

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS E ENERGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

**Uso da Técnica do Planejamento Integrado de Recursos – PIR, para a
Avaliação da Disponibilidade de Geração de Energia Elétrica no
Litoral Norte Paulista**

Dante Bachi Junior

Itajubá, agosto de 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS E ENERGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

Dante Bachi Junior

**Uso da Técnica do Planejamento Integrado de Recursos – PIR, para a
Avaliação da Disponibilidade de Geração de Energia Elétrica no
Litoral Norte Paulista**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.

Área de Concentração: Exploração do uso Racional de Recursos Naturais e Energia.

**Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lucio Tiago Filho
Co-Orientador: Prof(a). Dr. Maria Rachel Russo Seydel**

Itajubá, agosto de 2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
INSTITUTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS E ENERGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**

Dante Bachi Junior

**Uso da Técnica do Planejamento Integrado de Recursos – PIR, para a
Avaliação da Disponibilidade de Geração de Energia Elétrica no
Litoral Norte Paulista**

Dissertação aprovada por banca examinadora em agosto de 2016, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia da Energia*.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Célio Bermann - USP

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva - UNIFEI

Prof. Dr. Geraldo Lucio Tiago Filho (Orientador) - UNIFEI

Itajubá, agosto de 2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Sandra Maria Salles Bachi, às filhas Laura Maria Gilda Salles Bachi e Sofia Maria Piedade Salles Bachi e aos meus pais Dante Bachi e Elza Pires Bachi que me estimularam a concluir mais esta etapa em minha vida.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”.

Cora Coralina

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Sandra Maria Salles Bachi, companheira e incentivadora.

Às minhas filhas, Laura Maria Gilda Salles Bachi e Sofia Maria Piedade Salles Bachi, responsáveis pelo entusiasmo que me moveu a vencer esta etapa da minha vida.

Aos meus pais, Dante Bachi e Elza Pires Bachi, por sempre encorajarem os meus esforços.

Aos Professores Dr. Geraldo Lucio Tiago Filho e Dra. Maria Rachel Russo Seydel, pelas orientações, discussões e ensinamentos.

Aos professores e colegas que colaboraram, preenchendo os procedimentos dos especialistas, o que foi de fundamental importância para este trabalho.

Aos professores Dr. José Luiz Gonçalves e Dr. Arcilan Trevenzoli Assireu, pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, da Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP e do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás.

Ao PRH16 e ao Centro de Excelência em Eficiência Energética - EXCEN, pela oportunidade de participação em eventos e de desenvolvimento pessoal e profissional

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a avaliação das disponibilidades de geração de energia elétrica para a região do Litoral Norte Paulista, com base no conceito de sustentabilidade do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR, que utiliza a Avaliação dos Custos Completos – ACC, como metodologia para o desenvolvimento energético, essencial para o século XXI. A metodologia tem como premissa a equiparação de importância entre as quatro grandes dimensões: (1) técnico-econômica, (2) ambiental, (3) social e (4) política, comparando-as e valorando-as através da ferramenta matemática de auxílio à tomada de decisão, o Processo de Análise Hierárquica – PAH. A escolha da referida região como Estudo de Caso ocorre por dois motivos: o primeiro, a proximidade ao maior centro de operação de cargas do país, a região Sudeste, em particular o estado de São Paulo; o segundo, as várias possibilidades de fontes energéticas agrupadas em um espaço geográfico relativamente pequeno de 2.000 km². Para a avaliação da disponibilidade energética é feita a classificação dos recursos energéticos disponíveis na região em estudo, segundo a etapa de ranqueamento final do PIR, antecedida pelas informações prévias, listagem e seleção dos recursos energéticos, escolha dos especialistas, caracterização dos recursos energéticos, e cômputo e valoração dos potenciais completos. A valoração dos atributos e subatributos no ranqueamento padrão faz uso da Avaliação Determinística dos Custos Completos (ADCC) e da Avaliação Holística dos Custos Completos (AHCC). Na primeira, o valor numérico pode ser medido ou estimado, sendo mais comum nas dimensões técnico-econômica e ambiental. Na segunda, através da escala do valor não numérico, mais comum nas dimensões social e política, chega-se a um valor numérico. Já a valoração no ranqueamento dos especialistas ocorre quando é feita a aplicação aos atributos e subatributos do ranqueamento padrão, os “pesos relativos” definidos pelos especialistas nos questionários. Dentre os resultados do Ranqueamento Final, ressaltam-se os recursos energéticos: em primeiro lugar, a Usina Hidrelétrica Reversível com a melhor avaliação de nota (0,77), seguido da Substituição de Chuveiros Elétricos por Aquecimento Solar (0,71) e do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (0,69).

Palavras chaves: Planejamento Integrado de Recursos Energéticos, PIR, Avaliação Custos Completos, Processo Análise Hierárquica.

ABSTRACT

This study aims to evaluate the availability of electricity generation for the North Coast Paulista region, based on the concept of sustainability of Integrated Planning of Energy Resources - PIR, which uses the Full Cost Assessment as a methodology for energy development, essential for the twenty-first century. The methodology is premised on a matching importance among the four major dimensions: (1) technical-economic, (2) environmental, (3) social and (4) political, comparing and valuing them through the mathematical tool aid for decision making, the Hierarchical Analysis Review. The choice of that region as a case study results from its proximity to the country's largest cargo operation center, the southeast region, in particular the state of São Paulo, and also for having various possibilities of energy sources grouped in a relatively small geographic area of 2,000 km². For the evaluation of the available energy, the classification of energy resources available in the region under study is made according to the PIR stage final ranking, preceded by the environmental inventory, listing and selection of energy resources, the choice of experts for the characterization of energy resources and the calculation and assessment of the complete potential. The valuation of attributes and sub-attributes in standard ranking uses the Deterministic Rating of Full Costs and Holistic Assessment of Full Costs. In the first, the numerical value can be measured or estimated, which is more common in the technical-economic and environmental dimensions. In the second, it is done across the range of non-numeric value, more common in the social and political dimensions. On the other hand, the experts ranking valuation occurs when the application of attributes and sub-attributes of the standard ranking is done, the "relative weights" defined by the experts in the questionnaires. Among the final ranking results, we emphasize the energy resources: first, the Reversible Hydroelectric Plant with the highest assessment score (0.77), followed by the Electric Showers Replacement by Solar Heating (0.71) and the Photovoltaic System Connected to the Electric Network (0.69).

Key words: Integrated Planning of Energy Resources, Evaluation Full Cost, Analysis Hierarchical.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Justificativas para o uso do PIR como uma Alternativa para a Avaliação das Disponibilidades de Geração de Energia Elétrica no Litoral Norte Paulista	4
1.2	Objetivo	5
1.3	Objetivo específicos	5
1.4	Estrutura	6
1.5	Metodologia da Dissertação	6
1.5.1	Metodologia do PIR	6
1.5.1.1	Histórico de Aplicação do PIR	6
1.5.1.2	Fundamentação Teórica da metodologia do PIR	7
1.5.1.3	Etapas do PIR deste Trabalho	7
1.5.1.4	Método (ACC - Padrão)	14
1.5.1.5	Método (ACC – Especialistas)	17
2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL	20
3	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DO LITORAL NORTE PAULISTA (ESTUDO DE CASO)	23
3.1	Inventário Ambiental	23
3.1.1	Meio Antrópico	24
3.1.1.1	Aspectos Históricos	24
3.1.1.2	Aspectos Demográficos	30
3.1.1.3	Aspectos Socioeconômio-	31
3.1.2	Meio Aéreo	39
3.1.2.1	Emissões de Poluentes e Gases de Efeito Estufa - GEE	39
3.1.2.2	Caracterização das Fontes Fixas (Indústrias)	39
3.1.2.3	Potencial Poluidor das Fontes Fixas (Indústrias)	39
3.1.2.4	Emissões de GEE por Fontes Fixas e Fugitivas (Indústria de Energia)	41
3.1.2.5	Potencial Poluidor e de Emissão de GEE de Fonte Móvel (Veículos)	41
3.1.2.6	Potencial Poluidor e da Emissão de GEE da Fonte Móvel (Navios) que atracam no Porto de São Sebastião no Litoral Norte Paulista.	42
3.1.2.7	Resultados Gerais Potencial Poluidor - Meio Aéreo	44
3.1.2.8	Regime de Chuvas	44
3.1.2.9	Regime de Temperaturas	45

3.1.2.10	Regime de Ventos	45
3.1.3	Meio Terrestre	46
3.1.3.1	Geomorfologia e Geologia	46
3.1.3.2	Contaminação do Solo-	47
3.1.3.3	Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU	48
3.1.3.4	Riscos Geotécnicos	49
3.1.3.5	Vegetação Existente	51
3.1.4	Meio Aquático	53
4	LISTAGEM E SELEÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS NO LITORAL NORTE PAULISTA	56
4.1	Recursos Energéticos pelo Lado da Oferta - RELO	56
4.1.1	Solar	57
4.1.1.1	Aspectos Técnico-Econômicos	57
4.1.1.2	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica – SFCR	58
4.1.1.3	Aspectos Ambientais	60
4.1.2	Eólica	60
4.1.2.1	Aspectos Técnico-Econômicos	60
4.1.2.2	Parques Eólicos Offshore	61
4.1.2.3	Aspectos Ambientais	63
4.1.3	Hídrica	64
4.1.3.1	Aspectos Técnico-Econômicos	64
4.1.3.2	Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH	65
4.1.3.3	Usinas Hidrelétricas Reversíveis – UHR	66
4.1.3.4	Aspectos Ambientais	67
4.1.4	Gás Natural e Resíduos Sólidos Urbanos	68
4.1.4.1	Aspectos Técnico-Econômicos	69
4.1.4.1.1	Usina Termelétrica – UTE/GN	69
4.1.4.1.2	Usina de Recuperação de Energia – URE	71
4.1.4.2	Aspectos Ambientais	73
4.1.4.2.1	UTE/GN com Captura do CO ₂	73
4.1.4.2.2	URE/RSU com emissão de créditos de carbono	76
4.1.5	Energia Oceânica	78
4.1.5.1.1	Atenuadores “Pelamis”	80
4.1.5.2	Aspectos Ambientais	81

4.1.6	Recursos Energéticos pelo Lado da Demanda – RELD	81
4.1.6.1	Substituição de Chuveiro Elétrico pelo Sistema de Aquecimento Solar (SAS)	82
4.1.6.2	Aquecimento de Água por Chuveiro Elétrico	83
4.1.6.3	Aquecimento de Água por Coletores Solares	85
5	IDENTIFICAÇÃO DOS ENVOLVIDOS E INTERESSADOS (EN-IN) (ESTUDO DE CASO)	86
6	CARACTERIZAÇÃO DE RECURSOS ENERGÉTICOS DO LITORAL NORTE PAULISTA (ESTUDO DE CASO)	87
6.1	Recursos Energéticos (RELO)	87
6.1.1	Caracterização do Recurso Solar	87
6.1.1.1	Radiação Solar	87
6.1.1.2	Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (SFCR)	88
6.1.1.3	Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (SFCR)	89
6.1.2	Caracterização do Recurso Eólico	89
6.1.2.1	Velocidade dos Ventos e Densidade de Probabilidade	89
6.1.2.2	Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (WindFloat)	89
6.1.2.2	Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (WindFloat)	91
6.1.3	Caracterização do Recurso Hídrico (PCH)	92
6.1.3.1	Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (PCH)	93
6.1.3.2	Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (PCH)	95
6.1.4	Caracterização do Recurso Hídrico (UHR)	96
6.1.4.1	Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (UHR)	97
6.1.5	Caracterização dos Recursos (GN com captura de CO ₂) e (RSU)	97
6.1.5.1	Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (UTH com captura de CO ₂)	99
6.1.6	Caracterização do Recurso (Ondas Oceânicas)	99
6.1.6.1	Clima de Ondas Oceânicas	100
6.1.6.2	Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (Pelamis)	101
6.2	Recursos Energéticos do Lado da Demanda – RELD	103
6.2.1	Caracterização do Recurso Sistema de Aquecimento Solar – SAS, na Substituição de Chuveiros Elétricos	103
7	CÔMPUTO E VALORAÇÃO DOS POTENCIAIS COMPLETOS CVPC RELO	104
7.1	Dimensão Técnico-Econômica	104
7.1.1	Confiabilidade	104

7.1.2	Potencial Energético	105
7.1.3	Custos Unitários de Geração de Energia	105
7.1.4	Facilidade Técnica	106
7.2	Dimensão Ambiental	106
7.2.1	Impacto Meio Terrestre	106
7.2.2	Impacto Meio Aquático	108
7.2.3	Impacto Meio Aéreo	109
7.3	Dimensão Social	111
7.4	Dimensão Política	114
8	CÔMPUTO E VALORAÇÃO DOS POTENCIAIS COMPLETOS – CVPC	
RELD		118
8.1	Dimensão Técnico-Econômica	118
8.1.1	Confiabilidade	118
8.1.2	Potencial Energético	119
8.1.3	Custos Unitários de Geração de Energia	119
8.1.4	Domínio Tecnológico	119
8.1.5	Facilidade Técnica	120
8.2	Dimensão Ambiental	120
8.2.1	Impacto Meio Terrestre	120
8.2.2	Impacto Meio Aquático	121
8.2.3	Impacto Meio Aéreo	121
8.3	Dimensão Social	122
9	RANQUEAMENTO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS DO LITORAL NORTE	
PAULISTA		128
9.1	Conversão dos Dados pelo Método ACC-Padrão	129
9.2	Conversão dos Dados pelo Método ACC-Especialistas	132
9.3	Cálculo dos Ranqueamentos	136
9.4	Análise dos Resultados	137
10	CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	139
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	142
	ANEXO A: PLANILHAS DA VALORAÇÃO DOS RECURSOS ENERGÉTICOS PARA O RANQUEAMENTO PADRÃO.	160

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Litoral Norte Paulista _____	1
Figura 2: Diagrama Hierárquico do PIR _____	9
Figura 3: Árvore de Atributos e Subatributos da dimensão Técnico-Econômica _____	9
Figura 4: Árvore de Atributos e Subatributos da dimensão Ambiental. _____	10
Figura 5: Árvore de Atributos e Subatributos da dimensão Social. _____	10
Figura 6: Árvore de Atributos e Subatributos da dimensão Político. _____	11
Figura 7: Planilha de Cálculo para Determinação da Pontuação Total por Dimensão _____	12
Figura 8: Exemplo de Gráfico de Conversão para Padronização _____	15
Figura 9: Análise de Poder do Setor Nuclear Brasileiro _____	16
Figura 10: Comparativo (par a par) entre Atributos. _____	17
Figura 11: Escala de Importância entre Elementos Comparativos Escala não Numérica. ____	17
Figura 12: Setor Elétrico Brasileiro _____	20
Figura 13: Mapa do Sistema Interligado Nacional – SIN _____	22
Figura 14: Localização do Litoral Norte Paulista _____	23
Figura 15: Atracações no Porto de São Sebastião _____	32
Figura 16: Porto de São Sebastião – Terminal de Uso Privativo – TUP _____	33
Figura 17: Porto Organizado de São Sebastião _____	34
Figura 18: Balsa utilizada para travessia entre São Sebastião e Ilhabela _____	35
Figura 19: Aeroporto Estadual Gastão Madeira – Ubatuba – SP _____	36
Figura 20: Precipitação Acumulada do Litoral Norte Paulista 1961 a 1990 (mm) _____	44
Figura 21: Regime de Temperaturas no Litoral Norte Paulista _____	45
Figura 22: Velocidades de Vento Médio no Litoral Norte Paulista _____	45
Figura 23: Unidades Litoestratigráficas no Litoral Norte Paulista (Herança Geográfica) ____	46
Figura 24: Geomorfologia e Geologia _____	47
Figura 25: Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Litoral Norte Paulista _____	48
Figura 26: Área afetada pelo desastre em Caraguatatuba – Bacia do Rio Santo Antônio (1967) _____	50
Figura 27: Riscos Geotécnicos Associados aos Processos de Movimentos de Massa em específico aos escorregamentos no Litoral Norte Paulista _____	51
Figura 28: Vegetação Existente no Litoral Norte Paulista _____	52
Figura 29: Unidades de Conservação de Proteção Integral no Litoral Norte Paulista ____	52
Figura 30: Bacias Hidrográficas do Litoral Norte Paulista _____	53

Figura 31: Média Anual de Insolação no Brasil em (horas/dia). Adaptada do Atlas Solarimétrico do Brasil. _____	57
Figura 32: Sistemas: Painéis Fotovoltaico Móveis, Hélio-Convectivos e Hélio-Térmicos _	57
Figura 33: Autoprodução Residencial de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica _____	59
Figura 34: Mapa ilustrativo do potencial técnico de geração distribuída do sistema fotovoltaico no setor residencial no Brasil e nos municípios do Litoral Norte Paulista _____	59
Figura 35: Velocidades de Vento Médio no Litoral Norte Paulista _____	60
Figura 36: Locais Possíveis de Instalações de Turbinas Eólicas _____	61
Figura 37: Tecnologia <i>offshore</i> – Turbina Eólica em Plataforma Flutuante – <i>WindFloat</i> ____	62
Figura 38: Levantamento dos Impactos Negativos de Parques Eólicos Realizados nos Países Baixos – Europa _____	63
Figura 39: Usina Hidrelétrica de Itaipu _____	64
Figura 40: Perfil Esquemático de Usina Hidrelétrica (UHE) _____	64
Figura 41: Exemplos: ⁽¹⁾ UHR – Revin – França e ⁽²⁾ PCH – Ninho da Águia – Delfin Moreira – MG. _____	65
Figura 42: Esquema de Operação da Usina Hidrelétrica Reversível (UHR) e Parques Eólicos _____	66
Figura 43: Esquema de Termoelétrica a Ciclo Combinado _____	69
Figura 44: Demanda e Geração de Energia a Gás Natural entre 2013/2014 _____	70
Figura 45: Projeção da Capacidade de Oferta da Petrobras do GN para 2030 _____	70
Figura 46: Propostas de plantas de UTH simuladas no programa <i>Cycle-Tempo</i> _____	71
Figura 47: Esquema da Usina de Recuperação de Energia de Barueri _____	72
Figura 48: Tecnologias para Captura de CO ₂ . Adaptado de IPCC (2005) _____	74
Figura 49: Processo de captura de CO ₂ por absorção _____	75
Figura 50: Captura de CO ₂ Pós Combustão em UTE de Ciclo Combinado a GN. Adaptado de IEA (2011) _____	75
Figura 51: Potência Média Mundial das Ondas Oceânicas _____	79
Figura 52: Esquema simplificado do arranjo (dispositivo Pelamis) _____	80
Figura 53: Esquema de Aquecimento Solar-Térmico. Onde: (A) > 30cm. (B) e (C) > 80cm. (D) > 20cm. _____	85
Figura 54: Radiação Solar em Ubatuba – Litoral Norte Paulista _____	87
Figura 55: Projeção de Parque Eólico.. _____	90
Figura 56: Potencial Hidroelétrico Remanescente com destaque o Litoral Norte Paulista ____	92

Figura 57: Bacia do rio Juqueriquerê e sub-bacia do rio Camburu _____	93
Figura 58: Arranjo geral das obras da PCH – Camburu – Litoral Norte Paulista. _____	94
Figura 59: Desenho Esquemático para Instalação da UHR no Litoral Norte Paulista _____	96
Figura 60: Localização da “Boia – Santos”. Adaptado de Brasil (2015) _____	100
Figura 61: Matriz Potência do Aproveitamento pelo Pelamis na Plataforma Continental do Estado de São Paulo. Adaptado de Pelamis _____	102

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Consumo de energia elétrica por setor entre 2006 e 2014 em MWh _____	2
Gráfico 3: Matriz de Geração de Energia no Brasil _____	21
Gráfico 4: Capacidades Armazenadas por Subsistema em 2013 _____	21
Gráfico 5: Taxa de Migração por Censo _____	30
Gráfico 6: Taxa Geométrica de Crescimento da População (2010 a 2014) _____	30
Gráfico 7: Número de Domicílios conforme Censo IBGE/2010 _____	31
Gráfico 8: PIB do Litoral Norte Paulista em 2012 _____	37
Gráfico 9: PIB “per capita” em R\$ no Litoral Norte Paulista em 2012 _____	37
Gráfico 10: Estabelecimentos Formais no Litoral Norte Paulista em 2010 _____	38
Gráfico 11: Números de indústrias (Porte/Empregado) no Litoral Norte Paulista em 2012 _	39
Gráfico 12: Precipitações Médias Anuais Registradas nos últimos 70 anos _____	54
Gráfico 13: Volume de Água Superficial e Subterrânea Requerida em 2012 para o Abastecimento no Litoral Norte Paulista _____	55
Gráfico 14: Índices de Vazões da UGRHI 03 _____	55
Gráfico 15: Resultados da Caracterização da AICV de 01 tonelada de RSU por Cenário em Betim-MG. _____	76
Gráfico 16: Fonte Utilizada para Aquecimento da Água de Banho na Região Sudeste (%)	83
Gráfico 17: Medições de Vazão da Estação Pluviométrica (2E-022) _____	94
Gráfico 18: Distribuição das Alturas Significativas (Hs) na Bacia de Santos no Litoral Paulista (2011 a 2015). _____	100
Gráfico 19: Distribuição dos Períodos das Ondas na Bacia de Santos no Litoral Paulista de 2011 a 2015 _____	101
Gráfico 20: Análise de Resultados _____	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de Dados que Podem Fazer Parte de uma Dimensão Social. _____	16
Tabela 2: Matriz de Comparação _____	18
Tabela 3: Matriz de Comparação Normalizada _____	18
Tabela 4: Índice de Inconsistência Aleatória Média – IAM. _____	19
Tabela 5: Parque de Geração de Energia Elétrica no Brasil _____	20
Tabela 6: Potencial de Poluição (PP) segundo a metodologia IPPS para as indústrias instaladas no Litoral Norte Paulista (2013) _____	40
Tabela 7: Estimativa de Emissão de GEE Fonte Fixa no Litoral Norte Paulista 2012 _____	41
Tabela 8: Emissões veiculares na RMVP e no Litoral Norte Paulista _____	41
Tabela 9: Emissões por classes de navios enquanto espera na área de fundeio _____	42
Tabela 10: Emissões por classes de navios quando atracados e no uso das máquinas auxiliares _____	42
Tabela 11: Tempos de Espera no Fundeio e para Atracação no Porto de São Sebastião e TEBAR em 2013 _____	43
Tabela 12: Resultados das Emissões de Poluentes por classes de navios em 2013 _____	43
Tabela 13: Emissões Estimadas de Poluentes Aéreos no Litoral Norte Paulista _____	44
Tabela 14: Índices Estimativos de Produção (Per Capita) de RSU _____	48
Tabela 15: Enquadramento do Litoral Norte Paulista Enquanto Tratamento e Disposição dos RSU _____	49
Tabela 16: Percentual das Áreas de Riscos Geotécnicos no Litoral Norte Paulista _____	50
Tabela 17: Disponibilidade Hídrica Superficial e Subterrânea na UGRHI 03 no Litoral Norte Paulista (m ³ /s) _____	54
Tabela 18: Níveis de Ruídos de Diversas Fontes _____	63
Tabela 19: Componentes do GN por Origem de Produção _____	68
Tabela 20: Volumes de Projeto das Emissões das UTE a GN no Estado de São Paulo _____	73
Tabela 21: Aumento Anual de eficiência dos equipamentos _____	83
Tabela 22: Potencial Teórico do SFCR no Litoral Norte Paulista. _____	88
Tabela 23: Custos Totais e Unitários – Vida Útil – Fator de Capacidade. (1) Custo Incluso: Painel Fotovoltaico; Inversor; Quadro Elétrico Fotovoltaico e Cabo Solar _____	89
Tabela 24: Velocidades e Fatores <i>Welbull</i> (K) e (C) por Estações do Ano _____	89
Tabela 25: Potência Teórica do Parque Eólico <i>Offshore</i> no Litoral Norte Paulista _____	90
Tabela 26: Custos da Tecnologia WindFloat. _____	91

Tabela 27: Potência Hidroelétrico Remanescente na sub-bacia do Litoral Norte Paulista. __	92
Tabela 28: Despacho 1026/2001 _____	93
Tabela 29: Custos técnico-econômicos da PCH – Camburu - Litoral Norte Paulista _____	95
Tabela 30: Custos Técnico-Econômicos da UHR – Litoral Norte Paulista _____	97
Tabela 31: Custos Técnico-Econômicos da UTE a GN e RSU no Litoral Norte Paulista. __	99
Tabela 32: Custos técnico-econômicos da substituição de chuveiros elétricos por Sistema de Aquecimento Solar em residências _____	103
Tabela 33: Valores dos Subtributos do Atributo Confiabilidade dos Recursos Energéticos	104
Tabela 34: Valores dos Subtributos do Atributo Potencial Energético. _____	105
Tabela 35: Valores dos Subtributos do Atributo Custos Unitários de Geração de Energia Domínio Tecnológico _____	105
Tabela 36: Valores dos Subtributos do Atributo Domínio Tecnológico no Litoral Norte Paulista _____	106
Tabela 37: Valores dos Subtributos do Atributo Facilidade Técnica _____	106
Tabela 38: Valores dos Subtributos do Atributo Meio Terrestre _____	107
Tabela 39: Valores dos Subtributos do Atributo Meio Aquático no Litoral Norte Paulista.	109
Tabela 40: Valores dos Subtributos do Atributo Meio Aéreo no Litoral Norte Paulista. __	111
Tabela 41: Valores dos Subtributos do Atributo Geração de Empregos no Litoral Norte Paulista. _____	112
Tabela 42: Valores dos Subtributos do Atributo Influência no Desenvolvimento no Litoral Norte Paulista _____	113
Tabela 43: Valores dos Subtributos do Atributo Percepção de Conforto no Litoral Norte Paulista. _____	113
Tabela 44: Valores dos Subtributos do Atributo Desequilíbrio Ambiental no Meio Social	114
Tabela 45: Valores dos Subtributos do Atributo Aceitação ao Recurso no Litoral Norte Paulista. _____	115
Tabela 46: Valores dos Subtributos do Atributo Grau de Motivação dos Agentes _____	116
Tabela 47: Valores dos Subtributos do Atributo Grau de Conjunção e Encontros de Interesses _____	117
Tabela 48: Valores dos Subtributos do Atributo Posse e Integração Energética de Recursos _____	117
Tabela 49: Valores dos subtributos de Confiabilidade do Recurso Energético _____	118
Tabela 50: Valores dos Subtributos do Atributo Potencial Energético _____	119
Tabela 51: Valores dos Subtributos do Atributo Custos de Geração de Energia _____	119

Tabela 52: Valores dos Subatributos do Atributo Domínio Tecnológico _____	119
Tabela 53: Valores dos Subatributos do Atributo Facilidade Técnica _____	120
Tabela 54: Valores dos Subatributos de Meio Terrestre _____	120
Tabela 55: Valoração dos Subatributos do Atributo Meio Aquático _____	121
Tabela 56: Valoração dos Subatributos do Atributo Meio Aérea _____	122
Tabela 57: Valoração dos Subatributos do Atributo Geração de Empregos _____	123
Tabela 58: Valoração dos Subatributos do Atributo Influência no Desenvolvimento _____	123
Tabela 59: Valores dos Subatributos do Atributo Percepção de Conforto _____	124
Tabela 60: Valores dos Subatributos do Atributo Desequilíbrio Ambiental no Meio Social Dimensão Política _____	124
Tabela 61: Valoração dos Subatributos do Atributo Aceitação ao Recurso por parte dos En-In _____	126
Tabela 62: Valoração dos Subatributos do Atributo Grau de Motivação dos Agentes En-In	127
Tabela 63: Valoração dos Subatributos do Atributo Grau de Conjunção e Encontros de Interesses pelos En-In _____	127
Tabela 64: Valoração dos Subatributos da Posse e Propriedade de Recursos _____	128
Tabela 65: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Técnico-Econômica. _____	129
Tabela 66: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Ambiental _____	130
Tabela 67: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Sócia _____	130
Tabela 68: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Política _____	131
Tabela 69: Valoração Final pelo ACC-Padrão _____	131
Tabela 70: Cálculo da Razão de Consistência dos Especialistas _____	132
Tabela 71: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Técnico-econômica _____	133
Tabela 72: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Ambiental _____	133
Tabela 73: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Social _____	134
Tabela 74: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Política _____	134
Tabela 75: Modelo Real do Cálculo da Pontuação de Atributos _____	135
Tabela 76: Modelo Real do Cálculo da Pontuação de Dimensão _____	135
Tabela 77: Valoração Final pelo ACC-Especialistas _____	135
Tabela 78: Resultado para o Ranqueamento Padrão _____	136
Tabela 79: Resultado para o Ranqueamento dos Especialistas _____	136
Tabela 80: Resultado para o Ranqueamento Final _____	136

LISTA DE SIGLAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ACC – Avaliação dos Custos Completos

AICV – Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANA – Agência Nacional das Águas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários

BTEX – Acrônimo que dá nome ao grupo de compostos formado pelos hidrocarbonetos: benzeno, tolueno, etil-benzeno e os xilenos entre outros

CBH-LN – Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte Paulista

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CCI – Contratos de Compartilhamento de Instalações

CCT – Contratos de Conexão do Sistema de Transmissão

CCT-TA – Contrato de Conexão ao Sistema de Transmissão – Termo de Ajuste

CECA – Comissão Estadual de Controle Ambiental

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CERPCH – Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

CESP – Companhia Energética de São Paulo

CiiAGRO – Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas

CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reuso de Água

CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNAE – Cadastro Nacional de Atividades Econômicas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPAM – Conselho Estadual de Política Ambiental do Estado de Minas Gerais

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito

CPST – Contratos de Prestação de Serviço de Transporte de Energia Elétrica

CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas

CUST – Contrato de Conexão e de Serviços Ancilares

CVPC – Cômputo e Valoração dos Potenciais Completos

DAEE – Departamento de Água e Energia Elétrica do Estado de São Paulo

DAESP – Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo

DER – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo

DERSA – Desenvolvimento Rodoviário S.A.

EDP – Energia de Portugal “Empresa geradora e distribuidora de energia elétrica”

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

En-In – Envolvidos e Interessados

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais

FECOP – Fundo Estadual de Combate à Pobreza

FEHIDRO – Fundo Estadual de Recursos Hídricos

FPSO – Unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência (em inglês *Floating Production Storage and Offloading*)

GEE – Gás de Efeito Estufa

GEPEA – Grupo de Energia do Departamento de Energia e Automação

GN – Gás Natural

GLP – Gás Liquefeito de Petróleo

GLD – Gerenciamento do Lado da Demanda

IAA – Índice de Atendimento de Água

IAP – Índice de Qualidade de Água para Fins de Abastecimento Público

IBGE – Instituto Brasileiro Geografia Estatística

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICTEM – Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto

IEA – *International Energy Agency*

IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPPS – *Industrial Pollution Projection System*

IQA – Índice de Qualidade da Água Doce Superficial

ISPDE – Instituto Superior de Planejamento e Desenvolvimento Estratégico

IVA – Índice de Qualidade de Água para Proteção da Vida Aquática

MCI – Motor de Combustão Interna

MDO – Óleo Diesel Marítimo

MME – Ministério de Minas e Energia

OCDE – Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

ONG – Organização Não Governamental

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

O&M – Operação e manutenção

OSCIPS – Organização da Sociedade Civil de Interesse Público

PAH – Processo de Análise Hierárquica

PCI – Poder Calorífico Inferior

PCH – Pequenas Centrais Hidrelétricas

PIB – Produto Interno Bruto

PIR – Planejamento Integrado de Recursos Energéticos

PUC – Pontifícia Universidade Católica

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

RBMA – Reserva da Biosfera da Mata Atlântica

RELD – Recursos Energéticos do Lado da Demanda

RELO – Recursos Energéticos do Lado da Oferta

REN – Resíduos – Energia

RQA – Relatório de Qualidade Ambiental

RMVPLN – Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte

RSNC – Sistema de Redução Seletiva não Catalítica

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SAS – Sistemas de Aquecimento Solar

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SEE – Secretaria de Energia Elétrica do Estado de São Paulo

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados

SFCR – Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica

SMA – Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo

SPI – Índice Padronizado de Precipitação

SIN – Sistema Interligado Nacional

TEBAR – Terminal Aquaviário Almirante Barroso

TEUS – Unidade usada para descrever a capacidade dos navios porta-contêineres

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

TUST – Tarifa de uso da Transmissão

UCPI – Unidade de Conservação e Proteção Integral

UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

UNIFEI – Universidade Federal de Itajubá

USEPA – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

UTGCA – Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato

UTE – Usina Termelétrica

UTH – Usina Termelétrica Híbrida

UHE – Usina Hidrelétrica

UHR – Usina Hidrelétrica Reversível

WCD – Comissão Mundial sobre Represa

CAPÍTULO 1

1 Introdução

Segundo a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE (2015), o Litoral Norte Paulista constitui a sub-região cinco de governo da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte - RMVPLN, instituída por meio da lei Estadual Complementar 1166/2012.

O Litoral Norte Paulista (Figura 1) é composto por quatro municípios, dos quais três são continentais: Caraguatatuba, São Sebastião e Ubatuba; e um é insular, Ilhabela. Esses municípios ocupam 1.956,17km² de extensão territorial, dos quais 1.591,15km² em áreas continentais, 365km² em áreas insulares, constituídas pela Ilha de São Sebastião com 339km² e por outras 61 ilhas, ilhotas e lajes com 26km², o que correspondendo a 0,79% do território paulista (SEADE, 2015).



Figura 1: Localização do Litoral Norte Paulista (SMA, 2015).

Conforme a Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo - SEE (2015), a demanda por energia elétrica no Litoral Norte Paulista é atendida pelo Sistema Interligado Nacional – SIN. Consumo que cresceu 4,7% ao ano, entre 2006 e 2014, acumulando 941.933 KWh/ano no final de 2014, o setor comercial registrou o maior crescimento para o período 47%, enquanto o setor industrial o menor crescimento 21%, e o setor residencial foi responsável por 43% do consumo em média nos nove anos (Gráfico 1).

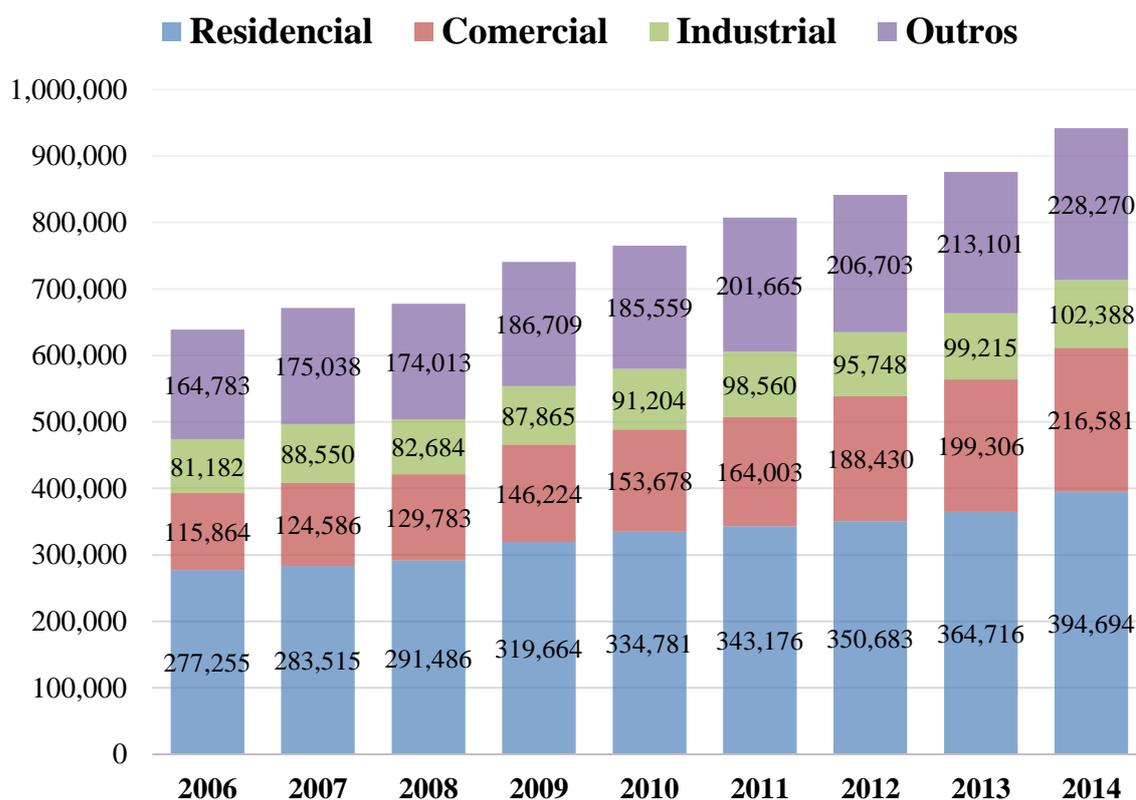


Gráfico 1: Consumo de energia elétrica por setor entre 2006 e 2014 em MWh (SEE, 2015).

Segundo a ANEEL (2015), o Operador Nacional do Sistema - ONS é o órgão responsável pela coordenação e controle das operações dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional - SIN. Para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, desenvolve ações, para garantir a segurança do suprimento contínuo de energia elétrica em todo o país. O órgão é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, sob a forma de associação civil, formado por empresas: geradoras, transmissoras, distribuidoras, consumidores livres de grande porte, importadores e exportadores de energia elétrica, além do Ministério de Minas e Energia – MME, estes como: “membro associado” ou “membro participante“, criado pela lei nº 9.648/98, com as alterações introduzidas pela lei nº 10.848/04. Também no ano de 2004, o governo federal lançou as bases de um novo modelo para o setor elétrico, sustentado pelas leis 10.847/04 e 10.848/04, onde, em termos institucionais, o novo modelo, definiu a criação de uma entidade responsável pelo planejamento do setor elétrico, a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, uma instituição com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica.

