secundário (indústria e produção de energia) e terciário (comércio e serviços)

As definições de área rural e urbana estão correlacionadas na determinação de potencial de geração de energia elétrica, devido as relações de densidade demográfica de ocupação e o estilo de habitação, agregando as informações na área disponível para alocação de geração de fontes renováveis.

3 METODOLOGIA

3.1 DEFINIÇÃO DE POTENCIAL TEÓRICO E TÉCNICO

A possibilidade de exploração de uma fonte renovável de energia pode ser determinada através do seu potencial energético, possibilitando uma análise teórica, técnica, econômica e/ou realizável. A característica de cada método é definida como:

- Potencial teórico: geração máxima que pode ser produzida por uma fonte, levando-se em consideração os parâmetros físicos e que representa o limite máximo a ser produzido.
- Potencial técnico: geração com base nas condições de limites técnicos (eficiência de equipamentos, tecnologia de conversão, áreas para implementação, possibilidade de evolução tecnológica e outros)
- Potencial Realizável: o máximo potencial alcançável, assumindo todas as restrições existentes (taxa de crescimento de mercado, restrições no planejamento, competição do uso de recursos)
- Potencial Econômico, é o potencial que leva em consideração as relações do PIB per capita, mercado externo e interno, possibilidade de compra, incentivos fiscais e outros. (RESCH*,2007).

A Figura 3.1 representa as diferenças entre cada potencial e o comportamento ao longo do tempo (RESCH*,2007). O potencial teórico e técnico é uma avaliação quantitativa da geração de energia e são representados por um degrau, apresentando a mudança que pode ocorrer. O potencial de geração econômico e realizável, sofrem interferências de ações governamentais, planos de incentivos para serem implementados, planejamento a longo prazo, influência de preço de mercado. (OPERACZ,2017).

Para a determinação do potencial energético aplicado ao Estado de São Paulo, foi selecionado a abordagem de potencial teórico e técnico. Os potenciais econômico e realizável foram excluídos devido às incertezas políticas e econômicas que o mercado brasileiro passa, a estabilização de preços de sistemas fotovoltaicos, a falta de competitividade no mercado, os incentivos políticos estabelecidos por decretos, o não desenvolvimento do mercado de micro

geração a partir de biomassa , gerando incertezas também sobre o cálculo de potencial econômico e realizável.

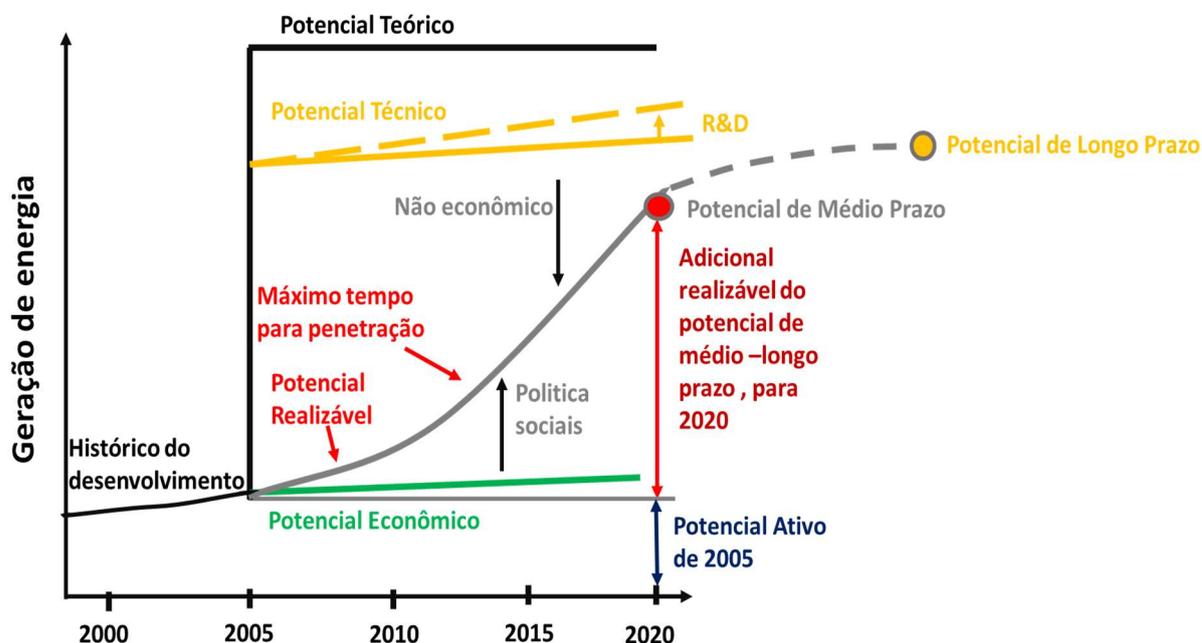


Figura 3.1 Representação de potenciais técnico, teórico e econômico.

Fonte: Adaptado Resch*,2007.

3.2 FOTOVOLTAICO

A determinação do potencial de geração de energia fotovoltaica em uma localidade específica (limitação de um bairro, cidade ou áreas de loteamento) 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 determinação do potencial técnico para determinada região é limitada e desenvolvida em uma base de dados de entrada topográfica sendo em alguns casos com a visualização 3D da área construída, possibilitando desta forma identificar a orientação correta, inclinação e áreas de sombreamento.

Para grandes áreas os estudos focam-se no potencial teórico e isso se deve a complexidade de aplicação, que levam em consideração vários aspectos, um deles é o de estabelecer

as perdas reais existentes, principalmente com a urbanização, áreas de cultivo agrícola, o uso da terra para pecuária, áreas de preservação de florestas nativas e a determinação de rodovias e estradas.

A metodologia aplicada pode ser implementada tanto para sistemas conectados e ou desconectados da rede elétrica.

3.2.1 Potencial teórico

Com base no método utilizado por Arizataba, Melo e Mwanza, o potencial teórico da energia gerada pelos sistemas fotovoltaicos é expresso conforme a EQUAÇÃO 1 (MELO,2015) (ARIZATABA,2017) (MWANZA,2017):

$$E = \eta_{fv} * A * Ir \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (1)$$

Onde: E é a energia produzida diariamente, η_{fv} é a eficiência dos painéis fotovoltaicos, A é a área total da região em m^2 e Ir é a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$.

3.2.2 Potencial técnico

Para determinar o potencial técnico de um sistema fotovoltaico, foram estabelecidos alguns cenários com base em perdas crescentes, conforme pode ser visto nos cenários 1,2 e 3, sendo que o cenário 4 estabelece a utilização de cultivo de cana de açúcar do Estado de São Paulo.

3.2.2.1 Cenário 1

Neste cenário, são estabelecidas as perdas técnicas de um sistema fotovoltaico, levando-se em consideração as perdas no: cabeamento, na eficiência do inversor e do módulo fotovoltaico, conforme EQUAÇÃO 2

$$Ec1 = \eta_{fv} * \eta_{in} * \eta_p * A * Ir \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (2)$$

Onde: $Ec1$ é a energia produzida diariamente cenário 1, η_{fv} é a eficiência dos painéis fotovoltaicos, η_{in} é a eficiência dos inversores, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico, A é a área total da região em m^2 e Ir é a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$.

3.2.2.2 Cenário 2

Neste cenário é levado em consideração que a área útil da implementação de sistemas fotovoltaicos está relacionada ao número de domicílios com conexão com a rede elétrica e suas áreas de telhado. A área estabelecida At (m^2) é determinada conforme a EQUAÇÃO 3,

$$At = nr * Ar + nrr * Arr + ni * Ai + nc * Ac \quad [m^2] \quad (3)$$

Onde At é a área com base nos números de domicílios e suas áreas, nr é o número de residências urbanas, Ar é a área média dos telhados das residências urbanas, nrr é o número de residências rurais, Arr é a área média dos telhados das residências rurais, ni é o número de indústrias, Ai é a área média dos telhados das indústrias, nc é o número de comércios e Ac é a área média dos telhados comerciais.

Considerando se este valor de área total, a expressão para determinação da energia produzida diariamente é expressa conforme a EQUAÇÃO 4:

$$Ec2 = \eta_{fv} * \eta_{in} * \eta_p * At * Ir \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (4)$$

Onde: $Ec2$ é a energia produzida diariamente do cenário 2, η_{fv} é a eficiência dos painéis fotovoltaicos, η_{in} é a eficiência dos inversores, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico, At é a área total da calculada em m^2 e Ir é a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$.

3.2.2.3 Cenário 3

O cenário 3, leva em consideração o pressuposto que nem todas as casas e indústrias possuem telhados na orientação correta e a inclinação conforme a latitude do local. O cálculo leva em consideração as perdas com base nessas variáveis, sendo expressa conforme a EQUAÇÃO 5

$$Ec3 = \eta_{fv} * \eta_{in} * \eta_p * At' * Ir \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (5)$$

Onde: $Ec3$ é a energia produzida diariamente do cenário 3, η_{fv} é a eficiência dos painéis fotovoltaicos, η_{in} é a eficiência dos inversores, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico, At' é a área total aproveitável para geração fotovoltaica em m^2 considerando-se metade da área para alocação de sistemas fotovoltaicos de At , considerando que nem toda área de telhado está com a face correta para o norte e que não pode ser ocupada totalmente, e Ir é a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$.

3.2.2.4 Cenário 4

O cenário 4 leva em consideração a substituição das áreas de cultivo de cana para utilização de usinas fotovoltaicas. Neste cenário são levados em consideração a eficiência do sistema fotovoltaico, sendo a energia gerada por dia conforme a EQUAÇÃO 6

$$Ec4 = \eta_{fv} * \eta_{in} * \eta_p * Ac * Ir \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (6)$$

Onde: $Ec4$ é a energia produzida diariamente do cenário 4, η_{fv} é a eficiência dos painéis fotovoltaicos, η_{in} é a eficiência dos inversores, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico, A é a área da plantação de cana de açúcar em m^2 e Ir é a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$.

3.2.3 Dados e Materiais

3.2.3.1 Irradiação

Os dados de irradiação para cada Região Administrativa, foi estabelecido conforme média anual de cada região, com base nas regiões de governo, os valores são apresentados na Tabela 3.1, com dados de irradiação que favorecem a implementação de sistemas fotovoltaicos no Estado de São Paulo.

Tabela 3.1: Valores médios de irradiação kwh/m²/dia .

Região Administrativa	Irradiação Global (kWh/m ² /dia)
Região Administrativa Central	5,549
Região Administrativa de Araçatuba	5,513
Região Administrativa de Barretos	5,535
Região Administrativa de Bauru	5,534
Região Administrativa de Campinas	5,440
Região Administrativa de Franca	5,484
Região Administrativa de Itapeva	4,989
Região Administrativa de Marília	5,389
Região Administrativa de Presidente Prudente	5,334
Região Administrativa de Registro	4,400
Região Administrativa de Ribeirão Preto	5,468
Região Administrativa de Santos	4,675
Região Administrativa de São José do Rio Preto	5,543
Região Administrativa de São José dos Campos	5,104
Região Administrativa de Sorocaba	5,326
Região Metropolitana de São Paulo	4,676

FONTE: SWERA ADAPTADO

A Figura 3.2 apresenta o estudo realizado pelo Governo do Estado de São Paulo, e apresenta os níveis de incidência solar global diária para cada Região Administrativa. Devido

a uma mudança de política que ocorreu no Estado, no final de 2013, a região administrativa de Sorocaba não foi particionada no estudo realizado pelo órgão governamental (SÃO PAULO,2013).

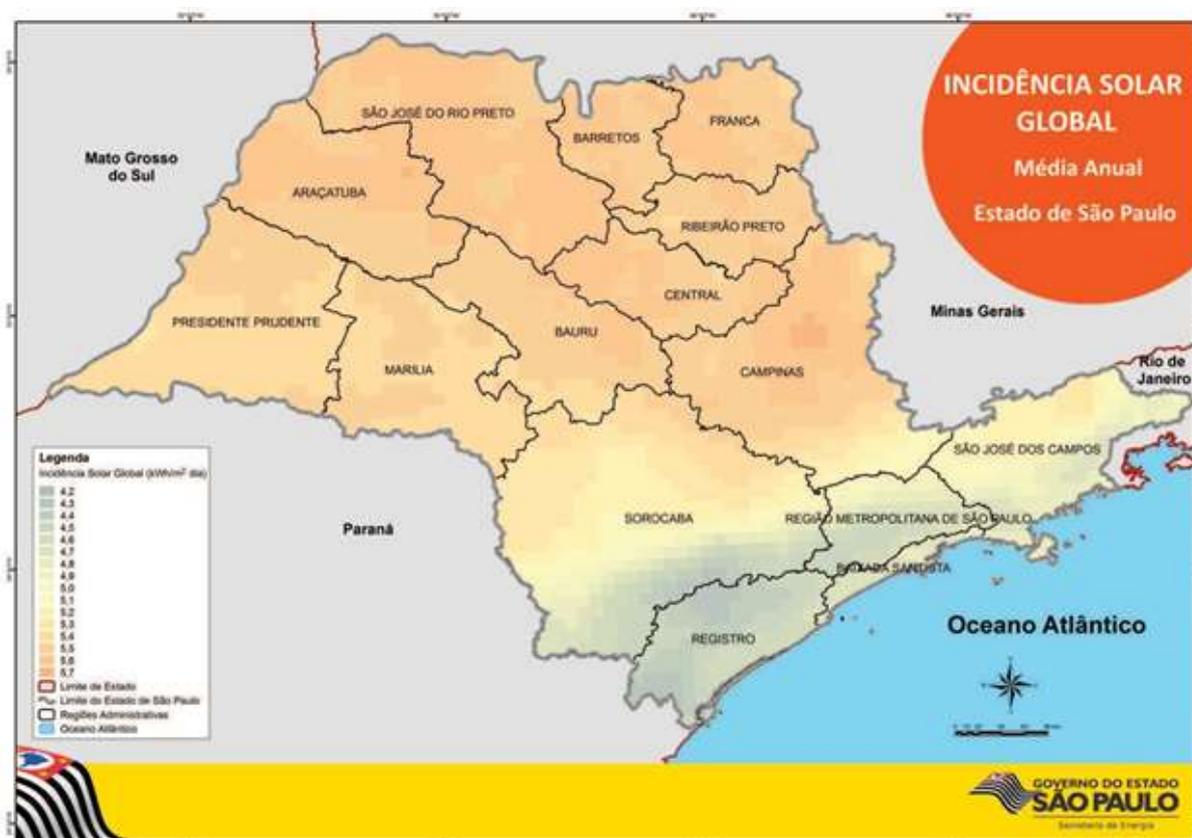


Figura 3.2: Incidência solar global média anual — Estado de São Paulo.
FONTE: SÃO PAULO, 2013

A Figura 3.3, representa o valor médio da irradiação solar global média por municípios para o Estado de São Paulo. Os valores por município são agrupados por Região Administrativa, e foram comparados com o valor obtido pelos dados colhidos pelo Swera. A diferença entre os valores foi de aproximadamente 3-5%. As regiões de fronteira com os Estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, apresentam valores maiores de irradiação solar global, comparadas com a região de fronteira com o Estado do Paraná e a região litorânea do Estado.

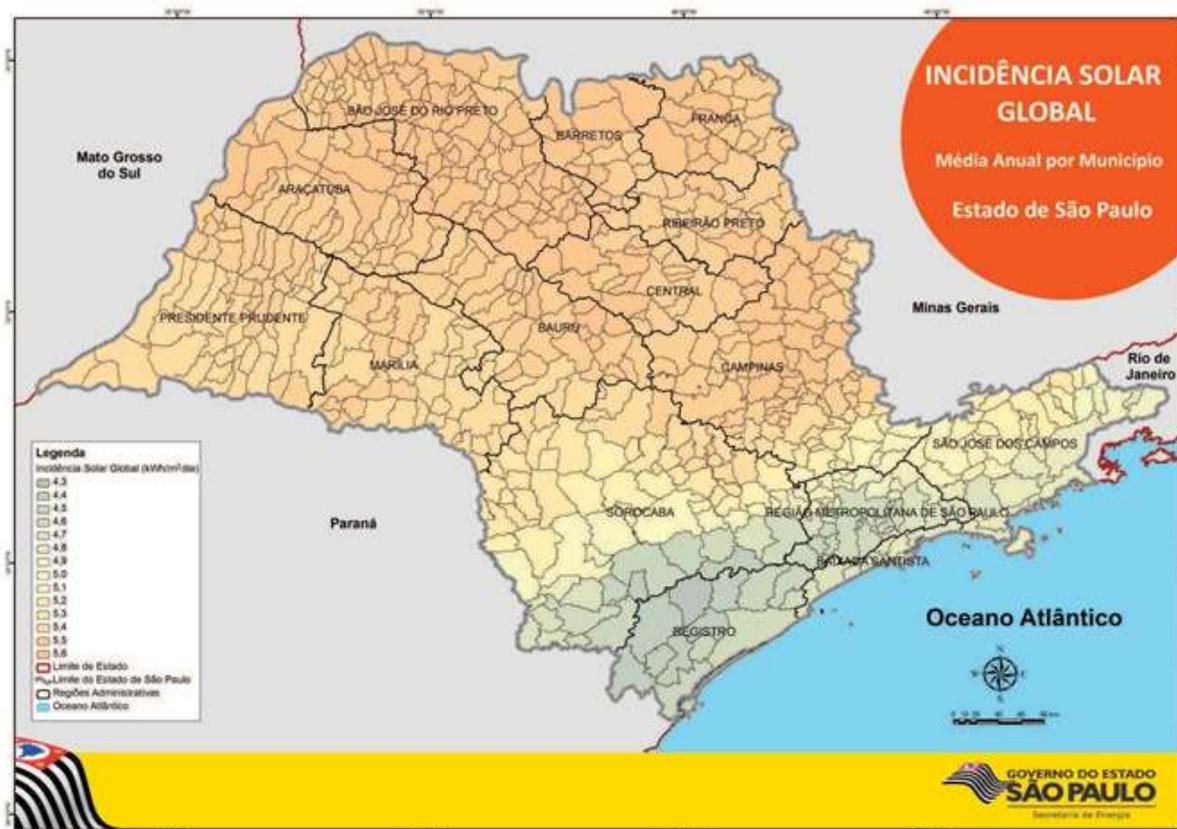


Figura 3.3: Incidência solar global média anual — Municípios do Estado de São Paulo.
FONTE: SÃO PAULO, 2013

3.2.3.2 Eficiência de Módulos Fotovoltaicos, Inversores e Perdas do Sistema fotovoltaicos

A quantidade de energia gerada por um sistema fotovoltaico depende de vários fatores; alguns dos quais são externos ou ambientais, outros são internos ao próprio sistema fotovoltaico e outros fatores diversos.

Dentre os principais fatores levantados por Found et al, estão os fatores de irradiação, temperatura, poeira, quantidade de dias nublados, densidade de nuvens, sombreamento, perdas técnicas de instalação, eficiência dos painéis, inversores, manutenção, material de fabricação, degradação do sistema, trincas em placas, perdas ôhmicas e por aquecimento e outras que interferem ao longo do tempo na geração de energia fotovoltaica (FOUND et al , 2017).

Devido ao acúmulo de partículas em cima dos módulos fotovoltaicos sua eficiência na produção de energia fica em torno de 80-93%. As perdas por sombreamento são de 59-73%

ao ano, uma eficiência de 27-41 % ao ano, os valores podem variar conforme arranjo estabelecido. As perdas por cabeamento, dissipação de calor nos condutores variam de 3-6%(GARCIA et al , 2006)(JOHN, 2015).

A eficiência de inversores fotovoltaicos giram em torno de 88-96%, dependendo das condições de campo existentes (temperatura, umidade, perdas magnéticas, presença de transformador, perdas nos cabos internos, perdas na eletrônica) (GERBAS e TENDOLKAR , 2012)(GOLZALEZ et al, 2007)

A eficiência dos painéis fotovoltaicos varia conforme tecnologia, sendo de 16-22% para monocristalinos, e de 14-18% para policristalinos. A eficiência de painéis filme fino está vinculada ao material utilizado, silício amorfo é de 7-9%, telurideo de cádmio 10-15%(GREEN et al, 2015)

O ângulo de inclinação deve estar próximo ao da latitude do local, porém nem todas as construções possuem a inclinação ideal, as perdas relacionadas a inclinação são de aproximadamente 5–13 % para variações de ângulos pequenos (SHRUTHI et al, 2016)(YEN et al ,2009)

A orientação dos módulos fotovoltaicos situados no hemisfério Sul, devem estar voltados para o Norte, sendo a instalação das placas fotovoltaicas realizadas nos telhados dos consumidores, a perda na orientação incorreta pode ser de 53% para oeste, 64% para leste, sendo que a perda média é de aproximadamente 58,5%(CHOBANOV, 2016)

Para efeitos de aplicação de cálculos, com base nas referências acima citadas, foram considerados os fatores conforme a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 Eficiência para geração fotovoltaica.

Equipamento	Valor Percentual
Eficiência Painel fotovoltaico (GREEN et al, 2015)	22%
Eficiência Inversor (GERBAS e TENDOLKAR , 2012)	88%
Eficiência Cabeamento (GARCIA,2006)	94%
Perdas Acúmulo de poeira(JOHN, 2015).	20%
Perdas Inclinação (SHRUTHI et al, 2016)	13%
Perdas Orientação (CHOBANOV, 2016)	41,5%
Perdas Sombreamento (JOHN, 2015).	41%

3.2.3.3 Número de consumidores de energia elétrica

Foram utilizados para o cálculo os dados dos consumidores conforme setor de consumo de energia, apresentado na Tabela 3.3. Foram considerados todos os consumidores que possuem conexão com a rede elétrica das distribuídas.

Tabela 3.3: Dados de número de consumidores conforme setor.

Localidade	Consumidores de energia elétrica			
	Comércio e Serviços	Industrial	Residencial	- Rural
RA Araçatuba	21974	2670	266311	16176
RA Barretos	10767	918	146537	7229
RA Bauru	28675	3233	383066	11345
RA Campinas	185724	27353	2261506	47064
RA Central	27831	3746	358667	9088
RA Franca	18909	3735	253684	6844
RA Itapeva	7827	699	97216	14242
RA Marília	29035	6222	325098	14767
RA Presidente Prudente	27718	8378	282510	26733
RA Registro	7893	637	94033	10809
RA Ribeirão Preto	38578	3651	449946	6503
RA Santos	54691	2801	860892	704
RA São José do Rio Preto	49388	7970	537638	33012
RA São José dos Campos	73268	8305	853999	15056
RA Sorocaba	54826	6758	872092	36546
RM São Paulo	402863	34777	7016195	6124

FONTE: ADAPTADO DO IMP

3.2.3.4 Área de Implementação

A Tabela 3.4 apresenta a área total de todas as Regiões Administrativas do Estado de São Paulo.

Tabela 3.4: Dados de área de cada região administrativa

Localidades	Área (Em km ²)
RA Araçatuba	18562,23
RA Barretos	8343,4
RA Bauru	16209,37
RA Campinas	27094,36
RA Central	11093,05
RA Franca	10330,12
RA Itapeva	12809,88
RA Marília	18510,35
RA Presidente Prudente	23776,58
RA Registro	12132,72
RA Ribeirão Preto	9301,14
RA Santos	2419,93
RA São José do Rio Preto	25442,04
RA São José dos Campos	16192,77
RA Sorocaba	28058,43
RM São Paulo	7946,84

FONTE: IIMP ADAPTADO

Para o cálculo de área estabelecido na EQUAÇÃO 3, foram utilizadas referências que mencionassem valores médios de área. Estabelecer a área construída média para uma região ou localidade deve-se levar em consideração fatores sócio econômicos, uso da terra, expansão demográfica, e outros. Com base nessas informações existe uma carência de referências sobre a habitação brasileira e sua utilização.

Existe uma discrepância grande nos valores mencionados nos estudos dos autores sobre habitação. Conforme artigo de Villa e Mendonça, área de uma habitação de classe social média é de 66,95m²(VILLA e MENDONÇA ,2016) . No estudo realizado pela EPE sobre a inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil, foi atribuído o valor de 85m² de área de telhado médio para casas e de 15m² para apartamentos (EPE, 2014). Em um artigo publicado no Jornal O Estado de São Paulo, o autor Junior, – Diretor da Casoi Desenvolvimento Imobiliário, do Secovi-SP- cita que ao longo dos anos de 2001 até 2010, as construções de casa com 2 banheiros tiveram sua área construída entre 120,9 m² até 185,7 m², com o valor médio da década

de 160,2 m² e os apartamentos uma variação de 136,6m² até 162,2m² com o valor médio da década de 152,4m²(JUNIOR , 2013). Assumiu-se o valor estabelecido pela EPE, para efeito de cálculo.

Os valores médios de área de construção industrial e comercial, possuem áreas distintas conforme atuação no mercado. Como não foram encontrados artigos e referências que delimitassem a área industrial e comercial por segmento, assumiu-se os valores de 1000m² de área de telhado para o setor industrial e 15m² para o comercial, para efeitos de cálculo.

Para o cenário 4, foi estabelecido o uso das áreas de cultivo de cana de açúcar, sendo uma das culturas predominantes no Estado de São Paulo. A Tabela 3.5 representa o total de área colhida de cana de açúcar. Os autores Rudorff et al, estabelece conforme Figura 3.4, a área de produção de cana de açúcar com base no ano de 2010, com expansão constante (RUDORFF et al.,2010)

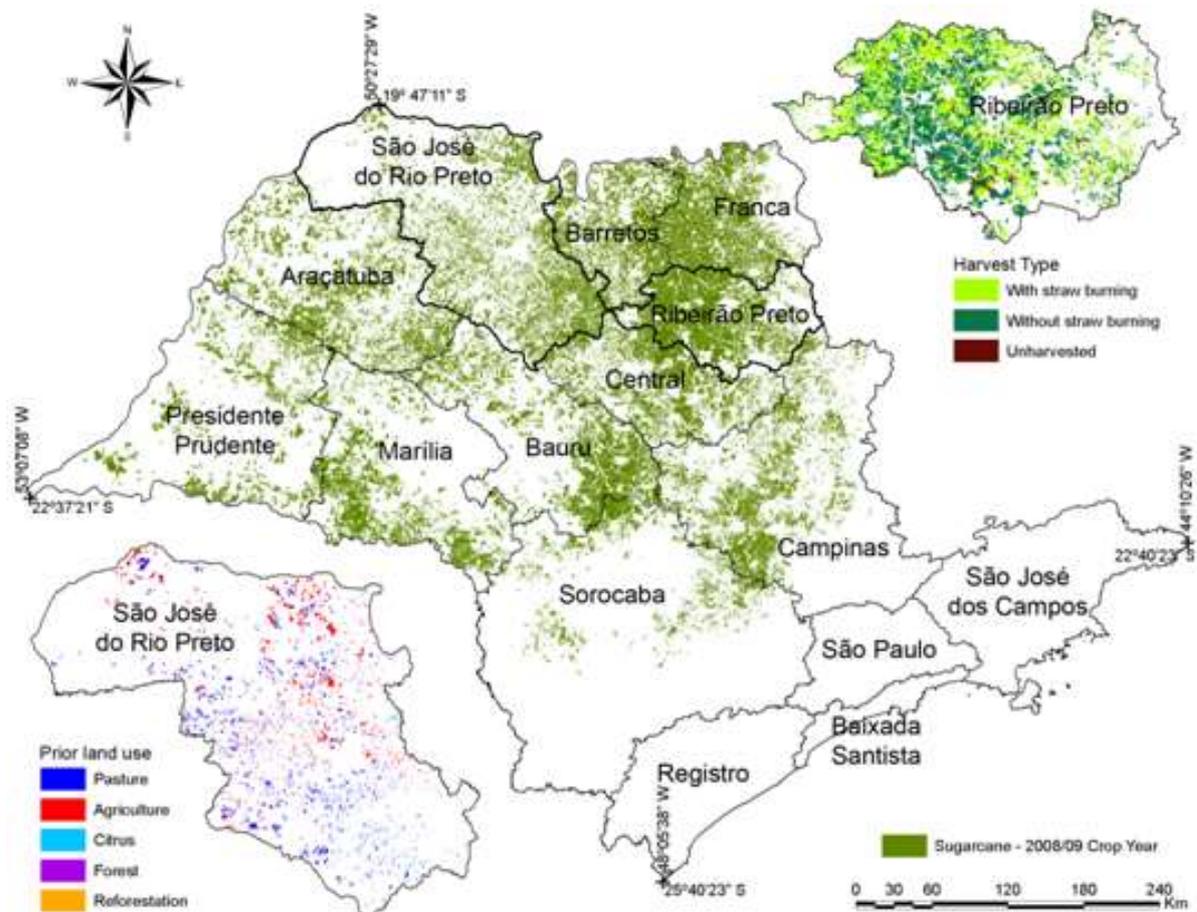


Figura 3.4 - Área de plantação e expansão de cana de açúcar com base no ano de 2010.
FONTE: RUDORFF ET AL 2010

Tabela 3.5 Área de plantação de Cana de açúcar e Produção em São Paulo

Localidade	Cana-de-Açúcar - Área Colhida (Em ha)	Cana de Açúcar - Área Colhida (em m ²)	Cana-de-Açúcar - Produção (Em toneladas)
RA Araçatuba	597559	5975590000	46297301
RA Barretos	411364	4113640000	31565034
RA Bauru	365447	3654470000	28782945
RA Campinas	536508	5365080000	42851108
RA Central	435055	4350550000	35951135
RA Franca	482075	4820750000	40235262
RA Itapeva	7024	70240000	646132
RA Marília	402573	4025730000	30776459
RA Presidente Prudente	492758	4927580000	35105891
RA Registro	27	270000	1350
RA Ribeirão Preto	442549	4425490000	33487209
RA Santos	-	-	-
RA São José do Rio Preto	759828	7598280000	62539499
RA São José dos Campos	1210	12100000	74992
RA Sorocaba	216484	2164840000	17838498
RM São Paulo	-	-	-
Total	5150461		

FONTE: IIMP ADAPTADO

Figura 3.5 representa a geração de energia elétrica anual, no processo de conversão de 1 tonelada de cana de açúcar. Com uma tonelada de cana de açúcar, o total de energia gerada (considerando-se os produtos de saída como: bagaço de cana para eletricidade de uso excedente, etanol hidratado para geração de eletricidade e biogás para geração de eletricidade) é de aproximadamente 1859 MJ (Mega Jaule), sendo 0,5163 MWh

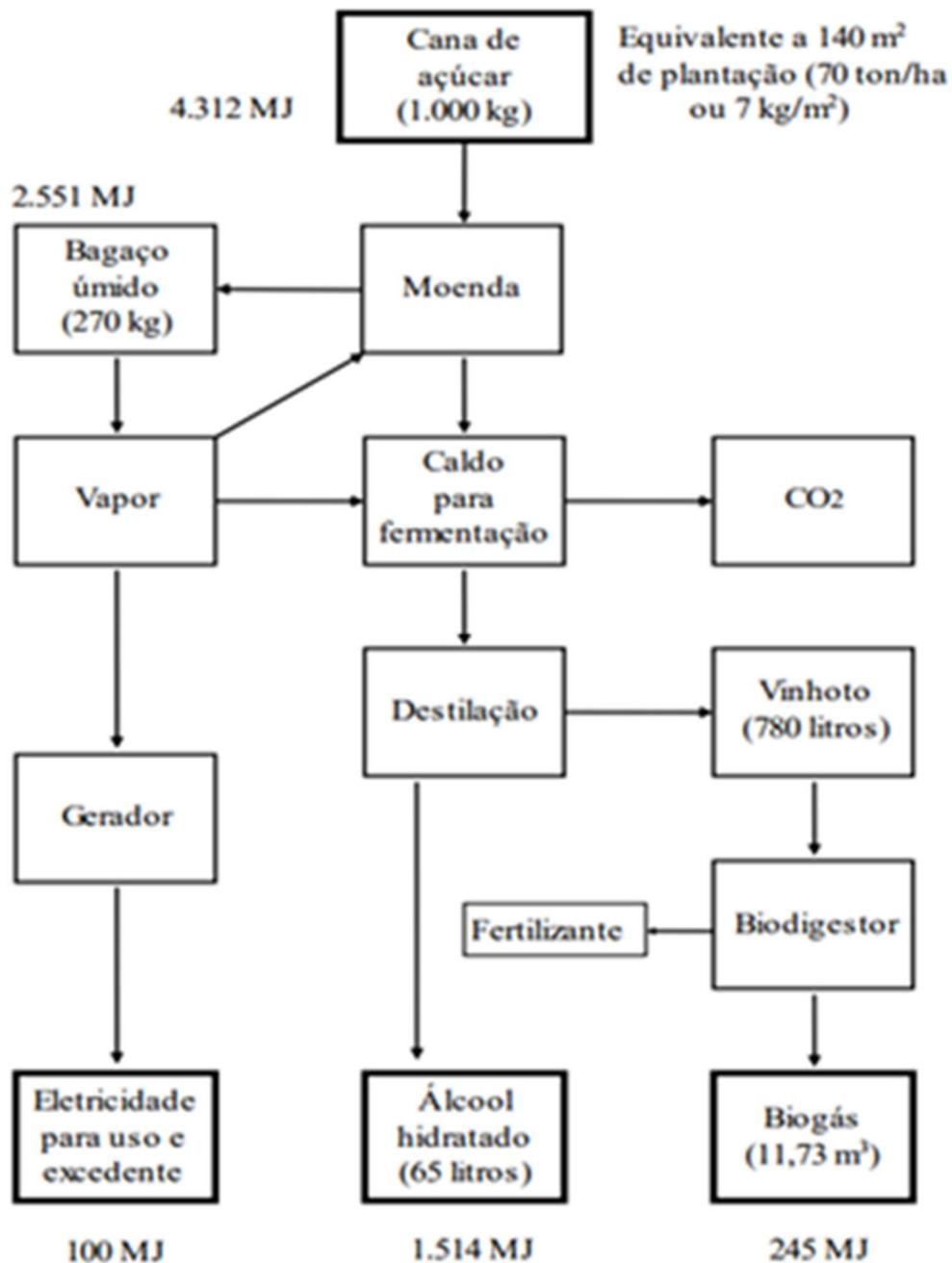


Figura 3.5 Geração de energia, com base na produção de 1 tonelada de cana de açúcar.
FONTE: SILVA, 2014

3.3 BIOMASSA

A determinação de uma fonte renovável a partir de biomassa, pode ser feita com base em vários produtos de entrada e vários processos de obtenção de energia. Devido aos

impactos ambientais relacionados aos resíduos gerados da pecuária, com base nas emissões de gás metano (CH_4), acontece a intensificação do efeito estufa.

Os principais métodos aplicados são o teórico devido a utilização em grande escala dos resíduos. Em estudos avançados utilizando um único resíduo são levantadas todas as perdas no processo de transformação da biomassa em bioenergia, gerando assim o potencial técnico do sistema.

O principal enfoque para geração de energia a partir da biomassa, foi dado para o biogás, devido aos impactos ambientais existentes e com base nas questões de saneamento básico existentes.

A produção de biogás a partir de resíduos da pecuária é uma forma eficaz de reduzir as emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa), particularmente NH_3 e CH_4

3.3.1 Potencial Teórico

Para a obtenção do potencial a partir da biomassa, foi utilizada a EQUAÇÃO 7

$$Eb = V_{CH_4} * q * \eta_{mg} * fc \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (7)$$

Onde: Eb é a energia produzida diariamente, V_{CH_4} é o volume total do biogás, q é o poder calorífico do metano, η_{mg} é o rendimento do moto-gerador e fc é o fator de conversão de kcal para kWh.

Para a determinação do volume de biogás foi utilizada a EQUAÇÃO 8.

$$V_{CH_4} = N_c * V_b * \% Vc [m^3] \quad (8)$$

Onde V_{CH_4} é o volume total de biogás, N_c é o número de cabeças de animais, V_b é o volume de biogás produzido pelo resíduo do animal, $\% Vc$ é o valor percentual de metano no biogás.

3.3.2 Potencial Técnico.

O potencial técnico para biomassa, leva em consideração as perdas relacionadas na obtenção de material para produção de biogás. Os manejos de algumas culturas, determinam que o animal esteja solto no pasto isto dificulta a logística de remoção de resíduos do pasto principalmente para os rebanhos de bovinos, bubalinos, muares, equinos, caprinos e ovinos.

As culturas de avicultura e suinocultura são mantidas em confinamento, para atender o mercado interno e externo, obtendo-se uma rentabilidade de animal por quilograma maior.

O potencial técnico, estabelece o sistema de perdas, no processo de obtenção dos resíduos provenientes dos rebanhos de: bovinos, bubalinos, caprinos, equinos, muares e ovinos. O potencial de energia, é determinado conforme a EQUAÇÃO 9, :

$$Ebt = V_{CH_4} * q * \eta_p * \eta_{mg} * fc \quad \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (9)$$

Onde: Ebt é a energia produzida diariamente, V_{CH_4} é o volume total do biogás, q é o poder calorífico do metano, η_{mg} é o rendimento do moto-gerador η_p são as perdas relacionadas a logística do resíduo e fc é o fator de conversão de kcal para kWh.

3.3.3 Dados e Materiais

3.3.3.1 Dados de população de animais

Para a determinação dos valores de produção de biogás, são necessários valores da população de animais. Para a obtenção desses dados no Estado de São Paulo foram extraídos do IMP (Informações Municipais Paulistas), constantes na Tabela 3.6 é sendo obtidas as populações de bovinos, suínos, e outras culturas.