Segundo o EPE (2014), O atendimento da demanda de energia, a custos sócio, ambiental e economicamente viáveis, é o problema núcleo do planejamento energético e, historicamente, esse problema vem sendo resolvido através da expansão da oferta centralizada de energia. Isso é consequência principalmente das economias de escalas alcançadas com os grandes projetos. Contudo, a questão da perda de capacidade de investimento do estado, das grandes quantidades de recursos necessários para os grandes projetos centralizados, da introdução do gerenciamento da demanda, da maior concentração populacional em grandes centros urbanos, das fontes renováveis de menores escalas e, a integração cada vez maior dos sistemas de energia aumenta a perspectiva de uma maior participação da oferta descentralizada de energia no atendimento da demanda.

Corroborando esta visão, o MME (2015), informa que para adequar a capacidade de transferência do Nordeste para o Sudeste brasileiro, da energia elétrica de fonte eólica contratada e considerada excedente, estimou a EPE, um investimento de R\$ 6 bilhões, contemplando a instalação de 4.087km de linhas em 500kV, quatro subestações total de 3.000MVA, além de obras de menor porte em linhas de 345kV e 230kV, no Estado de Minas Gerais. E terão seus custos: econômicos e socioambientais, repassados aos consumidores na forma de tarifa, o que nem sempre significa “custos viáveis”.

Com relação a custos socioambientais, Goldemberg e Lucon (2007), afirmam que as atividades de geração e transmissão de energia elétrica como causadoras de impactos, os quais variam na tipologia, relevância e dimensão espacial, como:

- **Impactos Locais:** emissões de poluentes aéreos; assoreamentos de rios e construção de barragens;
- **Impactos Regionais:** chuvas ácidas;
- **Impactos Globais:** mudanças climáticas.

Contudo, o que na maioria dos casos se verifica, é uma avaliação do impacto socioambiental do projeto específico, e este é o caso brasileiro, onde se realiza o levantamento do impacto socioambiental de determinado empreendimento e as medidas necessárias para mitigar estes impactos. A questão que se coloca, é que este tipo de análise tende a não permitir que a expansão do sistema elétrico ocorra através da contratação dos empreendimentos com melhores avaliações, ou seja, os de menor impacto socioambiental.

Toda via para Fujii (2006), o grau de dependência da energia elétrica, associado às limitações dos recursos energéticos potencialmente utilizáveis na geração, determina por exigir da sociedade moderna cuidados quanto à sua utilização. O emprego em larga escala

desses recursos, por um lado, facilita a análise, por outro dificulta a sua compreensão, que é influenciada por alguns “preconceitos” tão arraigados que são tidos como “senso comum”.

Conforme Rigolin (2013), o PIR enquanto “ferramenta metodológica”, permeia diversas áreas do conhecimento expressas pelas dimensões: técnico-econômica, ambiental, social e política. Utiliza-se de ferramentas matemáticas. Emprega nas análises técnicas, sistêmicas e holísticas, o máximo de variáveis e parâmetros. Visa o auxílio à “tomada de decisão”, em busca do melhor aproveitamento. Nesse sentido, a construção do ranking dos recursos energéticos de uma região ou país, a partir de um conceito de sustentabilidade aplicado aos aproveitamentos, avalia as disponibilidades energéticas existentes.

1.1 Justificativas para o uso do PIR como uma Alternativa para a Avaliação das Disponibilidades de Geração de Energia Elétrica no Litoral Norte Paulista

A razão que motiva a realização deste estudo está na confiabilidade que a geração de energia elétrica próxima aos maiores centros consumidores do país propicia ao SIN. Neste contexto, a localização geográfica e a geografia física do Litoral Norte Paulista, suscita o estudo e avaliação das suas disponibilidades de geração de energia elétrica.

Segundo o Ministério de Minas e Energia – MME (2015), os trabalhos caminham para a criação de mecanismos de estímulo à geração de energia elétrica próxima aos centros de consumo, como forma de complementar a eletricidade distribuída atualmente no SIN e despachada centralizadamente pelo ONS. A presença desses “novos sistemas geradores”, além de aumentar a oferta de eletricidade no SIN, aumenta a confiabilidade do atendimento ao consumidor final.

Portanto, o atual contexto elétrico indica a necessidade de redirecionar a política energética no curto e médio prazo, visando prioritariamente ampliar a capacidade instalada de geração junto aos centros de carga, com maior presença das fontes regionais, reduzindo investimentos na logística de transmissão e contribuindo, assim, para o equacionamento do fluxo financeiro do setor elétrico. Ou seja, para superar necessidades de oferta de energia, visando assegurar condições de suprimento complementar de energia elétrica, é necessário adotar como prioridade a geração descentralizada (EPE, et al., 2015).

É importante lembrar que o setor de energia elétrica, hoje, tem grande participação dos atores econômicos privados devido à limitação do “governo brasileiro” em investir no setor elétrico, e é cada vez mais necessário em função do crescimento do consumo. Neste contexto, o estudo localmente de uma configuração de recursos energéticos dentro do PIR pode auxiliar o tomador de decisão na escolha dos empreendimentos com reduções de riscos.

Segundo Udaeta (2012), a ferramenta metodológica do PIR, mostra-se em condições de contribuir para diminuir as dificuldades do sistema elétrico brasileiro a médio e longo prazo, especialmente diante das necessidades futuras de energia elétrica. Para o alcance dessa meta, o PIR consiste em um conjunto de estratégias que genericamente visam o desenvolvimento energético de uma região ou país, tendo, como bandeira principal, a sustentabilidade, essa obtida, com uma caracterização concisa das condições ambientais, sociais, políticas e técnico-econômicas.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é aplicar as prerrogativas do conceito de sustentabilidade do PIR na avaliação das disponibilidades de geração de energia elétrica no Litoral Norte Paulista, até a construção do ranking final de recursos, este, que auxiliara ao “tomador de decisão” quando da formação das propostas: (1) Plano Preferencial de recursos e (2) Plano de Ações para o aproveitamento dos recursos que compõem o Plano Preferencial.

1.3 Objetivo específicos

Para alcançar o objetivo é imprescindível os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar a definição do marco teórico para o modelo de estudo das disponibilidades de geração de energia elétrica da região do Litoral Norte Paulista.
- Estabelecer os critérios e identificar os fatores de comparação determinantes na seleção e composição do ranking das disponibilidades de geração de energia elétrica, considerando o ambiente do PIR.
- Coletar dados para caracterizar: (1) sistema de geração de energia elétrica no Brasil, (2) a região do Litoral Norte Paulista e (3) as disponibilidades de geração de energia elétrica.
- Padronizar os resultados numéricos e não numéricos para uma única base.
- Definir os “pesos” ou “grau de importância” dos atributos e subatributos.
- Aplicar os métodos ACC (Padrão e Especialista), assim como os dados provenientes das etapas do PIR no cálculo dos ranqueamentos.

1.4 Estrutura

O trabalho foi dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo explicita os objetivos desta dissertação de mestrado, apresenta uma caracterização do sistema de energia elétrica no Brasil, informa a metodologia da dissertação. O segundo capítulo caracteriza a região do Litoral Norte Paulista, através do inventário ambiental, da listagem e seleção dos recursos energéticos e da identificação dos envolvidos e interessados. O terceiro capítulo caracteriza e valora os potenciais completos dos recursos energéticos selecionados e o quarto capítulo estabelece o ranqueamento final dos recursos.

1.5 Metodologia da Dissertação

Esta pesquisa é de caráter exploratório e aplica a técnica do chamado: Estudo de Caso, tendo a região do Litoral Norte Paulista como objeto. É também uma pesquisa quantitativa e qualitativa já que a obtenção e o tratamento dos dados se utiliza de ferramentas matemáticas e de estatísticas financeira, para a construção de um plano preferencial integrado de recursos energéticos para a região.

O trabalho tem a intenção de contestar o planejamento energético atual, que privilegia a expansão da “oferta centralizada” de energia elétrica e a cultura da mitigação dos impactos socioambientais que autoriza indiscriminadamente toda forma de empreendimento, apresentando os resultados do uso da técnica do PIR como plataforma inicial para um novo planejamento energético que aumente a perspectiva de uma maior participação da “oferta descentralizada” no atendimento da demanda de energia elétrica a “custos viáveis”.

Para uma proposta de Ranqueamento Final com base no PIR, dividiu-se por faixas de potências as tecnologias de aproveitamento que compõem as disponibilidades avaliadas, tendo como mínimo a geração de energia elétrica necessária para atender a demanda atual da região.

1.5.1 Metodologia do PIR

1.5.1.1 Histórico de Aplicação do PIR

A necessidade de encontrar um planejamento mais eficiente e com melhores considerações fez com que, no final da década de setenta do século passado, alguns países desenvolvidos, tais como os EUA, a Dinamarca e o Canadá, começassem a aplicar o Planejamento Integrado de Recursos – PIR, nos setores elétricos e de gás canalizado. A principal característica do PIR é considerar em seus estudos uma ampla gama de opções, avaliando um grande número de alternativas de geração “Gerenciamento do Lado da Oferta”,

diversificando os recursos de produção “Gerenciamento do Lado da Demanda” e internalizando custos sociais e ambientais associados às diferentes opções. Em alguns países, a reestruturação do setor elétrico trouxe a figura do “Operador Nacional do Sistema” a quem cabia desenvolver um panorama de opções de oferta que possibilitassem que consumidores e investidores avaliassem oportunidades futuras (RIGOLIN, 2013).

Segundo Udaeta et al. (1997), as experiências de PIR no Brasil consistem em iniciativas realizadas em instituições de ensino superior e institutos de pesquisa. Soma-se a esses esforços a proposta de PIR elaborada pela Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, a única iniciativa de planejamento proposta por uma concessionária no país, ainda que não tenha sido colocada em prática ou tornada publicamente disponível.

1.5.1.2 Fundamentação Teórica da metodologia do PIR

A fundamentação teórica da metodologia do PIR, desenvolvida pelo Grupo de Energia da USP – GEPEA, é trabalhada desde a segunda metade da década de 1990. Dentro do cenário atual de exploração dos recursos energéticos, no qual se vê claramente que é preciso romper com o paradigma tradicional economicista, é que surge a proposta de uma nova ótica sobre a questão energética, na qual não são apenas considerados os aspectos econômicos na avaliação das alternativas energéticas, mas sim todas as dimensões relevantes dos recursos envolvidos na questão: técnico-econômica, ambiental, social e política. Esta ferramenta metodológica visa auxiliar a tomada de decisão em busca do melhor sistema de aproveitamento dos recursos energéticos de uma determinada região (RIGOLIN, 2013).

1.5.1.3 Etapas do PIR deste Trabalho

Segundo Baitelo (2011), o PIR segue diretrizes comuns dos processos de planejamento energético e faz uso de etapas conhecidas de análise, dentro de diferentes perfis, os quais agregam diferenciações conceituais e filosóficas. Das principais particularidades, ressaltam-se a abrangência da análise de recursos energéticos; a inclusão de opções de recursos energéticos de diferentes perfis e origem.

Para este trabalho, tem-se como estrutura do PIR:

I. Caracterizar a Região de Estudo:

São levantados os dados da região de estudo, ou seja, as informações que contribuem para a construção das etapas de realização do PIR. Ao final os dados e informações estarão disponibilizadas como:

- **Inventario ambiental (prévio):** Todo o levantamento de dados dos meios: antrópicos, aéreo, terrestre, aquático, tais como:

- a. **Meio antrópico:** histórico energético; aspectos demográficos; indicadores sociais; economia e infraestrutura.
- b. **Meio aéreo:** emissões regionais; materiais particulados; sistema de ventos e precipitações pluviais;
- c. **Meio terrestre:** geologia; geomorfologia; movimento de massa; vegetação natural remanescente e gestão de resíduos sólidos urbanos;
- d. **Meio aquático:** águas superficiais; águas subterrâneas; demanda de água por UGHRI e balanço demanda versus disponibilidade.

- **Listagem e Seleção dos Recursos Energéticos:** Engloba as fontes energéticas e as tecnologias de aproveitamento existentes, em estágio comercial, pelo lado da oferta, e o setor econômico dos “usos finais” da eletricidade pelo lado da demanda, que no PIR são avaliados e ranqueados de forma integrada e indissociável.

- **Identificação e Seleção dos Especialistas:** A identificação dos especialistas é feita de forma qualificada, de acordo com a formação profissional e o conhecimento dos custos: técnico-econômicos, ambiental, social e político, pertinentes aos recursos energéticos.

II. Caracterizar os Recursos Energéticos

Para caracterizar os recursos energéticos, pelo lado da oferta e da demanda, consolidou-se os potenciais não utilizados dos recursos energéticos da região, buscando a melhor tecnologia de aproveitamento existente. Considerando as dimensões: técnico-econômicas e ambiental.

III. Computar e Valorar os Potenciais Completos (CVPC)

O processo de CVPC é executado no PIR por meio de rotinas ou algoritmos de valoração. Desta forma, algoritmos podem ser representados por fórmulas matemáticas, produzindo como respostas parâmetros quantitativos e qualitativos. O procedimento básico de operação dos algoritmos é a utilização de informações prévias referentes aos atributos e subatributos das quatro dimensões e sua conversão em diferentes valores. Esta “valoração” dos recursos energéticos alimenta os Ranqueamentos, utilizado para orientar no futuro o o Plano Preferencial Integrado Energético (BAITELO, 2011).

Segundo Baitelo (2011), as quatro dimensões do PIR podem ser representadas em um diagrama semelhante ao da Figura 2. Cada uma dessas dimensões pode ser composta de diversos atributos e subatributos, quantos forem necessários para valoração de um determinado recurso dentro daquela dimensão.

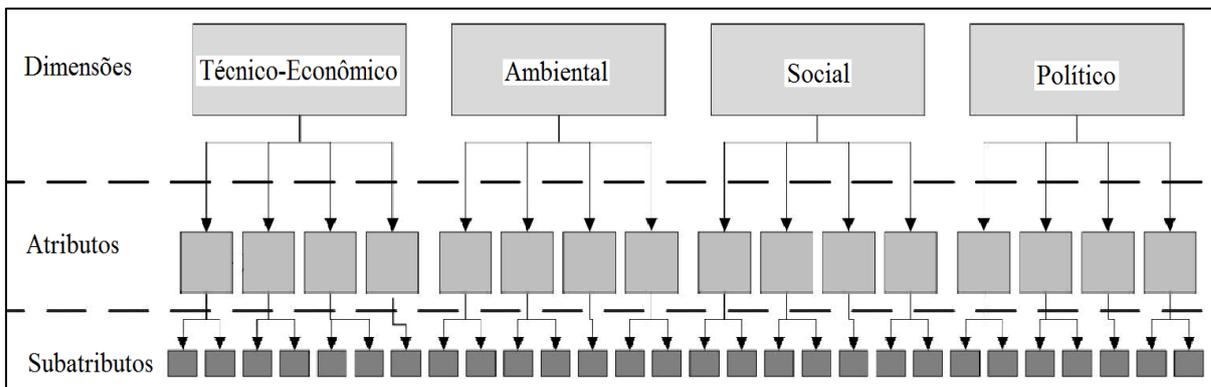


Figura 2: Diagrama Hierárquico do PIR (RIGOLIN, 2013).

A valoração da dimensão Técnico-Econômica é composta de alguns índices técnicos relacionados a equipamentos e tecnologias energéticas, calculáveis por meio de metodologias consolidadas. Assim, seus atributos e subatributos cobrem três áreas principais na análise de cada recurso energético: economicidade, capacidade energética e fatores técnicos (Figura 3).

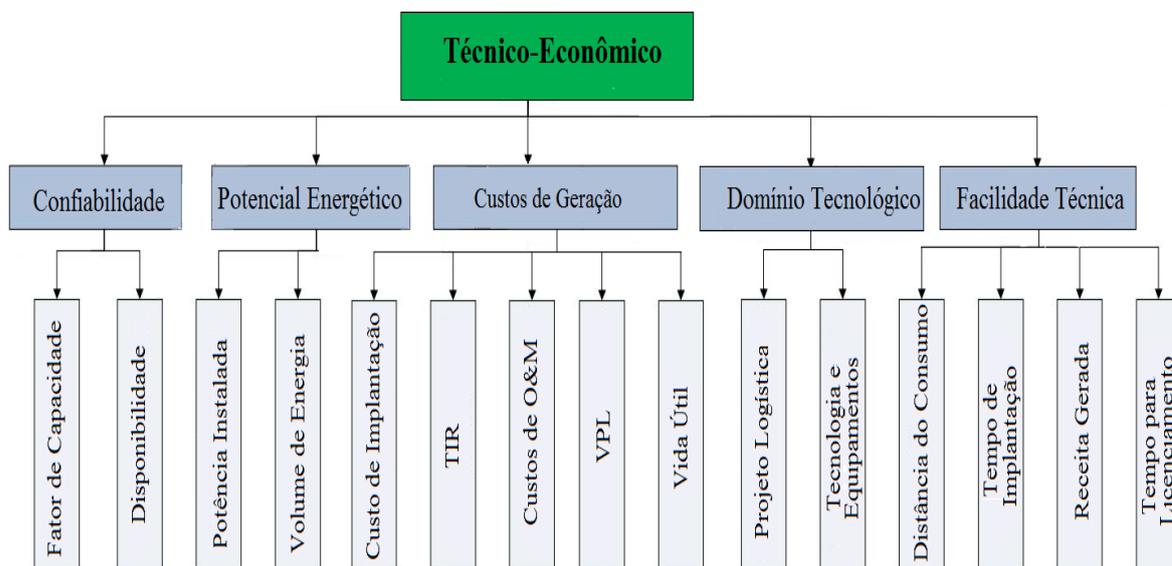


Figura 3: Árvore de Atributos e Subatributos da Dimensão Técnico-Econômica. Fonte própria.

A valoração da dimensão Ambiental relaciona os diferentes impactos das tecnologias energéticas sobre o meio ambiente. São divididos em atributos terrestre, aquáticos e aéreos. A medição desses impactos ambientais na valoração, de modo geral, é função de sua proporção

à energia produzida no processo e das demandas por área necessária de ocupação do empreendimento e recursos hídricos (Figura 4).

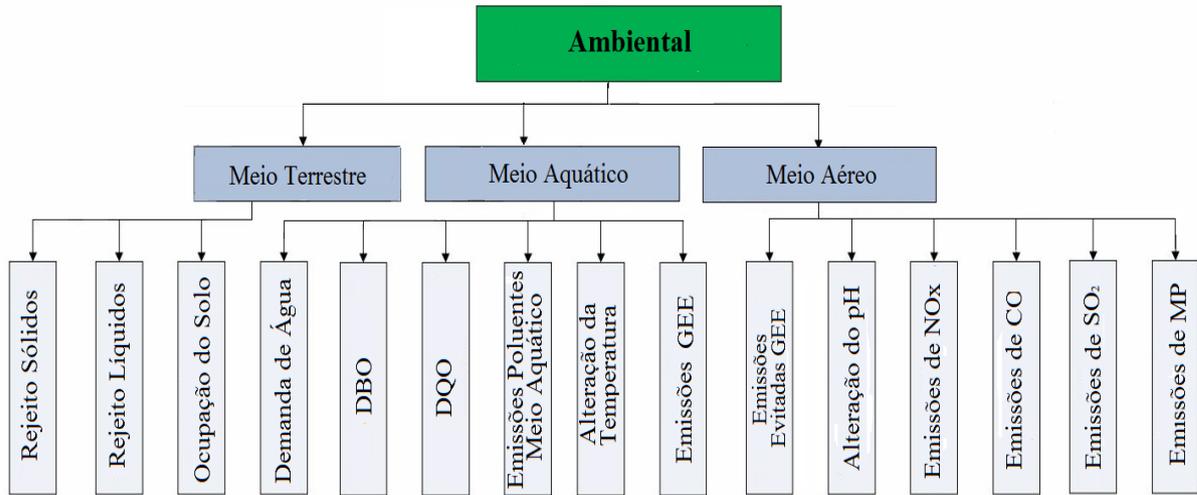


Figura 4: Árvore de Atributos e Subatributos da Dimensão Ambiental. Fonte: própria.

A valoração da dimensão Social é um processo heterogêneo quanto à produção e ao cálculo de indicadores (Figura 5). A construção dos indicadores tem como base dados disponíveis na literatura, levantados por diferentes pesquisas nacionais e internacionais. Como exemplos, pode-se citar as influências de um empreendimento energético sobre o desenvolvimento humano de uma região, podendo ser estimada por indicadores econômicos.

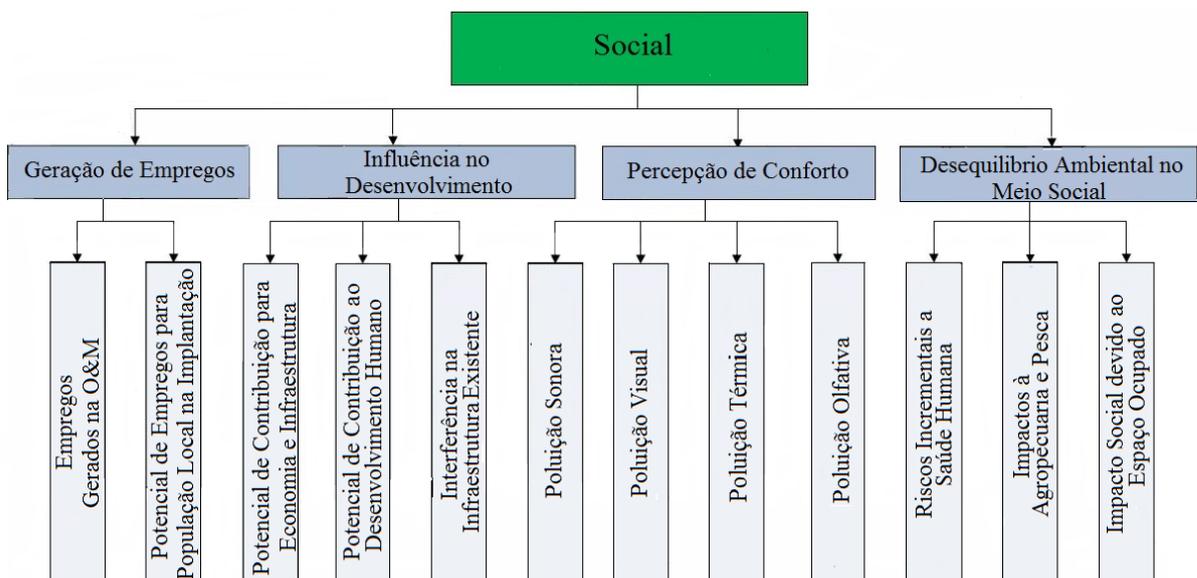


Figura 5: Árvore de Atributos e Subatributos da Dimensão Social. Fonte: própria.

O teor subjetivo desses indicadores dificulta sua conversão em parâmetros numéricos ou técnicos. Em muitos casos, a quantificação destes parâmetros se baseia apenas em

levantamentos realizados junto à população lesada. O levantamento desse tipo de manifestação por meio de audiências públicas, ainda que constitua prática corrente dos processos de planejamento energético nacional, apresenta limitações de manifestação e expressão de todos os envolvidos e interessados (BAITELO, 2011).

A valoração da dimensão Política procura quantificar a intensidade ou volume de apoio a recursos energéticos em função de metas numéricas de implementação, previstas e/ou alcançadas ao longo do tempo. A posse e o potencial de utilização de cada recurso energético são medidos pelo grau de nacionalização de empreendimentos e pela determinação geográfica de localização das respectivas fontes.

A valoração dos En-In segue linha qualitativa, considerando o perfil de aceitação conhecido ao ponderar as relações de poder e influência dentro das diferentes redes de atores. Abaixo, a Figura 6 apresenta os respectivos atributos e subatributos utilizados como indicadores de valoração.

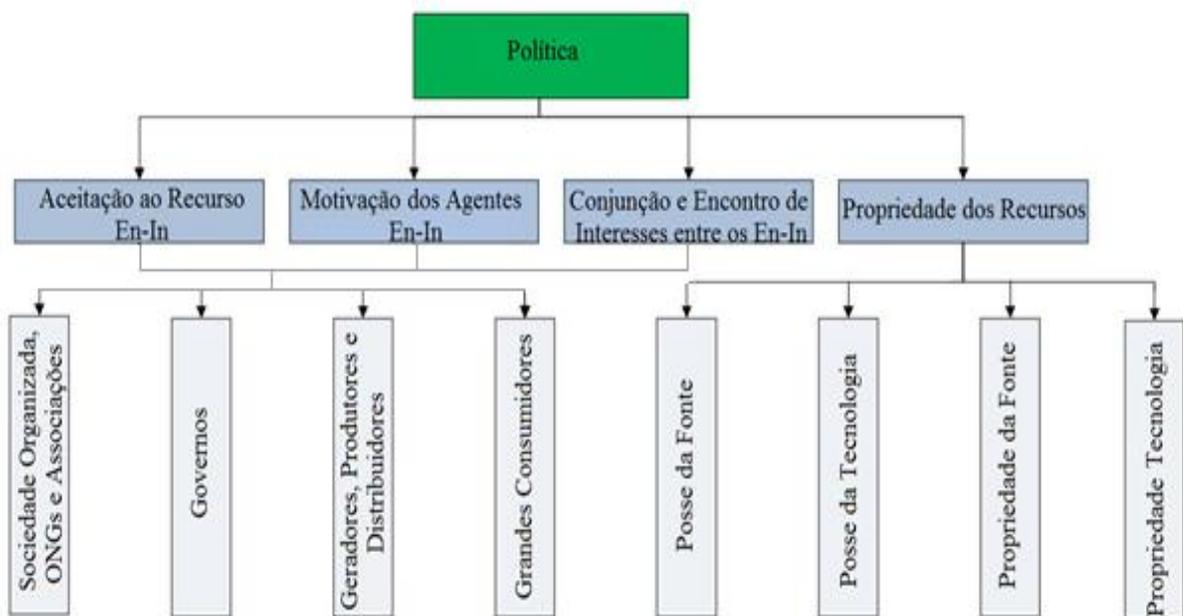


Figura 6: Árvore de Atributos e Subatributos da Dimensão Político. Fonte própria

IV. Ranquear os Recursos Energéticos

Essa etapa, objetiva construir uma listagem de classificação “ranqueamento”, a partir da análise comparativa entre todos os recursos energéticos selecionados. E para tanto, será utilizada a ferramenta de Avaliação dos Custos Completos – ACC (Padrão e Especialistas). A valoração final do recurso é feita com a somatória das pontuações totais das suas dimensões. A Figura 7 exemplifica uma planilha de cálculo de pontuação ou de “nota”.

Dimensão:			
Elementos de Análise (Atributos ou Subatributos)	Nota do Elementos de Análise (ACC– Padrão)	Peso do Elementos de Análise (ACC–Especialistas)	Valoração Final dos Elementos de Análise
Elemento 1			
Elemento 2			
Elemento 3			
Elemento 4			
Elemento 5			
Elemento 6			
Elemento 7			
Pontuação Total			≤ 1,00

Figura 7: Planilha de Cálculo de Pontuação Total por Dimensão. Fonte: Própria.

V. Aplicar da Avaliação dos Custos Completos - ACC

Conforme Rigolin (2013), o PIR faz a comparação entre os recursos energéticos de forma que seja gerado uma ordenação “ranqueamento” de sugestão de recursos, indo do mais indicado para o menos indicado. Usualmente essa tomada de decisão é realizada a partir de dados técnicos e econômicos, porém, impactos negativos e positivos da adoção dos recursos devem ser considerados de forma que a nota final reflita o maior número de aspectos possíveis. Nesse sentido, a ACC propõe-se como metodologia de cálculo dos custos completos de um empreendimento, isto é, a soma dos custos internos, dos menos tangíveis e externos dos dados: técnico-econômica, ambiental, social e política. Caso não seja possível a precificação de um custo externo, a ACC ainda propõe sua consideração na forma holística. A utilização da ACC dentro do PIR é feita de duas formas distintas:

- a) A primeira chamada ACC padrão, na qual todas as notas atribuídas aos recursos energéticos são estimadas deterministicamente, independentemente de serem valores quantitativos ou qualitativos. Pode-se dizer que todas as externalidades devem ser internalizadas de maneira a serem consideradas indistintamente de forma quantitativa e/ou qualitativa com base no CVPC dos recursos. Apesar da dificuldade de cálculo, para um PIR completo e rigoroso deve-se contar com essas informações.
- b) A segunda utilização é a chamada ACC dos Especialistas, e se dá através da consulta aos profissionais qualificados. Essa etapa é realizada utilizando-se do método do Processo de Análise Hierárquica – PAH, do inglês: *Analytic Hierarchy Process – AHP*.

VI. Aplicar o Processo de Análise Hierárquica – PAH (ACC - Especialistas)

A ACC necessita de um procedimento aplicável aos elementos de análise, pois frequentemente são atribuídos “pesos” de importância aos elementos de análise somente pelo próprio pesquisado interessado, propiciando muitas incertezas para a “tomada de decisão”.

Segundo Pereira e Bianchini (2011), as problemáticas para tomada de decisão podem ser classificadas ao nível estratégico, como “não-estruturadas” e com múltiplos critérios “quantitativos ou qualitativos”. A Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios é uma técnica que pode ser utilizado para:

- Identificar a melhor opção;
- Ordenar as opções;
- Gerar um número limitado de alternativas para uma subseqüente avaliação;
- Distinguir as possibilidades aceitáveis das não aceitáveis.

Devido à quantidade de ferramentas para tomada de decisão multicritério e, da diversidade de características que cada uma delas possui, torna-se crucial selecionar aquele que melhor se encaixe na necessidade do trabalho de pesquisa.

Segundo Pereira e Bianchini (2011):

“Após uma comparação realizada por SALOMON (2010) com outros modelos de ferramentas para tomada de decisão multicritério, na qual os resultados obtidos por diferentes métodos foram considerados similares e diversas vantagens da aplicação do PAH foram observadas em todos os casos, recomenda-se a utilização do PAH para a obtenção de bons resultados, mesmo quando as alternativas e critérios de decisão não estão diretamente relacionados ou não são totalmente independentes. O PAH também pode ser escolhida quando, o tomador de decisão utiliza seu julgamento e conhecimento para fazer uma avaliação entre critérios restritivos ou não para uma determinada situação.”

Portanto, a ferramenta de apoio PAH é a mais adequada para preencher a falta da ACC, pois ele possui diversos atributos desejáveis para a realização do trabalho de pesquisa, tais como: (1) é um processo de decisão estruturado que pode ser documentado e repetido; (2) é aplicável a situações que envolvem julgamentos subjetivos; (3) utiliza tanto dados quantitativos como qualitativos; (4) provê medidas de consistência das preferências; (5) há uma ampla documentação sobre suas aplicações práticas na literatura acadêmica; e (6) seu uso é apropriado para grupos de decisão (PEREIRA E BIANCHINI, 2011).

1.5.1.4 Método (ACC - Padrão)

Conforme Rigolin (2013), para determinação da faixa de valores do ranqueamento padrão através do ACC padrão, faz-se necessário o levantamento dos dados referentes aos atributos e subatributos de cada dimensão. Na posse destes dados, é possível então classificar os atributos e subatributos. Quando se tem mais de um tipo de dado, inclusive com unidades diferentes para definir um recurso energético, não é mais possível fazer a comparação direta entre eles sem que os valores dos tipos de dados sejam modificados todos eles para uma mesma “unidade”. Nesse sentido, para compatibilização dos resultados, a metodologia do ACC, classifica entre 0 e 1 adimensionais, os dados, independente da unidade resultante, sejam: unidades monetárias, unidades de potência elétrica, qualidade não numérica, etc. Considerando esta limitação, será possível fazer uma comparação entre os resultados dos atributos e subatributos. Portanto, utilizando-se os tipos de dados que são de ordem numérica, não importando a quantidade de recursos energéticos comparada, os valores dos que devem ser identificados são o maior e o menor. Estes valores serão necessários para deduzir uma equação de reta, que servirá para calcular os valores intermediários. Para ficar mais fácil o entendimento, tem-se o exemplo:

“Em uma avaliação, o recurso energético que mais gerava resíduos sólidos produzia 20kg/MWh de resíduos na geração de energia elétrica. O valor mínimo de resíduos gerados é zero, e até podem existir diversos recursos energéticos que não produzem nenhum resíduo, então todos esses serão iguais a zero”.

Para este caso específico, quanto menos resíduo for produzido pelos recursos energéticos avaliados, melhor classificação ele terá (eixo Y), por isso o gráfico é uma reta decrescente (Figura 8). Porque todos os recursos energéticos que não produzem resíduos possuem a nota máxima igual a (1) e, no caso do extremo oposto, o recurso energético que produz maior quantidade de resíduos recebe a nota (zero).

Ou seja, a equação de reta é dada por:

$$(y - y_0) = m \cdot (x - x_0) \quad \text{Equação 1}$$

Onde, conforme o exemplo: ($y = 1$ e $y_0 = 0$; $x = 20$ e $x_0 = 0$) tem-se então ($m = 0,05$).

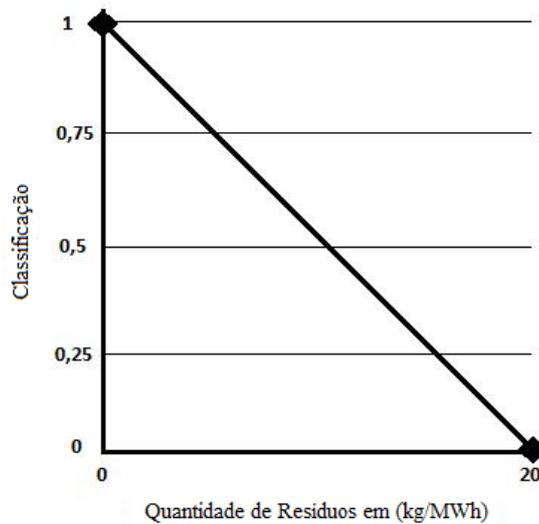


Figura 8: Exemplo de Gráfico de Conversão para Padronização (RIGOLIN, 2013).

Para fazer a conversão dos dados não numéricos que podem vir de uma forma qualitativa, objetiva e/ou descritiva, em valores entre (0 e 1), utiliza-se a quantidade de respostas diferentes que existem para qualificar os recursos energéticos e assim determinar a classificação. Por exemplo: considerando cinco respostas qualitativas dadas por ruim, regular, bom, muito bom e excelente, temos cinco possibilidades de respostas para serem distribuídas entre (0 e 1). Desse modo, a sensibilidade da nota será $1/(n-1)$, onde (n) é a quantidade de valores do intervalo, neste caso (n) é igual a cinco, tendo como nível de sensibilidade 0,25. Assim, a qualidade menos desejada, neste caso dado por ruim, equivale a (zero); a qualidade mais desejada, neste caso excelente, equivale a (1); e as qualidades intermediárias serão distribuídas igualmente com passos de 0,25 ficando: regular = 0,25, bom = 0,5 e muito bom = 0,75 (RIGOLIN, 2013).

Segundo Baitelo (2011), a análise interativa dos En-In parte da ponderação de riscos, perdas e benefícios de cada agente participante em uma problemática energética. Uma alternativa qualitativa para esse mapeamento é uma análise de poder “*Power Analysis*”, nos quais os grupos dos En-In são posicionados em um plano de eixos em função de sua “inclinação/reprovação” ao recurso energético analisado e o “poder/influência” de cada grupo. As posições cartesianas de cada agente podem ser vetorizadas, e a soma destes vetores indicaria a tendência do resultado da interação entre esses agentes em cada instante de tempo analisado, conforme a Figura 9, que mostra uma análise para o recurso energia nuclear no Brasil.

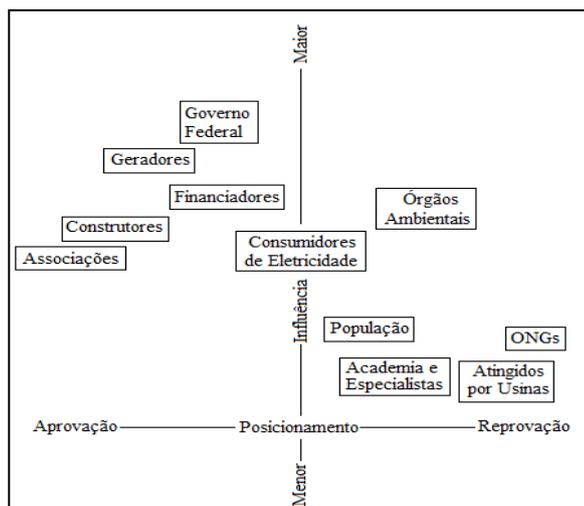


Figura 9: Análise de Poder do Setor Nuclear Brasileiro (BAITELO, 2011).

A Tabela 1 apresenta um resumo dos tipos de resultados dos “algoritmos” propostos e o método de conversão utilizado para padronizar a classificação para que seja possível comparar os elementos de diferentes unidades. Na tabela, uma sugestão para “dimensões social” está em conformidade com o PIR. Percebe-se que a maior parte dos algoritmos possui um resultado numérico, mas parte dos algoritmos tem também como resposta um valor não numérico.

Atributo	Subatributo	Tipo de dados/unidade	Conversão para padronização
Geração de Empregos	Empregos Diretos (O&M)	Numérico/Emp./MW	Equação de reta crescente
	Potencial de Empregos para População Local (Obras)	Numérico/Emp./MW	Equação de reta crescente
Influência no Desenvolvimento	Potencial de Contribuição para Econômica e Infraestrutura	Numérico / % (PIB)	Equação de reta crescente
	Potencial de Contribuição para Desenvolvimento Humano	Numérico / % (IDH)	Equação de reta crescente
Percepção de Conforto	Poluição Sonora	Qualitativo	Discretização
	Poluição Visual	Qualitativo	Discretização
	Poluição Térmica	Qualitativo	Discretização
	Poluição Olfativa	Qualitativo	Discretização
Desequilíbrio Ambiental no Meio Social	Risco Incremental a Saúde Humana	Numérico / Fator Mortalidade	Equação de reta decrescente
Impacto devido ao Espaço Ocupado		Numérico / Hab. deslocados/MW	Equação de reta decrescente

Tabela 1: Exemplos de Dados que Podem Fazer Parte de uma Dimensão Social. Fonte: Rigolin (2013).