Tabela 3.6: População de animais por macrorregião administrativa

Localidades	bubalinos	caprinos	equinos	muares	ovino	Suíno	Bovino	Aves
RA Registro	20727	653	3513	695	2161	11548	121699	20300
RA Santos	310	29	450	-	47	669	990	0
RA S. J. dos Campos	4785	5352	32585	3278	15527	64128	860568	747138
RA Sorocaba	20433	8574	51225	6392	53401	422671	1382105	48392397
RA Campinas	3707	11593	53981	10084	69392	412881	1135201	80744395
RA Ribeirão Preto	608	1093	6333	474	5490	23380	204198	7561935
RA Bauru	3134	4120	24233	3051	33179	112437	856391	6736553
RA S.J do Rio Preto	2536	4811	37414	4023	61800	144238	1753615	19468405
RA Araçatuba	1961	2464	21544	2024	39778	36076	1294877	4022356
RA Presid. Prudente	2800	6519	47905	7597	47230	55931	2181657	5168578
RA Marília	7321	2868	24229	4002	35646	77747	1185355	21718421
RA Central	5341	3118	12303	1288	25030	54827	305031	9967931
RA Barretos	544	1375	8472	748	9529	29025	171731	1359535
RA Franca	280	1784	10935	1368	13321	46405	297880	7289999
RA Itapeva	4120	3184	19514	2281	13066	61905	399452	331529
RM São Paulo	280	1734	4171	282	2360	3613	76462	729479

FONTE: IMP ADAPTADO

Ocorre uma predominância da pecuária de avicultura, bovino e suíno, devido ao mercado externo de exportação de carne para países europeus e asiáticos. Outras culturas de pecuária não possuem uma população expressiva devido a utilização dos animais serem para afazeres rurais, lazer e locomoção, como os muares e equinos. A pecuária de bubalinos, caprinos e ovinos não é tão predominante no Estado de São Paulo.

3.3.3.2 Valores de produção de biogás

A Tabela 3.7, representa os valores de biogás a partir dos resíduos disponíveis por cultura. Para a obtenção do gás metano para a utilização em motogerador, são necessários filtros que extraem os gases que danificam o sistema, conforme Tabela 2.3. Esses valores de gás metano presentes no biogás variam de 40-75%, para o estudo atribuiu-se o valor de 65%.³

Tabela 3.7: Produção de biogás

Fonte animal	Resíduo disponível Por dia (kg)	Gás resíduos m ³ /kg	Gás animal Por dia m ³
Bovino	10	0,0367	0,3670
Bubalinos	25	0,024	0,60
Muare e Equinos	10	0,036	0,36
Suíno (50kg)	2,25	0,0792	0,1782
Ovinos e Caprinos	2	0,05	0,1
Galinhas, Galos e frangos	0,18	0,0628	0,0113
Humanos	0,4	0,07	0,0283

FONTE: SALOMON & LORA (2009)

3.3.3.3 Eficiência de motogeradores

A eficiência de motogeradores para o biogás pode ter uma grande variação, devido a deficiência de equipamentos no mercado, alguns sistemas são adaptados para receber o gás metano, sendo que estes possuem uma eficiência de 8-12% (Souza et al, 2010). Sistemas próprios para obtenção de energia elétrica podem chegar a eficiência de conversão em 35-42%(JANSA 2016).

Para efeito de cálculo foi atribuído o valor médio de 20%

3.3.3.4 Perdas de Manejo

As perdas por manejo podem variar conforme área disponível para o animal se locomover e podem variar de 40 -70%. Somente na espera na sala de ordenha, estima-se que 14% dos resíduos produzidos por vacas Holandesas ficam no local de ordenha. (HAYNES et al, 1993)(VENDRAMINI et al,2007). Para efeito de cálculo, foi utilizado o valor de pior caso, 70% de perdas de produto de entrada.

As perdas no manejo de animais confinados, como o da suinocultura e a avicultura, podem ser de 10-20% (ANDREAZZI,2015) (LUCAS, 1994). As perdas relacionadas ao manejo da avicultura são de 10-30%, dependendo do tempo e do processo utilizado nas camas de aves (SEIFFERT,2000) (PALHARES .2006). Para efeito de cálculo, foi utilizado o pior caso, perdas de 30% na obtenção de resíduos.

3.3.3.5 Fatores de conversão

Para a transformação de kcal para kWh, o fator de conversão é 0,001163. O poder calorífico do metano é de aproximadamente 6500kcal/m³.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o objetivo desta dissertação é a análise do potencial de geração de energia proveniente de sistemas solar fotovoltaico e biomassa, este capítulo apresenta os resultados obtidos, mostrando assim versatilidade da metodologia proposta. Inicialmente são apresentados os resultados da geração de energia elétrica.

A Figura 4.1, representa o consumo de energia elétrica total do Estado de São Paulo, as principais regiões consumidoras são: Região Metropolitana de São Paulo e a Região Administrativa de Campinas, dado o número de indústrias presentes nessas regiões, conforme Tabela 3.3. O potencial teórico e os cenários serão comparados com base no atendimento que pode ser ofertado para o Estado.

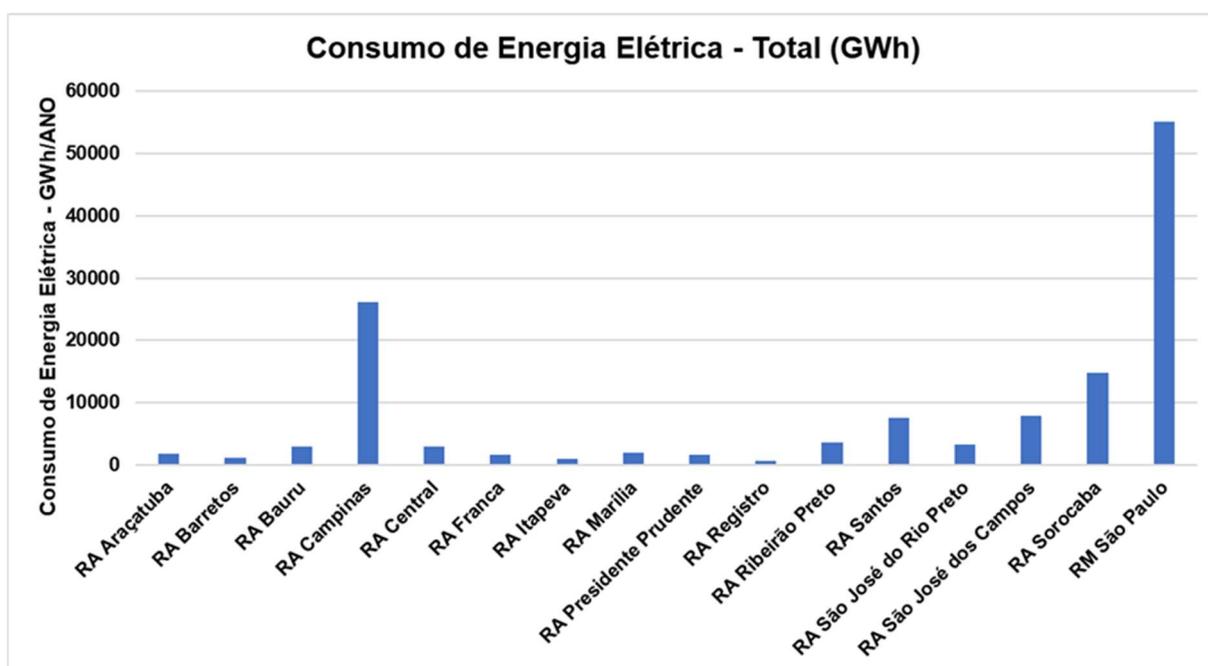


Figura 4.1 Consumo de energia elétrica total do Estado de São Paulo Ano 2015.
FONTE: IMP ADAPTADO

4.1 FOTOVOLTAICO

4.1.1 Resultado do Potencial Teórico

A Figura 4.2 representa o potencial teórico e o consumo de energia elétrica total do Estado de São Paulo. Foram utilizados os valores de η_{fv} a eficiência dos painéis fotovoltaicos igual a 22%, A a área total da região em m^2 com base nos valores da Tabela 3.4 e I_r a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$ com base na Tabela 3.1

Pode-se observar uma grande discrepância entre os valores de potencial teórico e o consumo real de energia elétrica. Destacam-se nesse cenário as regiões administrativas de Campinas, Presidente Prudente, São José do Rio Preto e Sorocaba, com valores acima de 10000 TeraWatt-hora por ano. Desta forma a implementação de sistemas fotovoltaicos em toda a área do Estado de São Paulo permitiria produzir uma grande quantidade de energia anual, valor de 811 vezes maior que o consumo de energia elétrica total do Estado. No entanto, tal cenário não pode ser concretizado, sendo apenas o cenário teórico para definição de um limite máximo.

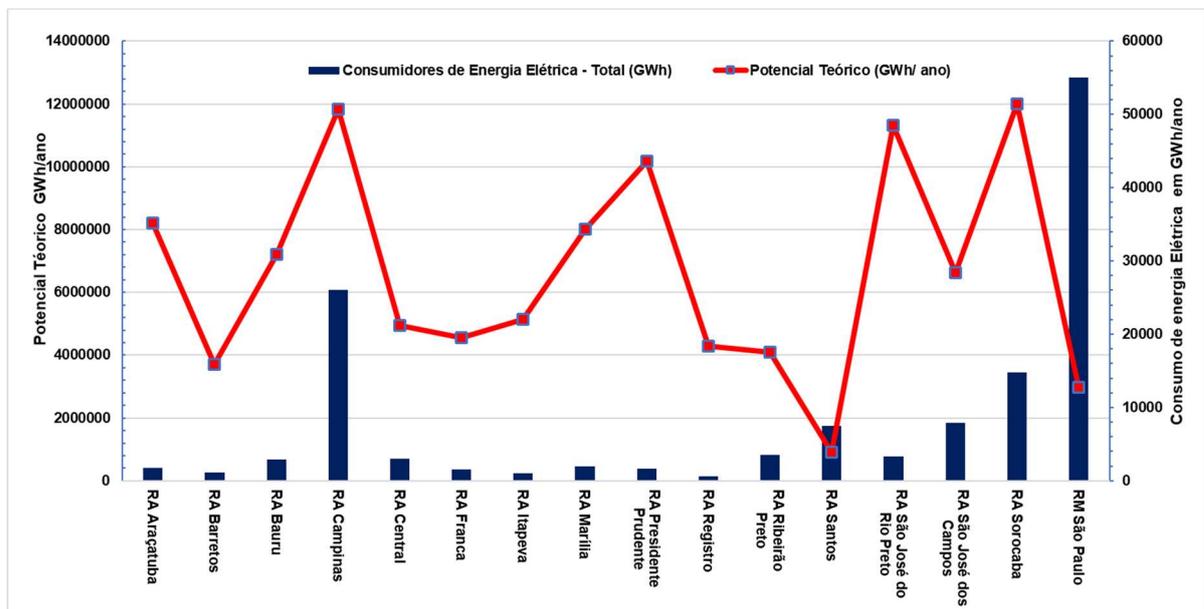


Figura 4.2 Consumo de energia e potencial teórico.
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA

4.1.2 Resultado de Potencial Técnico dos Cenários

A Figura 4.3 representa o consumo de energia elétrica e o cenário 1, que leva em consideração as perdas técnicas do sistema fotovoltaico. Os valores utilizados para η_{fv} a eficiência dos painéis fotovoltaicos igual a 22%, η_{in} a eficiência dos inversores igual a 88%, η_p as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico de cabeamento 6%, A a área total da região em m^2 com base nos valores da Tabela 3.4 e Ir a irradiação global diária $kWh/m^2/dia$ com base na Tabela 3.1.

Este cenário não pode ser aplicado, pois não leva em consideração as dificuldades na implementação de sistemas fotovoltaicos, considerando ainda a área total do Estado. A geração de energia considerando as hipóteses será 611 vezes maior do que consumo total de energia elétrica do Estado de São Paulo.

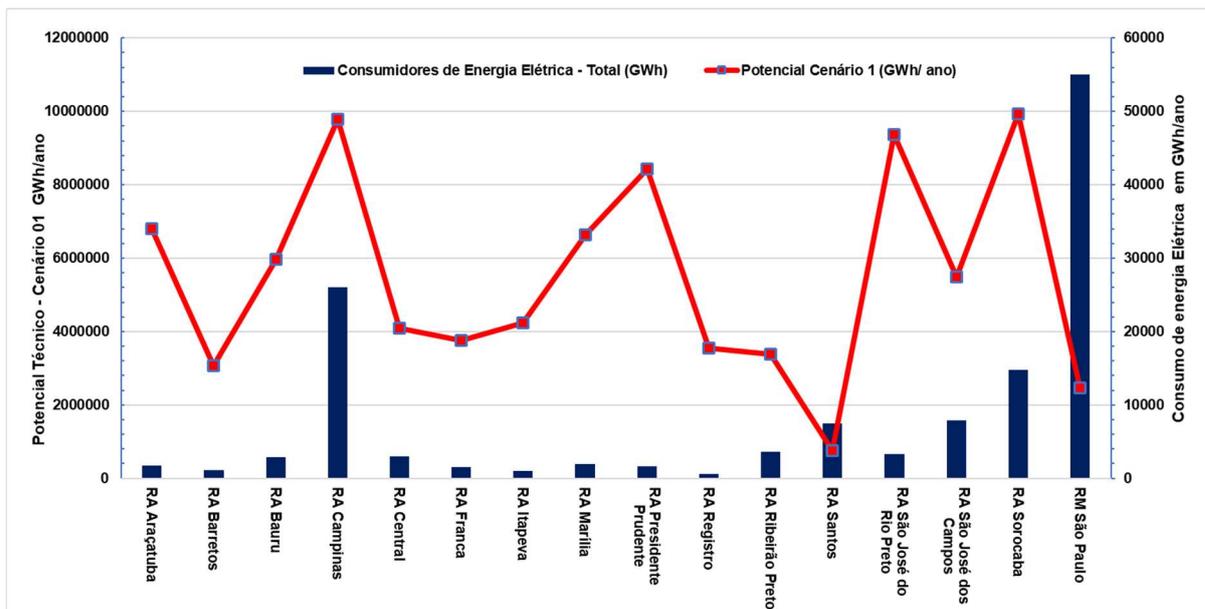


Figura 4.3 Consumo de energia e potencial cenário 1:
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.4 representa o consumo de energia elétrica e a projeção de energia elétrica gerada pelo cenário 2, o qual considera a restrição da área utilizada para a geração fotovoltaica. Os valores utilizados para η_{fv} a eficiência dos painéis fotovoltaicos de 22%, η_{in} a eficiência dos inversores de 88%, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico de cabeamento 6%, A_t é a área total calculada em m^2 com base no número de consumidores (residencial

urbano, residencial rural, industrial e comercial) apresentado na Tabela 3.3 . Os valores de áreas de telhados: 1000 m² para indústria, 15m² para comércio e as áreas rurais e urbanas de 85 m². O valor de I_r irradiação global diária (kWh/m²/dia) são apresentados na Tabela 3.1.

Esse cenário se aproxima de uma condição mais realista porém ainda não é factível com relação as áreas de utilização, pois considera o uso de todos os telhados do Estado, este cenário não leva em consideração as perdas existentes do sistema (perdas no cabeamento, sombreamento, inclinação, acúmulo de sujeira e outros). As regiões administrativas de Campinas e São Paulo, apresentam o melhor resultado, com base na Tabela 3.3, apresentam o maior número de indústrias, comércio e consumidores residenciais.

Somando toda a geração de eletricidade e dividindo pelo consumo total, teria-se o suprimento duas vezes a demanda de energia do Estado.

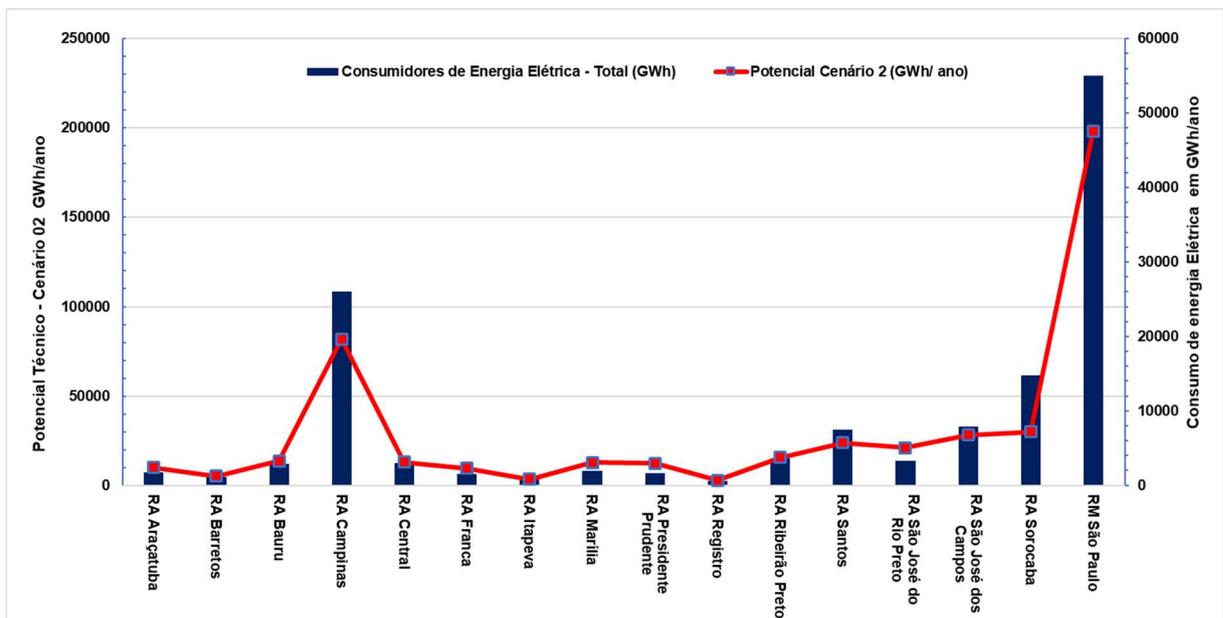


Figura 4.4 Consumo de energia e potencial cenário 2:
FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.5 representa o consumo de energia elétrica do Estado de São Paulo com a geração fotovoltaica no cenário 3, sendo este o caso de geração mais conservador. Os valores utilizados para η_{fv} a eficiência dos painéis fotovoltaicos de 22%, η_{in} a eficiência dos inversores de 88%, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico de cabeamento 6% somadas com as perdas de acúmulo de sujeira com 20%, perdas por inclinação 13%, perdas por

orientação 41,5% e perdas por sombreamento 41%, At' a área total aproveitável para geração fotovoltaica considerando somente metade da área disponível com base em At sendo o valor em m^2 e os valores de Ir a irradiação global diária kWh/m²/dia com base na Tabela 3.1.

Esse cenário se aproxima de uma condição mais factível, considerando somente metade da área utilizada(considerando a hipótese que pode ser utilizada uma face do telhado para geração de energia) e suas devidas perdas referentes a geração fotovoltaica. As regiões administrativas de Barretos, Itapeva e Registro, apresetam uma geração muito baixa, isso ocorre devido aos níveis de irradiação e ao número de consumidores destas regiões.