1.5.1.5 Método (ACC – Especialistas)

Segundo Leite e Freitas (2012), o PAH é uma ferramenta que pode ser escolhida quando o especialista utiliza seu julgamento e conhecimento para fazer uma avaliação entre critérios restritivos ou não para uma determinada situação. A missão do especialista está na comparação paritária “par a par” dos critérios ou atributos, buscando responder duas perguntas principais: Qual atributo é mais significativo? Qual a proporção dessa importância?

Esse método somente pode ser utilizado quando os parâmetros forem passivos de ter sua importância mensurada numa escala de quociente ou razão. Ou seja, todos os parâmetros devem ser comparáveis entre si (LEITE e FREITAS, 2012).

Segundo Rigolin (2013), a escala comparativa (Figura 10) varia da mesma maneira para esquerda e para direita, e, à medida que vai se aproximando de um dos atributos, este será mais significativo em relação ao outro. A escala central indica que os dois atributos têm o mesmo grau de importância. Ou seja, estando assinalado o campo “Absolutamente significativo” próximo ao atributo “Confiabilidade” à esquerda, isso quer dizer que a pessoa que fez o preenchimento da planilha considera o atributo “Confiabilidade” Absolutamente significativo quando comparado ao atributo “Domínio Tecnológico”. Supondo que existam (n) atributos dentro de uma mesma dimensão, seja ela técnico-econômica, ambiental, social e política, as comparações serão feitas aos pares, para quantos elementos de análise existirem.

Dimensão Técnico-econômica										
Atributo	Absolutamente significativo	Mais Significativo	Significativo	Ligeiramente Significativo	Indiferente	Ligeiramente Significativo	Significativo	Mais Significativo	Absolutamente significativo	Atributo
Confiabilidade	X									Domínio Tecnológico

Figura 10: Comparativo (par a par) entre Atributos. Fonte: Rigolin (2013).

Conforme Rigolin (2013), a escala utilizada para medir o grau de importância entre os “elementos de análise” é uma escala não numérica, com cinco valores de grau de importância crescentes, e é dada por: indiferente; ligeiramente significativo; significativo; mais significativo e absolutamente significativo. Por trás da escala não numérica existe uma escala numérica correspondente, os valores numéricos variando de (1 a 9) (Figura 11).

Escala não numérica	Absolutamente Significativo	Mais Significativo	Significativo	Ligeiramente Significativo	Indiferente
Escala numérica	9	7	5	3	1

Figura 11: Escala de Importância entre Elementos Comparativos Escala não Numérica. Fonte: Rigolin (2013).

Isto quer dizer, se o elemento de análise (atributo confiabilidade) é absolutamente significativo em relação ao (atributo domínio da tecnologia), ele é nove vezes mais significativo, assim consecutivamente para os outros valores da escala.

Como exemplo, adotando-se valores hipotéticos como resultado da análise dos elementos de uma “dimensão ambiental” com “três” atributos, chegou-se a uma matriz de comparações de 3x3, conforme (Tabela 2).

	A	B	C
A	1	3	9
B	1/3	1	3
C	1/9	1/3	1
Soma	1,444	4,333	13

Tabela 2: Matriz de Comparação (RIGOLIN, 2013).

Interpretando as linhas, em relação às colunas, temos que (A) é três vezes mais importante que (B) e nove vezes mais importante que (C); conseqüentemente (B) é um terço mais importante que (A) e três vezes mais importante que (C). Por último, (C) é um nono em relação à (A) e um terço em relação à (B). Nota-se que a diagonal principal sempre será preenchida pelo numeral (1) pois, compara um elemento a ele mesmo.

Por fim, deve-se encontrar a matriz normalizada, que é do mesmo tamanho da “matriz de comparações” e deve ser calculada da seguinte forma: para cada coluna da matriz, divide-se cada célula pela soma de todos os elementos da coluna correspondente (Tabela 3).

$(1 / 1,444) = 0,692$	$(3 / 4,333) = 0,692$	$(9/13) = 0,692$
$((1/3) / 1,444) = 0,231$	$(1 / 4,333) = 0,231$	$(3/13) = 0,231$
$((1/9) / 1,444) = 0,077$	$((1/3) / 4,333) = 0,077$	$(1/13) = 0,077$

Tabela 3: Matriz de Comparação Normalizada. Fonte: (RIGOLIN, 2013).

Segundo Rigolin (2013), a “matriz normalizada” encontrada no passo anterior será usada para cálculo do vetor prioritário (P), e seu autovalor (λ_{max}). A função destes vetores é por definição os pesos dos atributos. O vetor (P) é calculado somando cada uma das linhas e dividindo o resultado pelo número de elementos da linha. Assim, monta-se o “vetor prioridade” dentro dessa comparação. Pode-se iniciar esse processo no nível superior da

árvore e repeti-lo para os níveis inferiores, encontrando-se assim os pesos desses subcritérios dentro do critério superior.

De posse dos “pesos relativos” dos atributos e subatributos, é calculada uma média simples entre estes pesos. A partir deste momento, todos os atributos e subatributos terão seus “pesos relativos” que foram determinados de acordo com a opinião dos “Especialistas”. Lembrando sempre que as quatro dimensões, técnico-econômica, ambiental, social e política, não participam desse procedimento de cálculo de pesos pois, por definição do PIR, elas têm uma mesma importância, ou seja, um mesmo peso 25% (RIGOLIN, 2013).

De acordo com Marins et. al., (2009), algo importante no PAH é obter o índice de consistência das opiniões. A inconsistência surge quando algumas opiniões da matriz de comparação se contradizem com outras. Por isso, é importante verificar a consistência das opiniões efetuando uma série de cálculos que indicam consistência ou não da matriz de comparação. E para tanto, os procedimentos para o cálculo da Relação de Consistência - RC e o Índice de Consistência - IC são:

- Para cada linha da matriz de comparação determinar a soma ponderada, com base na soma do produto de cada valor da mesma pela prioridade da alternativa correspondente;
- Depois os resultados obtidos deverão ser divididos pelos vetores da respectiva matriz;
- Fazendo uma média dos resultados de cada linha, obtém-se o λ_{max} ;
- Aplica-se a fórmula: $IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$, para o cálculo do Índice de Consistência - IC;
- Aplica-se a fórmula: $RC = IC/IAM$, onde “IAM” é o índice de Inconsistência Aleatória Média, uma constante cujo valor dependerá da dimensão da matriz, conforme a Tabela 4.

Dimensão da Matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9
IAM	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

Tabela 4: Índice de Inconsistência Aleatória Média – IAM. Fonte: (MARINS et. al., 2009).

- Do ponto de vista do PAH, é desejável que a RC de qualquer matriz de comparação seja menor ou igual a (0,1).

2 Caracterização do Sistema de Energia Elétrica no Brasil

O setor de energia elétrica do Brasil conviveu com significativas transformações. A reestruturação transferiu do governo federal para iniciativa privada a responsabilidade sobre os investimentos e operação do sistema. Restando a ele a responsabilidade pela regulação e fiscalização. A Figura 12, mostra a atual estrutura do setor.

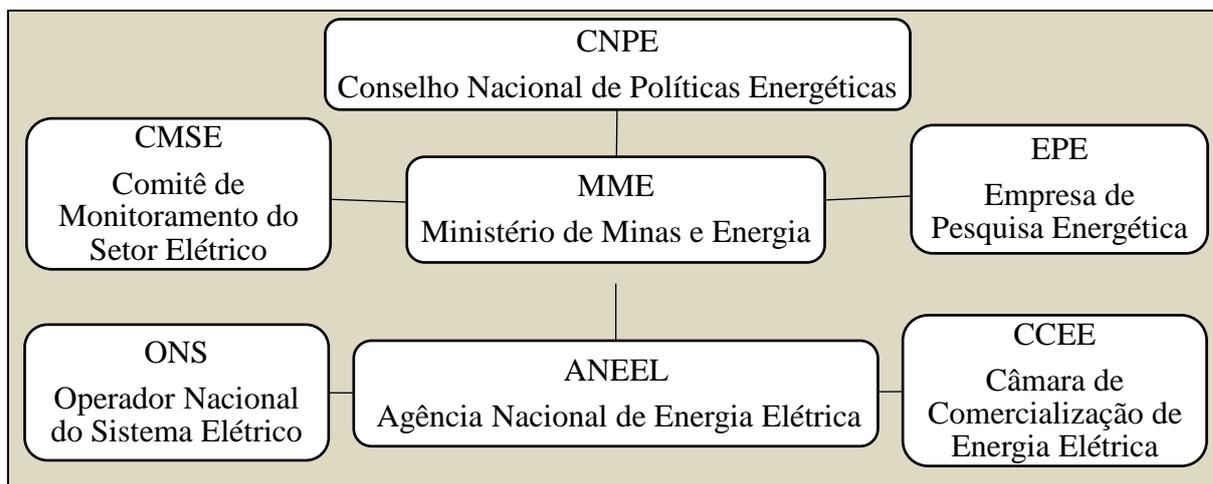


Figura 12: Setor Elétrico Brasileiro. Fonte: ANEEL

Conforme a ANEEL (2015), o Operador Nacional do Sistema – ONS é o órgão responsável pela coordenação e controle das operações: (1) do parque de geração de energia elétrica no Brasil, este com capacidade instalada de 144.083.231 kW, somando-se, a importação de energia elétrica, a potência outorgada, que é igual à considerada nos atos de outorgas, e a potência fiscalizada (Tabela 5), e da (2) transmissão de energia elétrica no Sistema Integrado Nacional – SIN.

Empreendimentos em Operação no Brasil				
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	%
Central Geradora Hidrelétrica - CGH	495	322.403	324.301	0,24
Central Geradora Eólica - EOL	265	5.937.061	5.832.549	4,29
Pequena Central Hidrelétrica - PCH	476	4.797.820	4.783.058	3,52
Central Geradora Fotovoltaica - UFV	317	19.179	15.179	0,01
Usina Hidrelétrica - UHE	201	87.308.965	84.703.838	62,32
Usina Termelétrica - UTE	2.154	39.757.726	38.264.307	28,15
Usina Termelétrica Nuclear - UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,46
Total	3.910	140.133.154	135.913.232	100,00

Tabela 5: Parque de Geração de Energia Elétrica no Brasil (ANEEL, 2015).

A maior parte da energia elétrica produzida no Brasil é proveniente de fonte hídrica, conforme Gráfico 2, que estão sujeitas à sazonalidade hidrológica e dependem das condições climáticas. Para diminuir essa fragilidade, formam somadas outras fontes (ANEEL, 2015).

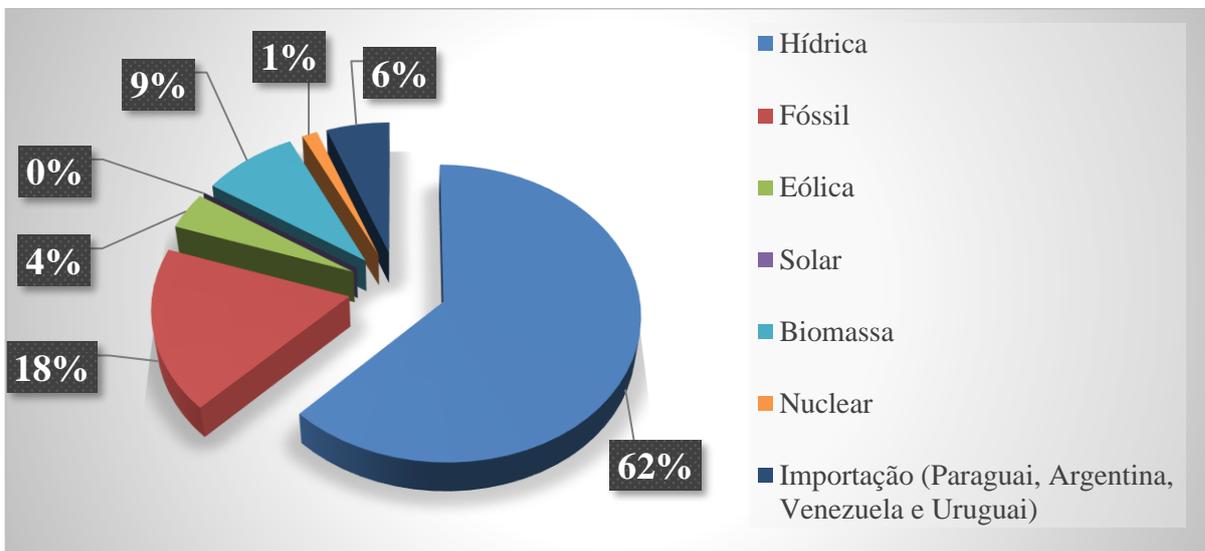


Gráfico 2: Matriz de Geração de Energia no Brasil (ANEEL, 2015).

Segundo a ANEEL (2015), o atual parque de geração foi posto à prova em 2013, caracterizado por uma condição de neutralidade da “temperatura da superfície do mar” no Pacífico Equatorial e por um atraso no início do período chuvoso. Ou seja, as condições hidrológicas vigentes não permitiram que os subsistemas recuperassem suas capacidades máximas de armazenamento, conforme Gráfico 3, obrigando-se a manter o despacho pleno do parque térmico nuclear, carvão, gás natural e combustível líquido.

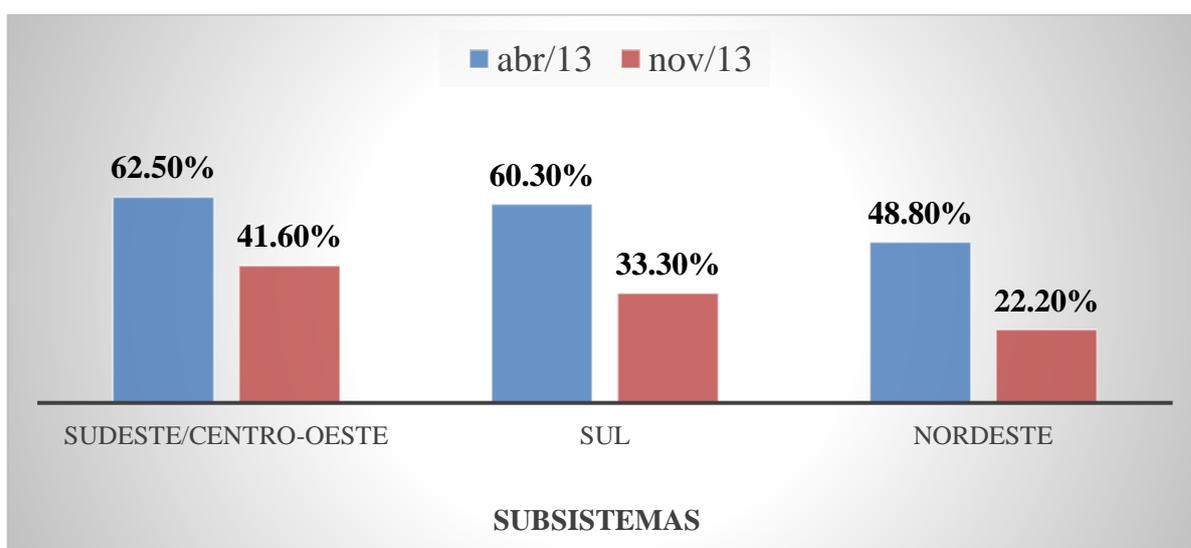


Gráfico 3: Capacidades Armazenadas por Subsistema em 2013 (ANEEL, 2015).

Com tamanho e características que permitem considerá-lo único em âmbito mundial, o Sistema Interligado Nacional – SIN, é formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Apenas 1,7% da energia requerida pelo país está fora do SIN em pequenos sistemas isolados localizados na região amazônica (Figura 13).

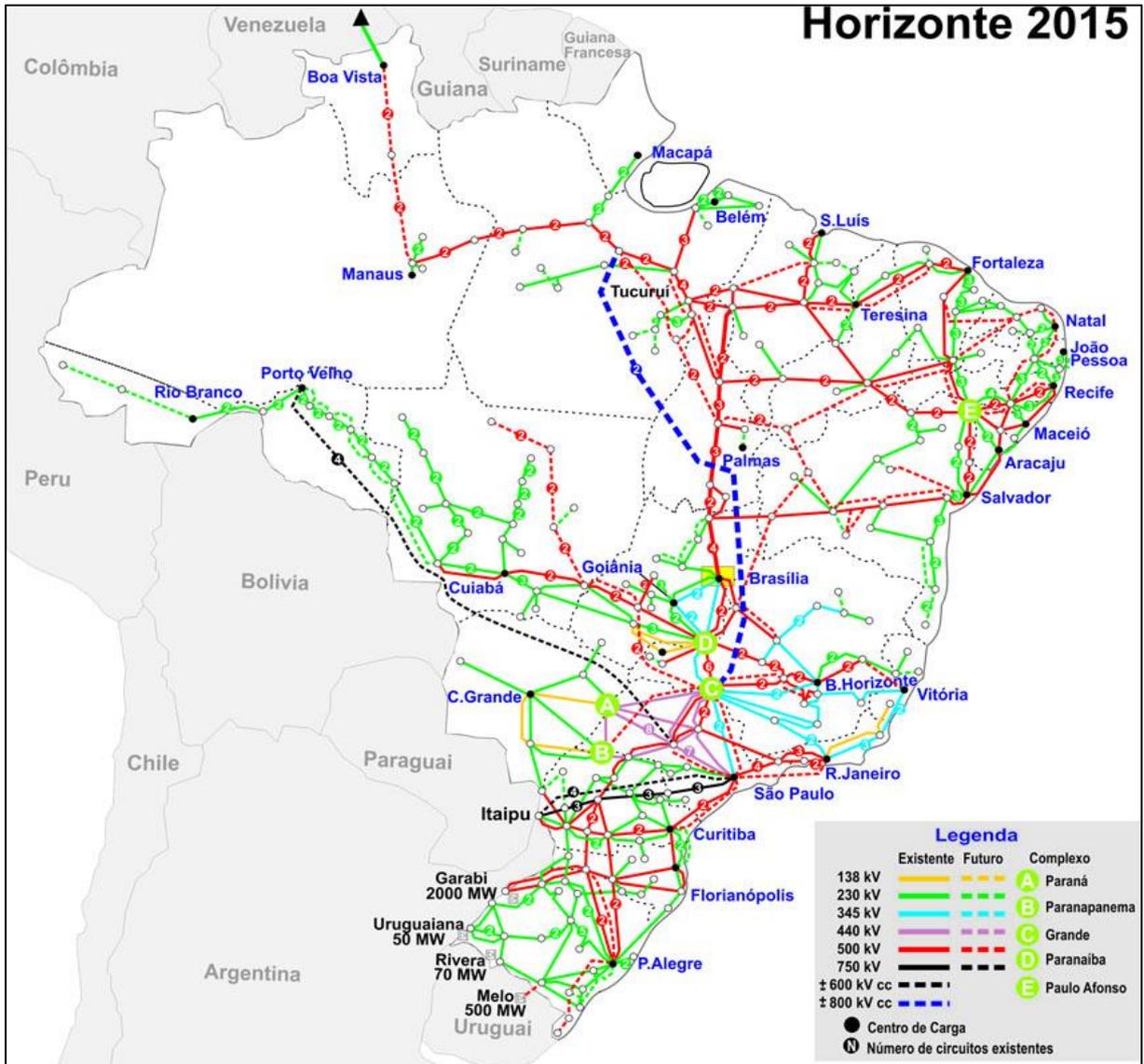


Figura 13: Mapa do Sistema Interligado Nacional – SIN (ONS, 2015).

CAPÍTULO 2

3 Caracterização da Região do Litoral Norte Paulista (Estudo de Caso)

Nesta etapa, as características da região do Litoral Norte Paulista, composta pelos municípios de Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba (Figura 14) serão descritas através da apresentação de dados referentes ao Inventário Ambiental, Listagem e Seleção de Recursos e Identificação dos En-In.

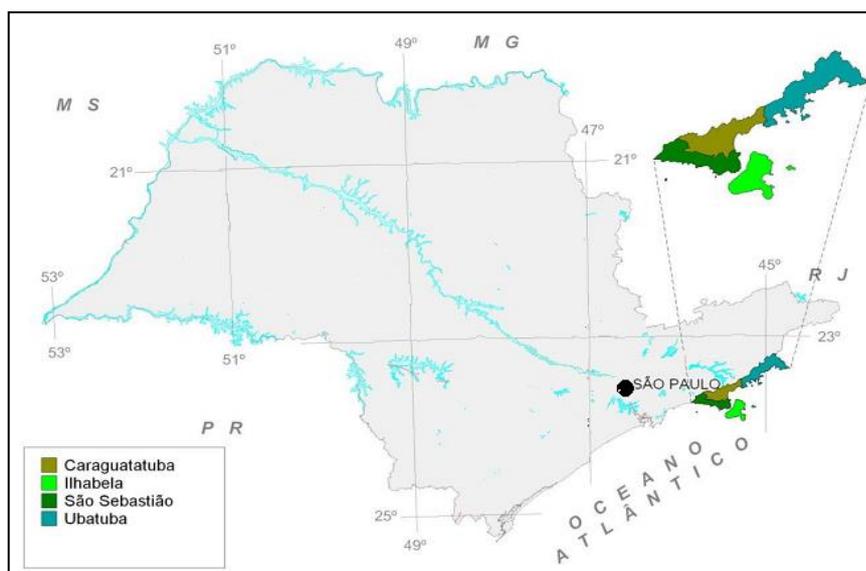


Figura 14: Localização do Litoral Norte Paulista (SMA et al., 2015).

3.1 Inventário Ambiental

Conforme Cavalcanti (2010), durante séculos o meio ambiente foi entendido apenas enquanto natureza, *stricto sensu*, considerada, por um grupo, como sagrada e intocável e, por outro, como provedora de recursos infinitos e, portanto, cabível de exploração. Para o primeiro grupo o ser humano era visto como parte não integrante da natureza. *Entretanto, segundo o Dicionário Webster's (1976), meio ambiente é:*

"condições, influências ou forças política que envolvem, influem ou modificam: o complexo de fatores (climáticos, edáficos e bióticos), que atuam sobre um organismo vivo ou uma comunidade ecológica e acaba por determinar sua forma e sua sobrevivência; a agregação das condições sociais e culturais (costumes, leis, religião e organização econômica e política) que influenciam a vida de um indivíduo ou de uma comunidade".

O Inventário Ambiental será descrito através da apresentação de dados referentes aos quatro meios correlacionados que definem o contexto ambiental local: antrópico, aéreo, aquático e terrestre.

3.1.1 Meio Antrópico

Esta etapa envolve os levantamentos dos aspectos históricos relevantes a geração e consumo de energia elétrica, e aos índices demográficos, socioeconômicos por município do Litoral Norte Paulista.

3.1.1.1 Aspectos Históricos

a) Projeto da Usina Hidrelétrica de Caraguatatuba

Segundo Reale (2001), o projeto da Usina Hidrelétrica de Caraguatatuba surgiu, inicialmente, de investigações e estudos conduzidos pelo engenheiro Catullo Branco, nas décadas de 40 e 50 do século XX. Aquele projeto representava então, nem mais nem menos, que a repetição do projeto Billings-Henry Borden, aplicado às cabeceiras do Rio Paraíba do Sul; neste caso, sem a necessidade de bombeamentos nem a inversão do curso de rios.

Na época e durante algum tempo, houve extensa controvérsia envolvendo a concessionária de energia elétrica Light, o Estado do Rio de Janeiro e o Estado de São Paulo, impedindo ou protelando a tomada de decisão. O ponto crucial era então a preservação do atendimento às necessidades de água das populações do baixo vale do Rio Paraíba do Sul, bem como à concessão preexistente à Light, qual seja, o desvio de parte das vazões do Rio Paraíba do Sul, em Barra do Piraí, para alimentar a Represa do Vigário e as Usinas Ponte Coberta e Nilo Peçanha. Para superar tal controvérsia o Estado de São Paulo deveria criar, nas cabeceiras do Alto Paraíba, reservatórios que propiciassem a regularização do rio e assegurassem a vazão mínima de 220m³/s em Barra do Piraí.

Em 1963, foi promulgado o decreto de concessão ao Estado de São Paulo, para o aproveitamento das águas do Alto Paraíba do Sul, possibilitando o desvio da vazão média de 50m³/s para a vertente atlântica, para alimentar a UHE de Caraguatatuba, prevista então para a instalação de 1.000MW. O mesmo decreto fixava como responsabilidade do Estado de São Paulo a manutenção de 220m³/s em Barra do Piraí, tal como pleiteavam as partes em conflito.

Em 1965, sendo ministro das Minas e Energia o engenheiro Mauro Thibau, foi cassada a citada concessão, encontrando a Comepa em plena atividade nas obras da barragem da Usina do Jaguari e mais as barragens de Paraibuna e Paraitinga. Nessa altura, tais obras já

havia sido visitadas, tendo seus projetos avaliados pelos consultores da Canambra, como o mais atrativo aproveitamento da região objeto dos estudos.

Criada no fim de 1966, a CESP assumiu as estatais preexistentes: Comepa, Cherp, Uselpa, Celusa e Bandeirantes, dando prosseguimento a todas as obras em andamento, dentre elas o complexo do Alto Paraíba do Sul. As obras foram sucessivamente sendo concluídas e, em fins de 1978, as obrigações do Estado de São Paulo quanto às vazões na parte baixa do Rio Paraíba do Sul estavam integralmente cumpridas: foi implantado no Rio Jaguari um reservatório com 1,3 bilhão de metros cúbicos que alimenta uma pequena usina com 22MW instalados; no Rio Paraíba foi construída uma barragem com 100m de altura e no Rio Paraitinga, uma outra com 110m de altura; um grande reservatório resultante da ligação entre aquelas duas bacias, com capacidade de 5,9 bilhões de metros cúbicos foi criado e, finalmente, uma modesta usina com 80MW instalados foi implantada ao pé da barragem de Paraíba, aproveitando um desnível de cerca de 90m.

Do pesado investimento feito no complexo de obras resultou uma modesta potência instalada de 102MW e, praticamente sem utilização, um enorme reservatório situado à cota 719 no topo e à beira da Serra do Mar, em frente à cidade de Caraguatatuba, numa réplica da situação existente entre a represa Billings e a cidade de Cubatão, onde se situa a Usina Henry Borden.

O Estado de São Paulo, vive há mais de 20 anos um paradoxo: dispõe, a 90km de distância da capital, de um manancial capaz de fornecer a ela até 50m³/s de água de excelente qualidade, ao mesmo tempo em que poderia, nesta hipótese, instalar em Caraguatatuba, não uma usina hidrelétrica convencional, mas uma usina hidrelétrica reversível, com 2.000MW ou mais, para atendimento de ponta à sua maior e mais concentrada carga, que é a metrópole de São Paulo, tudo isso sem nenhum prejuízo dos 102MW já instalados e continuando a atender, adicional e plenamente, às restrições e necessidades do Baixo Paraíba, conforme dispunha o decreto de concessão, promulgado nos idos de 1963.

b) O Gás Natural no Litoral Norte Paulista

A descoberta de reservas de gás natural - GN na camada “Pré-sal” da Bacia de Santos, levou a Petrobras em 2005, a integração do Litoral Norte Paulista à campanha de produção deste hidrocarboneto. Ainda nesse ano, a Petrobras dá início ao desenvolvimento do escopo e das especificações do projeto da Unidade de Tratamento de Gás Monteiro Lobato – UTGCA. Em 2007, no município de Caraguatatuba (Figura 29), iniciam-se as obras civis e, no início de 2011, é dada a partida na unidade. A UTGCA já em 2012 era responsável pelo

processamento dos mais de 10 milhões de m³ de GN por dia produzidos na Bacia de Santos, e neste mesmo ano iniciaram-se as obras de adequação para permitir a entrega dos atuais 20 milhões de m³ por dia para processamento (PETROBRAS, 2012).



Figura 29: Vista aérea do local de implantação da UTGCA em 2007 e pronta para a partida operacional em 2011. Fonte: (PETROBRAS, 2012)

Segundo a Petrobras (2012), esse projeto é estratégico não só para o desenvolvimento da produção do pré-sal da bacia de Santos, como também para o aumento da flexibilidade no suprimento de gás natural especificado para o mercado nacional. Em 2011, o gasoduto Lula-Mexilhão foi interligado ao gasoduto que liga o Campo de Mexilhão à UTGCA e, através do gasoduto Caraguatatuba-Taubaté, atinge a malha de distribuição de gás natural para o mercado nacional (Figura 30).



Figura 30: Gasodutos Marítimos na Bacia de Santos em 2011 (PETROBRAS, 2012).

Em 2012, a Bacia de Santos entregava, na costa do Estado de São Paulo, aproximadamente 10.000.000m³ de gás natural por dia, respondendo por cerca de 20% do gás natural de origem nacional disponibilizado ao mercado brasileiro. Nesse mesmo ano, iniciaram-se as obras de adequação e ampliação da UTGCA para permitir a entrega de mais de 20.000.000m³ por dia (Figura 31) (PETROBRAS, 2012).

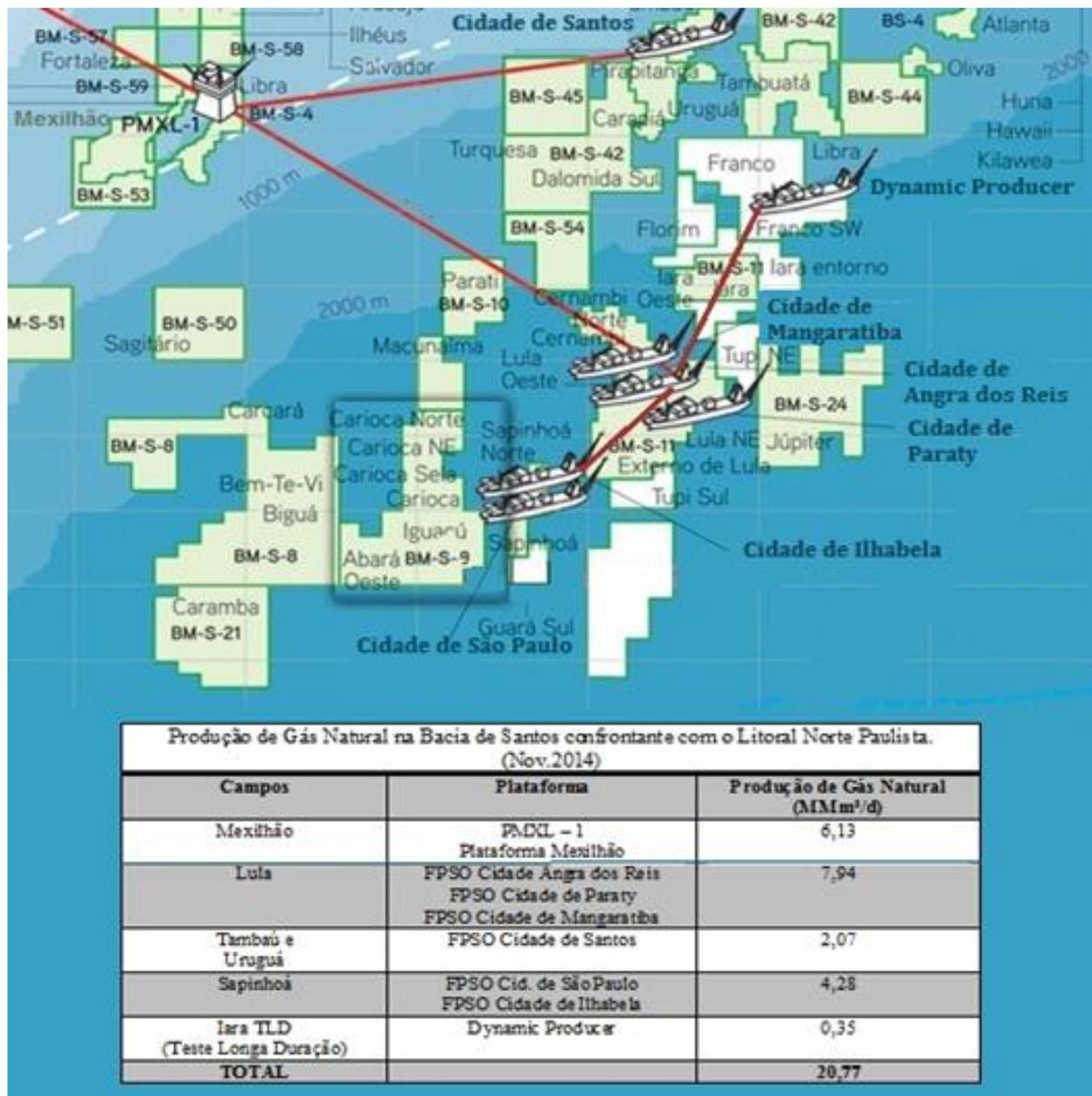


Figura 31: Unidade de Tratamento de Gás Natural Monteiro Lobato – UTGCA, em 2012 (PETROBRAS, 2012).

c) Os Megaprojetos de Infraestrutura no Litoral Norte Paulista

Grandes obras de infraestrutura em logística de transporte estão sendo realizadas no Litoral Norte Paulista. Em janeiro de 2014, foi entregue o primeiro trecho da duplicação da rodovia “Nova Tamoios”, que liga São José dos Campos a Caraguatatuba, com 49km de duplicação no trecho planalto. Para completar a duplicação da rodovia, restam 22km de serra que

deverão ser executados pela concessionária que assumir a gestão da via, que tem até 2020 para realizar a nova pista de subida da rodovia, já que a pista atual ficará somente para decida. A rodovia “Nova Tamoios” inclui, ainda, os trechos chamados de “contornos viários”, que terão 34km de extensão, com obras iniciadas em 2013. Os contornos viários têm como objetivo diminuir o trânsito na área urbana das cidades de Caraguatatuba e São Sebastião e ligar a rodovia “Nova Tamoios” ao porto de São Sebastião. As obras do primeiro trecho, de 6,2km, que ligará a Nova Tamoios (SP-099) à rodovia (SP-055) sentido norte deve ser entregue em 2016. Já a segunda parte, que tem dois trechos: (1) ligando a SP-099 ao bairro do Jaraguá, no pé da serra de São Sebastião, com 18,6km; e (2) ligando o bairro do Jaraguá, no pé da serra de São Sebastião, ao porto de São Sebastião, com mais 9,2km, deve ser entregue em 2018 (Figura 32) (DERSA, 2015).

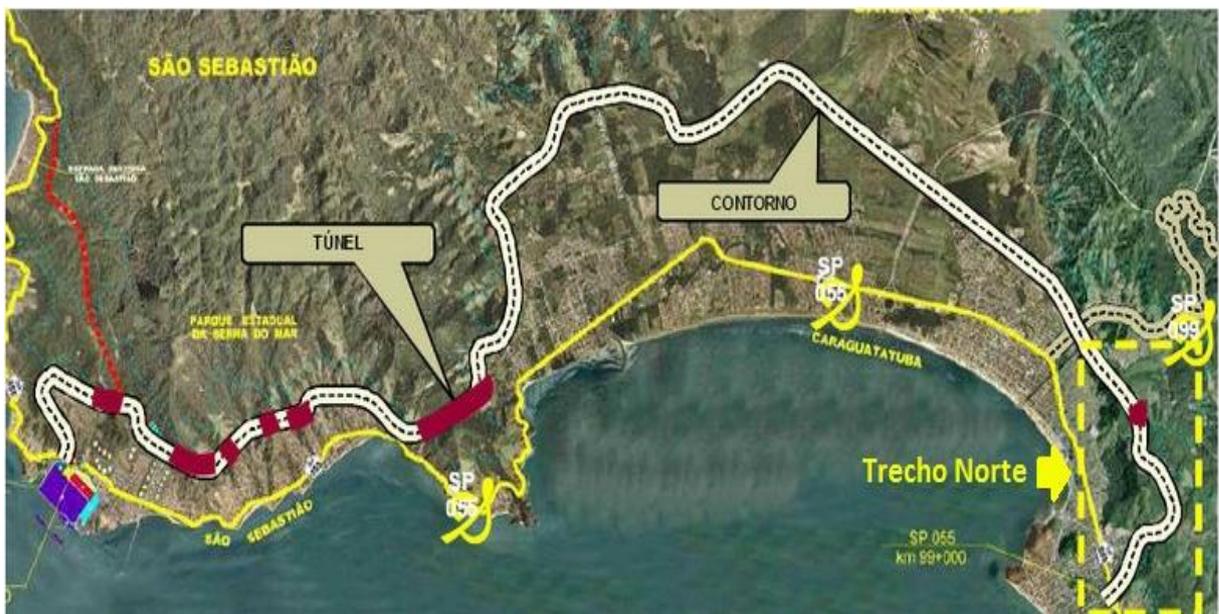


Figura 32: Traçado da Nova Tamoios, contornos norte e sul (DERSA, 2015).

Em dezembro de 2013, a Companhia Docas de São Sebastião recebeu do IBAMA a Licença Prévia para as fases: 1 e 2 do projeto de ampliação do Porto de São Sebastião, que possibilita que sua área portuária passe dos atuais 400.000m² para 800.000m² de operações. O investimento previsto nesta etapa é de R\$ 2.000.000,00 de reais. A Licença Prévia concedida pelo IBAMA contempla obras importantes para o desenvolvimento portuário, como a construção dos berços 2, 3 e 4. Cada berço, com 300m de comprimento por 40m de largura e profundidade mínima de 16m, será destinado a navios de última geração com capacidade para até 9.000TEUS, unidade usada para descrever a capacidade dos navios porta-contêineres, que, atualmente, não atracam em São Sebastião ou no Porto de Santos. A ampliação prevê, ainda, a construção de uma base de apoio *offshore* com 117.590m², que possibilitará a implantação de

até 10 berços para embarcações de menor porte “suplyboat e rebocadores”, voltadas ao transporte de cargas e tripulações para as plataformas de petróleo.

Conforme a Companhia Docas São Sebastião (2014), há planos para ampliação das operações e das atividades do Terminal Aquaviário Almirante Barroso – TEBAR, operado pela TRANSPETRO (Figura 33). Serão construídos dois novos berços de atracação para navios petroleiros, aproveitando a estrutura já existente do píer atual.



Figura 33: Proposta de Ampliação do Píer do TEBAR (ANTAQ, 2014).

O projeto foi concebido para utilizar a menor área possível no canal e, também, para que não seja necessário o uso de novas áreas em terra. Com a obra, será diminuído o tempo médio de espera dos navios que ficam fundeados na região, aguardando a vez para atracar no píer do TEBAR. É esperado que, com a construção de dois novos berços de atracação, torne-se mais eficiente o abastecimento de petróleo do Estado de São Paulo. O TEBAR, responsável por metade do petróleo processado no País, é o maior terminal marítimo da Transpetro e o maior da América Latina (ANTAQ, 2014).

3.1.1.2 Aspectos Demográficos

Conforme SEADE (2015), entre 1980 e 2014 a população do Litoral Norte Paulista se expandiu de forma expressiva, passando dos 87.072 habitantes, em 1980, para 299.920 habitantes em 2014. O aumento da população no Litoral Norte Paulista nos últimos 34 anos tem como agentes o desenvolvimento do sistema viário, a migração com a intensificação do processo de urbanização e o desenvolvimento do turismo, principalmente o turismo relacionado a residência secundária. Analisando as Taxas de Migração da região e do Estado, nas décadas de 2000 e 2010 (Gráfico 4), é possível entender o fenômeno demográfico.

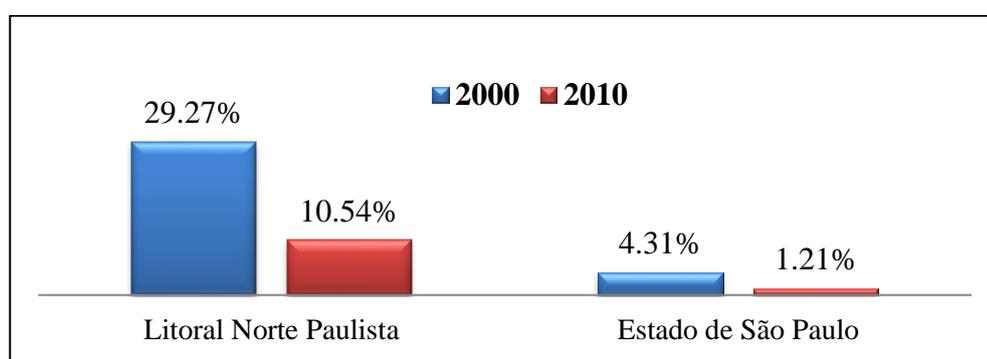


Gráfico 4: Taxa de Migração por Censo (SEADE, 2015).

Entre 2010 e 2014, a taxa geométrica de crescimento populacional do Litoral Norte Paulista foi de 1,62% ao ano, superior à do conjunto do Estado de São Paulo, que foi de 0,87% conforme Gráfico 5 (SEADE, 2015).

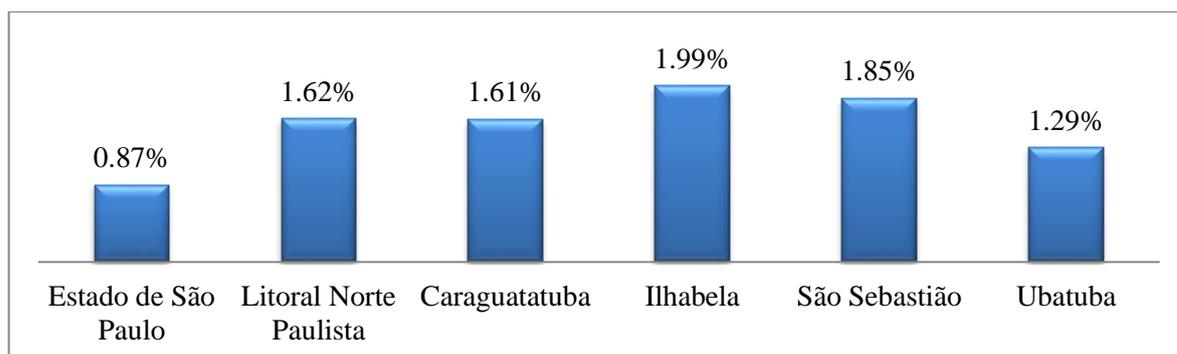


Gráfico 5: Taxa Geométrica de Crescimento da População (2010 a 2014) (SEADE, 2015).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015), a densidade demográfica no Litoral Norte Paulista correspondia, em 2010, a 153,32hab/km², bem próxima da média estadual de 171,92hab/km². Sua taxa de urbanização, em 2014, foi de 97,56%, pouco acima do conjunto do Estado de São Paulo, que foi de 96,1%. Esses dados mostram que os municípios da região, têm predomínio de características urbanas.

O Litoral Norte Paulista é um importante balneário cujo turismo se baseia largamente nas residências de veraneio, também conhecidas como “segunda residência”. Os quatro municípios, possuíam 170.016 domicílios em 2010, sendo 84.377 de uso permanente e 73.147 de uso ocasional, que servem de moradias temporárias, geralmente usadas para descanso nos fins de semana e férias, entre outras finalidades. Esses dados são condizentes com as condições dos municípios de grandes atividades turísticas baseadas em residências de veraneio e com a existência expressiva de hotéis e pousadas.

Para os municípios do Litoral Norte Paulista, como se pode observar no Gráfico 6, é grande o número de domicílios “ocasionais”, chegando a superar, em número, os domicílios “permanentes” no município de Ubatuba. Esse fato implica na ociosidade da maior parte do parque domiciliar do município em grande parte do ano (IBGE, 2015).

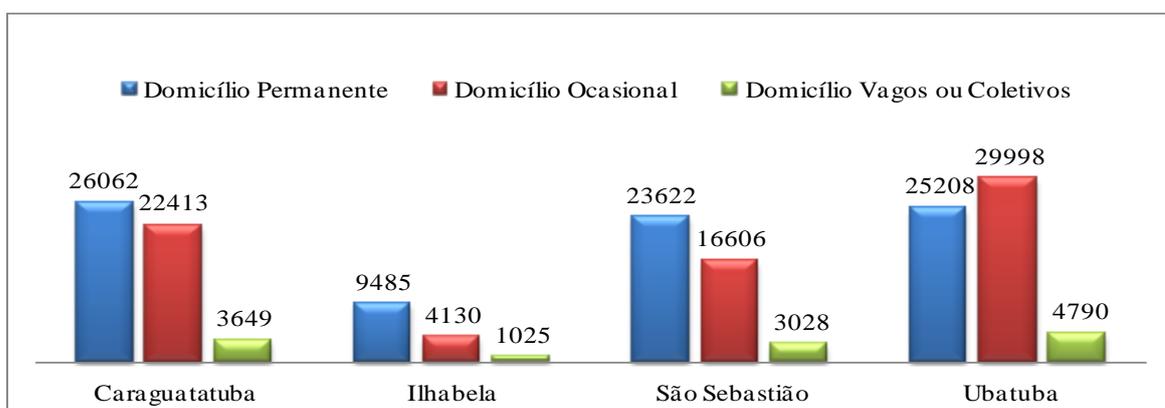


Gráfico 6: Número de Domicílios conforme Censo IBGE/2010 (IBGE, 2015).

3.1.1.3 Aspectos Socioeconômico

Para o levantamento das informações da socioeconomia regional, foi dada atenção aos seguintes setores das econômicas: infraestrutura, serviço, comércio, construção civil, indústria, pesca e agropecuária, uma vez, que servem como parâmetro do consumo de energia elétrica.

a) Infraestrutura Portuária, Rodoviária, Aquaviária e Aeroviária

A abrangência econômica do Porto de São Sebastião não se limita ao Litoral Norte Paulista, mas a outras regiões do próprio estado, com destaque para o Vale do Paraíba, região de Campinas e a Capital, estendendo-se ainda ao estado de Minas Gerais. Também abrange economicamente as áreas marítimas, fornecedoras de gás natural e petróleo. No exterior, a influência abrange os países do “Mercosul” importadores de veículos nacionais, como a Argentina, e importadores de produtos oriundos do agronegócio, como Angola (COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO, et al., 2011).

Conforme a Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ (2014), o Porto de São Sebastião possui instalações de atracação em formato de píer, que somam 362m de extensão distribuídos em 04 berços. Para armazenagem, o porto conta com um armazém em alvenaria com 1.131m², três armazéns estruturados em lona com 5.000m² de área cada um, e dois pátios que perfazem 58.500m² para carga geral.

Segundo a ANTAQ (2015), entre 2010 e 2014, atracaram 3.744 navios no porto de São Sebastião, de quatro classes: portas contêineres, graneleiros sólidos, graneleiros líquidos “petroleiros” e cargas em geral (Figura 15). Embora o número de navios petroleiros seja mais representativo que as outras classes, estes têm regimes de janelas operacionais diferentes, pois são atracados no píer do Terminal de Uso Privativo – TUP da Petrobras.

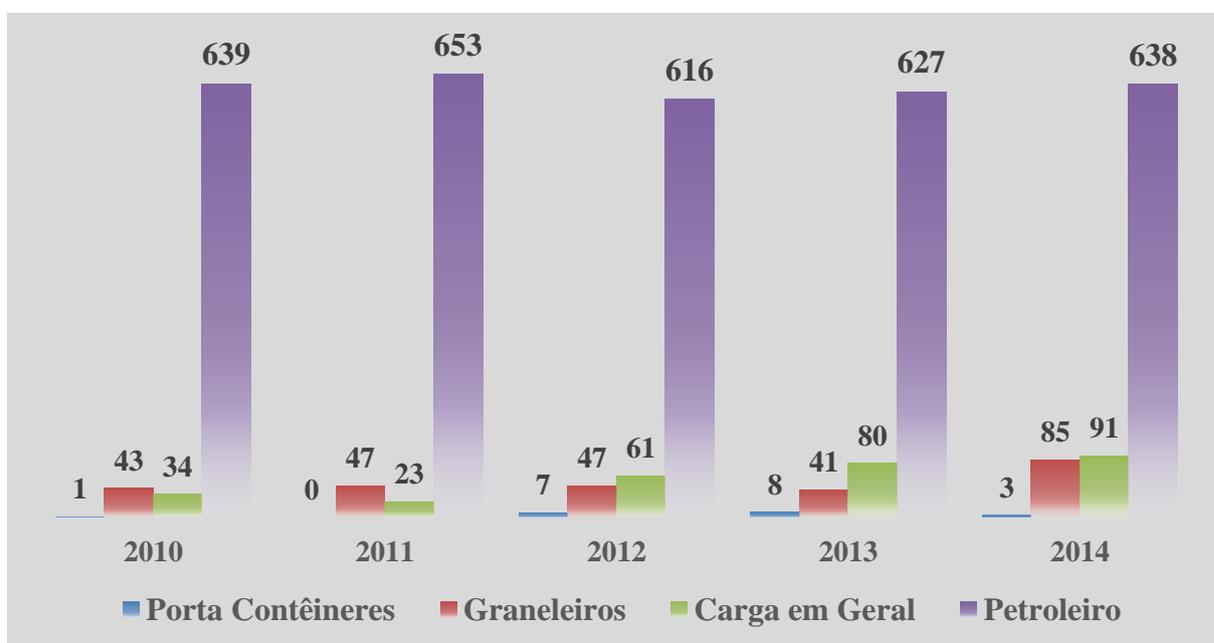


Figura 15: Atracções no Porto de São Sebastião (ANTAQ, 2015).

Na área do porto organizado, está situado o Terminal de Uso Privativo - TUP, de uso exclusivo da Petrobras, conhecido como Terminal Marítimo Almirante Barroso – TEBAR, este é operado pela Petrobras Transporte S/A - Transpetro, subsidiária de logística da Petrobras (Figura 16). Este terminal é utilizado para o transporte de petróleo e derivados e opera em dois píeres, que compõem quatro berços numa extensão de 905m com profundidade variando entre 14m a 26m. Para depósito, são utilizados 43 tanques, o que representa 2.100.000t de capacidade (ANTAQ, 2015).



Figura 16: Terminal de Uso Privativo – TUP, Terminal Marítimo Almirante Barroso – TEBAR (ANTAQ, 2015).

O TEBAR recebe petróleo de origem nacional e importado através dos “navios-petroleiros”, e abastece as quatro refinarias do Estado de São Paulo: Paulínia - REPLAN, Vale do Paraíba - REVAP, Capuava - RECAP e Presidente Bernardes - RPBC. O petróleo é transferido às refinarias pelos oleodutos: São Sebastião/Guararema – OSVAT, que atende as refinarias REPLAN e REVAP; e o Santos/São Sebastião – OSBAT, que atende as refinarias RPBC e RECAP. Os derivados entram e saem do terminal pelo oleoduto Guararema/Paulínia – OSPLAN e/ou por meio de “navios-petroleiros” com destino a outros portos do território nacional ou mesmo para exportação (TRANSPETRO, 2014).

O “Porto Organizado” oferece duas barras de entrada (Figura 17), demarcadas ao norte pelo farol “Ponta das Canas”, com largura 18m e profundidade 500m, e ao sudoeste da ilha de São Sebastião “Ilhabela” pelo farol “Ponta das Selas”, com largura 25m e profundidade 300m (COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO, et al., 2011).

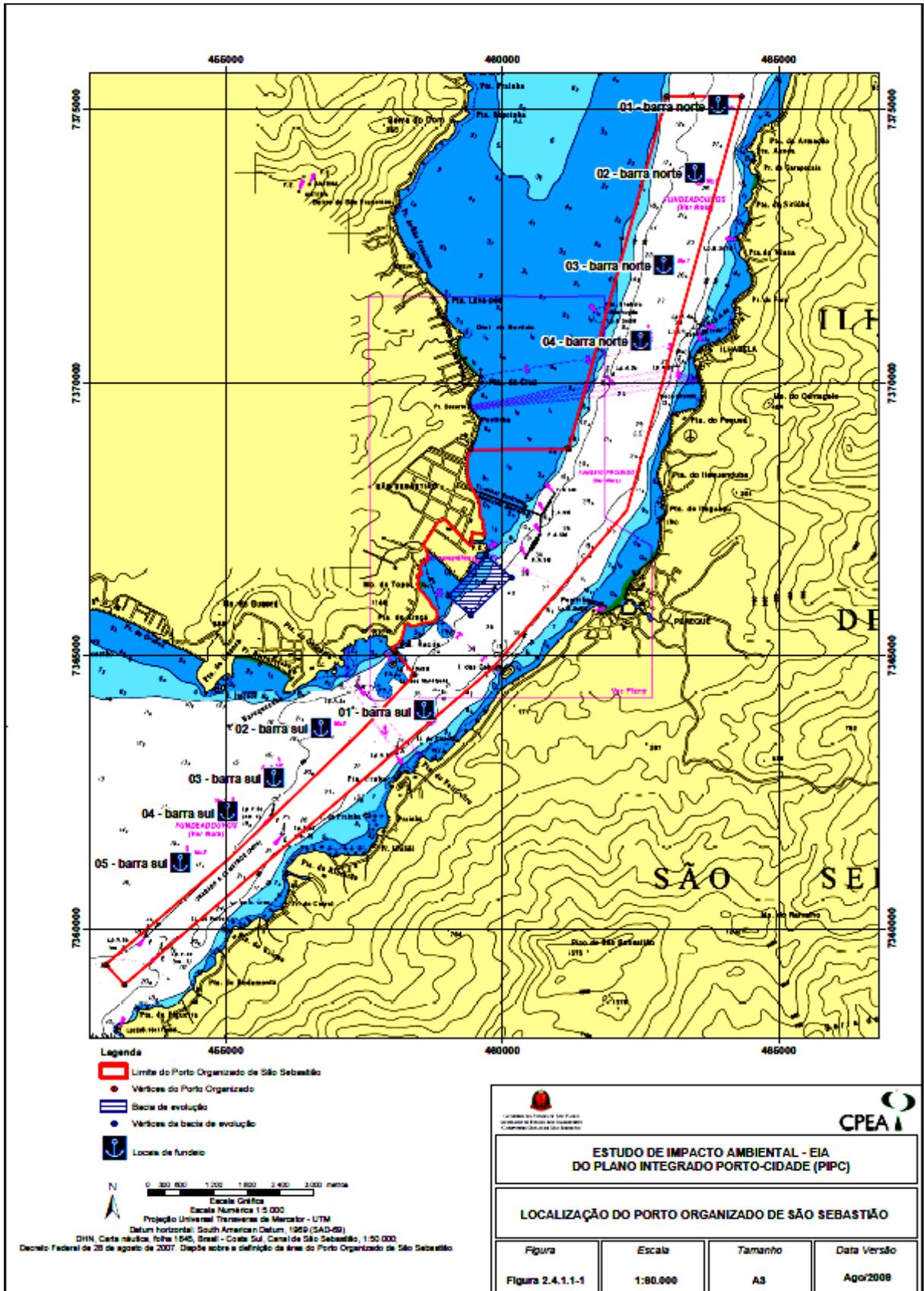


Figura 17: Porto Organizado de São Sebastião (COMPANHIA DOCAS DE SÃO SEBASTIÃO, et al., 2011).

O que se observa, quando do levantamento das infraestruturas existente no Litoral Norte Paulista, é que o transporte regional de longa distância se dá pelas rodovias:

- **Dr. Manoel Hyppolito Rego (SP 055):** Trecho Paulista da BR-101 que recebeu o nome de Governador Mário Covas. Também é conhecida como rodovia “Rio – Santos” e, atualmente, encontra-se sob jurisdição do estado de São Paulo. Tem extensão de 172km, interligando as cidades de Bertiooga e Ubatuba, e os restantes 49,1km, entre Ubatuba e a divisa com o estado do Rio de Janeiro, que estão sob jurisdição do Governo Federal;

- **Rodovia Nova Tamoios (SP-099):** Interliga as cidades de São José dos Campos e Caraguatatuba;

- **Rodovia Oswaldo Cruz (SP 125):** Interliga as cidades de Taubaté a Ubatuba.

Conforme Departamento de Estrada de Rodagens do Estado de São Paulo – DER-SP (2014), as estatísticas de Volume Diário Médio (VDM) para veículos automotores incluem as rodovias do Litoral Norte Paulista entre as cinquenta mais movimentadas do Estado. O Litoral Norte Paulista, com 273km de rodovias, detêm 1,15% da malha rodoviária do estado de São Paulo, que é de 22.087km. Ou seja, o VDM por quilômetro das rodovias do Litoral Norte Paulista é de 37 veículos/km, grandeza próxima a do VDM por quilômetro encontrado nas mais movimentadas estradas do estado de São Paulo, que é de 49 veículos/km.

Além das rodovias, duas outras formas de transporte são encontradas no Litoral Norte Paulista. A primeira trata de uma forma de transporte aquaviário de veículos e pedestres chamado de “Travessias Litorâneas”, ou seja, para o acesso ao município insular da Ilhabela, os veículos e pedestres se utilizam de balsas “Ferri Boltis”, partindo da cidade de São Sebastião (Figura 18) (DERSA, 2014).



Figura 18: Balsa utilizada para travessia entre São Sebastião e Ilhabela (DERSA, 2014).

Segundo a Dersa (2014), responsável pela gestão das Travessias “São Sebastião – Ilhabela”, as balsas operam 24 horas por dia, em todos os dias do ano, partindo a cada trinta minutos. Em 2013, foram transportados em média 5.000 pedestres e 3.000 veículos por dia e, no ano seguinte, em 2014, com as melhorias da infraestrutura, como as reformas das balsas e adequação dos atracadouros, a capacidade operacional subiu para 497 veículos por hora.

A segunda forma de transporte é o aeroviário, graças ao Aeroporto Estadual Gastão Madeira (Figura 19) na cidade de Ubatuba.



Figura 19: Aeroporto Estadual Gastão Madeira – Ubatuba – SP (DAESP, 2014).

Conforme o Departamento de Aeroportos do Estado de São Paulo – DAESP (2014), o Aeroporto Estadual Gastão Madeira, de Ubatuba, SP, possui uma pista com 940m de extensão e 30m de largura, asfaltada, um pátio com dimensões de 89,75m por 67,44m, com capacidade para quatro aviões tipo EMB-110, um terminal de passageiros de 70m², um estacionamento para 15 veículos e 02 hangares, além de um posto de combustíveis com gasolina e querosene de aviação. Em 2014, ocorreram 4.949 Pouso/Decolagem e 5.239 Embarque/Desembarque.

b) Serviços, Comércio, Indústria, Construção Civil, Pesca e Agropecuária e o PIB regional

Em 2012, somados os quatro municípios, o Produto Interno Bruto – PIB, do Litoral Norte Paulista foi de R\$ 5.432,57 milhões de reais, dados publicados pelo SEADE (2015) e apresentados no Gráfico 7.

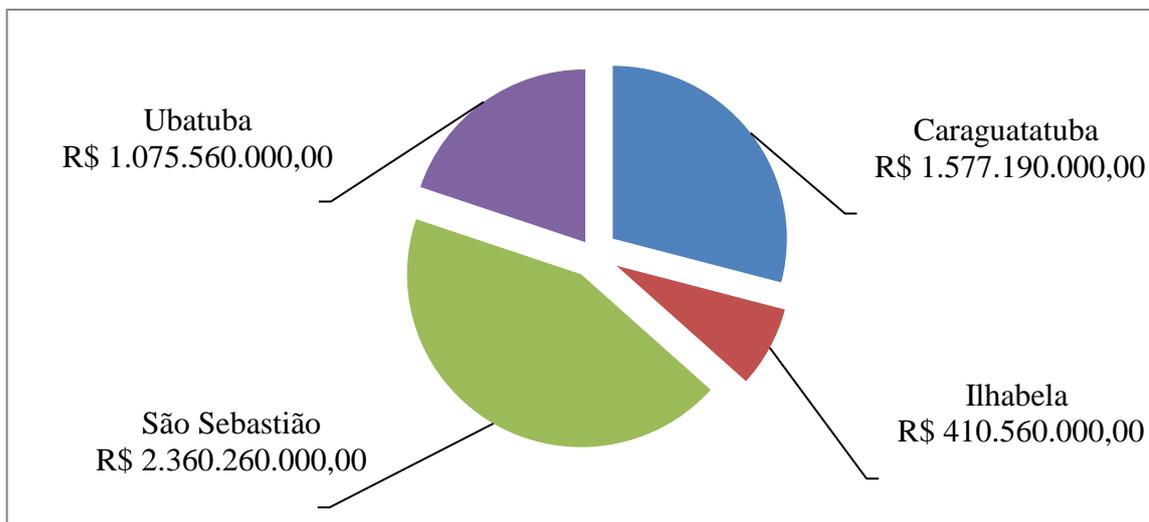


Gráfico 7: PIB do Litoral Norte Paulista em 2012 (SEADE, 2015).

Também nessa mesma publicação, se tem o PIB “per capita” dos quatro municípios do Litoral Norte Paulista, de onde se pode definir o PIB “per capita” global da região. O município de São Sebastião, dentre os quatro municípios do Litoral Norte Paulista, é o que mais se aproxima da média estadual de R\$ 33,624 mil e ultrapassa a média nacional R\$ 22,044 mil, o que contribui para elevação do PIB “per capita” médio da região (Gráfico 8).

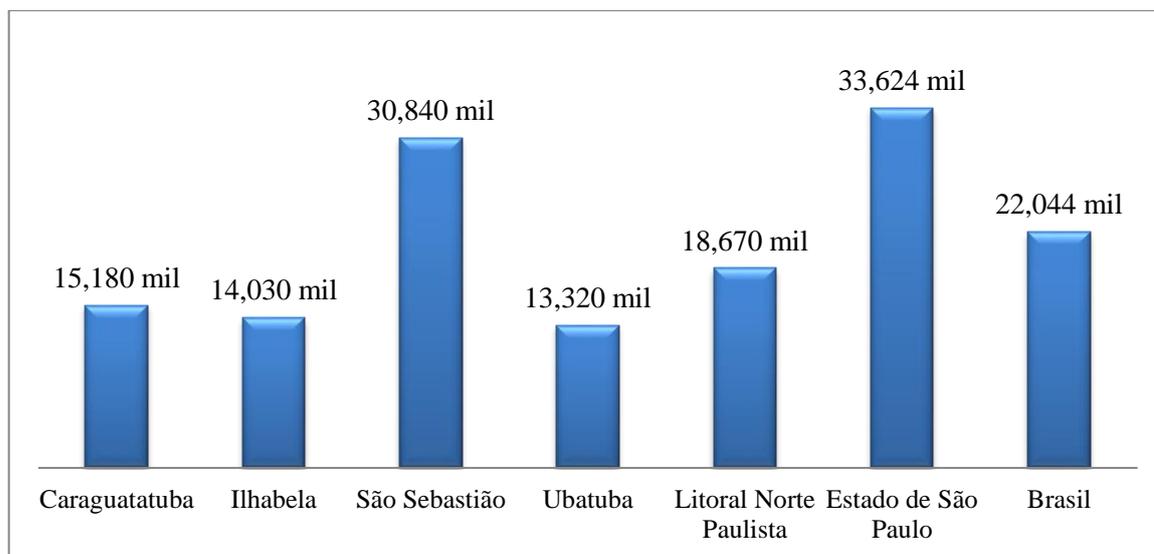


Gráfico 8: PIB “per capita” em R\$ no Litoral Norte Paulista em 2012 (SEADE, 2015).

Segundo o SEADE (2015), em relação ao PIB, observa-se que, do total de riquezas produzidas nos municípios do Litoral Norte Paulista, o setor secundário de extração mineral, transformação, construção civil e as empresas concessionárias de serviços públicos representam uma parte pequena, em relação ao setor terciário do comércio e serviços, que representam as maiores fatias do PIB dos municípios, exceção feita ao município de São Sebastião, onde o setor secundário contribui de modo um pouco mais significativo (Gráfico9).

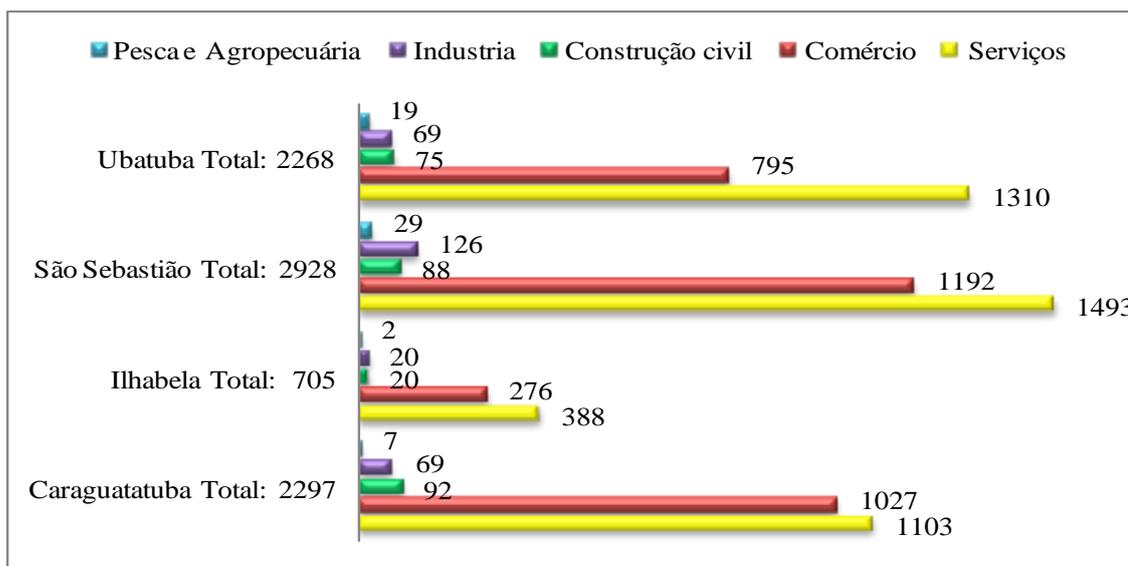


Gráfico 9: Estabelecimentos Formais no Litoral Norte Paulista em 2010 (SEADE, 2012).

O município de Ilhabela é o de menor população dentre os quatro municípios do Litoral Norte Paulista e tem o maior percentual de empregos formais do setor de serviços. A cidade é um dos dois destinos indutores do desenvolvimento turístico regional paulista, reconhecida pelo Ministério do Turismo como município dotado de infraestrutura básica necessária para o desenvolvimento da atividade turística local, sendo núcleo receptor ou distribuidor dos fluxos turísticos. Ilhabela foi premiada em 2014 por registrar a maior evolução no critério: Economia Local do Índice de Competitividade do Turismo Nacional 2014, conforme pesquisa do Ministério do Turismo em parceria com o Sebrae Nacional e a Fundação Getúlio Vargas (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2014).

Segundo o Sindicato “Sinhoreslitoralnorte” de Hotéis, Restaurantes e Bares do Litoral Norte (2015), nas quatro cidades do Litoral Norte Paulista, os hotéis, pousadas, bares e restaurante, empregam atualmente 10.000 funcionários fixos. Esses estabelecimentos oferecem um total de 60.000 leitos em 930 estabelecimentos cadastrados formalmente, sendo que em 70% dos hotéis o restaurante é utilizado apenas para servir o café da manhã.

3.1.2 Meio Aéreo

3.1.2.1 Emissões de Poluentes e Gases de Efeito Estufa - GEE

Duas variáveis caracterizam os impactos ao meio aéreo: (1) Emissões de poluentes, como: Material Particulado - MP, SO₂ e NO_x e (2) Emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE, como: CO₂ e CH₄. Essas variáveis ainda se classificam por fontes: naturais e antropogênicas. As fontes naturais têm origem nas emissões vulcânicas, tempestades de areia e poeira, decomposição de animais e vegetais, partículas e gases de incêndios florestais naturais, evaporação natural e maresia dos mares e oceanos. Já as fontes antropogênicas são de três origens: (1) fontes fixas, como as atividades industriais; (2) fontes móveis, com o setor de transporte, como veículos automotores, aviões, locomotivas e navios, por utilizarem combustíveis fósseis; e (3) fontes fugitivas, em decorrência do armazenamento, distribuição e processos químicos fabris, quando da utilização de produtos voláteis, como os derivados de petróleo.

3.1.2.2 Caracterização das Fontes Fixas (Indústrias)

Segundo o Instituto Pólis (2013), haviam 216 indústrias no Litoral Norte Paulista, em 2012, o equivalente a 2,6% das empresas instaladas nos quatro municípios Gráfico 10.

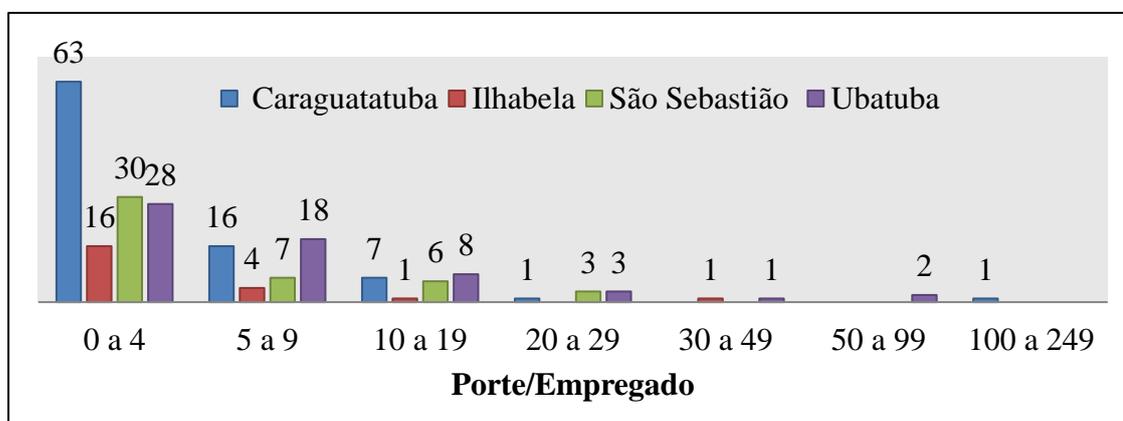


Gráfico 10: Números de Indústrias (Porte/Empregado) no Litoral Norte Paulista em 2012 (PÓLIS, 2013).

3.1.2.3 Potencial Poluidor das Fontes Fixas (Indústrias)

Para a definição das emissões de poluentes industriais, partiu-se do número de empregados e do perfil das indústrias, para os oito poluentes do ar que constam na metodologia desenvolvida pelo Banco Mundial para projeção da poluição industrial do inglês Industrial Pollution Projection System – IPPS, uma vez que não se dispõem de medições efetivas no Litoral Norte Paulista.

Segundo Moreno (2005), as estimativas apresentadas conforme a metodologia IPPS, não traduzem o que é emitido efetivamente em termos de poluição industrial no meio aéreo, mas sim o potencial poluidor – PP, que é obtido segundo a equação:

$$PP = IEIPPS * N \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

PP: Potencial Poluidor do parâmetro.

IEIPPS: Intensidade de Emissão: (fator de intensidade de emissão/1000empregados ano).

N: Número de empregados na indústria.

Os resultados finais representam, o somatório anual do potencial poluidor - PP, por parâmetro de poluição, provenientes das fontes fixas (indústrias) do Litoral Norte Paulista, expresso em libras/ano (Tabela 6).

Parâmetro de Poluição	Fator de Intensidade de Emissão (IPPS) ¹	Empregados Formais em (2013) ²	Potencial Poluidor (libras/ano)	Potencial Poluidor (t/ano)	Média por Indústria (t/ano)
SO ₂ (Dióxido de Enxofre)	125.943	2.441	307.427	139	0,65
MP ₁₀ (Particulados Finos)	33.223	2.441	81.097	37	0,17
PT (Particulados Totais)	98.907	2.441	241.432	110	0,51
CO (Monóxido de Carbono)	154.811	2.441	377.894	171	0,79
VOC (Compostos Orgânicos Voláteis)	238.988	2.441	583.370	108	0,50
NO ₂ (Dióxido de Nitrogênio)	97.515	2.441	238.034	108	0,50
Tóxicos do Ar	81.488	2.441	198.912	90	0,42
Metais Tóxicos do Ar	972	2.441	2.373	1	0,00

Tabela 6: Potencial de Poluição (PP) segundo a metodologia IPPS para as indústrias instaladas no Litoral Norte Paulista (2013). Fontes: ⁽¹⁾ Moreno (2005) e ⁽²⁾ SEADE (2015).

Portanto, o que se observa é que, para as indústrias instaladas no Litoral Norte Paulista, o nível de Potencial Poluidor – PP, fica muito abaixo dos padrões estabelecidos pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Mesmo admitindo-se que apenas uma indústria fosse a responsável pela emissão das 37 t/ano de particulado fino (PM₁₀), ainda assim ela teria emitido 0,17 t/dia em 365 dias, menos do que o nível mais baixo estipulado pela CETESB ($E < 0,2$ t/dia). Foi observado o mesmo em relação aos outros poluentes, ou seja, níveis muito baixos em relação aos limites da CETESB (CETESB, 2010).

3.1.2.4 Emissões de GEE por Fontes Fixas e Fugitivas (Indústria de Energia)

Segundo a Secretaria de Energia e Mineração – SEE (2013), a intensidade de emissões de GEE, em 2013, relativa à indústria de energia no estado de São Paulo foi de 0,08tCO₂eq, o que corresponde, a 57% dos 0,14tCO₂eq de intensidade de emissões estadual, ambos, para cada R\$ 1.000,00 do PIB estadual.

Considerando, que o índice de “intensidade de emissões de GEE/PIB regional” é uma responsabilização em escala, a participação do Litoral Norte Paulista no consumo estadual de energéticos (66.061.000toe) é de 50%, logo, é possível admitir que a intensidade de emissões de GEE, para a região seja de 0,04tCO₂eq.

Em razão do exposto, a intensidade de emissões de GEE correspondente ao Litoral Norte Paulista, de fontes fixas (Indústria de energia) é apresentada na Tabela 7.

	PIB (R\$)	Intensidade de Emissão (tCO₂eq/ R\$ 1000,00 PIB)	Emissão de GEE (tCO₂eq)
Brasil	4.400.000.000.000,00	0,72	3.256.000.000,00
São Paulo	1.408.903.190.000,00	0,14	197.246.446,60
Litoral Norte Paulista	5.423.570.000,00	0,04	216.942,80

Tabela 7: Estimativas de Emissões de GEE por Fontes Fixas no Litoral Norte Paulista 2012 (SEE, 2013).

3.1.2.5 Potencial Poluidor e de Emissão de GEE de Fonte Móvel (Veículos)

Segundo a CETESB (2013), as estimativas de emissões de poluentes locais na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte estão indicadas na Tabela 8.

Emissão na Região Metropolitana do Vale do Paraíba (RMVP) 2013 (t)							
Categorias	Nº Unidades	CO	NMHC¹	NO_x	MP²	SO₂³	RCHO
Automóveis	475.201,0	14.637,0	2.513,0	1.703,0	7,0	269,0	75,0
Veículos Leves	84.264,0	2.453,0	368,0	716,0	19,4	70,0	8,7
Caminhões	17.632,0	1.030,0	268,0	6.021,0	198,0	465,0	-
Ônibus	4.876,0	362,0	89,0	2.025,0	45,0	33,0	-
Motocicletas	142.698,0	8.709,0	1.182,0	260,0	17,0	31,0	-
TOTAL	724.671,0	27.191,0	4.420,0	10.725,0	286,4	868,0	83,7
Emissão no Litoral Norte Paulista 2013 (t)							
Automóveis	41.983,0	1.293,1	222,0	150,5	0,6	23,8	6,6
Veículos Leves	9.745,0	283,7	42,6	82,8	2,2	8,1	1,0
Caminhões	1.940,0	113,3	29,5	662,5	21,8	51,2	-
Ônibus	399,0	29,6	7,3	165,7	3,7	2,7	-
Motocicletas	24.289,0	1.482,4	201,2	44,3	2,9	5,3	-
TOTAL	78.356,0	3.202,1	502,6	1.105,8	31,2	91,1	7,6

Tabela 8: Emissões Veiculares na RMVP e no Litoral Norte Paulista. NOTAS: nd – não disponível. (1) Emissões evaporativas incluídas para automóveis e comerciais leves do ciclo Otto. (2) MP calculado para veículos flex utilizando Gasolina C. (3) Emissões calculadas pelo método top-down (CETESB, 2013).