Somando toda a geração de eletricidade teria-se o suprimento 21% a demanda de energia do Estado de São Paulo.

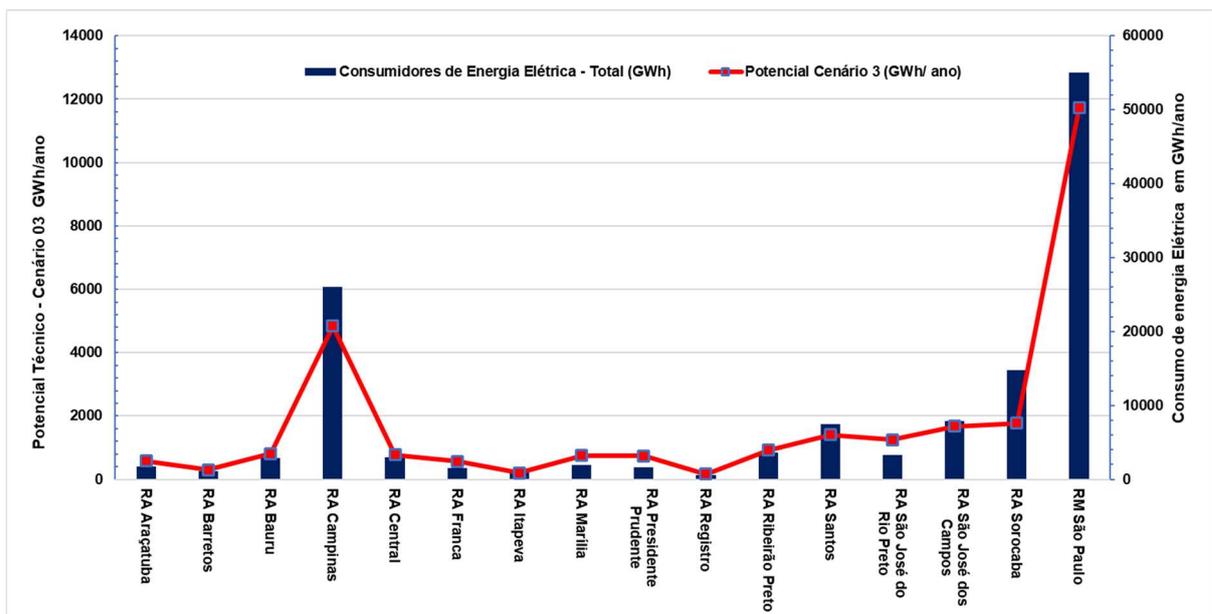


Figura 4.5 Consumo de energia e potencial cenário 3:
FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.6 representa o consumo de energia elétrica do Estado de São Paulo e a utilização somente da área de cultivo de cana de açúcar. Sendo utilizados os valores de: η_{fv} a eficiência dos painéis fotovoltaicos 22%, η_{in} a eficiência dos inversores de 88%, η_p são as perdas estabelecidas no sistema fotovoltaico de 6% somadas com as perdas com 20%, Ac é a área da plantação de cana de açúcar em m^2 com aproveitamento de 70% com base na Tabela 3.5 e Ir a irradiação global diária kWh/m²/dia com base na Tabela 3.1.

A cultura de cana de açúcar é predominante no Estado de São Paulo, sendo uma das principais culturas no Estado. Algumas regiões administrativas não possuem área de plantação de cana de açúcar, como: Itapeva, Registro, Santos, São José dos Campos e São Paulo. Se toda a área de plantação de cana de açúcar fosse utilizada para geração fotovoltaica, o consumo total de energia seria suprido em aproximadamente 78 vezes.

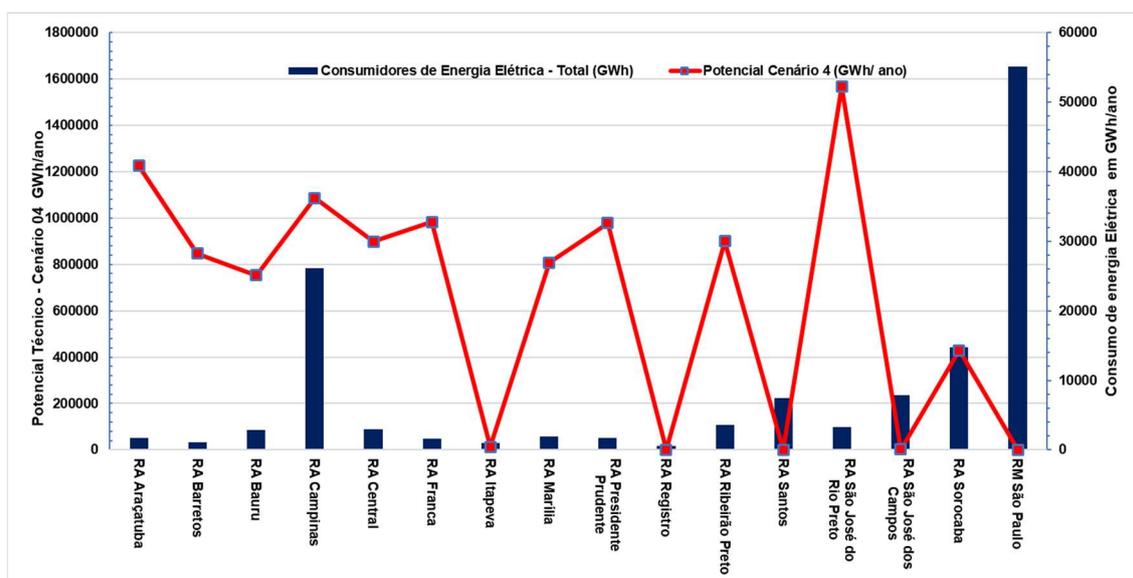


Figura 4.6 Consumo de energia elétrica e área de plantação de cana de açúcar.
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA

Com base nesse cenário, foi então comparada a conversão dos produtos finais da cana de açúcar supondo que toda produção converte-se em geração de eletricidade, com base na Figura 3.4, para cada uma tonelada de cana de açúcar os produtos finais (eletricidade para uso excedente, etanol e biogás) geram 1859 MJ, convertendo para unidade de energia elétrica, ou seja 0,5163 MWh.

A Figura 4.7 representa graficamente a energia gerada pela conversão dos produtos da cana de açúcar em energia elétrica (gráfico de barras), em comparação com a geração de energia fotovoltaica produzida pelas áreas de cana de açúcar (gráfico de linha). Comparando-se a energia gerada com a implementação de painéis fotovoltaicos na área de plantação de cana é a energia gerada no processo de conversão dos produtos finais da cana de açúcar, o valor de substituição de plantação de cana por geração fotovoltaico, a energia gerada é de 50 vezes maior do que a energia gerada pelos produtos finais da cana de açúcar.

A energia gerada pelo processo de conversão de cana de açúcar em eletricidade, supriria a necessidade do consumo de energia elétrica no Estado de São Paulo, em aproximadamente 1 vez.

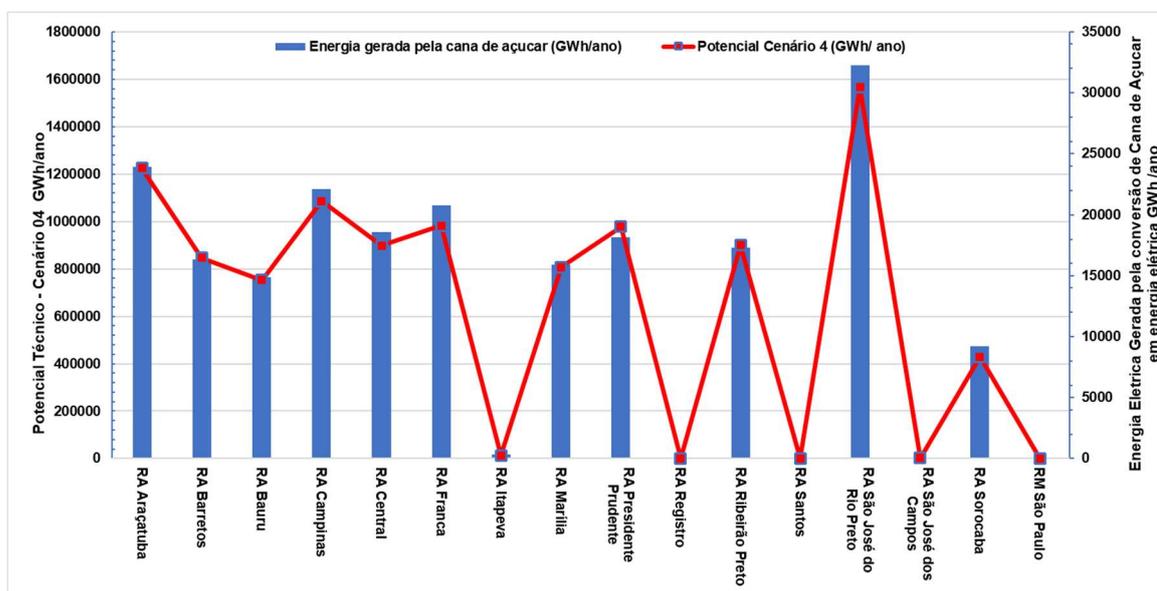


Figura 4.7 Energia produzida por ano Cenário 4 versus energia gerada da cana de açúcar.
FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Tabela 4.1, representa o resumo das hipóteses adotadas e seu resultado no suprimento de energia elétrica com base no consumo anual do Estado de São Paulo. Os cenários que possuem possibilidade de serem implementados são os cenários 3 e 4, considerando -se a possibilidade de serem realizados em curto e longo prazo.

Tabela 4.1 Resumo das Hipóteses adotadas nos cenários

Hipótese	Teórico	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03	Cenário 04
Energia Compensada	811	611	2	0,21	75
Área utilizada	Total	Total	Área de telhado	50% da área de telhado	70% da área de cana de açúcar
Eficiência de Painel	22%	22%	22%	22%	22%
Eficiência de Inversor	-	88%	88%	88%	88%
Perdas do sistema	-	Cabeamento	Cabeamento	Todas as perdas	Cabeamento, e acúmulo de poeira

FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Tabela 4.2, representa os resultados do cenário 3. O valor da energia média gerada representa percentualmente 21% da energia consumida, algumas regiões apresentam valores acima de 30% da energia consumida, como as regiões administrativas: Araçatuba, Franca, Marília, Presidente Prudente e São José do Rio Preto. Este cenário contabiliza o pior caso para a geração fotovoltaica, contabilizando todas as perdas existentes do sistema, sendo um caso mais realista e provável que aconteça em curto e médio prazo. .

Tabela 4.2 Valores de Energia gerada conforme cenário 3

Localidades	Consumo total de Energia - (GWh /ano)	Potencial Cenário 3 (GWh/ ano)	Valor %
RA Araçatuba	1714,7	585,7	34,16
RA Barretos	1117,3	308,0	27,57
RA Bauru	2862,0	809,5	28,28
RA Campinas	26079,2	4843,5	18,57
RA Central	2959,1	773,1	26,13
RA Franca	1578,4	564,3	35,75
RA Itapeva	973,5	201,9	20,74
RA Marília	1951,2	753,4	38,62
RA Presidente Prudente	1683,3	736,0	43,72
RA Registro	566,1	167,3	29,55
RA Ribeirão Preto	3565,5	925,4	25,95
RA Santos	7464,7	1413,2	18,93
RA São José do Rio Preto	3277,5	1247,4	38,06
RA São José dos Campos	7869,8	1671,7	21,24
RA Sorocaba	14785,7	1776,7	12,02
RM São Paulo	55074,1	11728,8	21,30
Total	133522,1	28506,2	21,35

FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Tabela 4.3 representa a energia gerada conforme o cenário 4 e seu valor percentual com base no suprimento de energia para o Estado de São Paulo. Algumas regiões, apresentam nenhuma geração devido de não conter áreas de cultura de cana de açúcar, como a região

administrativa de São Paulo e Santos, outras regiões destacam-se pelo suprimento de energia em mais de 60000%, tais como: Araçatuba, Barretos e Franca, devido as áreas de plantação e expansão da cultura de cana com base na Figura 3.4.

Este cenário pode ser implementado em médio – longo prazo, caso ocorra mudanças na frota de veículos leves movidos a gasolina e etanol, para veículos movidos a energia elétrica, sendo necessário políticas de incentivo para a implantação tanto de usinas como na mudança de frota.

Tabela 4.3 Valores de Energia gerada conforme cenário 4

Localidades	Consumo de Energia Elétrica - Total (GWh)	Potencial Cenário 4 (GWh/ ano)	Valor %
RA Araçatuba	1714,7	1225414,1	71466,0
RA Barretos	1117,3	846950,5	75806,7
RA Bauru	2862,0	752276,8	26284,6
RA Campinas	26079,2	1085648,4	4162,9
RA Central	2959,1	897993,1	30346,6
RA Franca	1578,4	983390,8	62301,5
RA Itapeva	973,5	13035,0	1339,1
RA Marília	1951,2	806987,7	41359,4
RA Presidente Prudente	1683,3	977689,1	58083,3
RA Registro	566,1	44,2	7,8
RA Ribeirão Preto	3565,5	900127,4	25245,3
RA Santos	7464,7	-	-
RA São José do Rio Preto	3277,5	1566658,3	47799,7
RA São José dos Campos	7869,8	2297,3	29,2
RA Sorocaba	14785,7	428885,2	2900,7
RM São Paulo	55074,1	-	-
Total	133522,1	10487397,8	7854,4

FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

4.2 BIOMASSA

4.2.1 Potencial teórico

A Figura 4.8 representa a geração total de energia proveniente dos resíduos gerados pela pecuária no Estado de São Paulo.

A relação entre a energia elétrica consumida pela energia elétrica gerada é 0,02 menor. Seria possível suprir 2% da demanda necessária de energia elétrica do Estado de São Paulo a partir dos resíduos da pecuária no melhor cenário (teórico).

As regiões administrativas de: Campinas, Presidente Prudente São José do Rio Preto e Sorocaba, apresentam os melhores resultados para geração total de energia elétrica, sendo valores acima de 300 GWh por ano, outras regiões administrativas como Registro, Santos e São Paulo, apresentam valores inferiores a 20 GWh por ano, sendo regiões com baixo aproveitamento para geração de biogás.

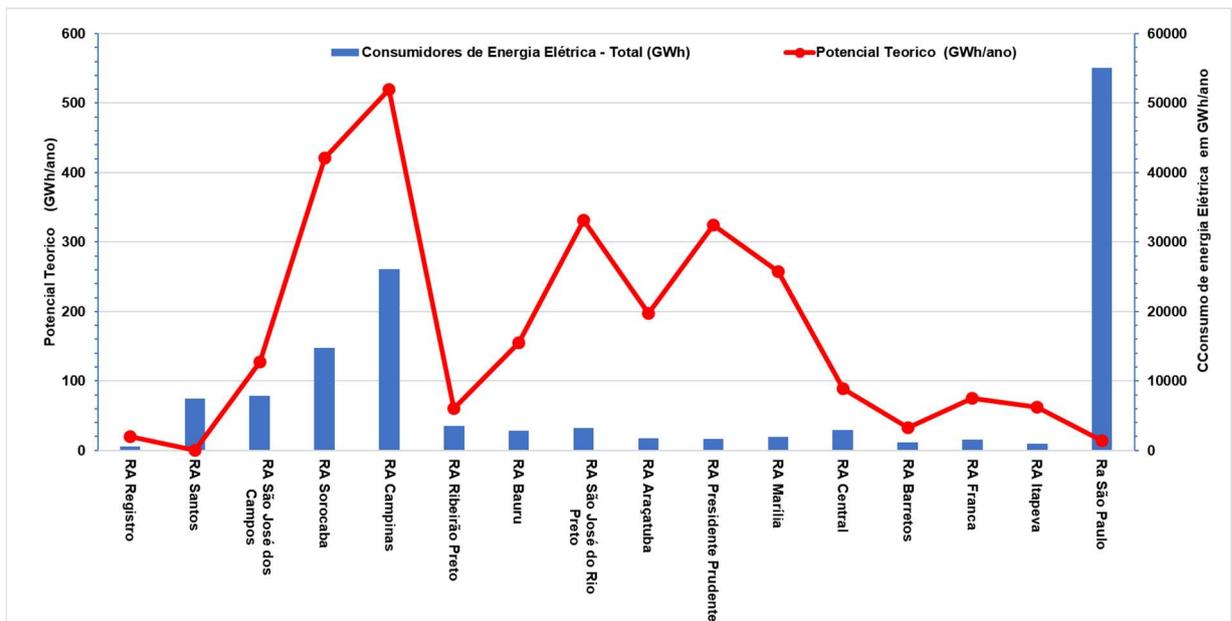


Figura 4.8 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, total de energia gerada dos da pecuária
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.9 até Figura 4.16 representam o potencial teórico referente a pecuária de bubalinos, caprinos, bovinos, suínos, avicultura, equinos, muare, com base na Tabela 3.6,

estabelecendo-se a população de pecuária de cada espécie. Esses cenários como já mencionados levam em consideração a concentração de resíduos em um único ponto, sem perdas no processo de obtenção, considerando-se uma logística ideal no processo de concentração de resíduos.

A Figura 4.9 representa a geração a partir da cultura de búfalos, não é uma das culturas mais predominantes no Estado de São Paulo. A maior população concentra-se na região de Registro e Sorocaba.

A energia total gerada pelos resíduos de bubalinos é de aproximadamente 10 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido é de 0,007%.

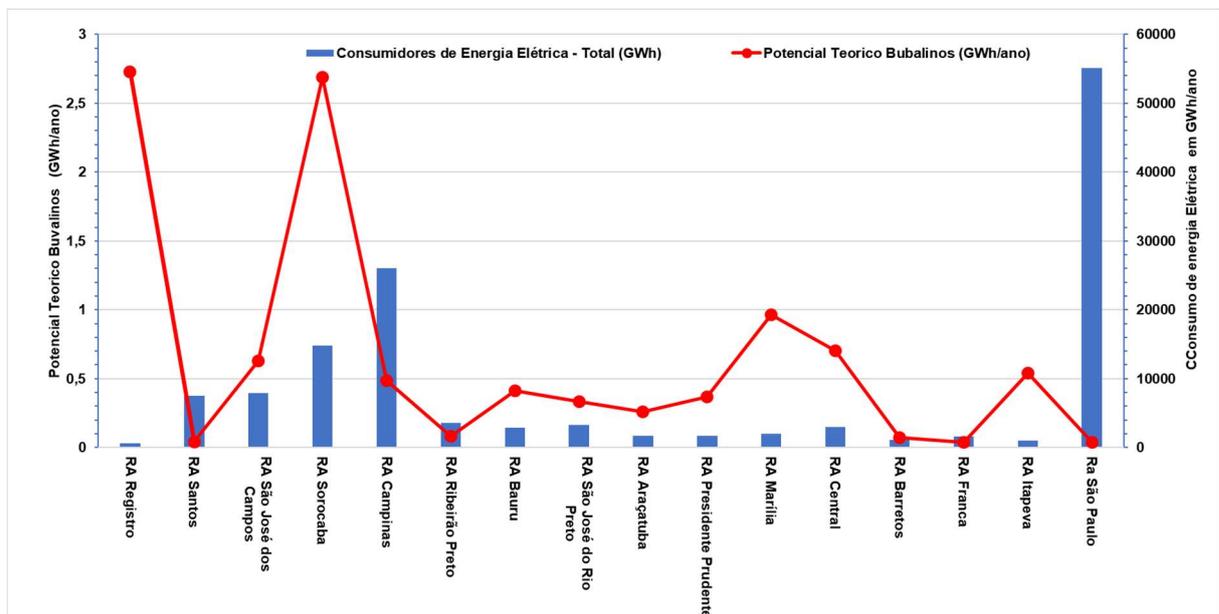


Figura 4.9 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de bubalinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.10 representa a geração de energia com base nos resíduos de cabras, a energia total gerada é de aproximadamente 2 GWh por ano.

Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,001%. As regiões administrativas de Campinas e Presidente Prudente, apresentam os melhores resultados de geração para este tipo de resíduo, com valores superiores a 0,3 GWh por ano.

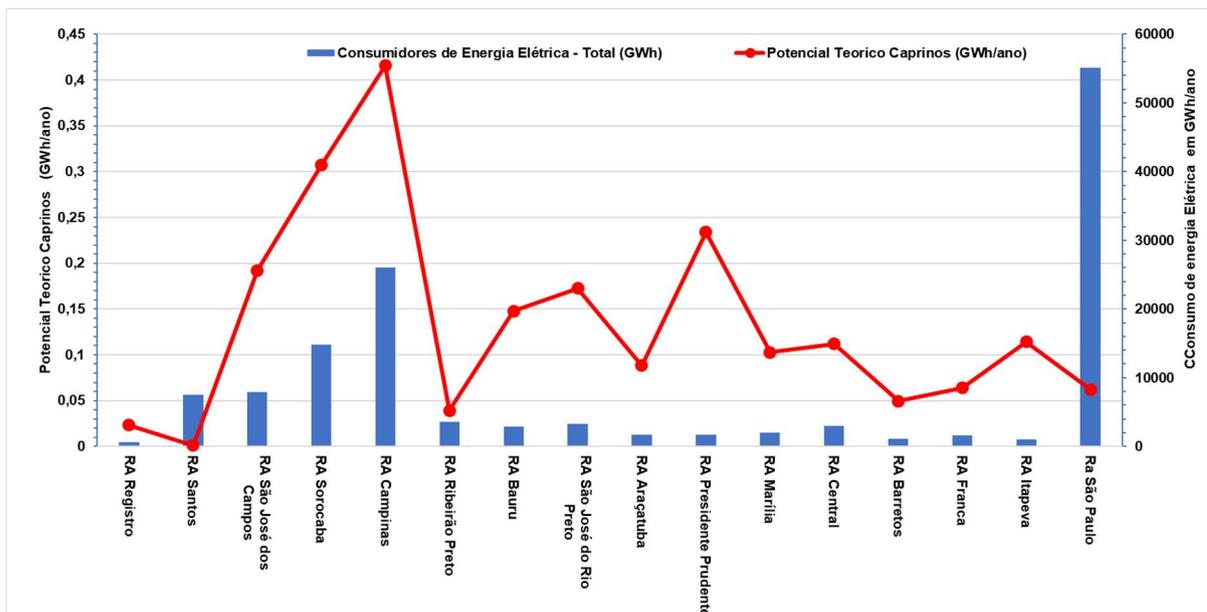


Figura 4.10 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de caprinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.11 representa a geração de energia de resíduos provenientes de cavalos, o valor total de energia gerada é de aproximadamente 46 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,034%.

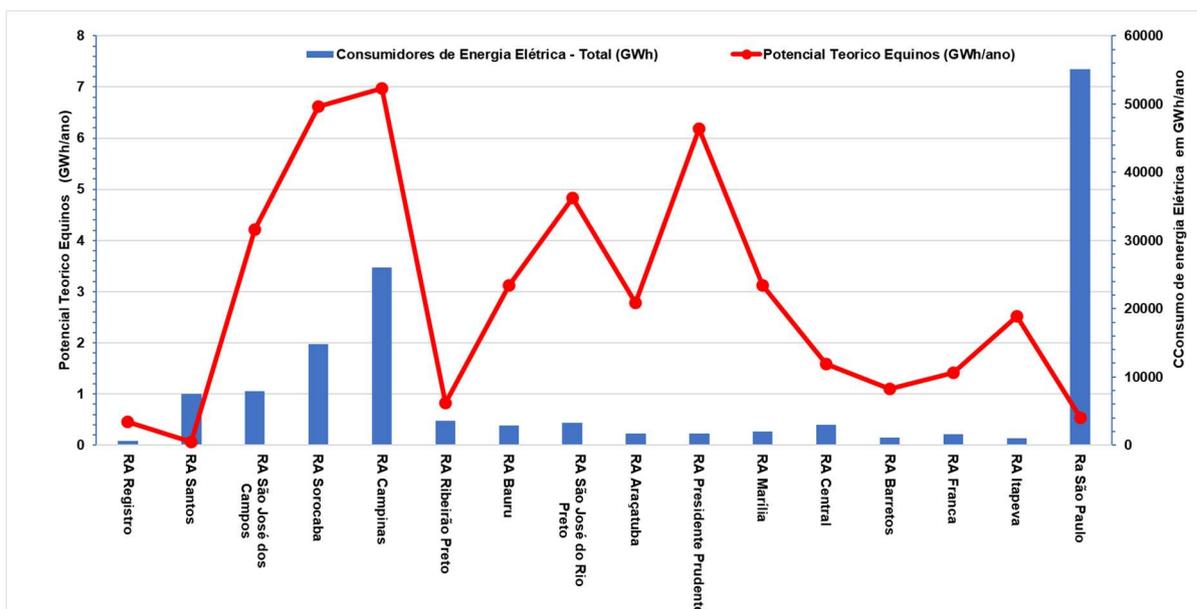


Figura 4.11 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de equinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.12 representa a energia gerada pelos resíduos de mulas, o valor total de energia gerada é de aproximadamente 6,14 GWh por ano.

As regiões administrativas Campinas e de Presidente Prudente com melhor aproveitamento, já as regiões administrativas de Santos, Ribeirão Preto e São Paulo, apresentam valores inferiores a 0,06 GWh por ano de geração de energia.

Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,004%.

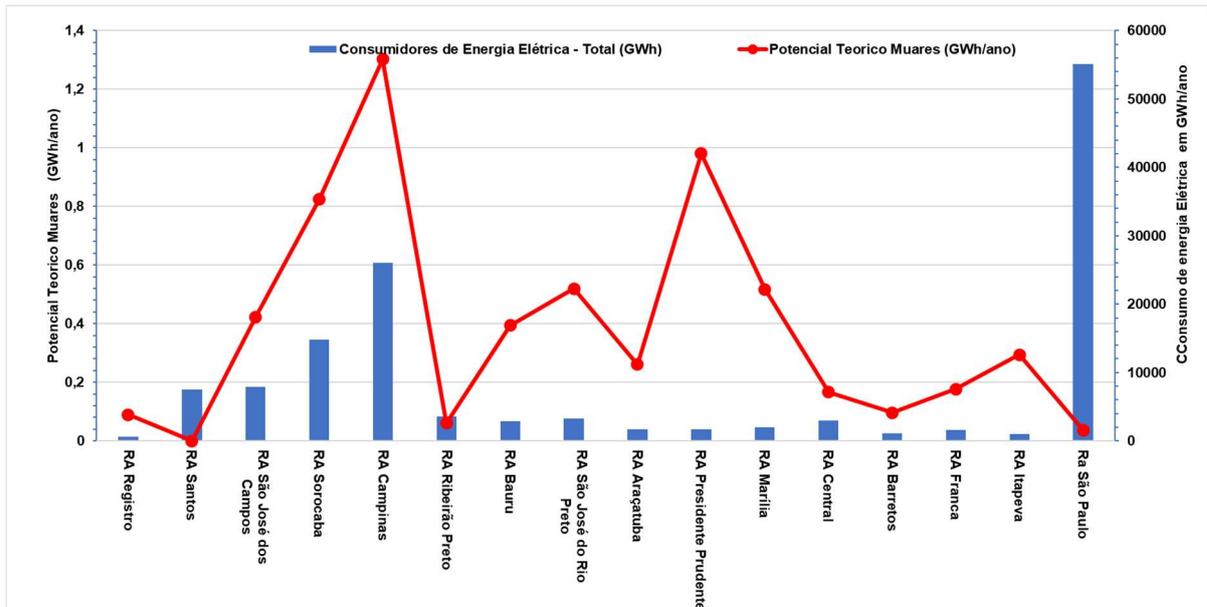


Figura 4.12 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de muare
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.13 representa a energia gerada através dos resíduos de ovelhas, o valor total de energia gerada é de aproximadamente 47 GWh por ano.

As regiões administrativas de: Registro, Santos, Ribeirão Preto e São Paulo possuem resultados inferiores a 1 GWh por ano de produção de energia, em comparação as regiões administrativas de: Campinas, Sorocaba e São José do Rio Preto apresentam valores superiores a 6 GWh por ano.

Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,035%.

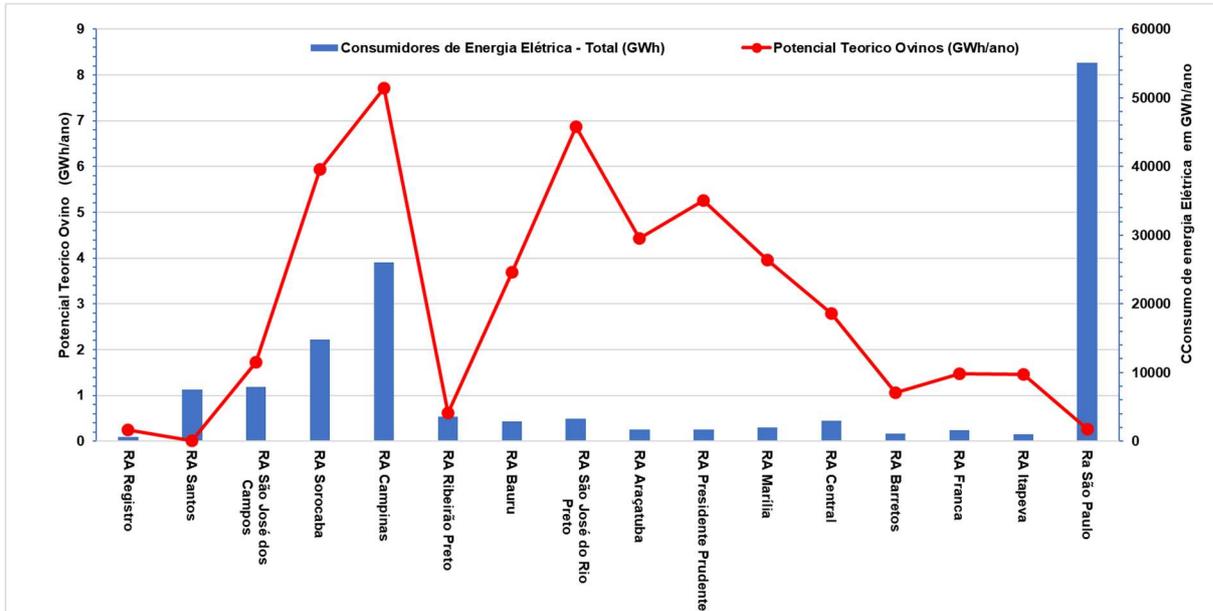


Figura 4.13 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de ovinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.14 representa a energia gerada através dos resíduos de suínos, o valor total de energia gerada é de aproximadamente 99 GWh por ano. Destaca-se as regiões administrativas de Sorocaba e Campinas para a geração de energia acima de 25GWh por ano.

Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,07%.

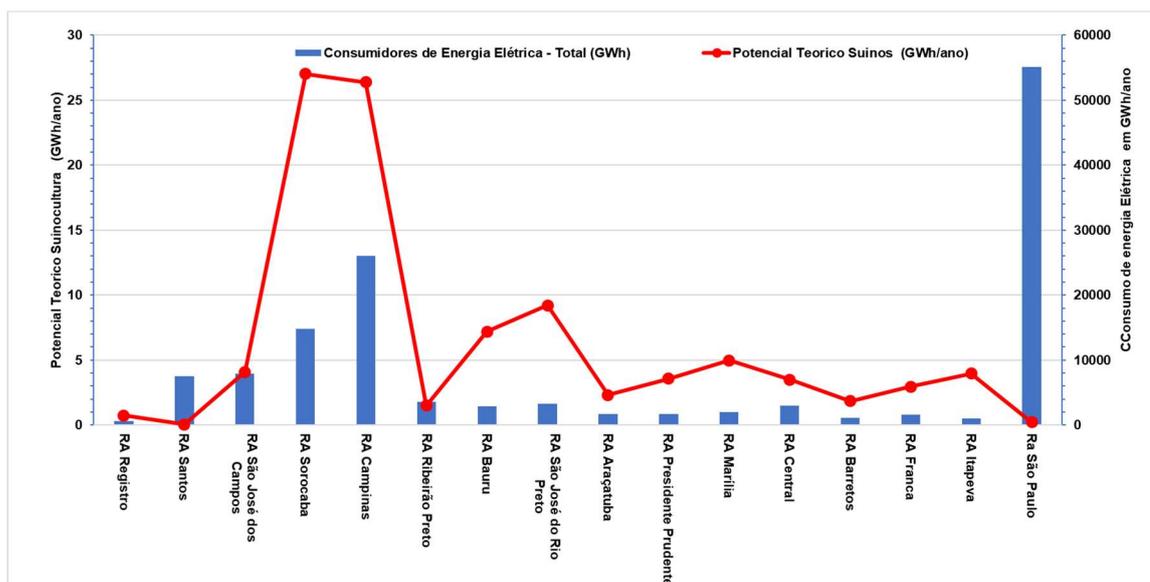


Figura 4.14 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de suinocultura
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.15 representa a energia gerada através dos resíduos de bovinos, o valor total de energia gerada é de aproximadamente 1609 GWh por ano.

As regiões administrativas de: Sorocaba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente, Araçatuba e Marília com valores de geração superiores a 150 GWh por ano.

Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 1.20%.

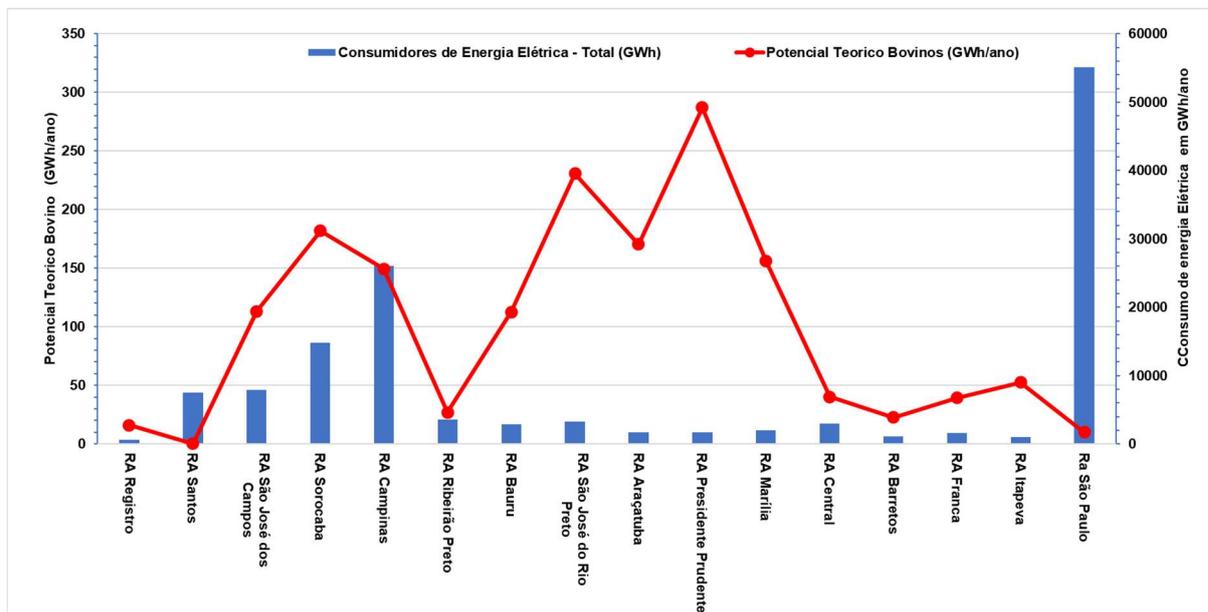


Figura 4.15 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de bovinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.16 representa a energia gerada através dos resíduos de aves, o valor total de energia gerada é de aproximadamente 868 GWh por ano.

A região administrativa de Campinas possui a melhor geração de energia com base nos resíduos de avicultura, outras regiões apresentam uma baixa geração como: Registro, Santos, São José dos Campos, Barretos, Itapeva e São Paulo.

Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,65%

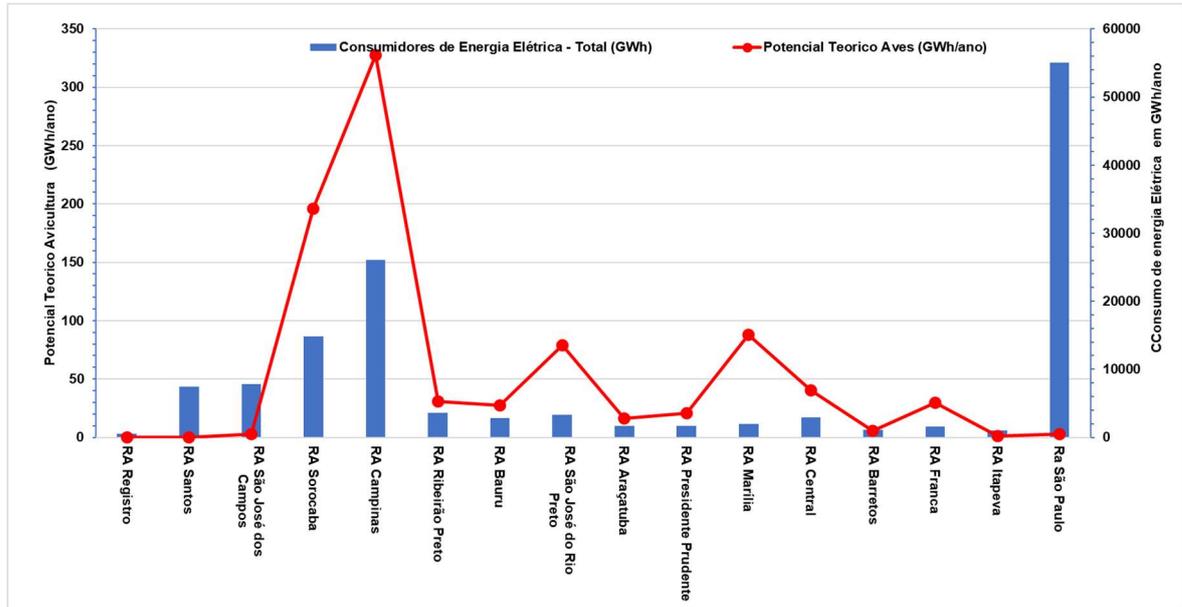


Figura 4.16 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, e geração de energia dos resíduos de avicultura
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

4.2.2 Potencial Técnico

A Figura 4.17 representa o potencial técnico de energia proveniente dos resíduos totais gerados pela pecuária, sendo o total de 1194,23 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,89%.