Segundo a CETESB (2013), a frota motorizada do estado de São Paulo, em dezembro de 2013, calculada segundo metodologia do inventário estadual, explicitada no relatório de emissões veiculares, era de aproximadamente 14.800.000 veículos, e houve emissões de GEE de 41.000.000tCO_{2eq}. Portanto, com uma frota de 78.356 veículos, a estimativa de emissão da fonte móvel veículos do Litoral Norte Paulista é de 78.440tCO_{2eq}.

3.1.2.6 Potencial Poluidor e da Emissão de GEE da Fonte Móvel (Navios) que atracam no Porto de São Sebastião no Litoral Norte Paulista.

Segundo Pereira (2014), a atividade portuária é classificada como poluidora pelo CONAMA, sendo a principal fonte de poluição ambiental costeira em áreas urbanas.

Os cálculos das emissões dos navios consideraram as seguintes emissões: NO_x, SO₂, CO₂ e Material particulado (Tabela 9 e 10), com base nos fatores de emissões propostos por Tzannatos (2010).

Classe de Navios	NO _x	SO ₂	CO ₂	MP
Porta Contêineres	13,8	12,0	705,0	1,73
Graneleiro (Sólidos)	14,0	11,9	698,0	1,84
Cargas em Geral	13,2	12,1	715,0	1,59
Petroleiro (Graneleiro Líquidos)	14,0	11,9	698,0	1,84

Tabela 9: Emissões por classes de navios enquanto espera na área de fundeio (kg/t de combustível) (TZANNATOS, 2010).

Classes de Navios	NO _x	SO ₂	CO ₂	MP
Porta Contêineres	13,5	12,3	720,0	0,9
Graneleiro (Sólidos)	13,5	12,2	718,0	1,0
Cargas em Geral	13,4	12,2	721,0	0,9
Petroleiro (Graneleiro Líquidos)	13,5	12,2	718,0	1,0

Tabela 10: Emissões por classes de navios quando atracados e no uso das máquinas auxiliares (kg/t de combustível) (TZANNATOS, 2010).

Conforme Pereira (2014), as emissões são estimadas multiplicando-se o consumo de Óleo Diesel Marítimo - MDO por dia, pelos respectivos fatores de emissões de cada tipo de navio. Essas emissões foram estimadas em duas condições distintas de operação: durante a espera na fila e durante o tempo de operação no berço. Ou seja, são apenas consideradas as emissões geradas pelo consumo de MDO durante o serviço de hotel dos navios. A estimativa de consumo, neste caso, toma como base o consumo médio de quatro toneladas por dia de MDO para todas as classes de navios, pois o consumo pode variar entre três e cinco toneladas

dia em função do perfil de operação. Por exemplo: no caso de navios porta contêineres, existe um consumo adicional em função dos contêineres refrigerados a bordo; no caso dos navios tanques, graneleiros líquidos, quando atracados, eles utilizam equipamentos para gerar vapor, bem como as bombas de carga e de lastro; no caso dos navios graneleiros, quando atracados, utilizam os guindastes de bordo, o que pode causar aumento do consumo de MDO. Deste modo, o consumo médio de quatro toneladas por dia é considerado como razoável para a estimativa do impacto gerado pela emissão de poluentes nas áreas portuárias.

Segundo a ANTAQ (2014), o porto de São Sebastião movimentou 756 navios, que permaneceram em média 125,5hs, incluindo o terminal privativo da Petrobras (Tabela 11).

Classes de Navios	Número de Navios	Tempo Médio em Espera no Fundeio (h)	Tempo Médio Atracado (h)
Porta Contêineres	8	15,4	34,5
Graneleiro (Sólidos)	41	72,9	84,8
Cargas em Geral	80	27,8	86,0
Petroleiro (Graneleiro Líquidos)	627	87,0	38,8

Tabela 11: Movimentação de Navios no Porto de São Sebastião e TEBAR em 2013 (ANTAQ, 2014).

Os resultados das estimativas médias das emissões para as várias classes de navios que atracaram no porto de São Sebastião entre os anos de 2010 a 2014 são apresentados na Tabela 12.

Estimativa das Emissões de Fontes Móveis Navios no Porto de São Sebastião e TEBAR - Litoral Norte Paulista em 2013 (t)					
Classes de Navios	Localização do Navio no Porto Organizado	NOx	SO ₂	CO ₂	MP
Porta Contêineres	Esperando em Fila na Área de Fundeio para Atracação	0,28	0,25	14,48	0,03
	Atracados no Berço	0,62	0,56	33,12	0,04
Graneleiros (Sólidos)	Esperando em Fila na Área de Fundeio para Atracação	6,98	5,93	347,70	0,92
	Atracados no Berço	7,82	7,07	416,06	0,58
Carga em Geral	Esperando em Fila na Área de Fundeio para Atracação	4,90	4,48	265,03	0,59
	Atracados no Berço	15,36	13,99	826,75	1,03
Petroleiro (Graneleiros Líquidos)	Esperando em Fila na Área de Fundeio para Atracação	127,29	108,19	6.345,87	16,73
	Atracados no Berço	54,73	49,47	2.911,20	4,05
Total / Poluente		217,98	189,94	11.160,21	23,97

Tabela 12: Resultados das Emissões de Poluentes por classes de navios em 2013. Fonte própria.

Todas as outras fontes de emissões advindas das operações portuárias, como serviços de rebocadores, empilhadeiras, equipamentos de movimentação de mercadorias, e etc., não foram consideradas.

3.1.2.7 Resultados Gerais Potencial Poluidor - Meio Aéreo

O resultado estimado do potencial poluidor – PP e emissões de GEE, por parâmetro poluidor e fonte identificada no Litoral Norte Paulista, em 2013, está na Tabela 13.

FONTES	NOx	SO₂	MP	CO₂eq.
Fixas (Indústrias)	108	139	37	216.943
Móveis (Veículos Automotores)	1.106	91	31	78
Móveis (Navios)	218	190	24	11.160
TOTAL	1.432	420	92	228.181

Tabela 13: Emissões Estimadas de Poluentes Aéreos no Litoral Norte Paulista. Fonte própria.

3.1.2.8 Regime de Chuvas

No Litoral Norte Paulista, fatores como a latitude, o relevo e a alta umidade que se desloca do oceano para o continente podem interferir no regime de chuvas. A orografia influencia na chegada e deslocamento de umidade e massas de ar que definem o tipo de tempo do local. As "chuvas de relevo" ocorrem quando uma massa de ar encontra uma encosta; ela se eleva, entrando em contato com o ar frio. Isso provoca sua condensação e favorece a ocorrência dos índices de precipitação elevada, conforme a Figura 20 (INMET, 2015).

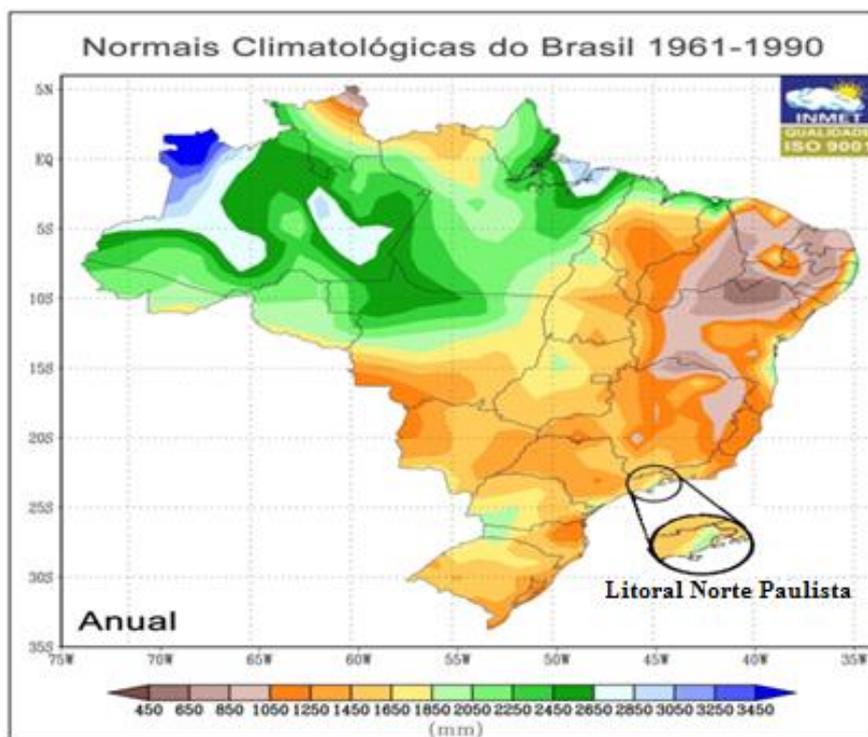


Figura 20: Precipitação Acumulada do Litoral Norte Paulista 1961 a 1990 (mm) (INMET, 2015).

3.1.2.9 Regime de Temperaturas

Como pode ser observado no mapa das médias anuais de temperatura do Estado de São Paulo (Figura 21), o Litoral Norte Paulista apresenta média anual de 24°C.

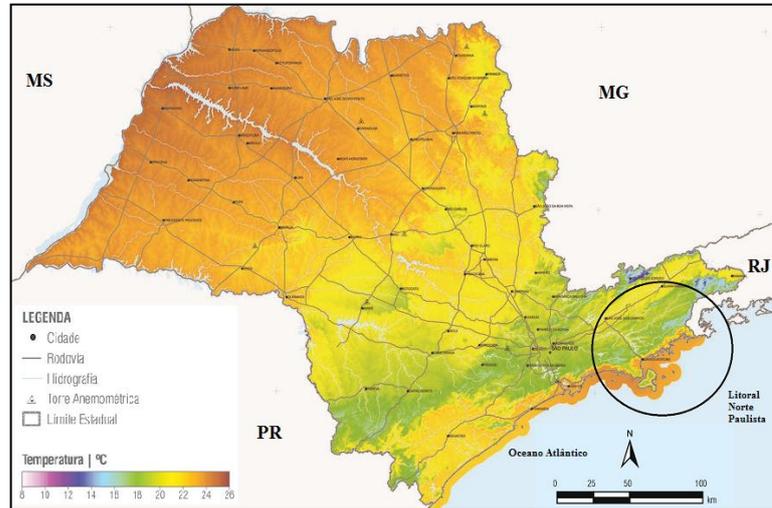


Figura 21: Regime de Temperaturas no Litoral Norte Paulista (SEE, 2012).

3.1.2.10 Regime de Ventos

Segundo a SEE (2012), as direções provenientes e predominantes dos ventos no Estado de São Paulo, são: sudeste, leste e nordeste, dependendo da localização no estado. A ocorrência do vento em cada direção, assim como a velocidade média foram representadas por “rosas de vento” com 16 setores de 22,5 graus e 4 círculos de 2m/s cada. Neste sentido, o Litoral Norte Paulista é singular, por ter uma área *offshore*, com velocidade média de 6,5m/s (Figura 22).

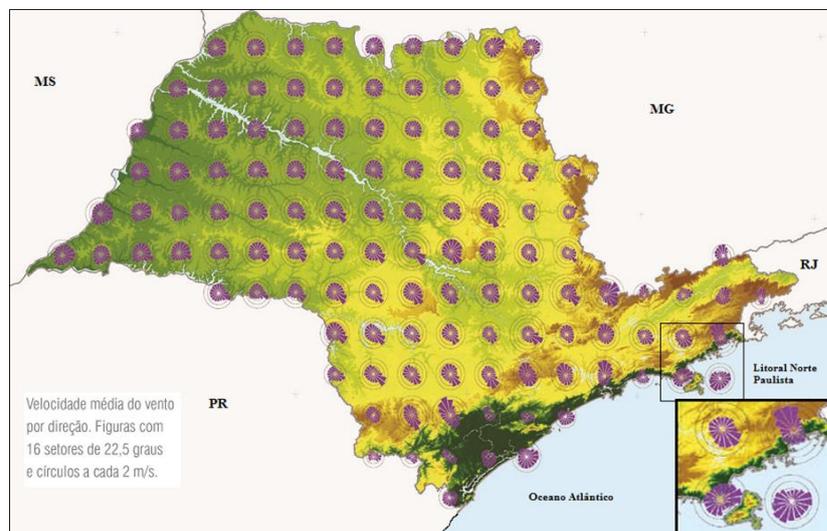


Figura 22: Velocidades de Vento Médio no Litoral Norte Paulista (SEE, 2012).

3.1.3 Meio Terrestre

Segundo a SEE (2013), a herança geológica (Figura 23) do Litoral Norte Paulista, assim como o restante do litoral brasileiro, foi formada durante a abertura do Oceano Atlântico no período Cretáceo e resultou na localização geográfica de 23°05'S e 45°19'W com o alinhamento da linha de costa no sentido geral de sudoeste-nordeste e abertura para leste e sul. As variações do nível do mar durante o Quaternário modelaram a formação atual do Litoral Norte Paulista, no qual a serra do mar está próxima à linha de costa.

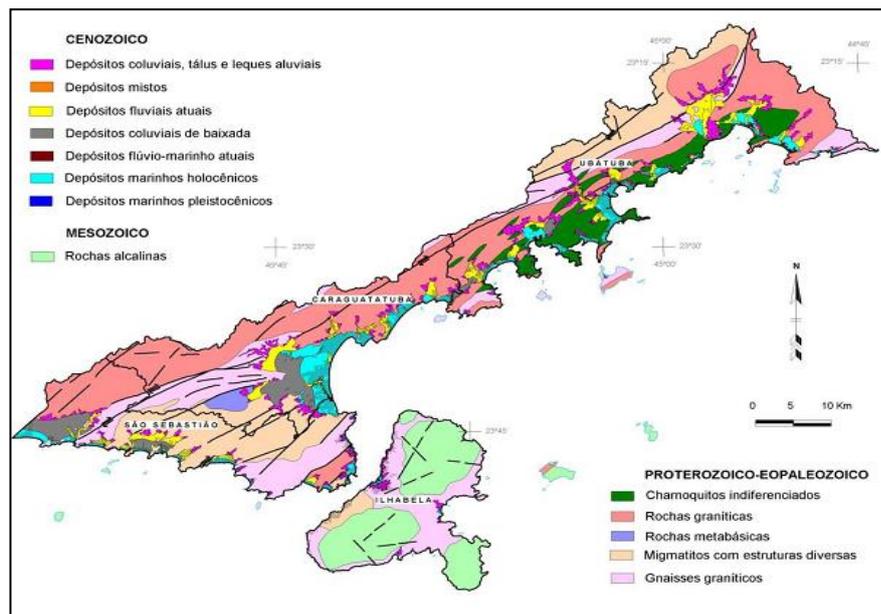


Figura 23: Unidades Litoestratigráficas no Litoral Norte Paulista (Herança Geográfica) (SEE, 2013).

3.1.3.1 Geomorfologia e Geologia

Segundo a SEE (2013), o litoral paulista encontra-se dentro do compartimento geomorfológico definido como Província Costeira. Nessa mesma linha de pesquisa, a Província Costeira é subdividida em duas zonas: Serrania Costeira e as Baixadas Litorâneas. A Zona de Serrania Costeira corresponde à área do Litoral Norte Paulista drenada diretamente para o mar, constituindo o rebordo do Planalto Atlântico. As Escarpas Festonadas, presentes nas regiões de Caraguatatuba e Ubatuba, correspondem à porção da Serra do Mar em contato com a linha de borda do Planalto Atlântico. O sistema de relevo de Montanhas pode ser observado na Ilha de São Sebastião, que preserva altitudes do nível da borda do Planalto Atlântico e mostra-se como um testemunho da intensa erosão que afetou o planalto e que se

desfez nas escarpas da serra do mar. Na região sul de São Sebastião, este sistema de relevo também ocorre na transição da Província Costeira para o Planalto Atlântico (Figura 24).

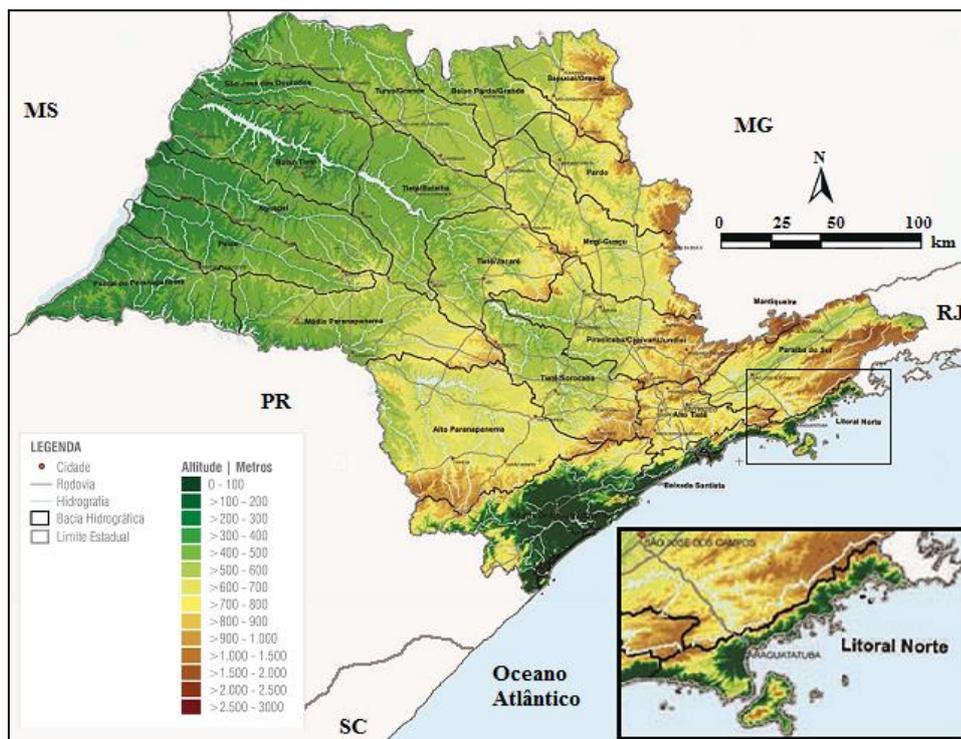


Figura 24: Geomorfologia e Geologia (SEE, 2013).

3.1.3.2 Contaminação do Solo

Uma área contaminada pode ser definida como uma área local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada por quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Nessa área, os poluentes ou contaminantes podem se concentrar em subsuperfície nos diferentes compartimentos do ambiente, por exemplo, no solo, nos sedimentos, nas rochas, nos materiais utilizados para aterrar os terrenos, nas águas subterrâneas ou, de uma forma geral, nas zonas não saturada e saturada, além de poderem também se concentrar nas paredes, nos pisos e nas estruturas de construções. Os poluentes ou contaminantes podem ser transportados a partir desses meios, propagando-se por diferentes vias, como, por exemplo, o ar, o solo ou as águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais ou qualidades e determinando impactos negativos e/ou riscos sobre os bens a proteger, localizados na própria área ou em seus arredores (CETESB, 2015).

Desde 2002, a CETESB passou a divulgar a relação de áreas contaminadas no Estado de São Paulo. A partir de então, o número de áreas cresceu continuamente, inclusive no Litoral Norte Paulista. De vinte e sete áreas identificadas em 2005, passaram a cinquenta e duas em 2009, e em 2013 foram sessenta e três áreas identificadas (Figura 25).



Figura 25: Áreas Contaminadas e Reabilitadas no Litoral Norte Paulista (CETESB, 2015).

3.1.3.3 Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU

Segundo a CETESB (2015), o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo - 2014, para estimar a quantidade de RSU são adotados os índices de produção por habitante conforme a Tabela 14.

População (Número de Habitantes)	Produção (Kg/Habitante/dia)
Até 25.000 Habitantes	0,7
25.001 < Habitantes < 100.000	0,8
100.001 < Habitantes < 500.000	0,9
Acima 500.000 Habitantes	1,1

Tabela 14: Índices Estimativos de Produção (Per-capita) de RSU (CETESB, 2015).

Conforme a CETESB (2015), a situação geral dos quatro municípios do Litoral Norte Paulista é adequada. Segundo o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos – IQR, os enquadramentos observados na disposição final de resíduos sólidos: condição adequada (A),

disposto em aterro particular (A.P), termo de ajuste de conduta (TAC), licenciamento de instalação (LI), licenciamento de operação (LO) e sim (S). As notas dos inventários no período de 2011 a 2014 foram conferidas pelo FEHIDRO e FECOP (Tabela 15).

Município	Agência Ambiental Local CETESB	Resíduos Sólidos Urbanos (t/dia)	Inventários				Enquadramento Observação e Disposição Final		TAC LI LO
			2011	2012	2013	2014			
			IQR	IQR	IQR	IQR			
Caraguatatuba	São Sebastião	96,22	7,8	10	9,8	10	A	D – Tremembé A.P	S
Ilhabela ¹	São Sebastião	25,11	10	10	9,8	10	A	D – Tremembé A.P	S
São Sebastião ²	São Sebastião	64,64	10	10	10	10	A	D – Tremembé A.P	S
Ubatuba ¹	São Sebastião	66,68	10	10	9,8	10	A	D – Jambeiro - A.P	S

Tabela 15: Enquadramento do Litoral Norte Paulista Enquanto Tratamento e Disposição dos RSU (CETESB, 2015).

Segundo a CETESB (2015), para os municípios de Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba, a quantidade estimada da produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é de 361 toneladas por dia.

3.1.3.4 Riscos Geotécnicos

Segundo Iwama et al. (2014), a proporção das áreas de riscos geotécnicos no Litoral Norte Paulista, considerando uma área total de 1.875km², exceto a Ilha Anchieta e outras pequenas ilhas, é de 84,7% para escorregamentos associados aos movimentos de massa, 13,5% para recalques do solo associados com o movimento das marés e os restantes 1,8% correspondem às inundações associadas com às margens de rios e áreas urbanizadas. Na Tabela 16, são apresentados os percentuais de áreas com riscos geotécnicos para cada município e das áreas fora das Unidades de Conservação de Proteção Integral – UCPIs.

Municípios	Riscos Geotécnicos								Percentual Total de Áreas de Riscos Geotécnicos
	Escorregamentos				Inundações		Recalques do Solo		
	Total por Território		Total fora (UCPIs)				Território em Baixas Altitudes Menor de 10m		
	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	
Caraguatatuba	23,0	431,8	2,3	42,5	1,2	23,0	6,0	113,4	30,3
Ilhabela	17,3	324,3	2,7	50,3	-	-	-	-	17,3
São Sebastião	13,2	247,1	2,3	43,9	0,6	10,9	3,0	55,9	16,7
Ubatuba	31,2	584,4	4,9	93,1	-	-	4,5	84,6	35,7
Litoral Norte Paulista	84,7	1.587,0	12,3	229,8	1,8	33,9	13,5	253,9	100

Tabela 16: Percentual das Áreas de Riscos Geotécnicos no Litoral Norte Paulista (IWAMA et al, 2014).

A região já teve evento relacionado com grandes deslizamentos de terra e inundações, como o desastre de Caraguatatuba em 1967 (Figura 26), quando foram registradas 436 mortes e cerca de 3.000 moradores desalojados.

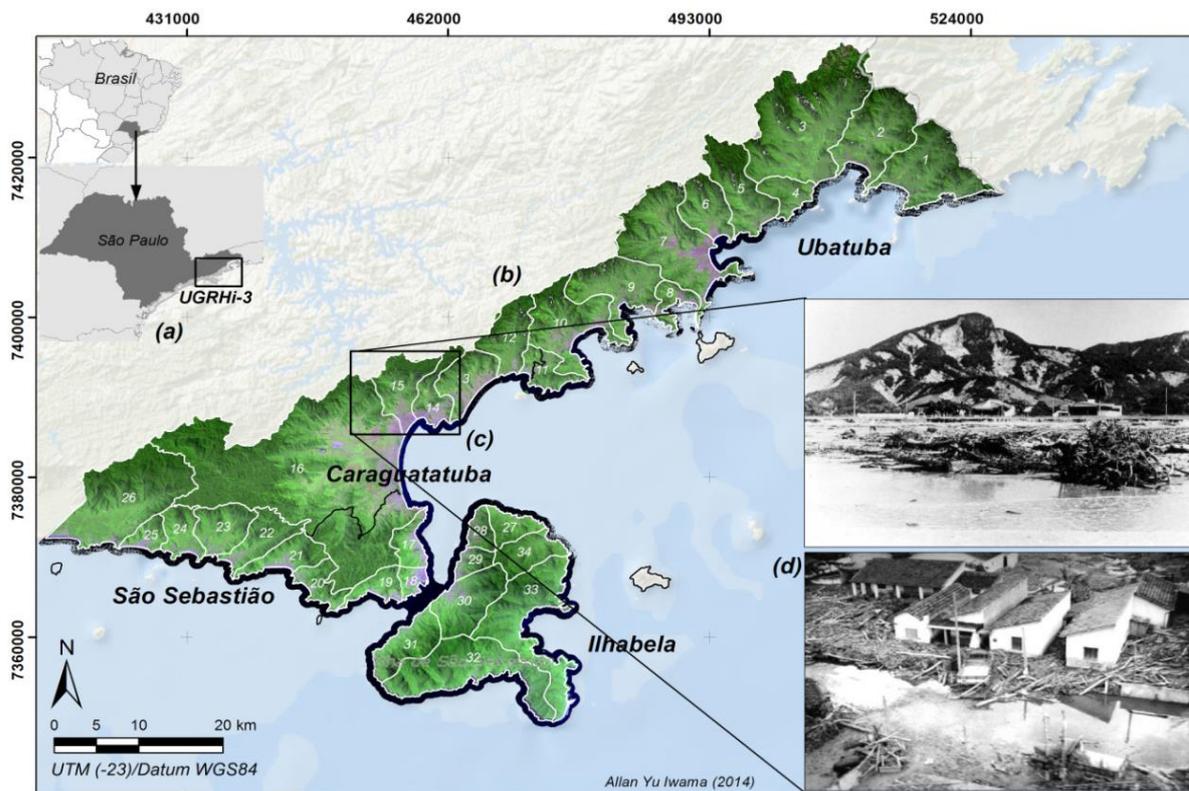


Figura 26: Área afetada pelo desastre em Caraguatatuba – Bacia do Rio Santo Antônio (1967) (IWAMA et al., 2014).

Segundo Iwama et al. (2014), em relação aos riscos geotécnicos associados aos processos de movimentos de massa (Figura 27) em específico aos escorregamentos, cerca de 52% são considerados de muito alta suscetibilidade no município de Ubatuba, 25% em São Sebastião e 22% em Caraguatatuba.

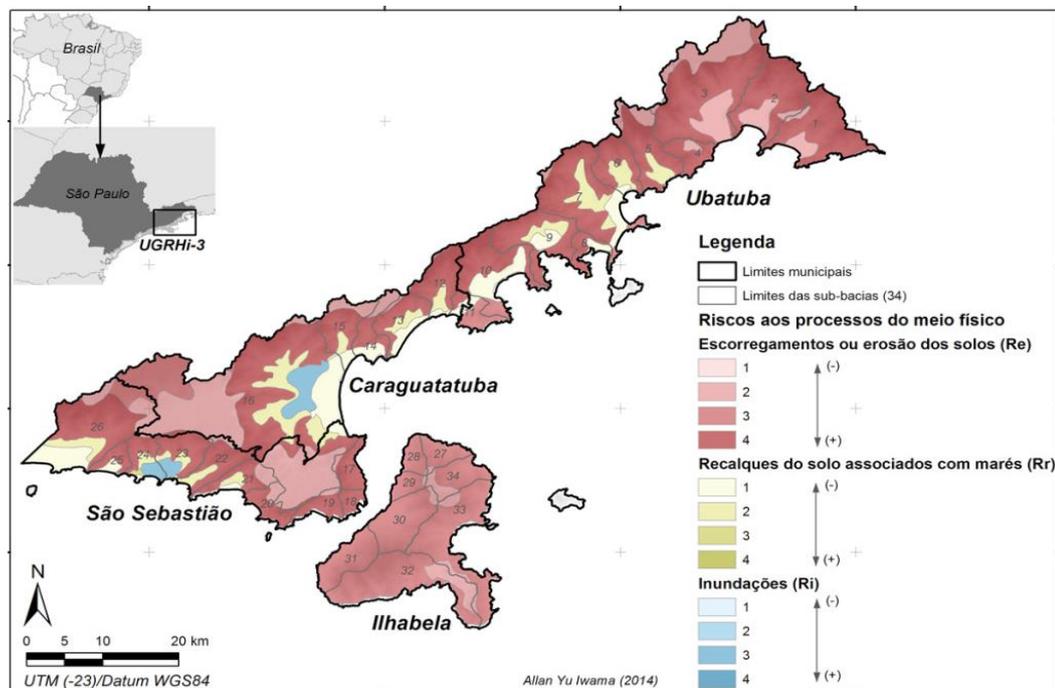


Figura 27: Riscos Geotécnicos Associados aos Processos de Movimentos de Massa em específico aos escorregamentos no Litoral Norte Paulista (IWAMA, et al., 2014).

3.1.3.5 Vegetação Existente

Segundo a SMA (2014), no Relatório de Qualidade Ambiental, o Litoral Norte Paulista caracteriza-se pela presença da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - RBMA. Homologada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura - UNESCO em 1992, o uso do solo é composto, predominantemente, por áreas de conservação, 88,6% do território, conforme a Figura 28, sendo pontuadas por núcleos urbanos. A RBMA engloba uma formação com vegetação característica de regiões tropicais com temperaturas elevadas, em média 25°C, e com alta precipitação pluviométrica bem distribuída durante o ano, com de 0 a 60 dias secos. Dessa forma, a mata passou a ser Floresta Ombrófila Densa dividida nas seguintes categorias em função de gradientes altitudinais: montana de 500m a 1500m e submontana de 50m a 500m, como também os ecossistemas associados: restingas, manguezais, vegetação das ilhas e os costões rochosos, que geralmente aparecem cobertos de bromélias, aráceas e orquídeas.

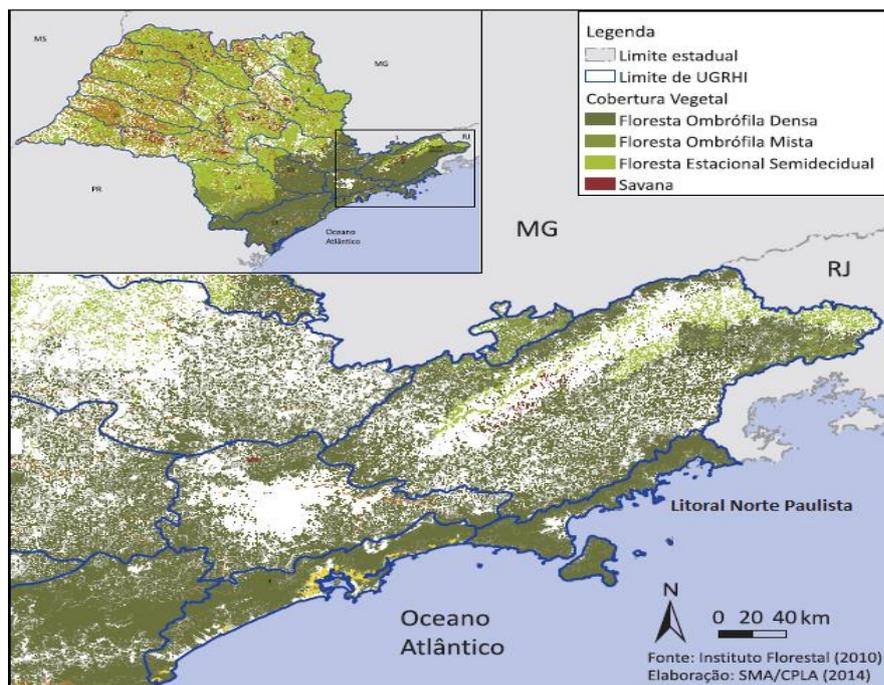


Figura 28: Vegetação Existente no Litoral Norte Paulista (SMA, 2014).

Conforme a SMA (2014), no Relatório de Qualidade Ambiental, os maiores percentuais de vegetação do Estado de São Paulo são encontrados na faixa litorânea, muito em função da existência de diversas Unidades de Conservação e/ou Áreas de Relevante Interesse Ecológico na região (Figura 29).

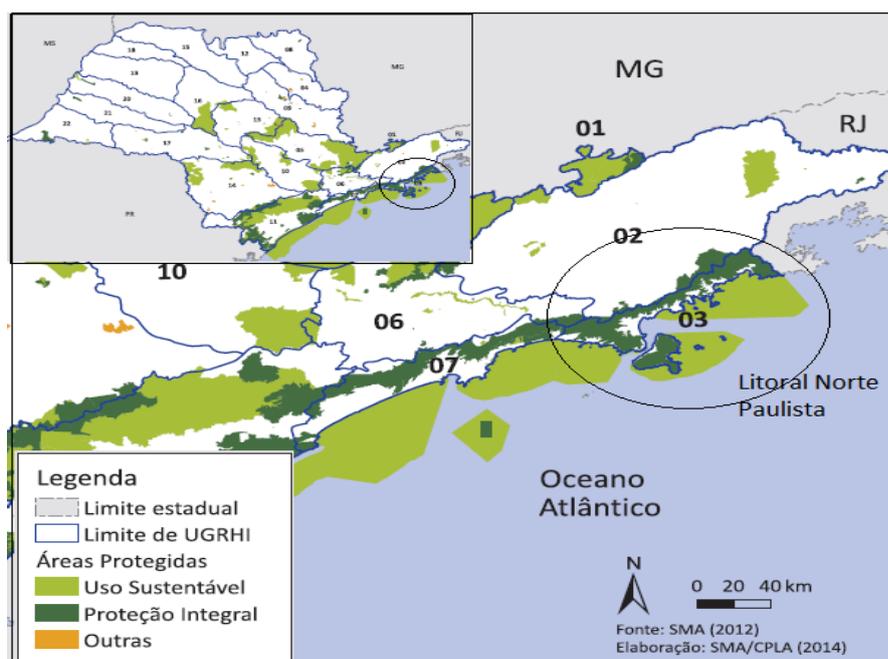


Figura 29: Unidades de Conservação de Proteção Integral no Litoral Norte Paulista (SMA, 2014).

3.1.4 Meio Aquático

Segundo o Comitê de Bacia Hidrográfica do Litoral Norte - CBH-LN (2013), a bacia hidrográfica do Litoral Norte Paulista, diferentemente das bacias localizadas no interior do estado, não é definida por um rio principal e seus tributários, mas por vários cursos d'água que partem de diversas altitudes da Serra do Mar em direção ao Oceano Atlântico. Estes mananciais, de regime torrencial, quando comparados com os rios do Planalto Paulista, são considerados pequenos, mas têm grande importância regional, pois são fontes de água limpa que abastecem a população tradicional e milhares de turistas. Normalmente, percorrem as encostas como córregos pouco caudalosos; porém, ao atingirem a planície, tornam-se riachos e rios de maior porte. Devido à peculiar configuração geográfica dessa faixa litorânea do Estado de São Paulo, onde as cadeias de montanhas se aproximam muito do oceano, as sub-bacias que a compõem apresentam um perfil muito semelhante, com as drenagens que percorrem a Serra do Mar cujo ponto culminante chega a 1.670m. Ou seja, correm em vales encaixados de alta declividade até desaguar diretamente no mar ou atingir a planície costeira. No primeiro caso, a foz do manancial é composta, geralmente, por pequenos blocos de rocha que dão origem a pequenas cachoeiras e corredeiras. No caso seguinte, os rios tornam-se sinuosos e formam pequenos estuários cobertos por mangues, junto às praias (Figura 30).

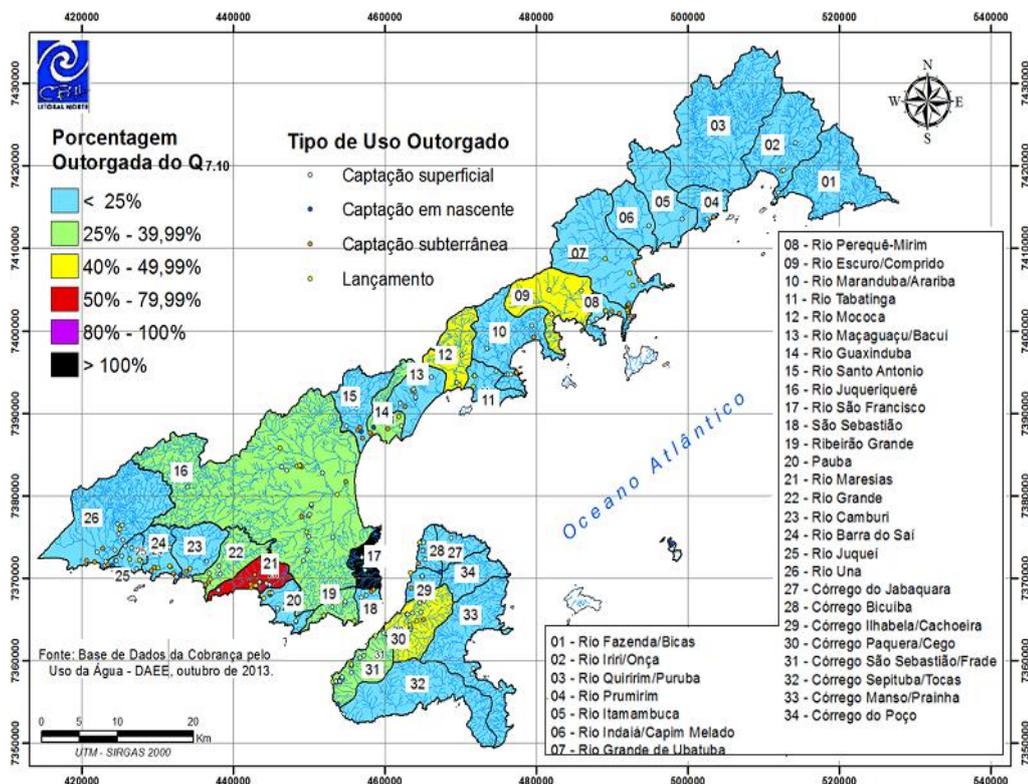


Figura 30: Bacias Hidrográficas do Litoral Norte Paulista (CBH-LN, 2013).