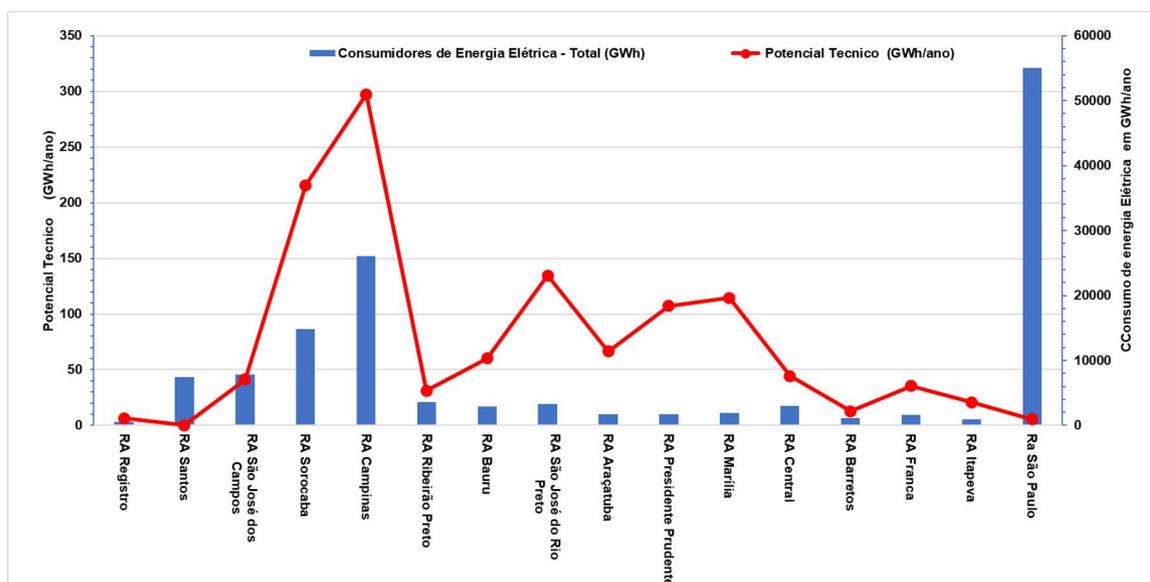


Figura 4.17 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, total do potencial técnico dos resíduos da pecuária.
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.18 até a Figura 4.25 representam os valores obtidos através do potencial teórico, relacionando-se as perdas existentes na logística de transporte do resíduo, sendo as perdas para as culturas de suíno e aves no total de 30%, aproveitamento de 70% devido a cultura de confinamento.

A Figura 4.18 representa a energia gerada através dos resíduos de búfalos, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 30%. As regiões administrativas que apresentam melhores resultados são Registro e Sorocaba com valores superiores a 0,8 GWh por ano de geração.

O valor total de energia gerada é de aproximadamente 3 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,002%

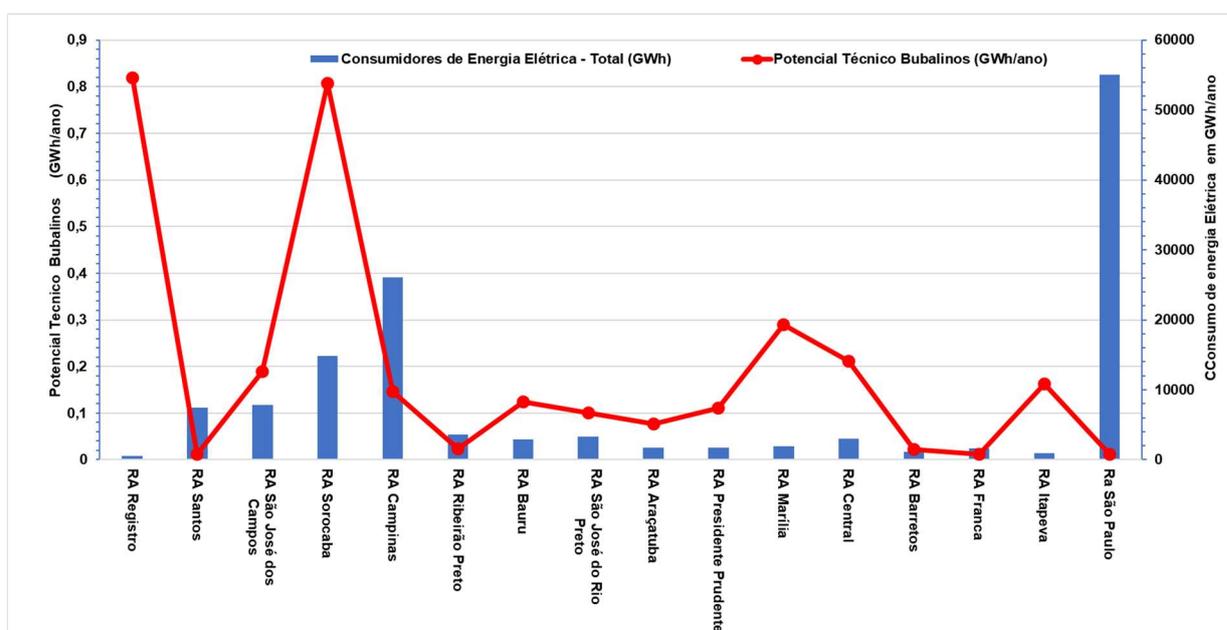


Figura 4.18 Consumo de Energia no Estado de São Paulo e potencial técnico de geração de resíduos de bubalinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.19 representa a energia gerada através dos resíduos de cabras, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 30%. O valor total de energia gerada é de aproximadamente 0,63 GWh por ano. A região administrativa de Campinas apresentam o melhor resultado sendo superior a 0,12GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,0004%.

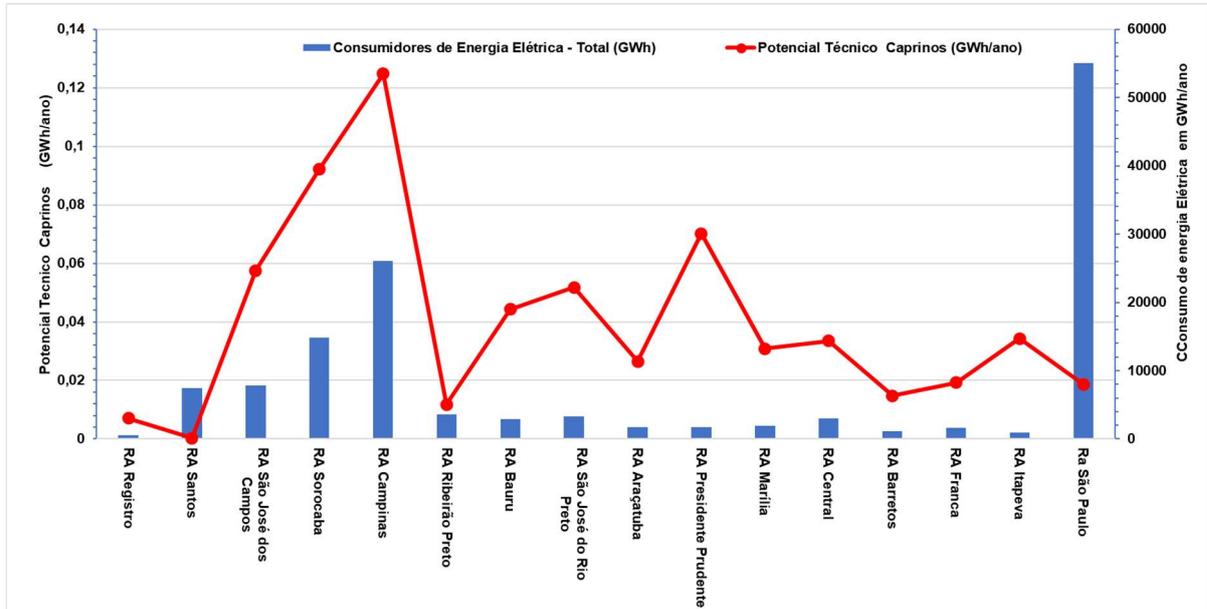


Figura 4.19 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de caprinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.20 representa a energia gerada através dos resíduos de cavalos, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 30%. O valor total de energia gerada é de aproximadamente 13,9 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,01%

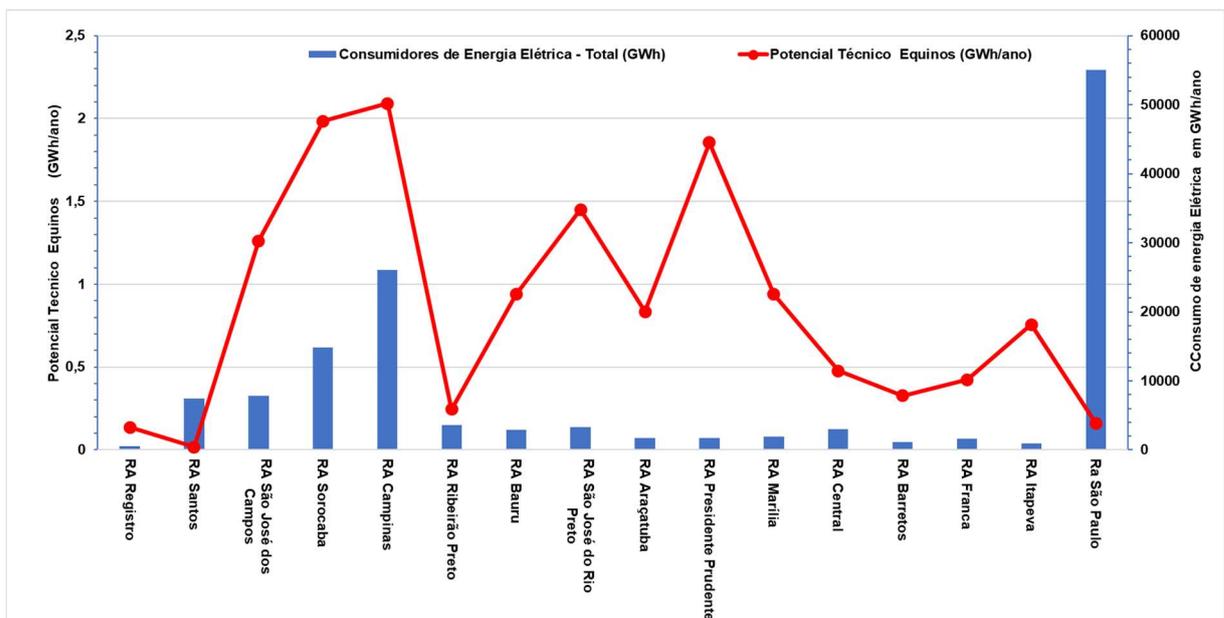


Figura 4.20 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de equinos.
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.21 representa a energia gerada através dos resíduos de mulas, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 30%. As regiões que apresentam resultados inferiores a 0,05 GWh por ano são : Registro, Santos, Ribeirão Preto, Barretos e São Paulo.

O valor total de energia gerada é de aproximadamente 1,84 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,001%

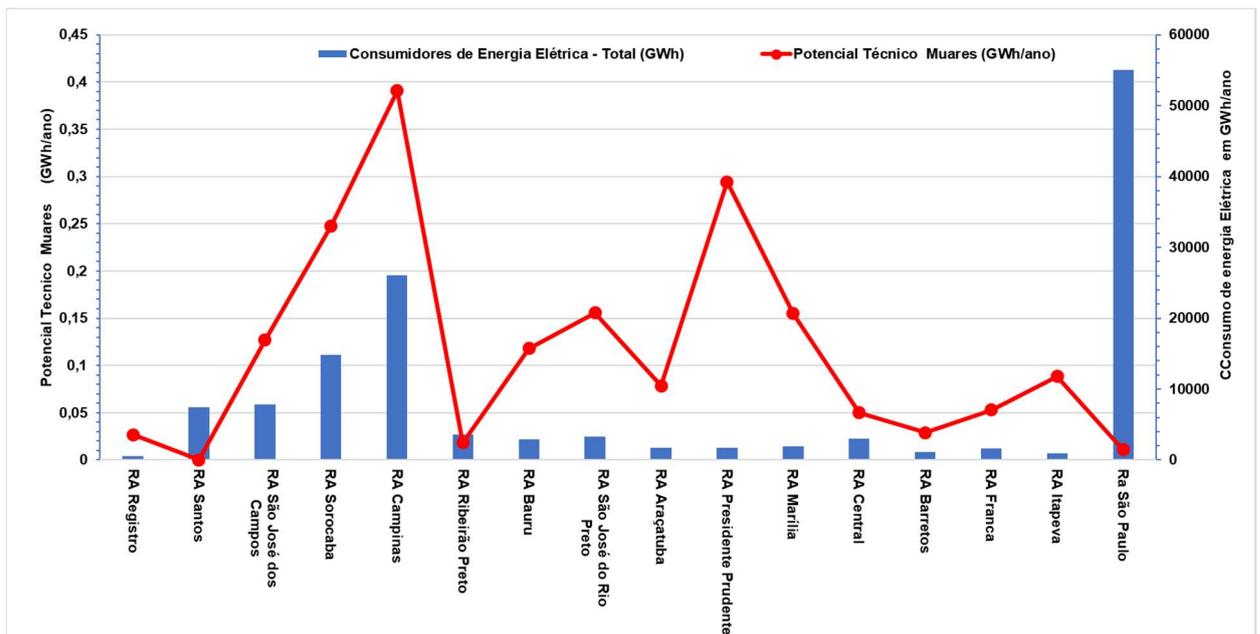


Figura 4.21 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de mulas. FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.22 representa a energia gerada através dos resíduos de ovelhas, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 30%. As regiões administrativas de Campinas e São Jose do Rio Preto apresentam os melhores valores de geração, sendo superiores a 2GWh por ano.

O valor total de energia gerada é de aproximadamente 14,24 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,01%.

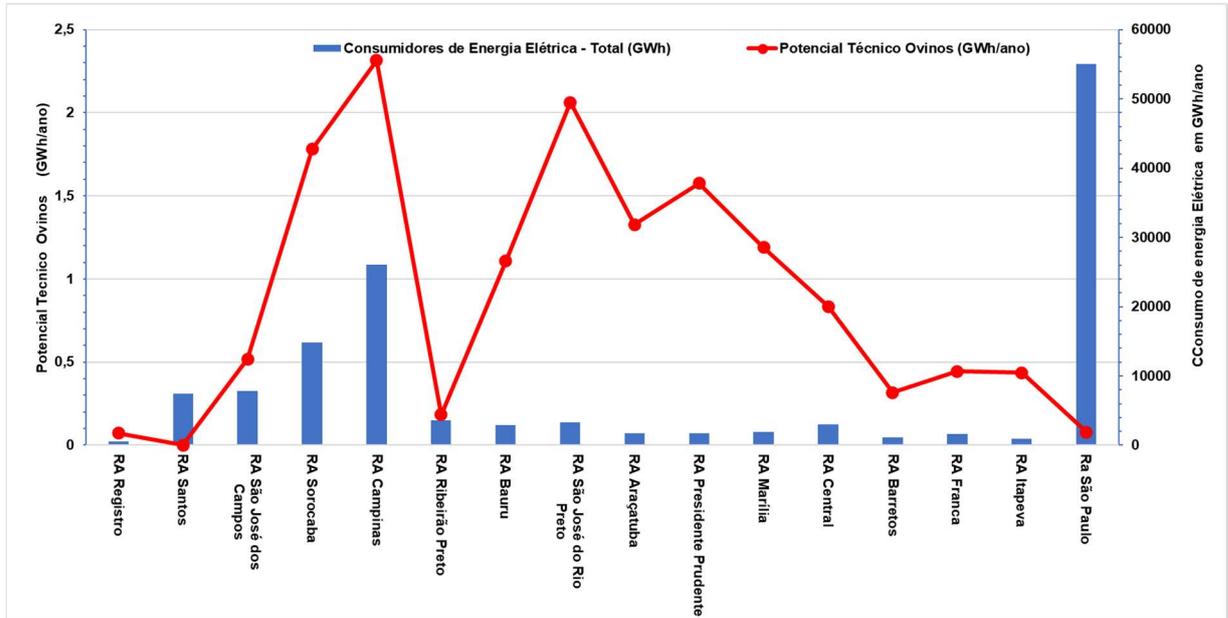


Figura 4.22 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de ovinos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.23 representa a energia gerada através dos resíduos de suínos considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 70%. O valor total de energia gerada é de aproximadamente 69 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,05%.

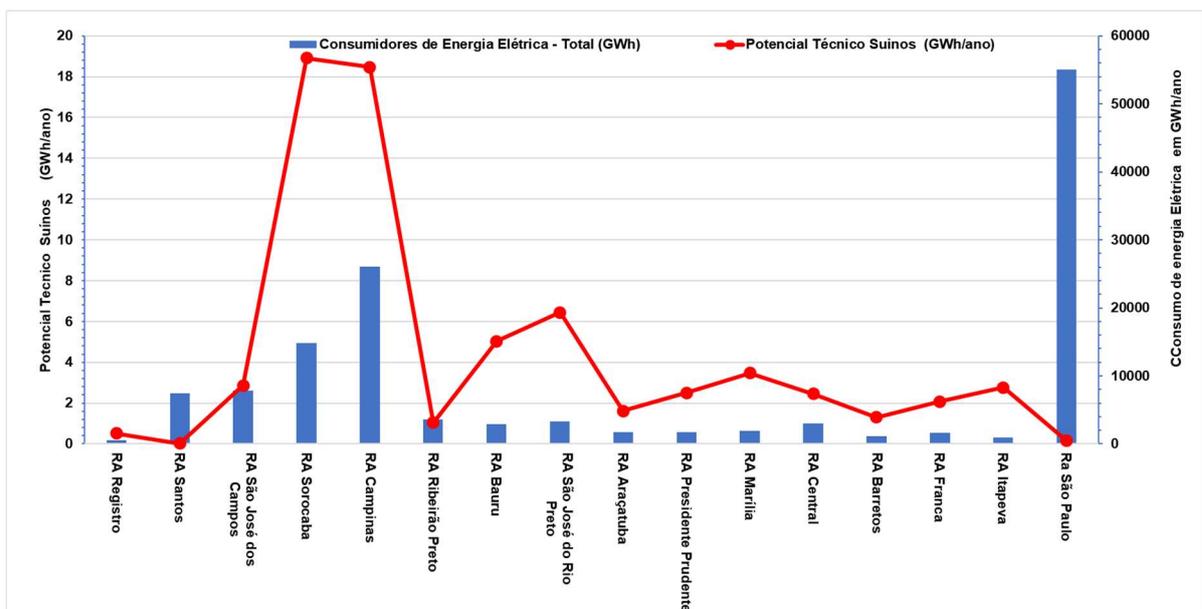


Figura 4.23 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de suínos
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.24 representa a energia gerada através dos resíduos de bovinos, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo, sendo o valor total de resíduos aproveitados de 30%.

As regiões administrativas de São José do Rio Preto e Presidente Prudente, apresentam geração superior a 70 GWh por ano.

O valor total de energia gerada é de aproximadamente 482 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,36%.

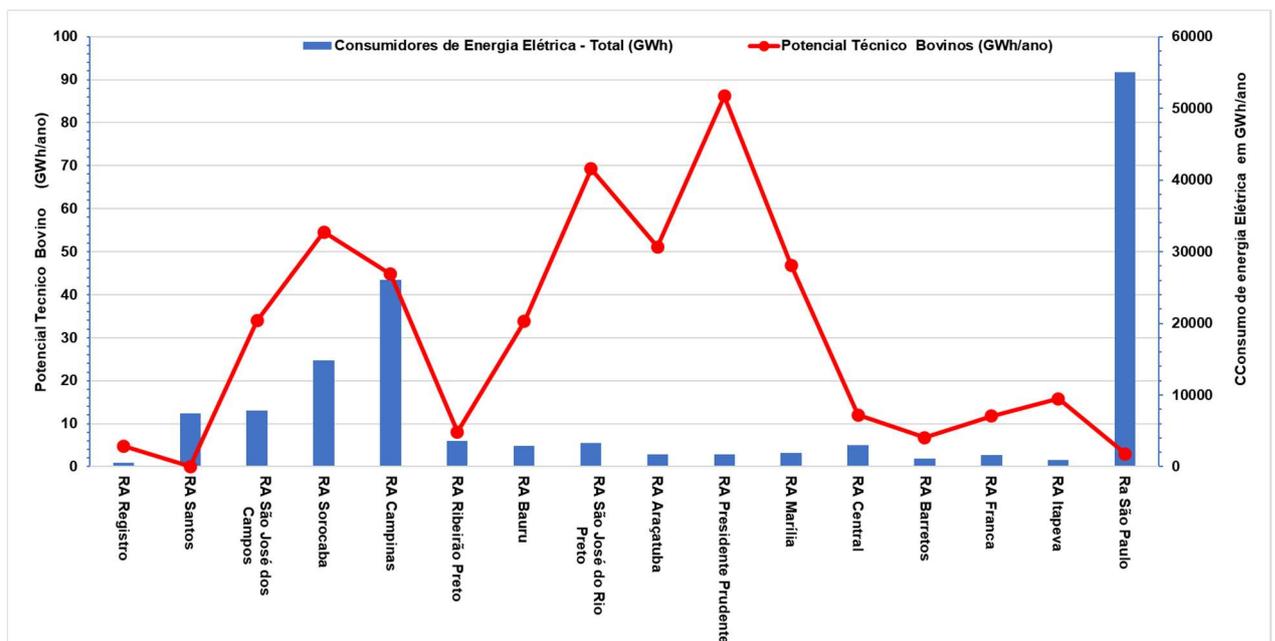


Figura 4.24 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de bovino. FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Figura 4.25 representa a energia gerada através dos resíduos de avicultura, considerando-se a perda na logística de transporte do resíduo sendo o valor total de resíduos aproveitados de 70%..

A região administrativas de Campinas apresenta o melhor valor para geração de energia superior a 80 GWh por ano.

O valor total de energia gerada é de aproximadamente 607 GWh por ano. Comparando-se a energia gerada pela energia consumida o valor atendido será de 0,45%

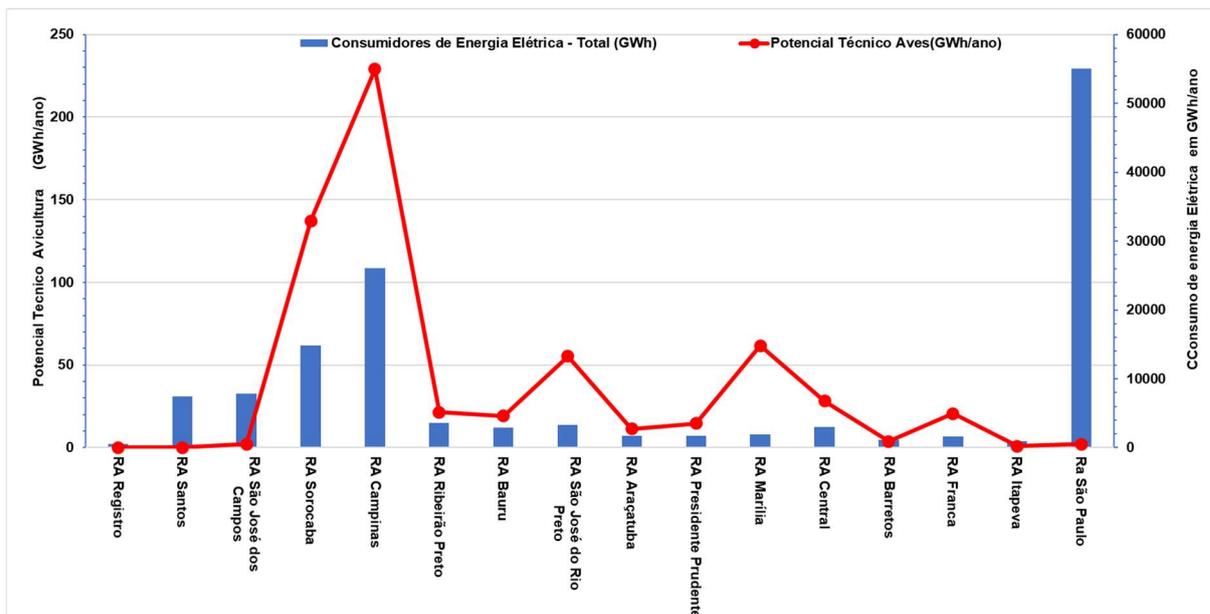


Figura 4.25 Consumo de Energia no Estado de São Paulo, potencial técnico de geração de resíduos de avicultura
 FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

A Tabela 4.4 representa os valores percentuais da energia gerada pela energia consumida para cada cultura de pecuária. As culturas que apresentam melhores desempenhos são as de suíno, aves e bovinos, as duas primeiras se devem ao sistema de confinamento estabelecido para estas duas pecuárias, a terceira se deve ao potencial de produção de biogás, conforme apresentado anteriormente na Tabela 3.7.

Tabela 4.4 Valores percentuais de energia atendida conforme potencial teórico e técnico de biomassa animal.

	Potencial Teórico	Potencial Técnico
Bubalinos	0,007%	0,002%
Caprinos	0,001%	0,0004%
Equinos	0,034%	0,01%
Muare	0,004%	0,001%
Ovinos	0,0035%	0,01%
Suínos	0,07%	0,05%
Bovinos	1,20%	0,36%
Avicultura	0,65%	0,45%

FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

4.2.3 Potencial Biomassa e Fotovoltaico

A Tabela 4.5 , representa o potencial técnico total da pecuária e o cenários 3, as regiões administrativas de Araçatuba, Franca, Marília, Presidente Prudente e São José do Rio Preto, apresentam valores superiores a 35% de suprimento de energia elétrica com base no consumo total de energia de cada região.

Tabela 4.5 Resumo das hipóteses de potencial técnico de biomassa e cenário 3 fotovoltaico

Localidades	Consumo de Energia Elétrica - Total (GWh)	Valor % de suprimento de energia com base no Potencial técnico total de pecuária	Valor % de suprimento de energia com base Potencial Técnico cenário 3
RA Araçatuba	1714,682	3,87	34,16
RA Barretos	1117,25	1,13	27,57
RA Bauru	2862,039	2,11	28,28
RA Campinas	26079,22	1,14	18,57
RA Central	2959,126	1,5	26,13
RA Franca	1578,438	2,24	35,75
RA Itapeva	973,457	2,15	20,74
RA Marília	1951,159	5,86	38,62
RA Presidente Prudente	1683,253	6,37	43,72
RA Registro	566,141	1,13	29,55
RA Ribeirão Preto	3565,523	0,87	25,95
RA Santos	7464,663	0,0013	18,93
RA São José do Rio Preto	3277,548	4,11	38,06
RA São José dos Campos	7869,778	0,52	21,24
RA Sorocaba	14785,73	1,45	12,02
RM São Paulo	55074,14	0,01	21,30
Total	133522,1	0,89	21,35

FONTE AUTORIA PRÓPRIA.

5 CONCLUSÃO

Esta dissertação apresenta um estudo sobre os potenciais de geração de energia proveniente das fontes de energia solar fotovoltaica e biomassa animal no Estado de São Paulo.

A metodologia apresentada pode ser utilizada para auxiliar o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a implementação de novas fontes renováveis de geração distribuída e seus impactos na matriz energética do Estado de São Paulo

Com base na metodologia aplicada para a geração fotovoltaica é possível observar uma grande discrepância entre cada cenário e o consumo de energia total usado como referência.

O potencial teórico, cenário 1 e cenário 2 são ideais, sendo difíceis de serem implementados devido os seguintes fatores

- Não é possível utilizar toda a área do Estado de São Paulo para a produção de energia fotovoltaica.
- Os telhados não possuem a inclinação ideal e ou a orientação correta para a melhor eficiência da sua geração.

O cenário técnico com maior possibilidade de ser implementado no curto médio prazo é o caso do cenário 3, onde se utilizara os telhados mais adequados. O total de energia suprida para o Estado de São Paulo poderia chegar a 21% da demanda, considerando a hipótese do cenário 3.

Este cenário pode representar uma perspectiva futura bem provável para a geração fotovoltaico do Estado de São Paulo.

O cenário 4 representa um caso de estudo particular considerando a área plantada de cana de açúcar. É possível notar que estas áreas poderiam gerar um valor representativo, podendo chegar a 78 vezes o consumo total de energia do Estado de São Paulo. Porém, um dos agravantes está no uso da terra. Algumas plantações de grãos, vegetais e frutas estão sendo substituídas pela plantação de cana, gerando um conflito na utilização da terra. A cana de açúcar hoje no Estado de São Paulo é a cultura predominante, devido a aplicação no mercado interno, com a produção de etanol para veículos.

A substituição da cana de açúcar por placas fotovoltaicas, poderão ganhar força quando o mercado interno receber uma frota de veículos elétricos, considerando-se que a tecnologia de armazenamento de energia estará desenvolvida.

Este cenário pode representar uma boa perspectiva futura para uma geração fotovoltaica para o Estado de São Paulo, em um horizonte a longo prazo, sendo que plantas fotovoltaicas de médio e grande porte poderão substituídas de forma gradativa as áreas de plantação de cana de açúcar, uma tendência sendo estudas as possibilidades de uso da terra equilibrando áreas para cultivo de alimentos e geração de energia.

Esta linha de pesquisa sobre o uso das áreas de cana de açúcar para aplicação de geração fotovoltaica, deve levar em consideração as relações de uso da terra e os possíveis conflitos que podem ser gerados, considerando-se o aumento da população, por consequência existe um aumento no suprimento básico das necessidades humanas, dentre elas a alimentação.

Com relação ao comparativo da energia gerada pela cana de açúcar e a área de utilização para implementação de geração fotovoltaica, fica evidente a grande vantagem da geração fotovoltaica. Em relação a comparação entre a energia usada pela cana de açúcar e área desta cultura para geração de fotovoltaico, a geração com fotovoltaico chega a ser 50 vezes maior que a produção com base na energia de conversão dos produtos finais da cana.

Com base nos resultados gerados pelos resíduos da pecuária, por mais que os valores não sejam promissores, o principal intuito é mostrar a capacidade existente de aproveitamento dos resíduos, principalmente com relação aos impactos ambientais existentes com base nas emissões de gases de efeito estufa, contaminação de fontes de água e solo.

O grande agravante para gerar um potencial aceitável de energia, está na estrutura da pecuária brasileira e a contabilização dos resíduos. Como o manejo de algumas culturas está em pasto aberto, existe uma dificuldade com relação as questões financeiras devido ao baixo valor agregado ao resíduo.

Com a soma total de energia gerada para cada resíduo, o valor total de energia chega a aproximadamente 2690,09 GWh por ano para o potencial teórico e de 1194,23 GWh por ano para o potencial técnico. Um sistema de geração de energia proveniente de biogás e inviável

energeticamente, porém o gás produzido pode ser destinado para outras formas de conversão sendo uma delas a de aquecimento.

O potencial total de geração de energia fotovoltaica e biomassa animal do Estado de São Paulo, em comparação ao cenário 3 e possível perceber que a geração junto ao consumidor não supre a energia demanda no Estado de São Paulo, em contrapartida a utilização da biomassa animal diminui os impactos ambientais relacionados. O cenário 4 junto com o potencial técnico total de biomassa animal não é vantajoso energeticamente, pois a geração a partir de biomassa é insignificante comparado a geração fotovoltaica

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, têm-se:

- O estudo de potencial econômico, levando-se em consideração modelos econométricos e de insumo produto energético, indicadores socioeconômicos.
- A integração dos requisitos do planejamento integrado de recursos.
- Desenvolvimento de plataforma sobre geração de energias renováveis.
- Ferramenta interativa sobre geração de energia
- Uso da terra para implementação de geração de energia elétrica
- Estudo de áreas de habitações urbanas e rurais com potenciais para desenvolvimento de empreendimentos de geração distribuída.
- Estudo de mudanças no uso da terra da atividade agrícola de cana de açúcar para usinas solares.

5.2 TRABALHOS APRESENTADOS EM CONGRESSO

Priscila Alves dos Santos Análise de investimentos em GD com usinas fotovoltaicas no Nordeste” CBGD – Congresso Brasileiro de Geração Distribuída. Curitiba 2016

ALVES, P. ; VIANA, S. ; da Silva, L.C.P ; NICOLAU, M. . GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E CRÉDITOS DE CARBONO PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. In: 10º

Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 2015, São Paulo. Agrener, 2015.

ALVES, P. ; VIANA, S. ; da Silva, L.C.P. ; Alexandre Rasi Aoki . POTENTIAL ASSESSMENT TOOL OF BIOMASS ELECTRICITY GENERATION FOR THE STATE OF PARANÁ. In: 8th International Conference on Sustainable Energy & Environmental Protection, 2015, Paisley. Proceedings of SEEP2015, 2015. p. 148-153

REFERÊNCIAS

- A. Antimiani, V. Costantini, C. Martini, et al. Assessing alternative solutions to carbon leakage *Energy Econ.*, 36 (2013), pp. 299-311
- A. Demirbas Biogas potential of manure and straw mixtures *Energy Sources Part A*, 28 (2006), pp. 71-78
- Abdmouleh, Z., Gastli, A., Ben-Brahim, L., Haouari, M. Al-Emadi, N. A View “Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 80, December 2017, Pages 1153-1161
- ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. *Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira*. Brasília, 2012
- Andreazzi, M.P; Santos J.M.G; Lazaretti R.M; “Swine farms' waste destination of northwestern and southwestern regions of Paraná” *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez. 2015, p. 744-751
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: ANEEL, 2008. 236p.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Pesquisa referente a microgeração distribuída a partir da resolução normativa 482*. Brasília, 2014a.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Informações do Site*. Brasília, 2014b.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. *Resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015 que trata do sistema de compensação de energia elétrica para geração distribuída*. *Diário Oficial Da União*. Seção 1, n. 76, pag. 53, Brasília, 2015.
- ANEEL (Org.). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília: Tda Comunicação, 2008. 236 p.

Arizataba M. F, Mwanza M, Çetin N.S, Ülgen K. “Assessment of the energy generation potential of photovoltaic systems in Caribbean region of Colombia” PERIODICALS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES Vol. 5 No. 1 (2017) – Special Issue (Recent Topics in Environmental Science)

ARTHUR, Richard; BAIDOO, Martina Francisca; ANTWI, Edward. Biogas as a potential renewable energy source: A Ghanaian case study. *Renewable Energy*, v. 36, n. 5, p. 1510-1516, 2011.

Assunção, F. C. R. et al., 2010,. “Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão. Série Documentos Técnicos”. Brasília : Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, 40 p.

Atlas Brasileiro de Energia Solar / Enio Bueno Pereira; Fernando Ramos Martins; Samuel Luna de Abreu e Ricardo Rüter. São José dos Campos: INPE, 2006.

Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos /coordenador Chigueru Tiba... et al.- Recife :Ed. Universitária da UFPE, 2000.

BANDEIRA, F. De P. M. Aproveitamento da energia solar no Brasil: Aproveitamento e perspectivas. Disponível em: http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/9008/aproveitamento_energia_bandeira.pdf?sequence. - 2012

BARREIRAS A SUA PENETRAÇÃO NO MERCADO. 21. ed. Rio de Janeiro: Bndes, 2005. 181 p.

BEN – Balanço Energético Nacional – 2016. Acessado em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf

Bilgili M., Ozbeka A., Sahinb B., Kahraman A. “An overview of renewable electric power capacity and progress in new technologies in the world”. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 49, September 2015, Pages 323-334

BRAGA, R. P. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. 2008, 67 f. Monografia (Curso de Energia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

BRANDJES, P.J. de; WIT, J.; van der MEER, H.G. Livestock and the environment: finding a balance. Wageningen: IAC, 1996. 53p.

BRASIL. Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas. Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT-GDSF, Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2009.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (Org.). Estudo sobre o Potencial de Geração de Energia a partir de Resíduos de Saneamento (lixo, esgoto), visando incrementar o uso de biogás como fonte alternativa de energia renovável. São Paulo: Ministério do Meio Ambiente, 2010. 56 p. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Alternativas Energéticas – Uma visão CEMIG. Uma publicação da empresa CEMIG, Belo Horizonte, 2012.

CHÁVEZ-FUENTES, J. J. et al. Manure from Our Agricultural Animals: A Quantitative and Qualitative Analysis Focused on Biogas Production. Waste And Biomass Valorization, [s.l.], p.1-9, 23 maio 2017. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s12649-017-9970-5>.

Chen Q, Liu T. Biogas system in rural China: Upgrading from decentralized to centralized? Review article Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 78, October 2017, Pages 933-944

Chaurey, Akanksha, and Tara Chandra Kandpal. 2010. "Assessment and evaluation of PV based decentralized rural electrification: An overview." Renewable and Sustainable Energy Reviews no. 14 (8):2266-2278.

Chobanov, V. "The impact of PV orientation in smart grids," 2016 IEEE International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC), Varna, 2016, pp. 1055-1059.