Segundo o CBH-LN (2013), se comparada às outras regiões do Estado de São Paulo, a UGRHI 03 apresenta grande quantidade de águas disponíveis (Tabela 17), principalmente em relação às águas superficiais, demonstrada através da vazão mínima média de 07 dias sequentes, estimada para um período de retorno igual 10 anos - $Q_{7,10}$, da vazão do corpo d'água em 95% do tempo analisado - $Q_{95\%}$ e da vazão média - $Q_{\text{médio}}$. Entretanto, apesar do Litoral Norte Paulista apresentar abundância na quantidade de águas em relação às demais UGRHIs do estado, é importante considerar a fisiografia da região que, embora apresente altos índices pluviométricos, a configuração do relevo condiciona o escoamento superficial em um determinado corpo d'água, o que resulta em um tempo de permanência da água na bacia relativamente curto.

Municípios	Q_{7,10}	Q_{médio}	Q_{95%}	Reservas Explotáveis
Caraguatatuba	7,40	27,40	10,06	3,02
Ilhabela	4,98	19,38	7,11	2,13
São Sebastião	5,87	22,86	8,39	2,52
Ubatuba	10,11	39,35	14,45	4,34
Total	27,00	107,00	39,00	12,00

Tabela 17: Disponibilidade Hídrica Superficial e Subterrânea na UGRHI 03 no Litoral Norte Paulista (m³/s) (CBH-LN, 2013).

Conforme a Agência Nacional de Águas (ANA) (2015), a UGRHI 03, por estar localizada no limite da zona tropical, é fortemente influenciada pelos sistemas tropicais e polares, que atuam de forma desigual na região. O confronto entre esses dois sistemas é um dos principais fatores responsáveis pela alta precipitação pluviométrica da região, conforme Gráfico 11.

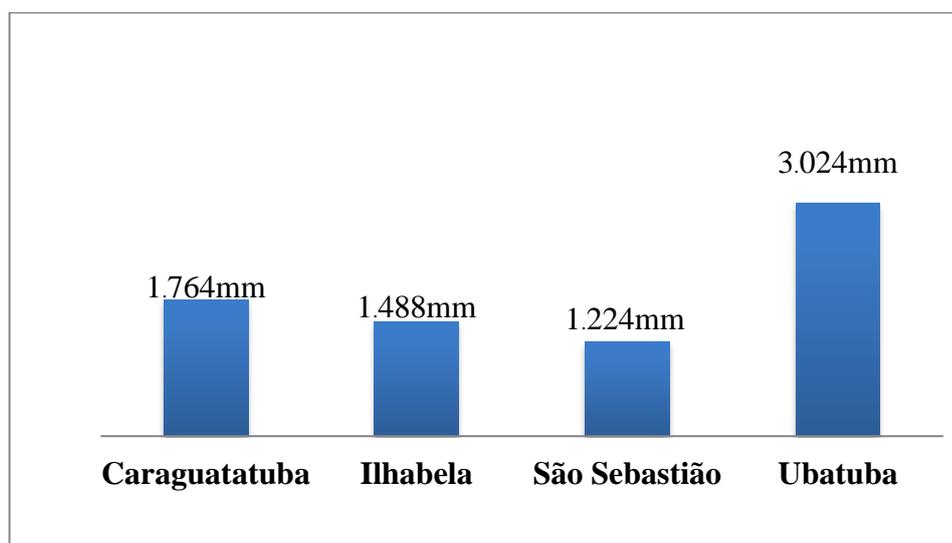


Gráfico 11: Precipitações Médias Anuais Registradas nos últimos 70 anos (DAEE, 2015).

A principal demanda de água na UGRHI 03, quanto à natureza de sua utilização, é o uso consuntivo: refere-se aos usos que retiram a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades quantitativas, espacial e temporalmente, ou seja, abastecimentos urbanos, abastecimento das populações rurais e irrigações, sendo este último de pouca relevância (Gráficos 12).

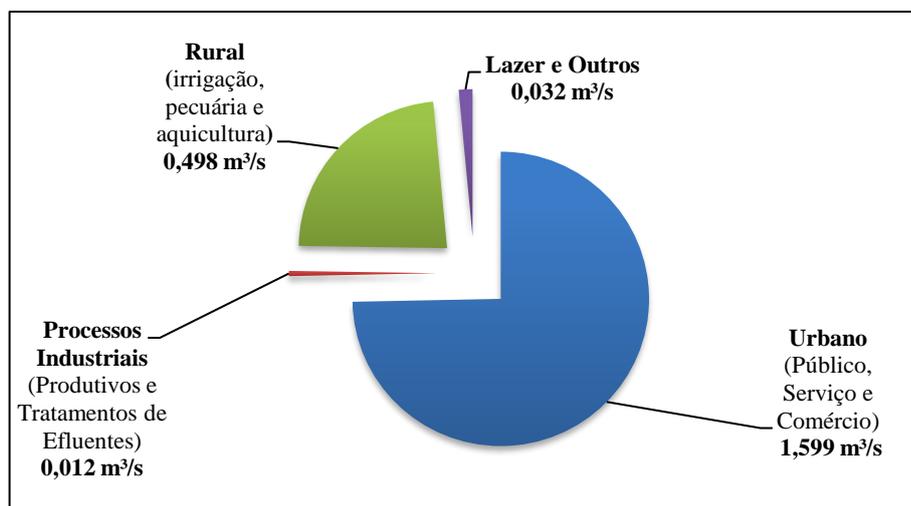


Gráfico 12: Volume de Água Superficial e Subterrânea Requerida em 2012 para o Abastecimento no Litoral Norte Paulista (ANA, 2015).

A maior preocupação com relação ao abastecimento urbano ocorre nos períodos de alta temporada de férias e nos feriados prolongados, pois nessas épocas é grande o fluxo de turistas e veranistas que visitam o Litoral Norte Paulista (Gráfico 13).

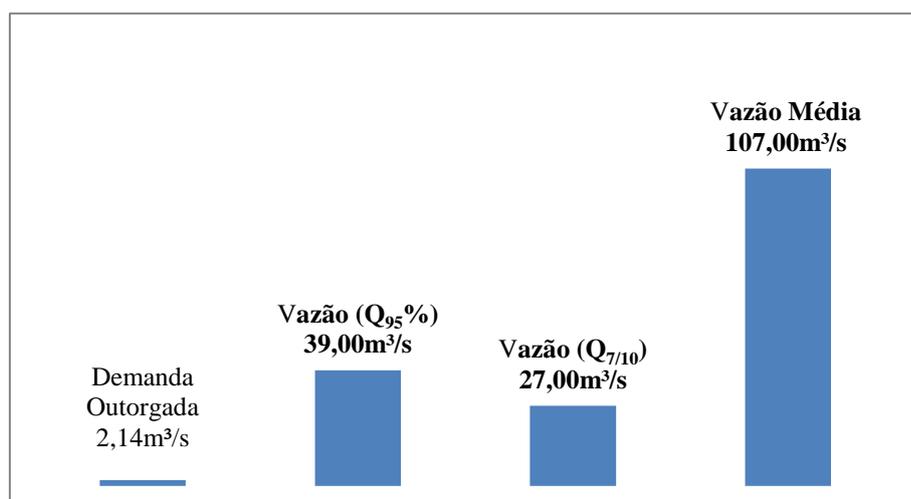


Gráfico 13: Índices de Vazões da UGRHI 03 (ANA, 2015).

Conforme a Sabesp (2013), a produção de água para abastecimento urbano passou de 190,5 milhões de litros por dia na temporada 2009/2010 para 200,8 milhões de litros por dia

na temporada 2011/2012, o que corresponde a uma captação de água dos recursos hídricos diariamente da ordem de (2,32m³/s). Essa vazão permite o atendimento de mais de 1.000.000 de pessoas diariamente na temporada. Passada a temporada, 40% deste volume são suficientes. Para o verão 2013/2014, foram investidos cerca de R\$ 6,7 milhões na melhoria do abastecimento nas quatro cidades do Litoral Norte Paulista.

Segundo o CBH-LN (2013), a demanda outorgada em 2012 foi de 2,14m³/s, ou seja, menor do que 10% da vazão Q_{7/10}. De modo geral, seria muito favorável essa baixa demanda UGRHI 03 se não fosse pelo fato de que ela não é igualmente distribuída entre os mananciais, ou seja, existem sub-bacias captando acima da sua vazão Q_{7/10}.

Conforme a ANA (2015), no que se refere à demanda de água na UGRHI 03, quanto à natureza de sua utilização, usos não consuntivos referem-se aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada. Destaca-se, nessa categoria, o lazer, turismo, recreação, manutenção de biodiversidade fluvial, diluição de esgotos domésticos e mineração, que são muito pequenos, em torno de 0,044m³/s.

4 Listagem e Seleção dos Recursos Energéticos no Litoral Norte Paulista

Segundo Fujii (2006), as opções de recursos energéticos (fontes energéticas e tecnologias de aproveitamento) tornam-se inúmeras, cada qual com características próprias e peculiaridades que podem dificultar sua análise. Além disso, algumas tecnologias podem ser empregadas no aproveitamento de fontes diversas, como é o caso das centrais termelétricas. Apesar da variedade de combinações entre fontes energéticas, a grande distinção necessária durante a análise é sobre a natureza destas: renovável (quando seu uso for lento o suficiente para que novas reservas sejam constituídas) e não-renovável. Contudo, deve-se evitar o equívoco de considerar as fontes energéticas, ainda que renováveis, totalmente limpas. Sempre há, no processo de produção de energia útil, algum(s) subproduto(s) indesejável(s), como poluição do ar e da água, contaminação dos solos e dejetos (FUJII, 2006).

4.1 Recursos Energéticos pelo Lado da Oferta - RELO

No presente trabalho, os RELO são considerados até a transformação para suas formas secundárias, como energia elétrica.

4.1.1 Solar

Conforme o CRESESB (2013), toda a região do Litoral Norte Paulista, possui uma radiação diária entre 7 horas por diária em média anual de insolação, conforme a Figura 31.



Figura 31: Média Anual de Insolação no Brasil em (horas/dia). Adaptada do Atlas Solarimétrico do Brasil. Fonte: (CRESESB, 2013).

4.1.1.1 Aspectos Técnico-Econômicos

Segundo o MME (2015), o aproveitamento da energia de fonte solar pode ser feito de forma ativa e passiva. A primeira ainda pode ser dividida em: solar hélio-térmica, solar hélio-convectiva e fotovoltaica. A segunda, por sua vez, se resume as aplicações na construção civil (Figura 32).



Figura 32: Sistemas: Painéis Fotovoltaico Móveis, Hélio-Convectivos e Hélio-Térmicos (FUJII, 2006).

As energias solares: hélio-térmica e hélio-convectiva, fazem a conversão da irradiação solar em calor para geração de energia elétrica. A primeira, através de sistemas que utilizam um ciclo de vapor tradicional com turbinas, e a segundo, através de sistemas eólicos que utilizam a corrente de ar aquecido no interior de uma chaminé. Os processos completos estão ligados a otimização de quatro fatores: (1) coleta da irradiação solar, (2) conversão em calor, (3) fluxo, transporte e armazenamento do calor e sua (4) conversão final em eletricidade. As tecnologias desenvolvidas são caracterizadas pelo formato da superfície refletora e pelo tipo de armazenamento, onde a luz solar é coletada, concentrada e transformada. Para o aproveitamento das energias solares: hélio-térmica e hélio-convectiva, é necessário um local com alta incidência de irradiação solar direta, ou seja, pouca intensidade de nuvens e baixos índices pluviométricos, muito semelhantes as encontradas na região do semiárido do nordeste brasileiro (MME, 2015).

Segundo o CRESESB (2014), na energia solar fotovoltaica, o princípio físico de funcionamento, denominado efeito fotovoltaico (foto= luz; volt= eletricidade), ocorrem nas células fotovoltaicas, as quais são essencialmente junções P-N, onde existem portadores (positivo e negativo), equivalentes a diodos semicondutores de Silício, de grande área. A incidência de fótons (energia luminosa) nesta junção causa o aparecimento de cargas elétricas, sob forma de pares elétron-lacuna, e, conseqüentemente, de uma corrente elétrica. Quanto maior a intensidade de luz, maior o fluxo de eletricidade. Um sistema fotovoltaico não precisa exclusivamente do brilho do sol para operar, ele também gera eletricidade em dias nublados, entretanto, a quantidade de energia gerada depende da densidade das nuvens.

Considerando as características das tecnologias apresentadas, optou-se, pelo sistema fotovoltaico. Todavia, a possibilidade de instalação nos telhados foi essencial para a escolha, em razão da escassez de áreas livres para empreendimentos deste porte no Litoral Norte Paulista, como já ficou evidenciado neste trabalho.

4.1.1.2 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica – SFCR

Segundo a EPE (2014), os estudos mostraram que a inserção fotovoltaica estaria mais próxima de se realizar naturalmente via geração distribuída, especialmente na autoprodução residencial (Figura 33) e comercial, dada a iminência da ocorrência da paridade tarifária, ou seja, a equiparação do custo da energia gerada por um SFCR e as tarifas praticadas pelas distribuidoras.

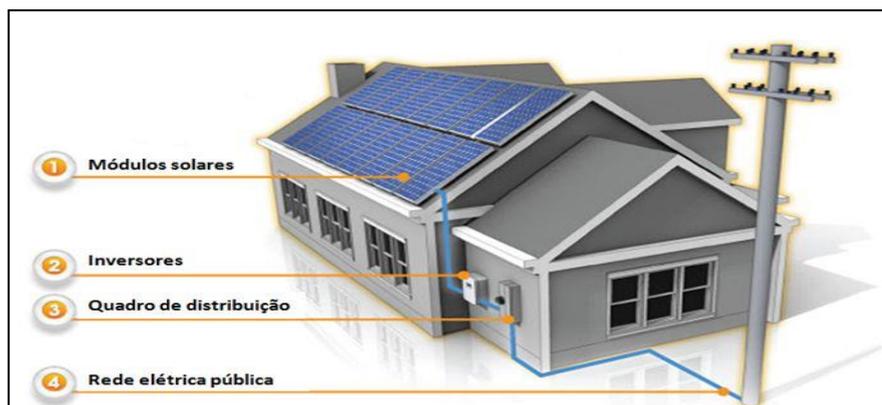


Figura 33: Autoprodução Residencial de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (ENERGIATECSOLAR, 2015).

Conforme a EPE (2014), o levantamento do potencial técnico da geração distribuída através do sistema fotovoltaico, se baseia em três fatores preponderantes: mapeamento da irradiação solar no país, área de telhados disponível para instalação e a eficiência na conversão da energia solar em eletricidade. Ao final, um mapa por município, ilustra os potenciais técnicos de geração distribuída a partir do sistema fotovoltaico no setor residencial (Figura 34).

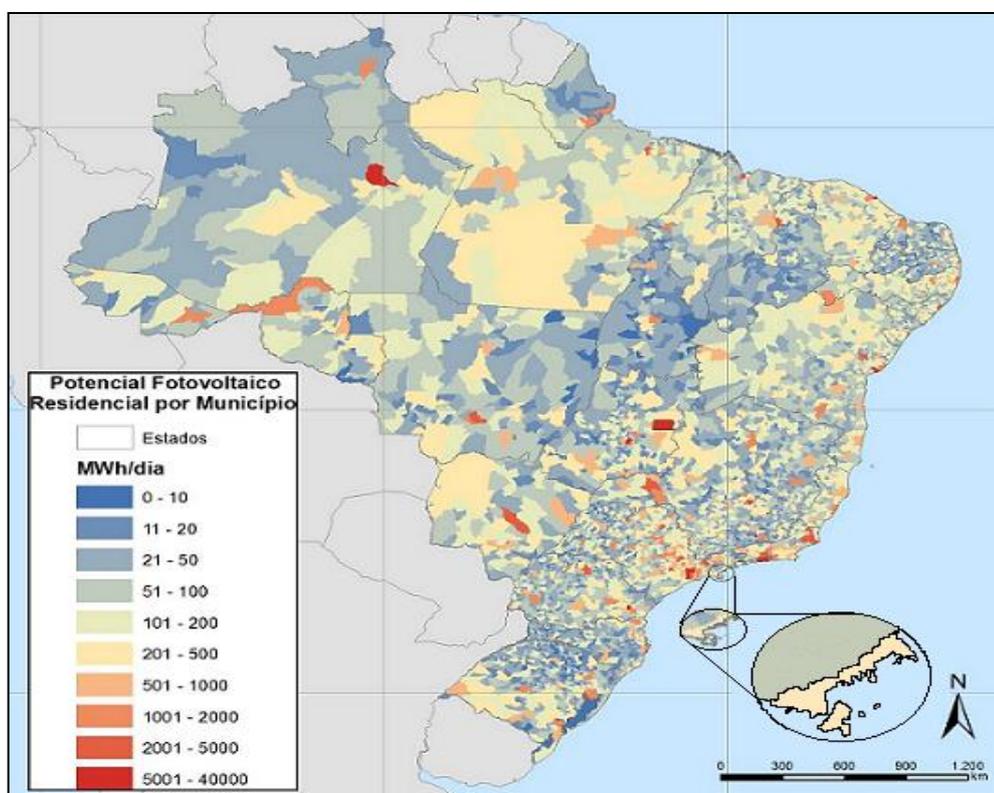


Figura 34: Mapa ilustrativo do potencial técnico de geração distribuída do sistema fotovoltaico no setor residencial no Brasil e nos municípios do Litoral Norte Paulista (EPE, 2014).

4.1.1.3 Aspectos Ambientais

Os sistemas fotovoltaicos não emitem poluentes durante sua operação. Os impactos ambientais durante sua operação se restringem à área ocupada, especialmente quando comparados aos sistemas de geração fóssil e hídrica de pequeno porte. Os impactos ambientais mais severos ocorrem durante sua construção e desativação/descarte. Eles são especialmente graves nos sistemas fotovoltaicos, normalmente compostos por baterias, principalmente devido ao descarte destas.

4.1.2 Eólica

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento “vento”. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cata-ventos e moinhos de vento, para trabalhos mecânicos como bombeamento d’água (ANEEL, 2015).

4.1.2.1 Aspectos Técnico-Econômicos

Segundo a SEE (2012), as velocidades de ventos médio anual, representam a principal informação do potencial eólico do estado de São Paulo (Figura 35). No contexto atual, valores médios anuais acima de 6,5 m/s são considerados interessantes para projetos de parques eólicos, pois a partir dessa velocidade de vento é possível atingir fatores de capacidade maiores do que 30%. Neste sentido, o Litoral Norte Paulista é singular, por ter uma área *offshore* promissora.

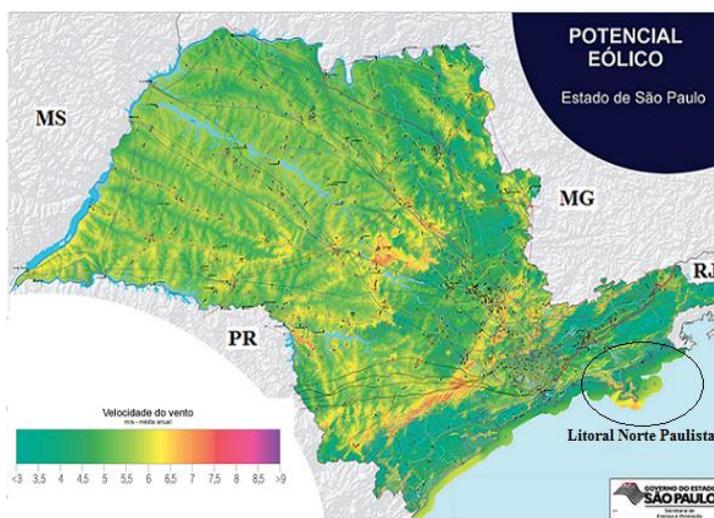


Figura 35: Velocidades de Vento Médio no Litoral Norte Paulista (SEE, 2012).

Conforme Fujii (2006), existem diversos tipos de turbinas eólicas atualmente, devido à flexibilidade na construção das mesmas, e da possibilidade de serem instaladas em terra ou no mar, isolados ou agrupados em parques (Figura 36).



Figura 36: Locais Possíveis de Instalações de Turbinas Eólicas (CRESESB, 2007).

4.1.2.2 Parques Eólicos Offshore

A tecnologia de instalação de “parques eólicos” pode se dividir em “*onshore*”, quando a instalação for em terra; e “*offshore*”, quando a instalação for marítima. Na primeira tecnologia, o custo de instalação é mais baixo; contudo, na segunda tecnologia, o potencial de geração é maior.

Segundo Medeiros (2014), quando da comparação entre os dois tipos de empreendimentos eólicos, é possível citar vantagens da fonte “*offshore*” em relação à “*onshore*”, a saber: (1) o recurso eólico é maior no mar, possui menos turbulência e mais estabilidade, o que diminui a fadiga das turbinas e aumenta seu tempo de vida útil; (2) pode gerar mais energia a partir de menos turbinas; (3) possui grande disponibilidade de área marítima sem que seja necessário arrendamento de terrenos ou compras de faixas de terras que encarecem o custo do projeto; (4) no mar há a vantagem de que geralmente as grandes cidades estão situadas em regiões costeiras.

Dentre as tecnologias para parques eólicos *offshore*, a plataforma flutuante e semissubmersível que fica ancorada no leito do mar “*WindFloat*” aumenta as possibilidades para a geração eólica marítima. O sistema adapta-se a qualquer tipo de turbina eólica. A sua estabilidade é conseguida através de um sistema de comportas que se enchem de água na base dos três pilares, associadas a um sistema de lastro estático e dinâmico. Este sistema é totalmente construído em terra, incluindo a montagem da turbina, evitando assim difíceis e dispendiosos trabalhos em alto mar (EDP, 2015).

Segundo a Empresa de Energias de Portugal - EDP (2015), que testa um modelo em escala semicomercial em Aguçadoura – Portugal, existe uma subestação elétrica de onde parte o cabo submarino de energia que interliga o *WindFloat* e outros dispositivos de energia *offshore* da região. O *WindFloat* foi ligado em 22 de outubro de 2011. No primeiro ano de testes no mar, o dispositivo havia produzido e injetado na rede nacional portuguesa 2,5GWh, energia suficiente para atender a mais de 1000 habitações. Ao longo desse primeiro ano, o dispositivo passou por testes extremos, ao enfrentar, sem qualquer problema, vagas de 15m de altura. Na região, são normais alturas significativas de 6m e alturas máximas de 12,5m.

Com 70% da superfície da Terra ocupada por oceanos, percebe-se a relevância deste projeto (Figura 37), para a sustentabilidade do nosso planeta, pois ele abre um novo território imenso para a captura dos recursos eólicos, em águas profundas, onde o vento é mais intenso e regular e não existe impacto visual (EDP, 2015).

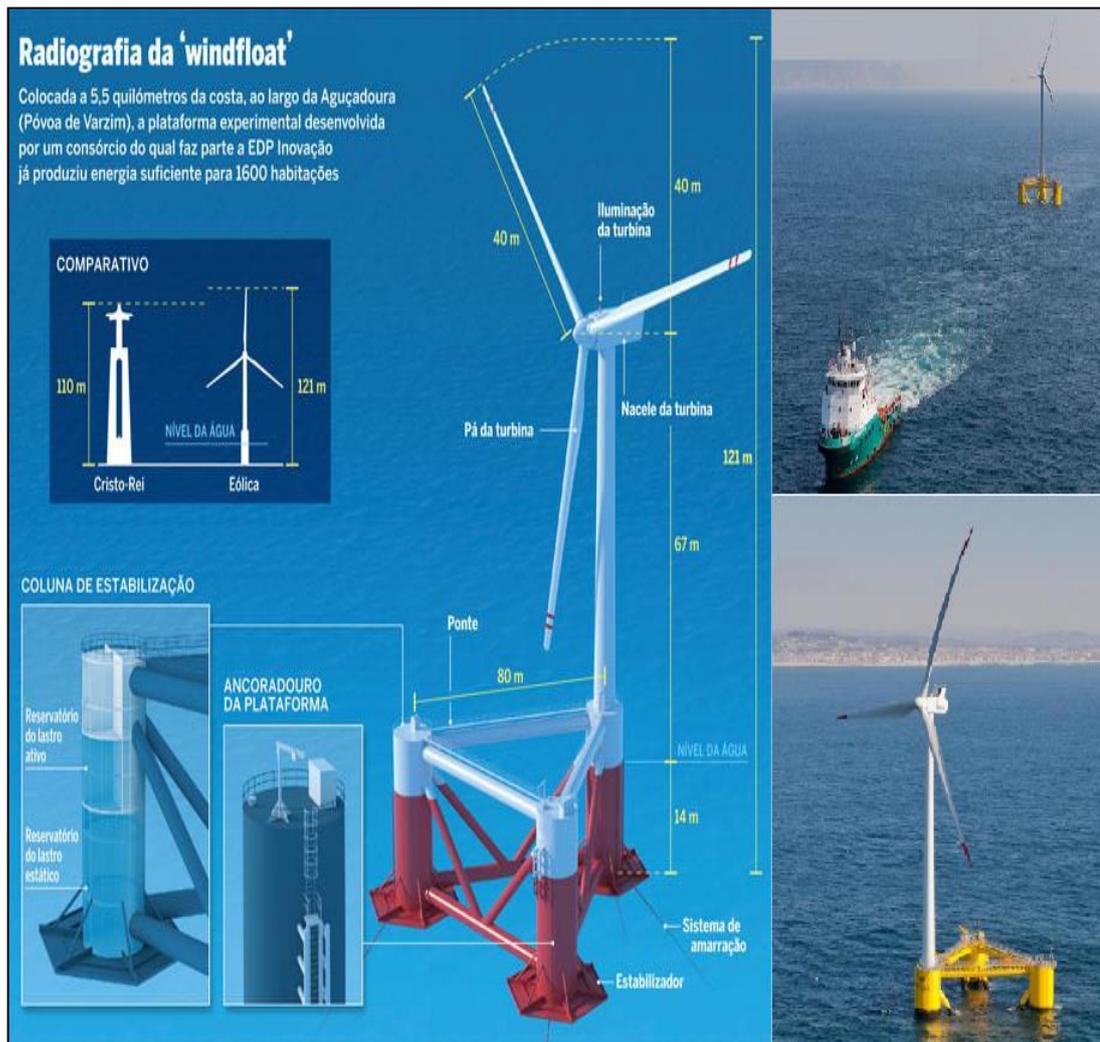


Figura 37: Tecnologia *offshore* – Turbina Eólica em Plataforma Flutuante – *WindFloat*. Notas: 1ª) Foto: Reboque até o ponto de instalação; 2ª) Foto: Ponto definitivo do *WindFloat*. OBS.: As instalações e amarrações são feitas pelo mesmo navio reboque. Fonte: (EDP, 2015).

4.1.2.3 Aspectos Ambientais

Segundo Terciote (2002), os impactos negativos são o ruído, o impacto visual, interferência nas rotas migratórias de pássaros, inclusive em turbinas *offshore* (Figura 38).

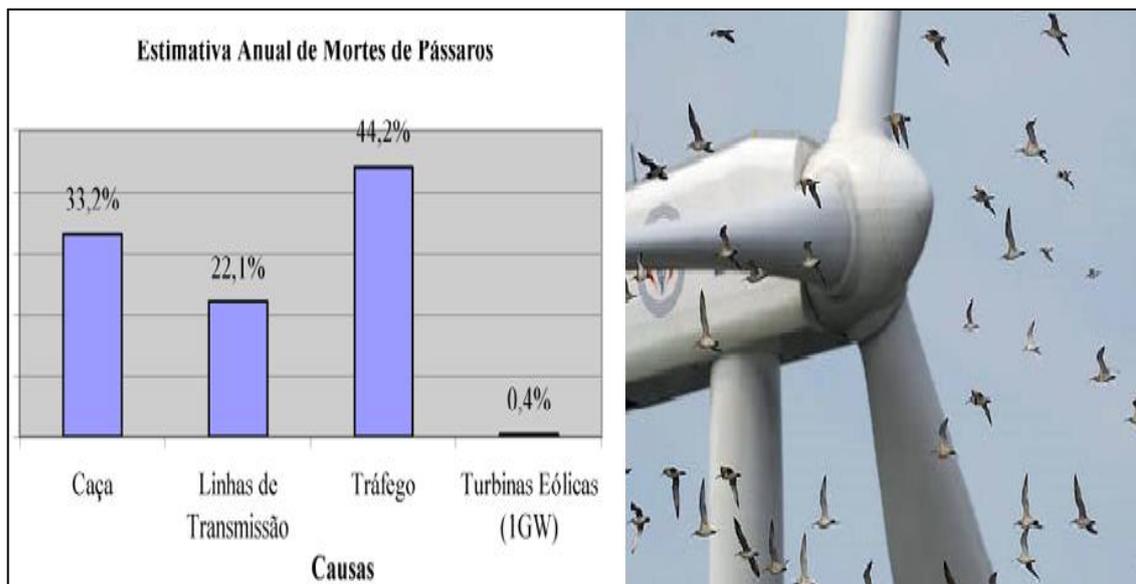


Figura 38: Levantamento dos Impactos Negativos de Parques Eólicos Realizados nos Países Baixos – Europa (TERCIOTE, 2002).

Conforme Fujii (2006), o nível dos ruídos produzidos pelas turbinas eólicas tem caído com a inserção de novas configurações, estando atualmente na casa de 35 – 45dB (Tabela 18).

Origem/Atividade	Nível do ruído em dB(A) (medidos acusticamente)
Limite de suportabilidade humana	140
Avião a jato a 250 m	105
Britadeira a 7 m	95
Caminhão a 48 km/h a 100 m	65
Escritório movimentado	60
Carro a 64 km/h	55
Fazenda eólica a 350 m	35-45
Quarto silencioso	20
Ruídos noturnos de fundo em localidades rurais	20-40
Limite da audição	0

Tabela 18: Níveis de Ruídos de Diversas Fontes (DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, 1993 apud BOYLE, 2004, p. 271 apud FUJII, 2006).

4.1.3 Hídrica

A energia hídrica vem sendo utilizada pela humanidade há longo tempo e, assim como a maioria dos recursos renováveis, ela é de um tipo que deriva indiretamente da luz solar. Ao contrário de outras fontes renováveis, já contribui significativamente para a energia total produzida no mundo, 16,4%. Sua tecnologia de aproveitamento é largamente difundida por vários países (Figura 39). Esse fato contribui para que seus custos sejam dos mais baixos dentre os das energias renováveis (ANEEL, 2008).



Figura 39: Usina Hidrelétrica de Itaipu (ANEEL, 2008).

4.1.3.1 Aspectos Técnico-Econômicos

A geração de energia elétrica a partir da energia hídrica baseia-se na conversão da energia cinética da água dos rios em eletricidade através de turbinas e de geradores elétricos instalados em uma Usina Hidrelétrica – UHE, conforme apresenta a Figura 40.

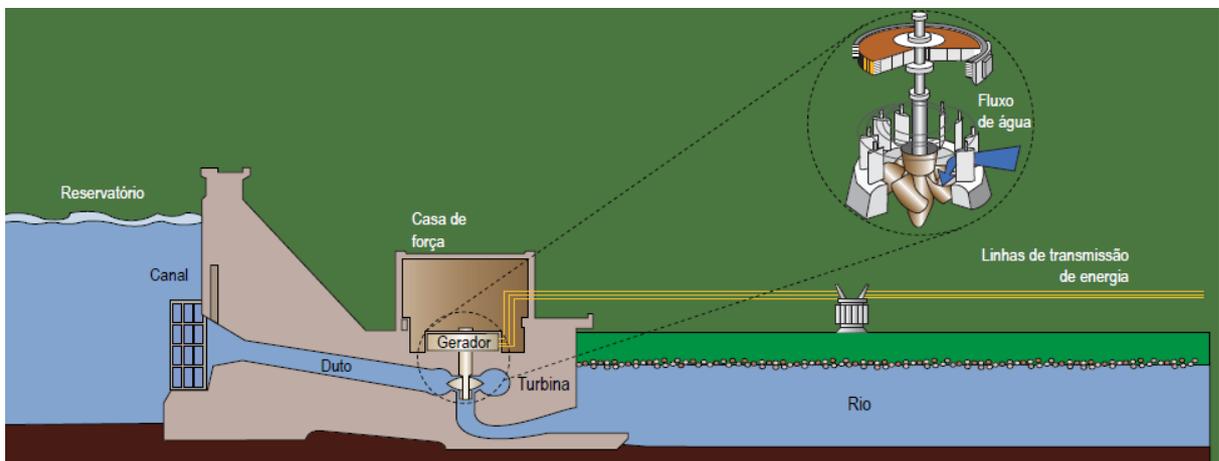


Figura 40: Perfil Esquemático de Usina Hidrelétrica (UHE) (ANEEL, 2008)

Segundo a ANEEL (2008), os aproveitamentos hídricos são classificados segundo as potências instaladas: (1) até 1MW - Central Geradora Hidrelétrica - CGH; (2) entre 1,1 MW e 30MW - Pequena Central Hidrelétrica – PCH; e (3) acima de 31MW - Usina Hidrelétrica e Usina Hidrelétrica Reversível. Na Figura 41 são apresentados dois exemplos de tecnologia de aproveitamento hídrico, PCH e UHR, ambas selecionadas para este trabalho.

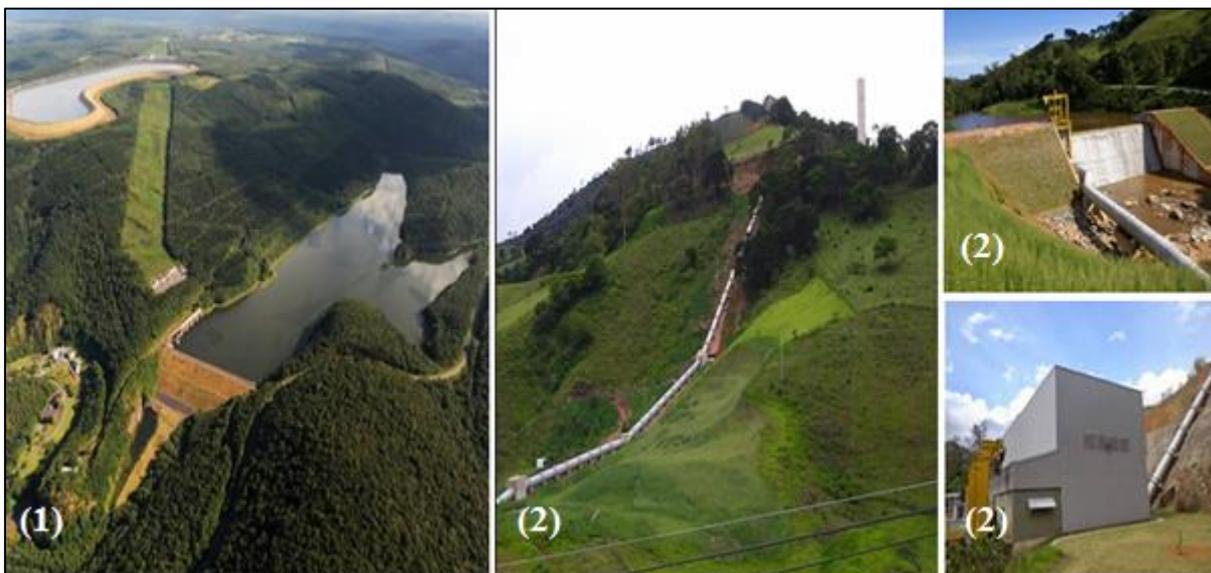


Figura 41: Exemplos: ⁽¹⁾ UHR – Revin – França e ⁽²⁾ PCH – Ninho da Águia – Delfin Moreira – MG.
Fonte: (ELETRONORTE, et al., 2014) e Ribeiro J.F.(2016).

4.1.3.2 Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH

Conforme ANEEL (2008), o Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas – CERPCH, localizado na Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, classifica as quedas d’água, como: altas, quando superiores a 150m; baixa, quando até 15m, e os tipos de reservatórios: (1) acumulação e (2) fio d’água. O primeiro tipo funciona como “estoque de energia” a ser utilizado em períodos de estiagem, o que significa dizer que quanto maior for o volume estocado, maior será a confiabilidade do aproveitamento hidráulico. O segundo tipo gera energia com o fluxo de água do rio, ou seja, pela vazão com mínimo ou nenhum acúmulo do recurso hídrico (ANEEL, 2008).

4.1.3.3 Usinas Hidrelétricas Reversíveis – UHR

Segundo Zuculin et al. (2014), o conceito de Usina Hidrelétrica Reversível – UHR, pode não parecer razoável num primeiro instante por se tratar de uma instalação que tanto gera quanto consome energia, conforme estiver turbinando ou bombeando água. É possível admitir que esse tipo de usina tenha um caráter neutro ou até mesmo negativo na produção de energia. Ocorre, porém, que a relevância e a oportunidade de UHR devem ser avaliadas sob o ponto de vista tanto das necessidades sistêmicas, ou seja, mais ofertas às dificuldades operacionais que se avolumam conforme as tendências da expansão da oferta e da demanda; como da configuração do sistema interligado, considerando também os benefícios regionais para atendimento de ponta, confiabilidade, controle, modulação das disponibilidades, dentre outros.