CRESESB - Centro De Referência Para Energia Solar E Eólica Sérgio De Salvo Brito; Energia Solar: Princípios e Aplicações. Tutorial Solar, 2006.

CRESESB. (2006). Energia Solar-Princípios e Aplicações. Eletrobrás.

CRESESB. (15 de Outubro de 2015). Potencial Solar - SunData. Fonte: Centro de referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>

COGENRIO - Associação Fluminense de Cogeração de Energia. O Que é Geração Distribuída. Disponível em: <http://www.cogenrio.com.br/Prod/OQueEGeracaoDistribuida.aspx>.

CORRÊA NETO, V. Análise de viabilidade da cogeração de energia elétrica em ciclo combinado com gaseificação de biomassa de cana-de-açúcar e gás natural. Dissertação de Mestrado em Ciências em Planejamento Energético. Programas de Pós Graduação de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Março, 2001.

CUNHA, Belinda Pereira da; AUGUSTIN, Sérgio (Org.). Sustentabilidade ambiental: estudos jurídicos e sociais. Caxias do Sul: EducS – Editora da Universidade de Caxias do Sul, 2014. 486 p.

De Souza Júnior, W. C.; Reid, J.; & Leitão, N. C. S. (2006). Custos e Benefícios do Complexo Hidrelétrico Belo Monte: Uma Abordagem Econômico-Ambiental. Conservation Strategy Fund (CSF), Lagoa Santa, Minas Gerais. Disponível em: <http://www.conservationstrategy.org>

Demirbas Gupta A Biogas potential of manure and straw mixtures Energy Sources Part A, 28 (2006), pp. 71-78 Environmental Impact of Animal Manure Management. <Http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6113e/x6113e00.htm#Contents> . Acessado em 12 de dezembro de 2016

DISTRITO FEDERAL. Portal Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Senado aprova participação do Brasil em acordo climático mundial. 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2016/08/senado-aprova-participacao-do-brasil-em-acordo-climatico-mundial>>. Acesso em: 30 jun. 2017

DISTRITO FEDERAL. Ricardo Gorini de Oliveira. Ministério de Minas e Energia (Org.). Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil: Condicionantes e Impactos. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética - Epe, 2014. 64 p.

ENERGIA E MEIO AMBIENTE - ROGER A. HINRICHS E MERLIN KLEINBACH TRAD. DA 4ª ED. AMERICANA – 2011

ELETROBRAS - Centrais Elétricas Brasileiras S. A. Informações do Site. Brasil, 2014. Disponível em: <www.eletrabras.com>.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. PDE 2021 – Plano Decenal de Expansão de Energia. Rio de Janeiro, janeiro de 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. PNE 2050 – Plano Nacional de Expansão de Energia. Rio de Janeiro, 2014.

EPE – 2013 Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional – Acessado em: www.epe.gov.br/.../EPEDisponibilizaoRelatórioSíntesedoBalançoEnergéticoNacional–.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética- Serie RECURSOS ENERGÉTICOS - NOTA TÉCNICA DEA 19/14 Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Ministerio de Minas e Energia- Rio de Janeiro 2014. Disponível em : <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADda%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20\(Revisada\).pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/DEA%2019%20-%20%20Inser%C3%A7%C3%A3o%20da%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Fotovoltaica%20Distribu%C3%ADda%20no%20Brasil%20-%20Condicionantes%20e%20Impactos%20VF%20%20(Revisada).pdf)>

EPIA – European Photovoltaic Industry Association. Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. Bélgica, 2012

Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE FJ MACIEL - Recife: UFPE, 2003

ExonMobil. Panoramas Energético Perspectivas para 2030. Sede Corporativa 5959 Las Colinas Blvd.Irving, Texas 75039-2298. EUA. 2010.

FAOSTAT website for statistics. <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acessado 12 de dezembro de 2016

FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho. São Paulo: FAPESP, 2010.

FERNANDES, F. R. B. Energia solar no aquecimento da água. Disponível em: http://www.ppgea.ufc.br/arquivos_download/Energia%20Solar.pdf.

Fouad M.M, Shihata L.A, Morgam E.I“An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels”.*Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 80, December 2017, Pages 1499-1511

FREITAS, A . SILVA, G. T. F. da; WEISS, M. A.; Energias renováveis e potenciais efeitos para o desenvolvimento regional no Brasil. *RCE*, Vol. 15, No 28: Jan./Jun. 2011.

FURTADO, Marcelo de Camargo. Avaliação das oportunidades de comercialização de novas fontes de energias renováveis no Brasil. 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FLÓREZ, J. S.. A ENERGIA RENOVÁVEL É O FUTURO. Museu de Topografia Prof. Laureano Ibrahim Chaffe Departamento de Geodésia – IG/UFRGS. Porto Alegre. 2010.

GALLINA, A. L. Uma alternativa sustentável para a produção de biodiesel *Cyperus esculentus*. 2011. 119f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia) – Universidade do Centro Oeste, Guarapuava, 2011.

GANEM, Roseli Senna (Org.). Políticas setoriais e meio ambiente. Brasília: Racsow, 2015. 362 p.

Gardas BB, Tendolkar MV.” Design of Cooling System for Photovoltaic Panel for increasing its Electrical Efficiency”, *ICMIE*, Goa, p.144–49, 2012.

Garcia. A.M.C; Ruiz, J.M; Chenlo F “Experimental study of mismatch and shading effects in the I–V characteristic of a photovoltaic module”*Jornal Solar Energy Materials and Solar Cells* Volume 90, Issue 3, 15 February 2006, Pages 329-340

GARCIA, F.H., KRENZINGER, A. e ALÉ, J.A.V. Avaliação do Funcionamento do Sistema Híbrido Eólico Fotovoltaico do LES-UFRGS. Anais do 5th Latin American Congress on Electricity Generation and Transmission, v. CD-ROM, São Pedro SP, 2003.

GHISI, E. et al. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*, Volume 41, Issue 2, p.204–210, 2006.

GONÇALVES, L. F. Contribuição para o estudo teórico e experimental de sistemas de geração distribuída. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

Gonzalez R., Lopez J., Sanchis P., Marroyo L. “Transformerless inverter for single-phase photovoltaic systems” *IEEE Trans Power Electron*, 22 (2) (2007), pp. 693-697

GREEN BUILDING ELEMENTS. MAEHLUM, MATHIAS. What are Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)? Disponível em: <<http://greenbuildingelements.com/2013/10/16/building-integrated-photovoltaics-bipv/>>. Acesso em: 17 jun 2017.

Green M.A., Emery K., Hishikawa Y., Warta W., Dunlop E.D. “Solar cell efficiency tables” *Progress Photovolt: Res Appl*, 23 (1) (2015), pp. 1-9

GREENPEACE. Os brasileiros diante da microgeração de energia renovável. Brasil, 2013.

GREENPEACE. Revolução Energética – Perspectivas para uma energia global sustentável para o setor elétrico do Brasil. – Brasil, 2013

Gustav Resch*, Anne Held°, Thomas Faber*, Christian Panzer*, Felipe Toro°, Reinhard Haas*. Potentials and prospects for renewable energies at global scale. *Energy Policy* Volume 35, Issue 4, April 2007, Pages 2590-2610

Haynes, R.J.; P.H. Williams. “Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem”. *Advanced Agronomy*, v.49, p.119-199, 1993

Hijazi O. Munro S, Zerhusen.B, Effenberger M. “Review of life cycle assessment for biogas production in Europe” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 54, February 2016, Pages 1291-1300

Hsu M.J, Agoramooth G. “Biogas plants ease ecological stress in India's remote villages” *Hum Ecol*, 36 (2008), pp. 435-441

HUANG, J.; CROOKES, R. J. Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine. *Fuel*, London, v. 77, n. 15, p. 1793–1801, 1998

Hussaina A, Arif S.M., Aslam M. “Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art”. *Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 71, May 2017, Pages 12-28

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados do Censo 2010. Brasil, 2010.

IEDI/FGV. Políticas para promoção da economia verde: A experiência internacional e o Brasil. Instituto de estudos para o desenvolvimento industrial, São Paulo, 2010.

IEA – Internacional Energy Agency. Acesso em Julho de 2017 . Disponível em <http://www.iea.org/>,

IMP – Informações dos Municípios Paulistas Acessado em: <http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/>

INEE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. Informações do Site. Rio de Janeiro, 2014.

Inforse.org. (2002). Different types of solar radiation. Acesso em Julho de 2017, disponível em: <http://www.inforse.org/europe/dieret/Solar/solar.html>

Jansa J, Hradilek Z .“Model of Electric and Heat Balance of Biogas Station”. *Journal power engineering and electrical engineering* volume: 14 number: 5,2016 december.

John J. J., Rajasekar V., Boppana S., Chattopadhyay S., Kottantharayil A.; TamizhMani G., "Quantification and Modeling of Spectral and Angular Losses of Naturally Soiled PV Modules," in *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 5, no. 6, pp. 1727-1734, Nov. 2015

Junior H.F.L “Materiais consumidos e resíduos gerados pelos novos domicílios construídos no Brasil nos últimos 12 anos.”. *Jornal do Estado de São Paulo*, seção Imóveis 1 DOMINGO, 16 DE JUNHO DE 2013.

K., Zong, J., Li, D., Liu, C., Lu, X. Document Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives Authors of Document Hagos Year the Document was Publish 2017 Source of the Document Renewable and Sustainable Energy Reviews 76, pp. 1485-1496

Kadam R., N.L. Panwar , Recent advancement in biogas enrichment and its applications Review article Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 73, June 2017, Pages 892-903

Karekezi S, Lata K, Coelho ST. Energia tradicional de biomassa, melhorando seu uso e movendo-se para o uso moderno de energia. Em: Secretaria da conferência internacional para as energias renováveis, Bona, 1-4 de junho; 2004

KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 20, n. 1, p.241-247, abr. 2016. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM.

Key World Energy Statistics. Paris: OECD/IEA; 2012.

KOMOR, P. Renewable energy policy. Ed. iUniverse, Inc., New York, United States, 2004.

LOPES, L. F. da R. Importância da energia renovável para o meio ambiente. 2011. 63 f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2011.

LUCAS JR., J. Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios. Jaboticabal, 1994. 113p. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista

MARTINS, Vanderlei Affonso. ANÁLISE DO POTENCIAL DE POLÍTICAS PÚBLICAS NA VIABILIDADE DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL. 2015. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015

MEB – Matrizes energéticas do Brasil: Acessado em: <https://brasilnosso.wordpress.com/matrizes-energeticas-do-brasil/>

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.

MENDONÇA, R. N.; VILLA, S. B. Os Modos de Morar em Apartamentos Mínimos Contemporâneos. In: II Congresso Internacional de Habitação Coletiva Sustentável, 2016, São Paulo. Master Laboratório de la Vivienda Sostenible del Siglo XXI / FAUUSP, 2016. v. 1. p. 184-191.

Melo J. D , Villavicencio J., Padilha A. F. “Estimation of Photovoltaic Potential on Residential Rooftops Using Empirical Bayesian Estimator” 2015 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LATAM), pages 242-247

Mwanza M, Kaoma M, Bowa C.K, Ülgen K, Çetin N.S. “The Potential of Solar Energy for Sustainable Water Resource Development and Averting National Social Burden in Rural Areas of Zambia” PERIODICALS OF ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES Vol. 5 No. 1 (2017) – Special Issue (Recent Topics in Environmental Science)

NASCIMENTO, C. A. do. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. 2004. 21f. Monografia (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

ONU - United Nations. Sustainable energy for all: a vision statement by Ban Ki-moon Secretary-General of the United Nations. United Nation, New York, United States; 2011

Operacz A, “ The term “effective hydropower potential” based on sustainable development – an initial case study of the Raba river in Poland” Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 75, August 2017, Pages 1453-1463

Palhares J.C.P “Novo Desafio Para Avicultura: A Inserção Das Questões Ambientais Nos Modelos Produtivos Brasileiros” Agência Embrapa de Informação Tecnológica 2006

Pazheri F.R., Othman M.F, Malik N.H., Al-Ammar E.A. “Pollution emission reduction with minimum transmission loss in power dispatch including renewable energy and energy storage” Int Rev Electr Eng 2012, page. 7’

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de.; RÜTHER, R. Atlas brasileiro de energia solar. São José dos Campos: INPE, 2006.

Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília : MME : EPE, 2007.

PINHEIRO, Giorgina; NUNES, Marcus V.; RENDEIRO, Gonçalo; PINHO, João T. Qualidade de energia na geração distribuída - caso de usina a biomassa. VI

PIRES, Tatiana de Carvalho (Ed.). Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - Cgee, 2010. 40 p.

Portal Brasil. Matriz energética. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2010/11/matriz-energetica>>. Acesso em: 30 jun. 2017.

PPE – Programa de Planejamento Energético; COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia; LIMA – Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente. Micro e Minigeração de energia com fontes renováveis no estado do Acre, Rio de Janeiro, 2014.

PRATES, Cláudia Pirmentel T.; COSTA, Ricardo Cunha da. O PAPEL DAS FONTES RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO DESENVOLVIMENTO DO SETOR ENERGÉTICO E

P.Y. Nie, Y.H. Chen Duopoly price discrimination with monopolization energy input Energy Sources, Part B Econ. Plan. Policy, 11 (6) (2016), pp. 526-533

REN21 - RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY – REN21. Renewables Interactive Map. França, 2013. Disponível em: <<http://map.ren21.net/>>.

Rashed M Al Mamun*, Shuichi Torii Removal of H₂S and H₂O by chemical treatment to upgrade methane of biogas generated from anaerobic Co-digestion of organic biomass waste IPASJ, 3 (12) (December 2015)

Rashed M Al Mamun*, Shuichi Torii Removal of H₂S and H₂O by chemical treatment to upgrade methane of biogas generated from anaerobic Co-digestion of organic biomass waste IPASJ, 3 (12) (December 2015)

REN21 - RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY – REN21.Renewable 2014: Global Status Report. França, 2014. Disponível em: <<http://map.ren21.net/>>.

RIBEIRO, Paulo; FERREIRA, Flávia; MEDEIROS, Fábio. Geração distribuída e impacto na qualidade de energia. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v.20, n. 1, jan.-abr. 2016, p. 241-247 Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. Remote Sensing. 2010; 2(4):1057-1076

SALAMONI, Isabel; MONTENEGRO, Alexandre; RÜTHER, Ricardo. O panorama da energia solar fotovoltaica conectada à rede elétrica no Brasil: benefícios, legislação e desafios. Anais. X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no ambiente construído. Natal, 2009.

SANTOS, Thauan et al. BELO MONTE: IMPACTOS SOCIAIS, AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E POLÍTICOS. Tendencias, Universidad de Nariño, v. 13, n. 2, p.214-228, dez. 2012. Semestral.

SANTOS, Ísis Portolan dos. INTEGRAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS E SUA CONTRIBUIÇÃO EM UM ALIMENTADOR DE ENERGIA DE ZONA URBANA MISTA. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

Santos M.A. Rosa L.P., Sikar B., Sikar E., Santos E.O. “Gross greenhouse gas fluxes from hydro-power reservoir compared to thermo-power plants” Energy Policy, 34 (4) (2006), pp. 481-488

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia. Energia Solar Paulista – Levantamento do Potencial (Renováveis). São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/atlas-solar>>. Acesso em: 17 jun 2017.

SÃO PAULO. Plano Paulista de Energia 2020. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/491.pdf>>. Acesso em: 20 jun 2017.

SBQEE – Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica. Belém, Pará, agosto de 2005.

Seiffert N.F. Embrapa Suínos e Aves, “Planejamento Da Atividade Avícola Visando Qualidade Ambiental”. Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola 12 de abril de 2000 – Concórdia, SC

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 5., 2006, Brasília - Df. Políticas públicas para a Energia: Desafios para o próximo quadriênio. Brasília - Df: Unb, 2006. p. 1 - 16

Shruthi K J, Viswanatha C, Giridhar Kini P and M. Divekar, "Anomalies in practical solar photovoltaic installations and tilt angle optimization," 2016 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES), Trivandrum, 2016, pp. 1-4

SILVA, Ennio Peres da. Fontes Renováveis de Energia - Produção de Energia Para Um Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

SOUZA R.G, Silva F.M, Bastos A.C “Performance of a motogenerator adapted for biogás” Ciênc. agrotec. vol.34 no.1 Lavras Jan./Feb. 2010

SWERA <https://maps.nrel.gov/swera/#/?aL=0&bL=groad&cE=0&IR=0&mC=40.21244%2C-91.625976&zL=4>

SolarGIS. (2013). World Map of Direct Normal Irradiation. Acesso em Julho de 2017, disponível em SolarGIS: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/dni/SolarGISSolar-map-DNI-World-map-en.png.

Sunderan , P. ; Mohamed N.M; Ismail A.M., Singh B. “Optimum Tilt Angle and Orientation of Stand-Alone Photovoltaic Electricity Generation Systems for Rural Electrification” Journal of Applied Sciences Year: 2011 | Volume: 11 | Issue: 7 | Page No.: 1219-1224

Tasneem Abbasi, S.A. Abbasi, Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization Review Article Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 3, April 2010, Pages 919-937

Thomas T.D.Tran. Amanda D.Smith “Evaluation of renewable energy technologies and their potential for technical integration and cost-effective use within the U.S. energy sector” Journal Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 80, December 2017, Pages 1372-1388

Tolmasquim, Mauricio Tiomno Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004

TURNEY, Damon; FHENAKIS Vasilis . “Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants”. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 15, Issue 6, August 2011, Pages 3261-3270

Urbanetz, Jair ; Zomer, Clarissa Debiazi ; Rüther, Ricardo . Compromises between form and function in grid-connected, building-integrated photovoltaics (BIPV) at low-latitude sites. Building and Environment, p. 2107-2113, 2011

Vendramini, J.M.B.; Silveira, M.L.A.; Dubeux Jr., J.C.B.; Sollenberger L.E. “Environmental impacts and nutrient recycling on pastures grazed by cattle” Revista. Brasileira de Zootecnia. vol.36 suppl.0 Viçosa July 2007.

Vienello, R., & Alves, A. (1991). Meteorologia básica e aplicações. Viçosa: Imprensa Universitária.

Vidadili, N., Suleymanov, E., Bulut, C., Mahmudlu, C.” Transition to renewable energy and sustainable energy development in Azerbaijan” Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 80, December 2017, Pages 1153-1161

WHO, UNDP - United Nation Development Programme (UNDP)/World Health Organization (WHO). “The energy access situation in developing countries: a review focusing on the least developed countries and Sub-Saharan Africa” UNDP, New York, United States; 2009.

Yen, K.L; Tsai C.T. Bai M.-S.R. “Performance evaluation of large tilt angle photovoltaic systems in Taiwan” Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2009 34th IEEE, Issue Date: 7-12 June 2009,

Zong K., J., Li, D., Liu, C., Lu, X. Document Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives Authors of Document Hagos Year the Document was Publish 2017 Source of the Document Renewable and Sustainable Energy Reviews 76, pp. 1485-1496