O armazenamento de energia por bombeamento depende de um reservatório de água superior e outro inferior. A água é bombeada do reservatório inferior para o reservatório superior durante períodos de baixa demanda de energia no sistema e preços baixos, geralmente à noite, e liberada para ser turbinada e gerar eletricidade quando a demanda por energia ou requisitos elétricos e os preços estão altos. As UHR são inerentes a sistemas elétricos que combinam fontes de energia renováveis, como a eólica e a solar, pois podem compensar intermitências, nivelando as flutuações características dessas fontes (Figura 42). A UHR pode funcionar como uma carga na forma de bateria, armazenando a energia gerada por outras tecnologias (ZUCULIN et al., 2014).

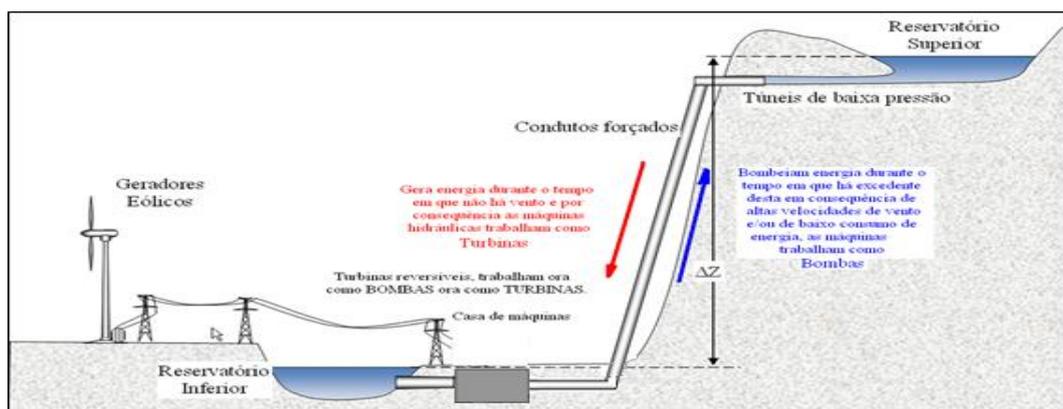


Figura 42: Esquema de Operação da Usina Hidrelétrica Reversível (UHR) e Parques Eólicos (ANEEL, 2008).

Conforme Zuculin et al. (2014), a maior vantagem da UHR é armazenar energia em horários de menor demanda e gerar energia nos horários de maior demanda. Em razão disto, as UHR representam parte significativa do parque gerador em diversos países e vêm tendo utilização crescente. A potência instalada atual no mundo é de 127.000MW.

Segundo Zuculin et al. (2014), um projeto de pesquisa e desenvolvimento da ANEEL nos termos da lei 9991/2000 foi desenvolvido pela Companhia Energética de São Paulo – CESP, entre 2013 e 2014. Um estudo de caso de UHR na serra do mar no Litoral Norte Paulista, ao nível de projeto de concepção, foi realizado, partindo das características geográficas conhecidas historicamente.

Conforme Zuculin et al. (2014), buscou-se contextualizar a importância, os benefícios e os contraditórios da implantação de uma UHR onde no passado foi projetada a “Usina Hidrelétrica Caraguatatuba”, com as finalidades inerentes a este tipo de usina, associadas à melhoria das condições elétricas do Litoral Norte Paulista, conciliando benefícios ao Sistema Interligado Nacional - SIN. Essa alternativa havia sido estudada e demonstrava vantagens de ordem logística, ecológica e de suporte básico de investigações, pois já contava com acessos rodoviários implantados, instalações em faixa já explorada por outros empreendimentos e, por isso, com menor impacto ecológico adicional, além de considerável volume de dados topográficos e geológicos devido aos estudos realizados.

4.1.3.4 Aspectos Ambientais

Segundo Goldemberg e Lucon (2007), os aspectos ambientais da geração de eletricidade, por sistemas hidrelétricos, variam em relevância, mas sobretudo em sua dimensão espaciais, tendo em vista a distinção entre os impactos locais: Alagamento com a Construção de Barragens; Alteração nos Regimes dos Rios a Jusante; Assoreamento a Montante da Barragem; Barreiras à Piracema (Migração de Peixes); Interferência na Fauna e Flora atingidas pelo Alagamento; Proliferação de Algas; Perda do Patrimônio Histórico, Arqueológico e Turístico e Remoção de Populações atingidas pelo Alagamento, e o impacto global: Emissões consideráveis de CH₄, originadas da decomposição anaeróbica da matéria vegetal submersa. De acordo com a Comissão Mundial sobre Represas - WCD, tais emissões variam muito, podendo ser pequenas, no caso dos climas “boreais” como no Canadá e na Escandinávia, ou 500 vezes maiores, no caso de algumas represas brasileiras, atingindo níveis similares aos de termelétricas.

Neste sentido, os sistemas: PCH e UHR, em tese causam um dano ambiental menor, quando comparadas aos sistemas de UHE tradicionais. Ou seja, a PCH pode usar reservatório a fio d’água, e a UHR necessita de dois pequenos reservatórios, estes suficientes para o armazenamento do volume estritamente necessário para as horas diárias de geração de energia elétrica.

4.1.4 Gás Natural e Resíduos Sólidos Urbanos

- **Gás Natural - GN**

BRASIL. Lei nº: 9478 de 06 agosto de 1997, define o GN como todo hidrocarboneto que permaneça em estado gasoso nas condições atmosféricas normais. É extraído diretamente a partir de reservatórios, petrolíferos ou gaseíferos, incluindo gases úmidos, secos, residuais e gases raros.

Segundo o Instituto Superior de Planejamento e Desenvolvimento Estratégico – ISPDE (2010), da Universidade Santa Úrsula, o GN é uma energia de origem fóssil, uma mistura de hidrocarbonetos leves (Tabela 19), entre os quais se destaca o metano CH₄, que é um produto incolor e inodoro, não é tóxico e é mais leve que o ar.

Componentes (% volume)	Bacia de Campos	Bacia de Santos	Bolívia
Metano (CH ₄)	89,35	88,32	91,80
Etano (C ₂ H ₆)	8,03	6,06	5,58
Propano (C ₃ H ₈)	0,78	3,07	0,97
Iso-Butano (C ₄ H ₁₀)	0,04	0,44	0,03
N-Butano (C ₄ H ₁₀)	0,03	0,70	0,02
Pentano (C ₅ H ₁₂)	0,01	0,27	0,10
Hexano (+)	-	0,08	-
CO ₂	0,48	0,15	0,80
Nitrogênio	1,28	0,68	1,42

Tabela 19: Componentes do GN por Origem de Produção (ISPDE, 2010).

Além disso, o GN é uma energia carente de enxofre, e a sua combustão é completa, liberando como produtos da mesma o dióxido de carbono - CO₂, e vapor de água, sendo os dois componentes não tóxicos (ISPDE, 2010).

- **Resíduos Sólidos Urbanos**

Gerir eficientemente os RSU, reciclando matérias primas importantes como vidro e metais e o restante sendo destinado para uso energético, contribui para a redução do consumo dos combustíveis fósseis, como o GN na geração de energia elétrica. Isso fica muito claro na opção por Usinas Termelétrica Híbrida – UTH, a GN e a RSU, uma vez que a energia elétrica gerada por usinas termelétricas de incineração de RSU, pode substituir parte da energia elétrica gerada por usinas termelétricas que utilizem combustíveis fósseis (PARO et al., 2008).

4.1.4.1 Aspectos Técnico-Econômicos

4.1.4.1.1 Usina Termelétrica – UTE/GN

Segundo a Ibiritermo S/A (2015), a geração de eletricidade a partir do GN é, como nas outras fontes fósseis, baseada em usinas termelétricas - UTE. Estas podem ser de ciclo aberto, com apenas turbinas a gás, ou de ciclo combinado, com turbinas a gás associadas a turbinas a vapor. Nas UTE a ciclo combinado (Figura 43), os gases de escape, provenientes da queima do GN nas câmaras de combustão do turbogerador a gás, devido a sua alta temperatura, possibilitam a transformação da água em vapor numa caldeira de recuperação de calor para o acionamento e a geração de energia em um turbogerador a vapor. Esse reaproveitamento da energia dos gases de escape da turbina a gás aumenta consideravelmente o rendimento térmico do ciclo combinado, o que proporciona a produção de energia elétrica com altíssima eficiência e minimiza a emissão de poluentes.

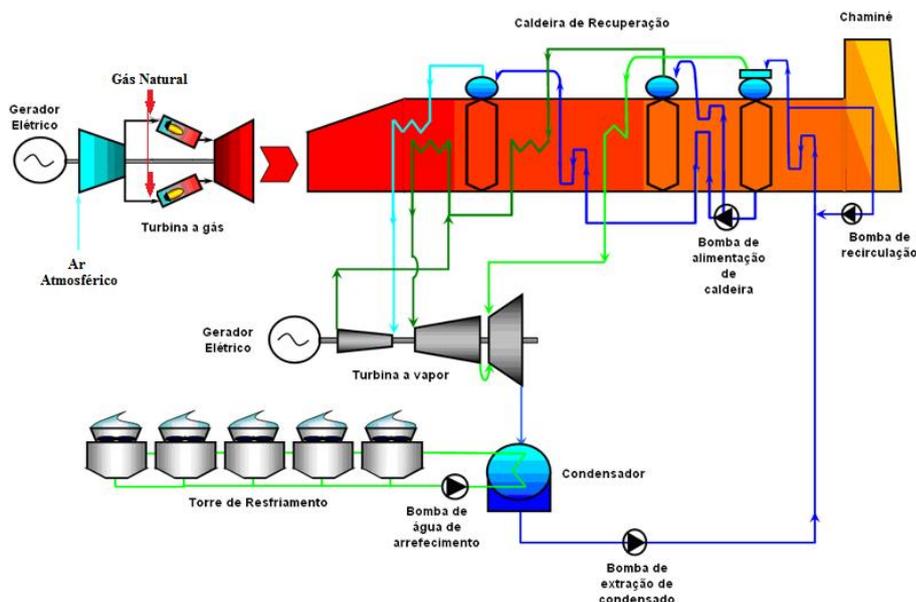


Figura 43: Esquema de Termoelétrica a Ciclo Combinado (IBIRITERMO S/A, 2015).

As UTE a GN exigem um investimento inicial menor do que uma UHE. No entanto, sua margem de EBITDA¹, também tende a ser menor em função dos elevados custos de operação e manutenção e dos gastos com a compra do combustível (IBIRITERMO S/A, 2015).

¹ EBITDA, sigla em inglês, para: Lucro Antes dos Juros, Impostos, Depreciação e Amortização.

Segundo a Petrobras (2014), a demanda por GN no Brasil alcançou 97,7 milhões metros cúbicos por dia, em função, principalmente, do aumento da geração termelétrica. Assim sendo, a oferta doméstica de GN crescerá dos 47 milhões de metros cúbicos ao dia, em 2014, para 75 milhões de metros cúbicos ao dia em 2018, como resultado do aumento da produção de petróleo e gás, acrescidos pelo incremento da participação do GN do “Pré-sal”. (Figura 44).

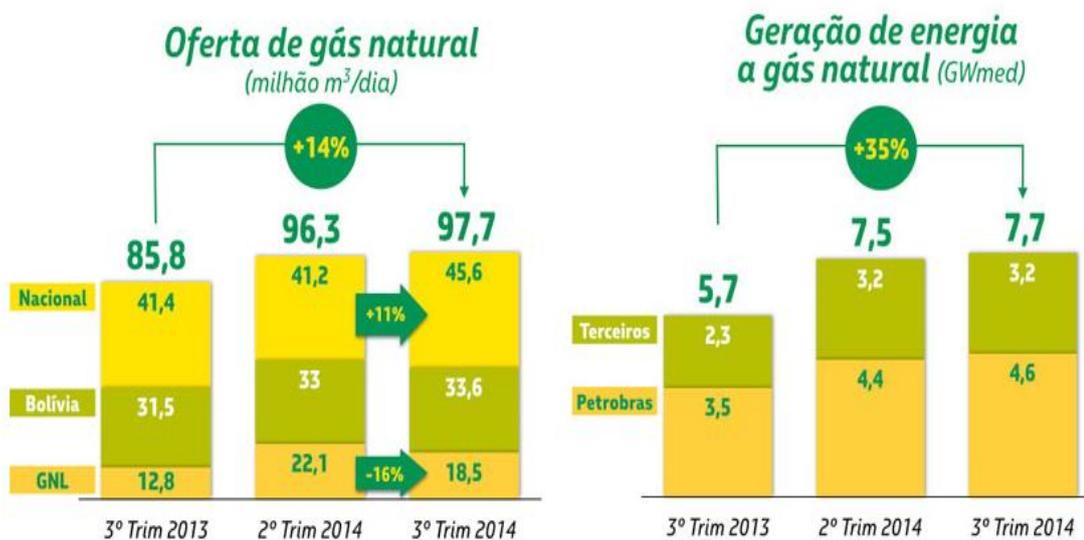


Figura 44: Demanda e Geração de Energia a Gás Natural entre 2013/2014 (PETROBRAS, 2014).

Conforme a Petrobras (2014), o Plano de Negócios e Gestão 2014/2018, formula o crescimento da oferta, para a garantia ao suprimento pleno da demanda de geração de energia, e aos crescimento e aumentos de demanda dos demais segmentos. A Figura 45 informa a Projeção da Capacidade de Oferta, para os próximos anos, para garantia ao suprimento da demanda

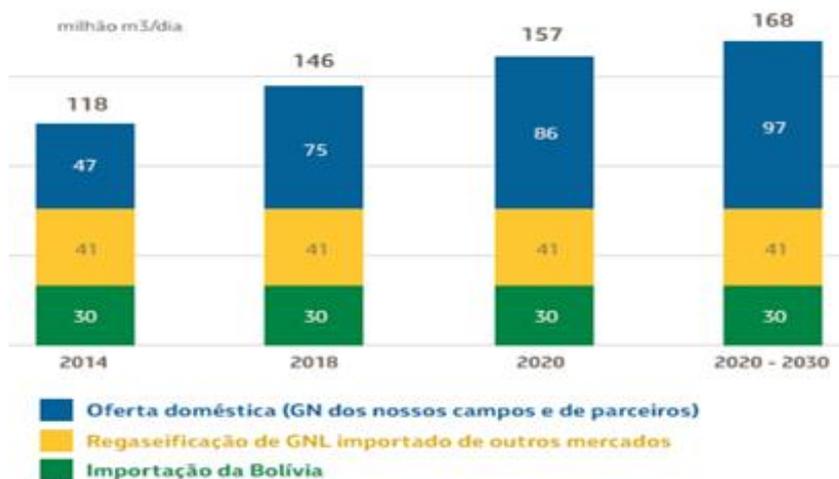


Figura 45: Projeção da Capacidade de Oferta da Petrobras do GN para 2030 (PETROBRAS, 2014).

4.1.4.1.2 Usina de Recuperação de Energia – URE

Segundo Leme (2010), o principal processo usado em usinas de incineração de RSU é o “*Mass-fired Combustion System*” ou “*Mass Burning System – MB*”, em uma tradução literal, Sistema de combustão com queima em massa. Consiste na queima bruta do lixo sem nenhum tratamento prévio, com exceção da remoção de itens muito grandes, prejudiciais ao processo, detectados por inspeção visual, como, por exemplo, eletrodomésticos. A eficiência elétrica média das plantas de incineração é de 18%, ou seja, menos eficientes que plantas convencionais de energia. Isto acontece, principalmente, devido à redução dos limites de pressão e temperatura do vapor, estabelecidos para se evitar problemas de corrosão nos equipamentos.

Para Santi (2012), o êxito de uma planta de Recuperação/Energia - REN, passa pelos dados das “quantidades” e da “qualidade” do RSU combustível que será recebido na unidade. Nesse sentido, um grande problema encontrado é o baixo poder calorífico dos resíduos de algumas regiões, devido à grande quantidade de matéria orgânica e umidade. Contudo, a solução pode estar na queima associada de outro combustível, como o GN. Em seus estudos sobre as eficiências de arranjos de geração de energia elétrica, combinando geração pela queima de RSU e geração pela queima de GN. Duas configurações são propostas e simuladas no “*Cycle-Tempo*” para obtenção de suas eficiências, conforme Figura 46. Nas configurações propostas, aproximadamente 10% da energia vem dos RSU.

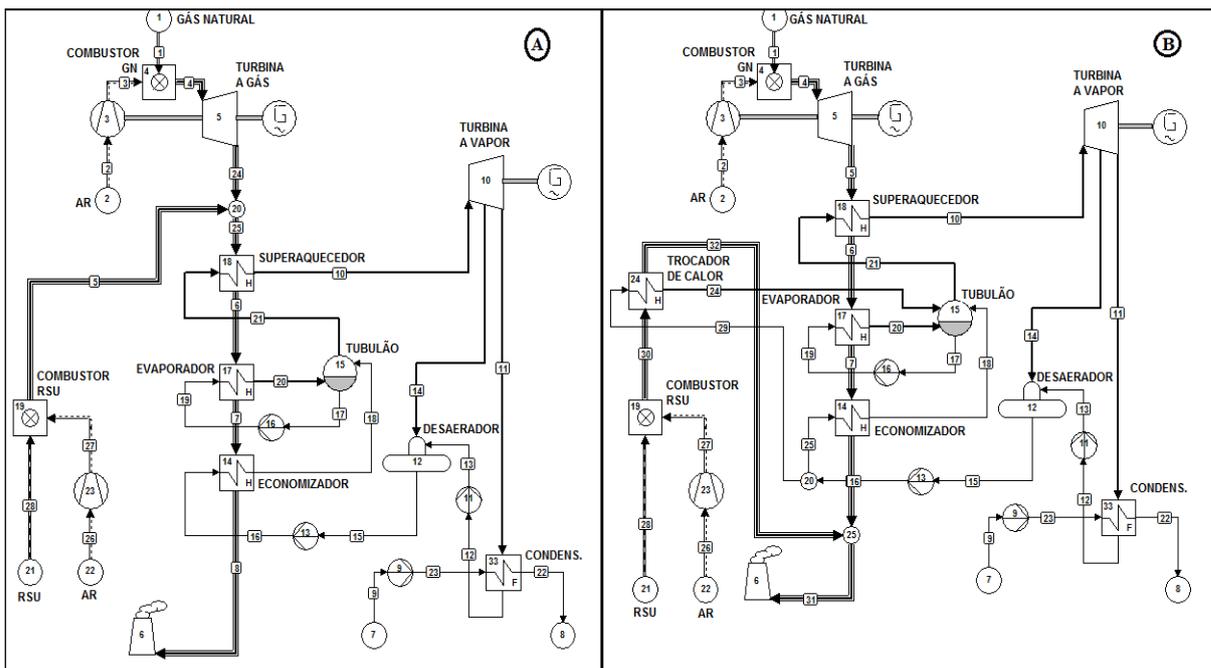


Figura 46: Propostas de plantas de UTH simuladas no programa *Cycle-Tempo* (SANTI, 2012).

Conforme Santi (2012), os valores encontrados por planta simulada: (A) temperatura dos gases na chaminé 159°C e eficiência de 56,7% e (B) temperatura dos gases na chaminé 250°C e eficiência de 54,2%. Porém eles não consideram o consumo de energia do sistema de tratamento dos gases do queimador RSU. Portanto, consumindo-se 122,5kWh/t, para o tratamento dos gases de 7,2t de lixo, reduz-se a eficiência dos sistemas em 1%.

Segundo Rossi (2014), um modelo de planta de incineração é o da Usina de Recuperação de Energia de Barueri – URE, no Estado de São Paulo, cujo projeto visa a recuperação de energia dos resíduos sólidos urbanos, para a geração de eletricidade. A mesma está em fase de implantação, e quando pronta, fará a incineração de 825t/dia. Os RSU passarão por uma grelha a 850°C desenvolvida exclusivamente para tratar RSU brasileiro com alto teor de umidade e grande heterogeneidade, tendo uma potência nominal de 17MW para a geração de energia elétrica, sendo 13% utilizada na própria usina e 87% exportada para o SIN por meio de uma linha de transmissão de 88/138 kV (Figura 47).

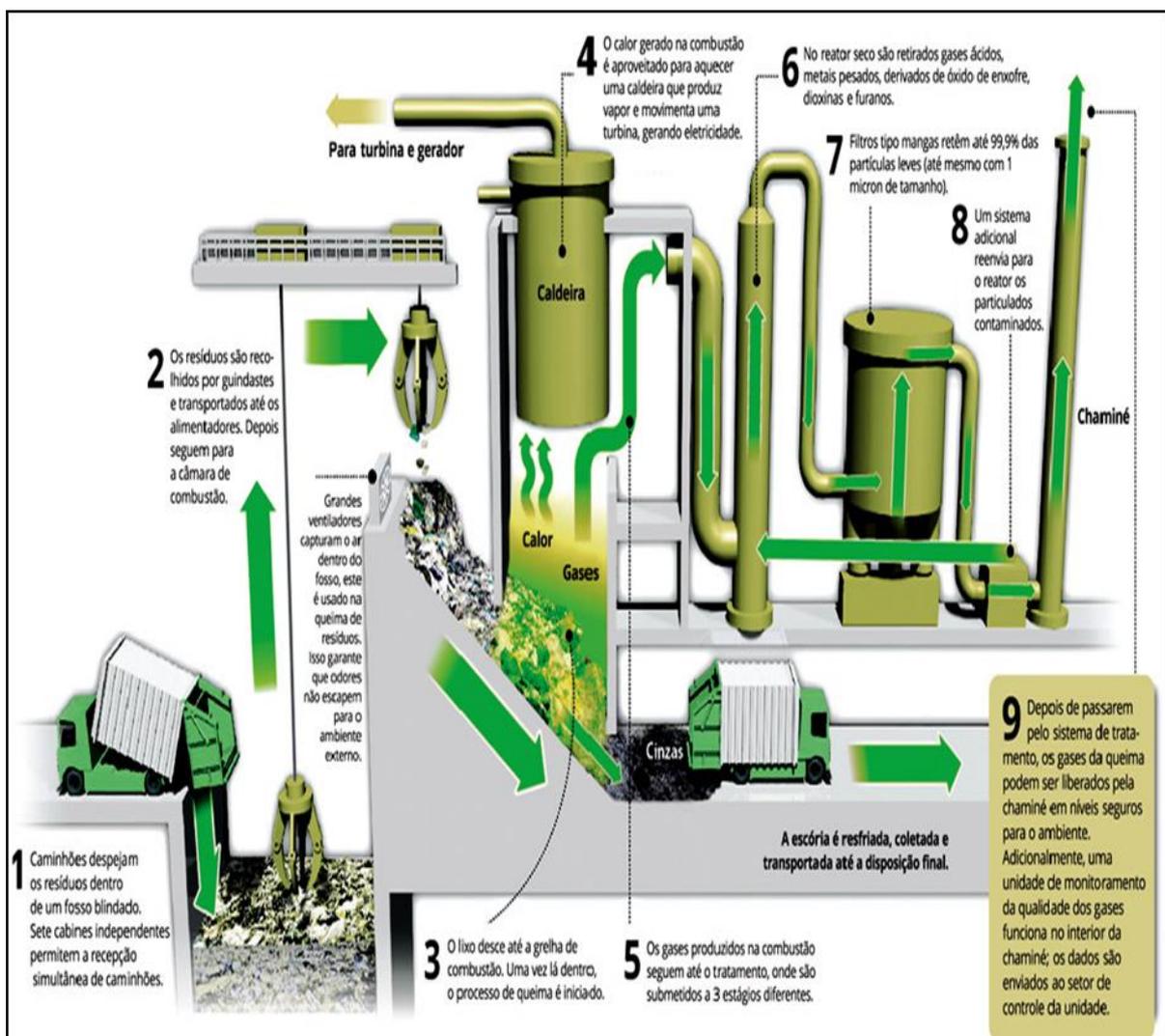


Figura 47: Esquema da Usina de Recuperação de Energia de Barueri (FOXX, 2014).

Segundo Leme (2010), a tecnologia atualmente disponível para projetos de incineradores prevê a geração de até 0,95MWh/t de RSU processada, sendo que a grande maioria dos sistemas instalados gera de 0,4MWh/t a 0,95MWh/t. O único caso brasileiro de incineração de RSU para geração de energia elétrica é a planta-piloto da “Usina Verde”, localizada no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, na Ilha do Fundão, Rio de Janeiro. A Usina Verde produz 440kW de energia elétrica, tratando 30t de lixo diários, o que resulta em aproximadamente 0,3MWh/t incinerada, valor baixo comparado aos padrões internacionais, porém considerável, levando-se em conta a pequena capacidade da planta e a falta de experiência tecnológica do país.

4.1.4.2 Aspectos Ambientais

4.1.4.2.1 UTE/GN com Captura do CO₂

Conforme a ANEEL (2014), o GN apresenta uma vantagem ambiental significativa em relação a outros combustíveis fósseis em função da menor emissão de GEE. O volume de CO₂ lançado na atmosfera pode ser inferior a 23%, se comparado ao lançado pela geração a partir do óleo combustível, e inferior a 50% quando comparado aos casos de geração a partir de combustíveis sólidos, como o carvão mineral. O impacto ambiental da utilização do GN, quantitativo e qualitativo, maior ou menor, está relacionado a quatro fatores: (1) composição, (2) processo de geração de energia elétrica, (3) implantação de tecnologia própria para remoção do dióxido de carbono, que pode ser comercializado como subproduto da própria termoelétrica, e (4) condições de dispersão locais dos poluentes aéreos, como altura possível para a chaminé, relevo e meteorologia.

Segundo Romero (2004), a maioria das usinas termoelétricas – UTE, a gás natural, apesar de apresentarem uma combustão mais limpa e homogênea e facilitarem a logística no controle de processos, são grandes emissoras de CO₂, SO₂ e NO_x. A Tabela 20 apresenta alguns exemplos de volumes de projeto das emissões das UTE a GN no Estado de São Paulo.

Localização UTEs	Potência Instalada (MW)	Energia útil/dia (MWh)	Consumo de GN (Milhão m ³ /dia)	Emissão de Poluentes		
				CO ₂ t/dia	NO _x t/dia	SO ₂ t/dia
Paulínia	650	12.480,0	2,6	5.653,4	2,9	0,286
Piratinunga	1.471	28.243,2	5,9	12.794,1	6,5	0,649
Santa Branca	1.097	21.062,4	4,4	9.541,3	4,8	0,484

Tabela 20: Volumes de Projeto das Emissões das UTE a GN no Estado de São Paulo (ROMERO, 2004).

Para Romero (2004), os impactos causados pela implantação de termelétricas, como: emissões de poluentes e a utilização de grandes quantidades de água para o resfriamento das usinas a ciclo combinado, não devem ser interpretados de maneira isolada. Deve-se levar em consideração a somatória das emissões e demandas por água existente com as emissões e demandas por água novas. Regiões que já apresentam saturação da qualidade do ar, ou grande demanda de água, teriam que absorver as emissões e a utilização de grandes quantidades de água, provenientes da termoelétrica que seria instalada.

Segundo Câmara (2012), vários métodos são empregados industrialmente para separar o CO₂ de correntes gasosas (Figura 48). A captura de CO₂ é o processo que tem por objetivo impedir que o CO₂ produzido na queima de combustíveis fósseis seja liberado na atmosfera.

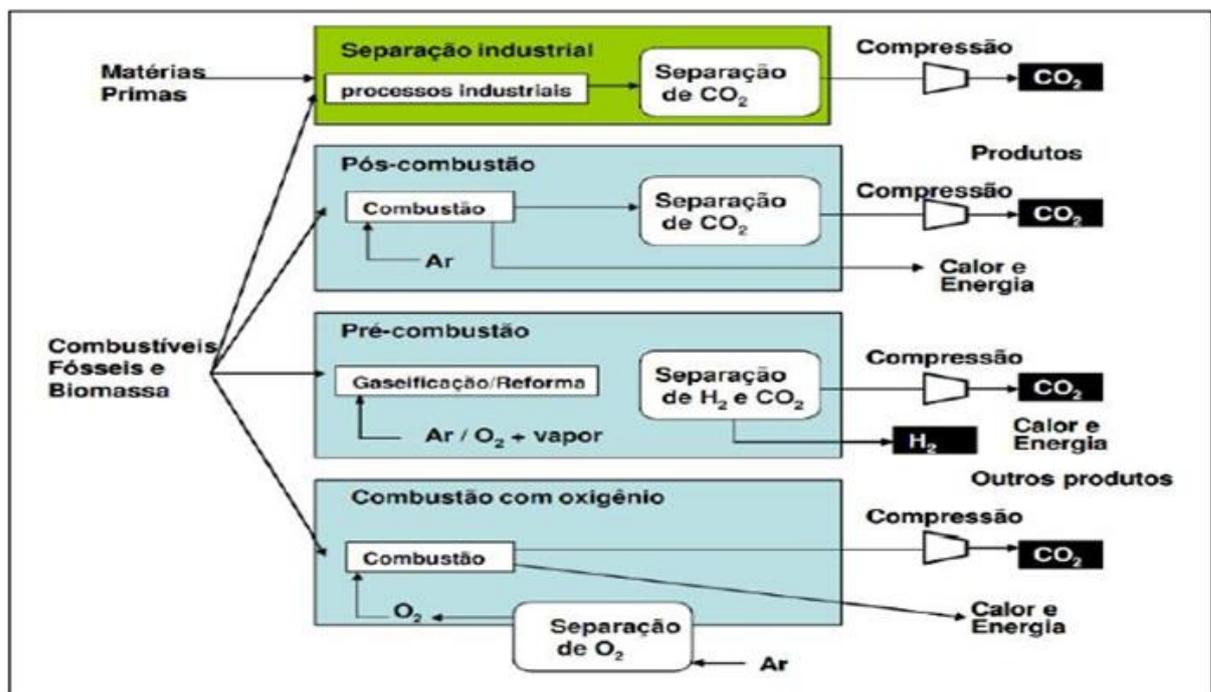


Figura 48: Tecnologias para Captura de CO₂. Adaptado de IPCC (2005) (CÂMARA, 2012).

Reconhece-se a tecnologia de captura de CO₂ pós-combustão com “absorção química” como a mais madura para a captura em larga escala (Figura 49). Na “absorção química”, os solventes podem ser usados para absorver seletivamente o CO₂. A solução química resultante, quando aquecida e à pressão baixa, libera o CO₂ concentrado e regenera o solvente (SEED, 2010).

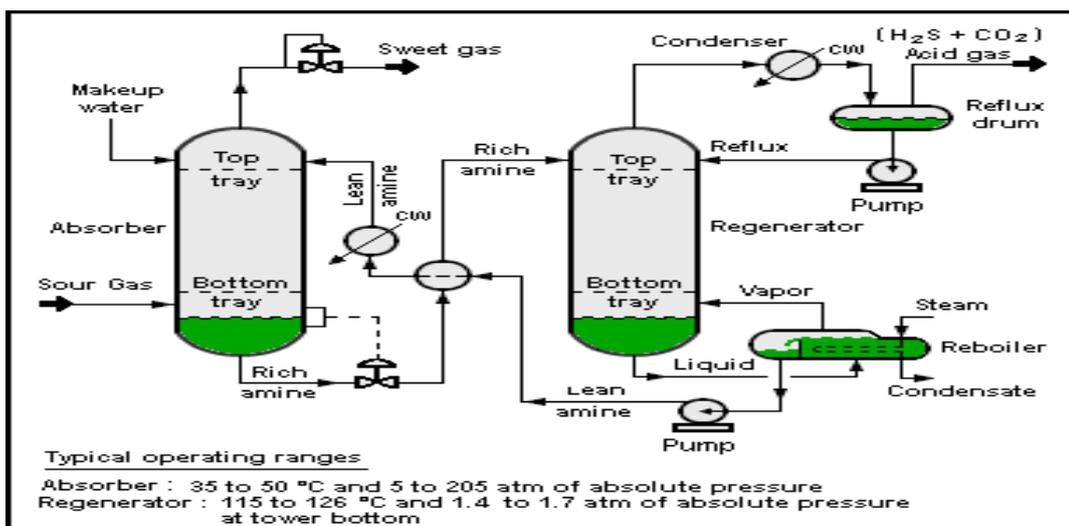


Figura 49: Processo de captura de CO₂ por absorção (SEED, 2010).

Segundo Gaspar (2014), o intervalo de valores estimados da penalização energética da potência debitada para um sistema de captura do CO₂ varia em média 12% e a penalização na eficiência em média 8%. Estas diferenças podem variar conforme o tipo de usina termoeétrica a GN. O impacto ao adicionar captura de CO₂ pós combustão numa termoeétrica de ciclo combinado GN, comparado com uma central sem captura, é demonstrado na Figura 50, com dados da Organização para Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), segundo a *International Energy Agency* (IEA) (2011).

Regiões analisadas	OCDE									Média (OCDE)
	2005	2005	2005	2007	2008	2008	2008	2008	2009	
Ano dos dados de custos	2005	2005	2005	2007	2008	2008	2008	2008	2009	
Ano de publicação	2007	2007	2007	2010	2009	2009	2009	2009	2009	
Organização	MIT	GHG IA	GHG IA	NETL	NETL	NETL	CMU	CMU	EPRI	
Dados originais (convertidos para USD)										
Regiões	US	EU	EU	US	EU	EU	EU	EU	US	
Tipo de combustível	Gás Nat									
Potência sem captura (MW)	507	776	776	555	395	395	395	395	560	528
Potência com captura (MW)	432	662	692	474	322	367	360	361	482	461
Eficiência sem captura (%)	55,2	55,6	55,6	55,2	58	58	58	58	55,9	56,6
Eficiência com captura (%)	47,1	47,4	49,6	47,1	47,3	49,3	49,7	49,7	48,1	48,4
Emissões de CO ₂ sem captura (kg/MWh)	367	379	379	365	370	370	370	370	362	370
Emissões de CO ₂ com captura (kg/MWh)	43	66	63	43	60	60	60	60	42	55
Custo de capital sem captura (USD/kW)	671	499	499	718	1245	1245	1245	1245	957	925
Custo de capital com captura (USD/kW)	1091	869	887	1497	2358	1741	1786	1767	1870	1541
Diminuição da eficiência (%)	15	15	11	15	18	15	14	14	14	15
Dados reavaliados (2010 USD)										
Custo da produção de eletricidade sem captura (USD/MWh)	64	76	76	64	86	86	86	86	67	77
Custo da produção de eletricidade com captura (USD/MWh)	84	98	95	92	126	110	110	110	96	102
Custo de CO ₂ evitado (USD/ton CO ₂)	62	69	60	87	128	75	76	75	90	80
Aumento do custo da produção de eletricidade (%)	31	29	25	44	46	27	27	27	43	33

Figura 50: Captura de CO₂ Pós Combustão em UTE de Ciclo Combinado a GN. Adaptado de IEA (2011) (GASPAR, 2014).

O transporte de CO₂ capturado pode ser realizado através de gasoduto, caminhão-tanque ou navio, sendo que a escolha do modal mais adequado deve considerar a quantidade a ser transportada, a distância e o trajeto entre a fonte e o local de entrega. Se durante esse processo houver compressão do dióxido de carbono até um estado supercrítico, este irá ocupar um volume muito reduzido, beneficiando a eficiência no transporte. As condições operacionais para esse processo não são muito severas, uma vez que “temperatura e pressão críticas” são, respectivamente 31,1°C e 7,38 MPa (GASPAR, 2014).

4.1.4.2.2 URE/RSU com emissão de créditos de carbono

Para Leme (2010), a maior preocupação está na emissão de poluentes na atmosfera. Nos EUA, por exemplo, o foco primário dos grupos ambientais são as emissões atmosféricas, especialmente dioxinas e metais pesados. No entanto, a *United States Environmental Protection Agency* (US-EPA), ou seja, a Agência de Proteção Ambiental Americana, implementou, na década de noventa do século passado, o regulamento conhecido como “Tecnologia Máxima de Controle Disponível”, de tal modo que as emissões da incineração de RSU para energia chegaram a um ponto que a US-EPA classificou como a mais limpa fonte de energia. De fato, a regulação resultou na redução de 99% das emissões de metais pesados e 99,9% das de dioxinas e furanos.

Segundo Leme (2010), na Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida – AICV, por unidade funcional de 1.000kg de RSU em Betim-MG (Gráfico 14), traz a contribuição da destinação dos RSU para cada categoria de impacto, como o exemplo da depleção abiótica “impacto positivo”, pois evita o consumo de combustível fóssil na geração de energia elétrica.

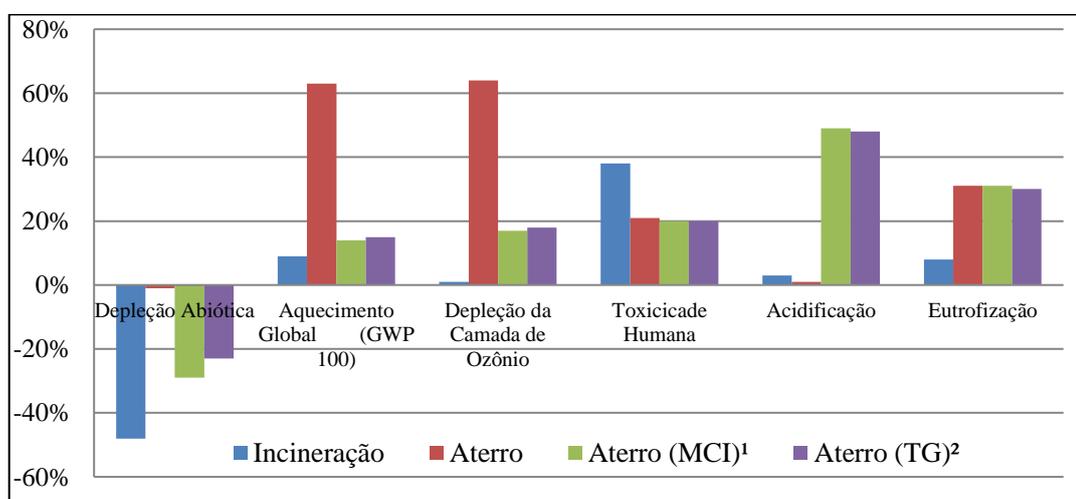


Gráfico 14: Resultados da Caracterização da AICV de 01 tonelada de RSU por Cenário em Betim-MG. (¹) Motor de Combustão Interna - MCI e (²) Turbina a Gás – TG (LEME, 2010).

Conforme a Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM (2012), os principais aspectos ambientais com potenciais impactos negativos característicos das plantas de incineração exigem rigorosos sistemas de tratamento/disposição de efluentes e resíduos, como:

- **Efluentes Atmosféricos “gases de combustão”:** Sugere-se que sejam utilizados como referência os padrões de emissão estabelecidos na Diretiva Europeia 2010/75/EU, a qual acrescenta poucas alterações à Diretiva 2000/76/CE, por serem mais restritivos que os da Resolução CONAMA 316/2002; e de qualidade do ar no raio de alcance da pluma de dispersão atmosférica, estabelecido na Resolução CONAMA 003/1990 ou outra exigência específica estabelecida pelo Órgão Ambiental.
- **Efluente Líquido “chorume”:** Deve-se visar ao atendimento dos padrões de lançamento estabelecidos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM-CERH 001/2008. Para tanto, o seu dimensionamento deverá considerar as características físico-químicas previamente avaliadas para esses efluentes. Em países da União Europeia, o chorume é geralmente coletado e aspergido no próprio forno de incineração.
- **Resíduos Sólidos do Processo “cinzas volantes e escórias”:** Antes da proposta de sua destinação final, devem ser caracterizados para verificação da classe conforme a norma ABNT/NBR 10.004. Em algumas plantas de países da União Europeia tem sido observado um percentual de geração de escórias e cinzas volantes em torno de 18% e 3% da quantidade de RSU processado, respectivamente. Nesses países, tem sido realizada a inertização das cinzas volantes com cimento antes da disposição final em aterros sanitários dotados de dupla impermeabilização.

Em algumas instalações, parte dos efluentes líquidos provenientes do sistema de depuração de poluentes atmosféricos tem sido reutilizada nos processos de arrefecimento de escórias e de inertização de cinzas volantes. Já as escórias devem passar por processo de desferrização, em eletroímã, antes de sua utilização, geralmente como cobertura de aterros sanitários, sendo comercializadas as sucatas ferrosas separadas no processo (FEAM, 2012).

Com relação ao tratamento de efluentes atmosféricos, para o caso das dioxinas e furanos em particular, que é explicitamente significativo realizar o “*quench*”, ou seja, o resfriamento rápido do gás de escape num secador “*spray*”, antes mesmo da injeção de carvão

ativado, porque aproximadamente 62% a 82% das dioxinas e furanos são emitidos na forma de vapor, e, se a temperatura do gás diminui rapidamente até 110°C, tais emissões podem ser reduzidas em até 98% (LORA, 2000).

Cabe aqui uma discussão a respeito da consideração do RSU como biomassa para efeitos de balanço de carbono. Pela metodologia do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC, a geração elétrica a partir da biomassa tem emissão de CO₂ nula, uma vez que a biomassa captura CO₂ da atmosfera. No entanto, se 60% ou mais do RSU é composto pela biomassa, o mesmo deveria também, ainda que parcialmente, ser beneficiado dessa regra. Dessa forma, a incineração de RSU não só teria balanço de carbono nulo, como poderia receber créditos de carbono pela substituição de usinas a combustíveis fósseis (PARO et al., 2008).

4.1.5 Energia Oceânica

Conforme a ANEEL (2014), existem três formas de movimentação das massas de água nos oceanos: (1) Ondas Oceânicas, formadas por interferências dos ventos e abalos sísmicos; (2) Marés, provenientes da força gravitacional exercida pelo sol e principalmente pela Lua sobre a Terra; e (3) Correntes Oceânicas, com origem nos movimentos terrestres, principalmente o de rotação e a ação dos ventos.

Segundo Fleming (2012), das cinco formas de aproveitamento energético, a única tecnologia em produção comercial no ano de 2009 era a de Barragens de Maré. Também, havia um grande número de sistemas de energia de Ondas Oceânicas, dos quais cinco se encontravam em estágio pré-comercial em 2009. A outra tecnologia que apresentava em 2009 quatro dispositivos em estágio pré-comercial era a de corrente de maré (Gráfico 18).

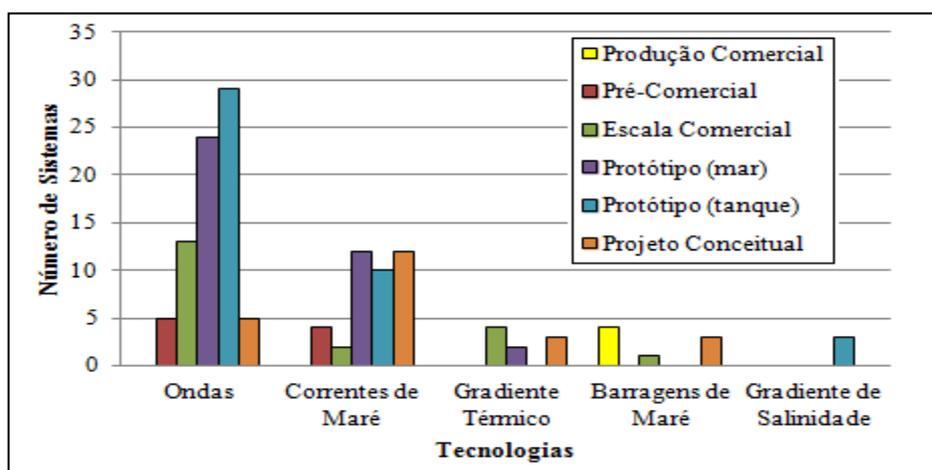


Gráfico 18: Maturidade das Tecnologias Oceânicas em 2009 (FLEMING, 2012).

Conforme Fleming (2012), dentre as energias dos oceanos, o aproveitamento de energia das ondas é aquele que apresenta um dos maiores números de dispositivos em desenvolvimento. Alguns desses dispositivos já estão ou passaram por testes em protótipo de tamanho real no mar, mas ainda em fase pré-comercial. Essa diversidade se deve principalmente à variedade de princípios tecnológicos empregados e às características do mar para o qual o dispositivo foi desenvolvido.

Segundo Martín (2012), o recurso energético potencial das ondas em cada parte do globo é representado em kW/m de frente de onda (Figura 51). Estes valores representam o fluxo médio anual de energia que atravessa cada metro de frente de onda. Com isso, é pouco provável que os dispositivos de aproveitamento convirjam para uma única forma, apesar de alguns dispositivos poderem ser utilizados em climas de ondas distintos.

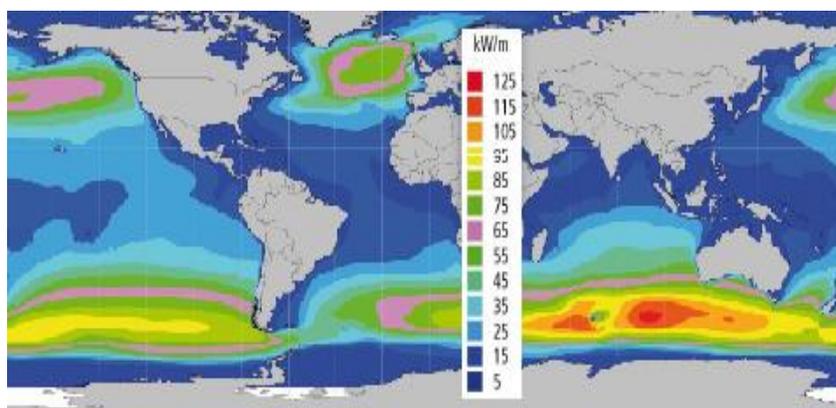


Figura 51: Potência Média Mundial das Ondas Oceânicas (MARTÍN, 2012).

Um aspecto importante da energia oceânica é sua disponibilidade de potência. Devido às características do litoral sudeste brasileiro, a fonte Ondas Oceânicas é a mais indicada. Existem três formas de classificação para dispositivos de ondas:

- **Dispositivos costeiros:** Estão fixos ou incorporados à costa, tendo como vantagens a facilidade de instalação e a manutenção. Além disso, dispositivos costeiros não requerem fixação por poitas nem longos cabos elétricos submersos. A maior desvantagem é estarem sujeitos a um regime de ondas menos intensos, “recebendo” ondas que já perderam energia até atingir a costa.

- **Dispositivos próximos à costa:** São instalados em profundidades moderadas de 20m a 25m e a distâncias de até 500m da costa. Estes dispositivos têm praticamente as mesmas vantagens dos dispositivos costeiros, estando, ao mesmo tempo, exposto a maiores energias de ondas.

- **Dispositivos *offshore*:** Expostos a regimes de ondas mais energéticos em águas mais profundas maior de 25m. Os projetos mais recentes estão focados em dispositivos pequenos, modulares e com grande capacidade de geração.

4.1.5.1.1 Atenuadores “Pelamis”

Para o presente trabalho foi escolhida a tecnologia “Atenuador” devido ao seu nível de desenvolvimento e disponibilidade. Atenuadores são longos dispositivos flutuantes posicionados perpendicularmente ao sentido das ondas, articulados entre si. Os movimentos relativos entre as articulações são provocados pelas ondas que passam ao longo do equipamento e são usados para converter a energia cinética dessas em eletricidade.

Um exemplo desse tipo de dispositivo é o chamado “Pelamis” (Figura 52). Trata-se de um conversor de energia de ondas *offshore* para locais com profundidades maiores que 50m.

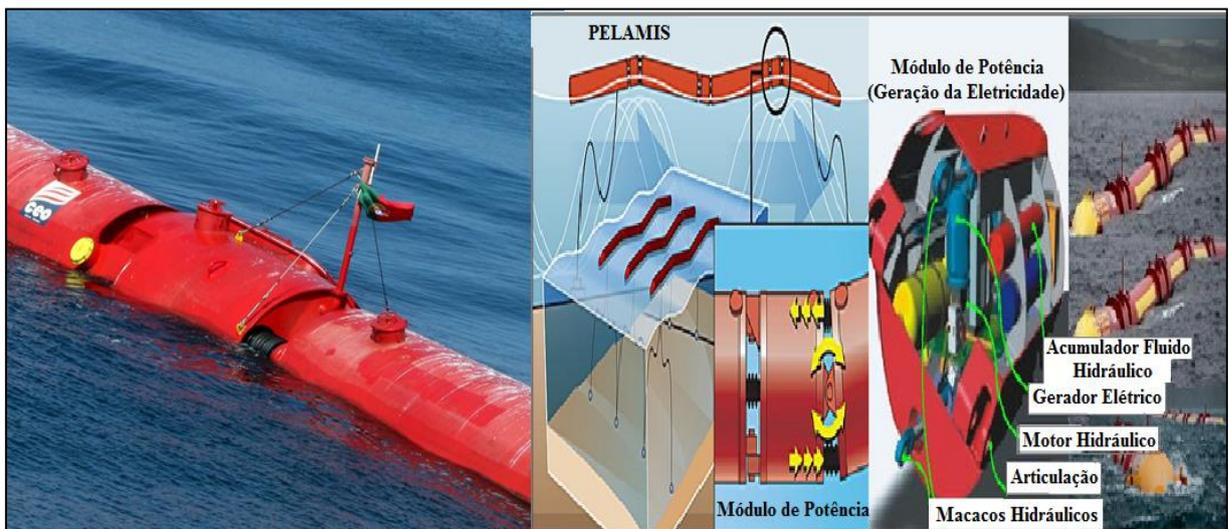


Figura 52: Esquema simplificado do arranjo (dispositivo Pelamis) (PELAMIS, 2012 apud FLEMING, 2012).

O princípio de funcionamento do dispositivo Pelamis consiste em uma estrutura semissubmersa dividida em módulos, ligados entre si por articulações, disposta segundo a direção de incidência das ondas. Os movimentos das articulações provocados pela ondulação acionam os cilindros hidráulicos, no “módulo de potência”, que bombeiam o fluido hidráulico em alta pressão para motores hidráulicos. Os motores hidráulicos acionam os geradores elétricos, produzindo a eletricidade em cada módulo de potência, que a envia, através de um “cabo umbilical”, para um ponto de ligação no fundo do dispositivo, seguindo depois para a subestação de energia elétrica em terra para distribuição aos consumidores. O sistema de amarração do dispositivo consiste numa combinação de flutuadores e pesos, evitando tensões

excessivas nos cabos de amarração, mas permitindo a orientação dinâmica do dispositivo em relação à frente de onda. A instalação do dispositivo é relativamente independente da profundidade de água e das condições geomorfológicas do leito oceânico (PELAMIS, 2012 apud FLEMING, 2012).

A *Pelamis Wave Power*, de Edimburgo, instalou no *European Marine Energy Centre*, na Ilha de Orkney, norte da Escócia, em outubro de 2010, o primeiro conversor de energia de ondas *offshore* conectado ao grid, a fim de testá-lo em escala comercial. O dispositivo tem 180m de comprimento com 4m de diâmetro e produz 750 kW de eletricidade, com estimativa de produção média de até 40% da potência instalada, isto é, até 3.500 horas equivalentes de funcionamento à potência nominal (PELAMIS, 2012 apud FLEMING, 2012).

4.1.5.2 Aspectos Ambientais

Se as questões técnico-econômicas na geração de energia elétrica a partir da energia oceânica ainda carecem de maior desenvolvimento, suas implicações ambientais são ainda menos entendidas. Os estudos são poucos, limitados na maior parte dos casos aos projetos pilotos. Acredita-se que os impactos negativos do sistema Pelamis sejam reduzidos, quando comparado aos sistemas para aproveitamento de energia das marés, pois o impacto sobre os peixes migratórios é mínimo e a produção de ruídos é baixa, geralmente menor que a produzida naturalmente pelas ondas. As configurações *offshore* flutuantes praticamente não afetam o ambiente costeiro por extraírem apenas parte da energia contida nas ondas (FLEMING, 2012).

4.1.6 Recursos Energéticos pelo Lado da Demanda – RELD

Segundo Baitelo (2006), entende-se como um Recurso Energético do Lado da Demanda (RELD) a aplicação do Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD) em usos finais, equipamentos e tecnologias, aos diferentes setores de consumo de energia. As ações e medidas do GLD são aplicadas desde eletrodomésticos a motores industriais, bem como a substituição de combustíveis ou a adoção de projetos energeticamente eficientes. Para uma melhor condução do processo de análise dos recursos do lado da demanda, é necessário organizá-los em grupos hierárquicos, caracterizando os usos finais energéticos e suas respectivas tecnologias, seu relacionamento com os setores econômicos, e as medidas de GLD aplicáveis para cada uso final dentro de um dado setor de consumo, ou seja:

$$\text{RELD} = \text{Usos Finais} + \text{Medidas de GLD} + \text{Setores de Consumo "Aplicáveis"}$$

A seguir, são descritos, em linhas gerais, cada um dos três grupos de especificação dos RELD:

a) Usos Finais Energéticos

Este primeiro nível caracteriza os principais usos finais de energia, como a iluminação, a força motriz, o condicionamento ambiental e o aquecimento de água, bem como os diferentes tipos de equipamentos e tecnologias associados, como refrigeradores, condicionadores de ar, motores, lâmpadas, chuveiros elétricos, entre outros. No levantamento desses usos, devem ser descritos os níveis médios de eficiência dos equipamentos, bem como os níveis de consumo de tecnologias atuais mais eficientes.

b) Medidas ou Ações de GLD

A partir dos usos finais e das respectivas tecnologias envolvidas, pode-se apontar as medidas mais apropriadas de: gerenciamento da demanda, através do armazenamento de energia e de controladores de demanda; redução de consumo, pela substituição ou ajuste de equipamentos como motores, refrigeradores, condicionadores ou sistemas de iluminação; uso racional e consciente de energia, por meio de incentivos tarifários, campanhas de informação, ou a efficientização do uso através de projetos de edificações eficientes e de arquitetura bioclimática.

c) Setores de Consumo

Neste último nível, são descritos os setores econômicos (comercial, industrial, residencial, público), caracterizados por suas respectivas matrizes de consumo. A partir dos principais usos finais de cada setor, é possível delinear as medidas de GLD mais adequadas a cada um, visando à obtenção de reduções de consumo.

Desta forma, foi selecionado, como RELD a Substituição de Chuveiro Elétrico pelo Sistema de Aquecimento Solar.

4.1.6.1 Substituição de Chuveiro Elétrico pelo Sistema de Aquecimento Solar (SAS)

A substituição de aparelhos e equipamentos elétricos de baixa eficiência de conservação de eletricidade por tecnologias mais eficientes é uma medida de GLD de amplas possibilidades como aquecimento de água no setor residencial.

Segundo a Nota Técnica DEA 16/12, publicada pela EPE, a premissa geral adotada é de que a oferta de equipamentos no mercado evolui na direção de sempre disponibilizar dispositivos mais modernos e eficientes. Como resultado, a eficiência média do estoque de equipamentos em poder das famílias aumenta progressivamente, seja devido à reposição do

equipamento ao final de sua vida útil, seja devido à expansão do estoque, associado ao movimento de equipar os novos domicílios. Nesse sentido, considerou-se que a eficiência dos novos equipamentos adquiridos pelas famílias cresceria conforme o apontado na Tabela 21 exceção feita ao chuveiro elétrico (EPE, 2015).

Equipamento	Eficiência Anual (2011 a 2021)	Fundamentação Geral
Ar condicionado	0,5	Reposição tecnológica natural do estoque e ações dos fabricantes com melhorias de eficiência, impulsionadas principalmente pelo: PROCEL
Geladeira	0,5	
Freezer	0,5	
Máquina de Lavar Roupas	0,5	
Televisão	0,3	
Lâmpadas	8,5	Substituição das lâmpadas incandescentes
Chuveiro Elétrico	-0,5	Tendência de aquisição de equipamentos com maior potência.

Tabela 21: Aumento Anual de eficiência dos equipamentos (EPE, 2015).

4.1.6.2 Aquecimento de Água por Chuveiro Elétrico

Conforme a EPE (2015), a energia elétrica é a forma de energia preponderantemente utilizada para o aquecimento de água para banho na maioria absoluta dos domicílios brasileiros, 73%, no ano de 2011.

Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso – Classe Residencial – Região Sudeste (PROCEL, 2007), dos sistemas de aquecimento, 90,45% utilizavam energia elétrica como fonte de aquecimento e 3,9% utilizavam gás (Gráfico 15).

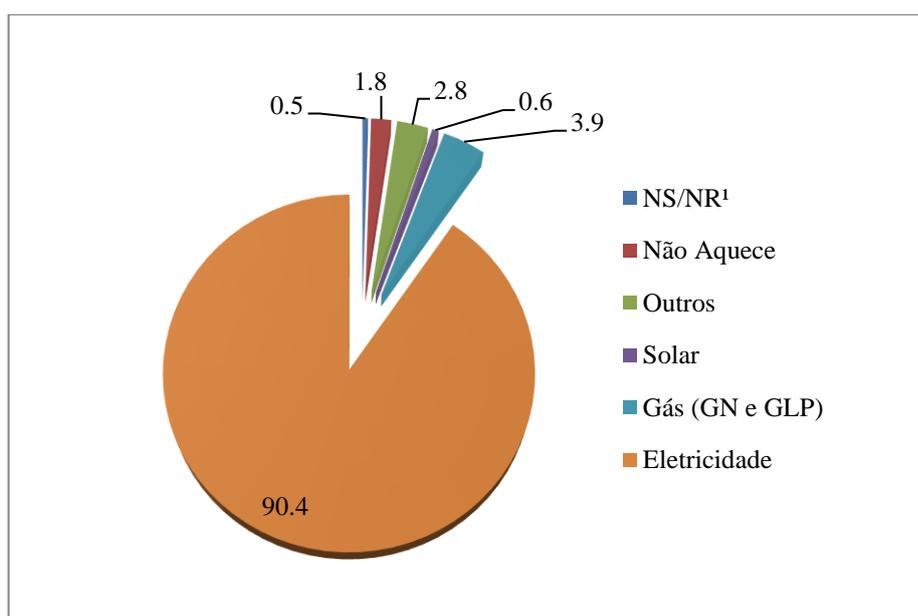


Gráfico 15: Fonte Utilizada para Aquecimento da Água de Banho na Região Sudeste (%) (PROCEL, 2007).

No setor residencial da região sudeste brasileira, apenas 0,6% usavam aquecimento solar em 2007. Convém destacar que, dos sistemas que usavam energia elétrica como fonte de aquecimento, 90,4 %, o chuveiro elétrico respondeu pela quase totalidade, com a parcela de 99,58%. Quanto aos domicílios, dos 3,9% que utilizavam o gás como fonte, 72,6% o faziam por meio de GN canalizado e 22,6% por GLP (PROCEL, 2007).

Segundo Baitelo (2006), os aquecedores elétricos funcionam pelo contato da água com as resistências. Podem ser de passagem ou possuir reservatórios de acumulação, sendo o primeiro tipo o mais disseminado, muito em função dos custos de implantação do sistema. É representado majoritariamente pelo uso do chuveiro elétrico. O principal componente do chuveiro é a resistência elétrica, sendo que a maioria dos chuveiros funciona a tensão elétrica de 220V e com duas potências diferentes, associadas a duas possibilidades de aquecimento, inverno e verão. A posição inverno corresponde à potência mais elevada e, conseqüentemente, a um maior aquecimento. O chuveiro elétrico, do ponto de vista energético, possui uma alta eficiência, com uma alta taxa de conversão de energia elétrica em calor e baixo desperdício, visto que apenas a água a ser imediatamente utilizada é aquecida.

Apesar desta alta eficiência, a questão da utilização dos chuveiros elétricos do ponto de vista do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, também é de extrema importância, uma vez que o uso desse equipamento amplia consideravelmente a potência média instalada e a demanda máxima média de habitações populares. Assim, apesar do baixo custo para o usuário final, o uso do chuveiro elétrico representa um elevado investimento para o ONS. A participação dos chuveiros na demanda em horário de ponta está entre 20% e 25%, ou seja, o baixo fator de carga do equipamento produz uma pequena participação no faturamento das concessionárias, apesar de um elevado investimento associado ao atendimento da demanda máxima. Pode-se concluir, portanto, que o potencial brasileiro de conservação de energia no aquecimento de água é bastante significativo, e a aplicação em larga escala dos aquecedores solares representa uma opção viável e competitiva para casos de alta demanda de água quente e bons níveis de insolação. Seu funcionamento é representado pela Figura 53 (BAITELO, 2006).

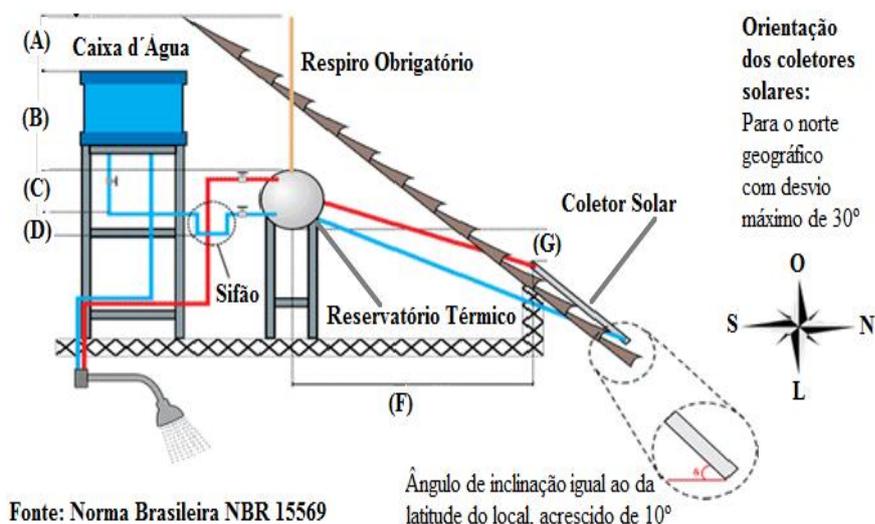


Figura 53: Esquema de Aquecimento Solar-Térmico. Onde: (A) > 30cm. (B) e (C) > 80cm. (D) > 20cm. (F) < 700cm. (G) > 10cm. Fonte: Adaptado da ABNT (2015).

4.1.6.3 Aquecimento de Água por Coletores Solares

A substituição da eletricidade pela energia solar, em aplicações para aquecimento de água, permite retirar a demanda devida ao uso de chuveiro elétrico de um consumidor residencial, usualmente no período da ponta do sistema elétrico. O uso de coletores solares, dispositivos tecnologicamente simples, pode ser aplicável a localidades com pequena demanda de energia a custos médios de investimento, com tempos de retorno entre cinco e sete anos. Posto que o consumo de eletricidade destinado ao uso final de aquecimento na região sudeste do Brasil chega a 26% do consumo total residencial, tem-se na utilização do aquecimento solar de água para banho uma importante medida de GLD.

Conforme a Nota Técnica DEA 16/12, publicada pela EPE, foram estimadas taxas de crescimento do uso do Sistema de Aquecimento Solar (SAS), em torno de 5% ao ano, mantidos até 2021, impulsionadas principalmente pelo Programa Minha Casa Minha Vida e pelo Programa de Eficiência Energética da ANEEL, com instalação em mais de 1.000.000 residências. Após 2018, o incremento anual é mantido até que o país atinja 3m² de coletores solares por domicílio. Mesmo assim, essa meta é considerada conservadora para a Europa em 2020 (EPE, 2015).

5 Identificação dos Envolvidos e Interessados (En-In) (Estudo de Caso)

A metodologia de PIR difere do planejamento em diversos aspectos relevantes ao desenvolvimento sustentável (BAITELO, 2011). Os principais grupos de En-In são:

- Governos Federal, Estadual e Municipal, representado por diferentes ministérios e secretarias, bem como comissões parlamentares legislativas;
- Agências Reguladoras do Setor Elétrico, como as empresas de coordenação das atividades de geração, transmissão e distribuição, responsáveis pela operação e planejamento do sistema energético brasileiro;
- Setor Privado, representado por empreiteiras, financiadores e geradores de energia, empreendedores de projetos ou sistemas, associações setoriais de diferentes energéticos e de atividades da cadeia energética, associações de produtores independentes, autoprodutores e de grandes consumidores do setor industrial, representantes dos fabricantes de equipamentos;
- Distribuidoras de Energia Elétrica, as chamadas “Concessionárias e Permissionárias” de serviços públicos; são responsáveis pelo sistema de transmissão e transporte da eletricidade até os consumidores dos diferentes setores;
- Consumidores de energia elétrica, nas diferentes tensões, de grandes consumidores industriais a consumidores comerciais, residencial, público e rural;
- Sociedade Civil, como: Organização da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIPS, associações de classes, sindicatos, ONGs, focadas em áreas ambientais, energéticas, sociais, entre outras;
- Ministério Público Federal e Estadual: atuante na defesa de determinados grupos de cidadãos contra eventuais abusos e omissões do “Poder Público”;
- Acadêmicos e especialistas em questões energéticas;

Nesta dissertação, o posicionamento dos En-In é avaliado nas duas ACC: (1) Padrão, tendo como referência o histórico conceitual de cada grupo quanto à aceitação aos recursos energéticos; e (2) Especialistas, que utiliza os “pesos relativos” estabelecidos aos atributos e subatributos das quatro dimensões, com base nos procedimentos de consulta aplicados aos acadêmicos especialistas. Essa metodologia está demonstrada no Capítulo 2.

CAPÍTULO 3

6 Caracterização de Recursos Energéticos do Litoral Norte Paulista (Estudo de Caso)

Segundo Udaeta (2012), os diagnósticos de oferta e de demanda energéticos, acompanhados de uma consolidação do potencial não utilizado dos recursos energéticos da região, buscam preencher a lista de recursos formados pela fonte de energia e a tecnologia de aproveitamento, com a caracterização dos potenciais teóricos.

6.1 Recursos Energéticos (RELO)

No capítulo anterior, foi realizado um levantamento das diversas tecnologias de aproveitamento para a produção de eletricidade, através de variadas fontes, renováveis ou não. Neste capítulo, serão calculados os potenciais teóricos realizáveis, estimativa anual de geração de energia elétrica, custo total e unitário dos sistemas, vida útil e fator de capacidade.

6.1.1 Caracterização do Recurso Solar

O Litoral Norte Paulista apresenta uma razoável quantidade de horas de insolação, portanto, neste estudo, será caracterizado e avaliado o seu potencial teórico.

6.1.1.1 Radiação Solar

Comparando-se os quatro municípios do Litoral Norte Paulista, optou-se por utilizar os dados referentes ao município de Ubatuba, pois tem condições atmosféricas mais adversas em relação aos índices de radiação solar. Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESESB, para a referida localidade, a radiação solar diária média anual é retratada na Tabela 54 (CRESESB, 2007).

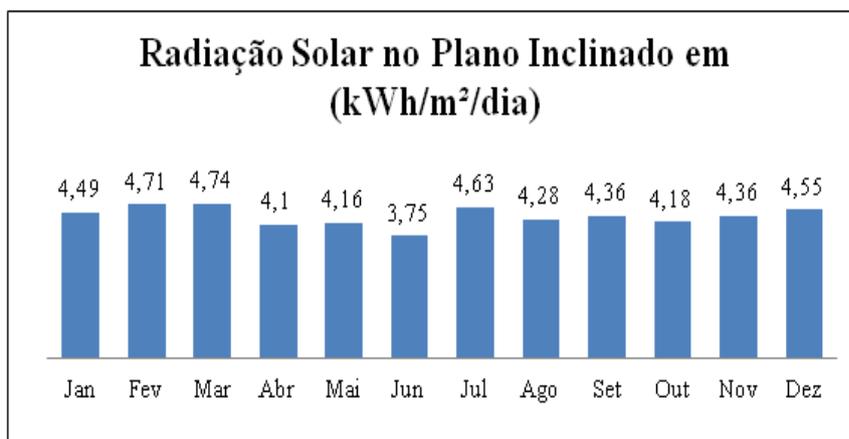


Figura 54: Radiação Solar em Ubatuba – Litoral Norte Paulista (CRESESB, 2007).

6.1.1.2 Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (SFCR)

O potencial de geração fotovoltaica depende da área disponível para implantação. O cálculo foi feito com base na disponibilidade de telhados residenciais no Litoral Norte Paulista, apresentado conforme Miranda (2013), ou seja, para a região do sudeste brasileiro, existem, em média, 26,78m² por domicílio. Em função desta disponibilidade de telhado, foi calculada a potência teórico por domicílio usando-se a equação:

$$P_t = \frac{A_t \times P_p}{A_p} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

P_t = Potência teórica por domicílio (Wp).

A_t = Área de telhado (m²).

A_p = Área de painel (m²).

P_p = Potência máxima do painel (Wp).

O painel fotovoltaico escolhido: Marca YINGLISOLAR; Modelo YL250P-29-b, Silício Poli Cristalino; Tolerância de potência (+5%/ - 2,5%); Potência máxima de (250Wp) e área de 1,63m². Possui Selo PROCEL classificação (A) (NEOSOLAR ENERGIA, 2015).

$$P_t = (26,78 \times 250) / 1,63 = 4107,36 \text{ (Wp)} \text{ ou } \mathbf{4,1 \text{ (kWp)}}.$$

Na Tabela 22, o potencial teórico é calculado a partir da potência instalada possível por domicílio de uso permanente na região do Litoral Norte Paulista.

Mês	Dias	Potência Instalada (kWp)	Radiação Solar (kWh/m ² /dia)	Rendimento Inversor (85%)	Número de Domicílios (LNP) ¹	Energia Mensal Produzida (MWh)
Jan	31	3	4,49	0,85	84377	29948
Fev	28	3	4,71	0,85	84377	28375
Mar	31	3	4,74	0,85	84377	31616
Abr	30	3	4,10	0,85	84377	26465
Mai	31	3	4,16	0,85	84377	27747
Jun	30	3	3,75	0,85	84377	24206
Jul	31	3	4,63	0,85	84377	30882
Ago	31	3	4,28	0,85	84377	28548
Set	30	3	4,36	0,85	84377	28143
Out	31	3	4,18	0,85	84377	27881
Nov	30	3	4,36	0,85	84377	28143
Dez	31	3	4,55	0,85	84377	30349
Energia Anual Produzida (MWh)						342.302
Potencial Teórico (MWp)						253

Tabela 22: Potencial Teórico do SFCR no Litoral Norte Paulista. (CRESESB, 2007) e ⁽¹⁾ (IBGE, 2010).

6.1.1.3 Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (SFCR)

O custo da tecnologia SFCR ainda está relativamente alto (Tabela 23), se comparado ao custo de formas mais convencionais de geração elétrica. Sua eficiência é de 15,4%. As células solares continuam a operar com o mesmo rendimento tanto sob céu nublado, como sob a luz direta do sol.

Potência Teórica (MW)	Custo Total ¹ (R\$)	Custo Unitário (R\$/kW)	Vida útil (anos)	Fator de Capacidade (%)
253	674.666.666,80	2.666,67	20	16

Tabela 23: Custos Totais e Unitários – Vida Útil – Fator de Capacidade. (1) Custo Incluso: Pannel Fotovoltaico; Inversor; Quadro Elétrico Fotovoltaico e Cabo Solar (NEOSOLAR ENERGIA, 2015)

6.1.2 Caracterização do Recurso Eólico

6.1.2.1 Velocidade dos Ventos e Densidade de Probabilidade

Segundo a SEE (2014), ao sul do município de Ilhabela, existe uma área distante 20km, em média, em uma lamina d'água média de 50m, com velocidades de vento entre 6m/s e 7m/s, a 100m de altura.

Afim de, aprimorar as informações acima, em relação as velocidades dos ventos, e acrescentar as densidades de probabilidade “*Weibull*”, esta indispensável para o cálculo da potência eólica teórica encontradas na área em estudo, é que, optou-se pelo banco de dados eólicos do (CRESESB, 2007), utilizando-se para tanto, da latitude e longitude do local (Tabela 24).

Localização: (23°59'27.88"S) e (45°13'59.16"W)			
Estações do Ano	Velocidade (m/s)	Fator (k) de <i>Weibull</i>	Fator (c) de <i>Weibull</i>
Verão	5,68	1,97	7,74
Outono	6,41	1,99	8,26
Inverno	7,08	2,17	7,52
Primavera	6,62	2,13	6,61

Tabela 24: Velocidades e Fatores *Weibull* (K) e (C) por Estações do Ano (CRESESB, 2007).

6.1.2.2 Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (WindFloat)

Considera-se, para efeito de cálculo, a utilização do modelo de turbina eólica, Wobben Windpower Enercon (E – 82E2/2000kW), disponível comercialmente no mercado brasileiro com a altura de eixo a partir 78m e área varrida pelas pás de 5.281m² ou

0,005281km². Ou seja, para uma área ocupada por um parque eólico de 5km², é possível instalar 59 turbinas eólicas (Figura 5), conforme demonstrado abaixo:

$$\text{Número de Turbinas} = 5 / (0,005281 \times 16) = 59 \text{ unidades.} \quad \text{Equação 4}$$

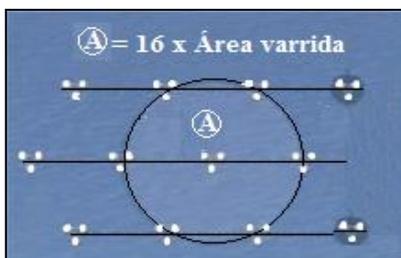


Figura 55: Projeção de Parque Eólico. Fonte: própria.

A representação dos dados de velocidade do vento foi através de uma distribuição estatística teórica, no caso, a distribuição de *Weibull*, que define como será a probabilidade da ocorrência das velocidades médias dos ventos (Tabela 25).

Velocidade do Vento m/s	Potência da Turbina Eólica kW	Energia Gerada kWh			
		Verão	Outono	Inverno	Primavera
1	0	0	0	0	0
2	3	420,03	367,52	379,64	508,11
3	25	4764,15	4240,74	4703,56	6007,95
4	82	18359,13	16658,4	19220,49	23293,93
5	174	41614,11	38592,3	45234,96	51592,45
6	321	76312,79	72542,33	84587,91	89966,85
7	532	118456,79	115766,46	131630,42	129304,44
8	815	161347,85	162600,76	176743,00	158779,51
9	1180	198131,66	206518,39	210344,78	171093,63
10	1580	215354,68	232867,17	217761,36	158766,67
11	1810	192133,49	216172,92	181768,66	117595,15
12	1980	157324,38	184724,07	136713,76	77694,45
13	2050	117345,41	144210,52	91908,32	45421,59
14	2050	81449,97	105072,24	56387,65	23991,37
15	2050	54517,34	74037,15	32698,3	11857,93
16	2050	35213,05	50486,74	17924,65	5485,45
17	2050	21960,99	33336,04	9289,35	2375,25
18	2050	13230,99	21323,69	4551,14	962,74
19	2050	7703,82	13218,84	2107,75	365,26
20	2050	4336,60	7944,25	922,63	129,7
Sub-Total		1515640,63	1692736,28	1423955,69	1075062,71
Total de Energia Anual (kWh)		5.707.395,31			
Fator de Capacidade		33%			
Total de Energia Anual (MWh)		342.444¹			
Potência Teórica do Parque (MW)		120			

Tabela 25: Potência Teórica do Parque Eólico *Offshore* no Litoral Norte Paulista (¹), considerando uma área disponível de 06 km², que pode acomodar até 60 turbinas eólicas de 2.000kW (CRESEB, 2007).

Em uma análise econômica, embora não estejam disponíveis valores exatos, a *Offshore Wind Energy* aponta que os custos das fundações em instalações *offshore* podem ser superiores em até 30% relativamente aos custos das fundações *onshore*, e que os demais custos envolvidos são aproximadamente 25% mais altos. Mas, tendo em conta as condições mais favoráveis de vento nas localizações *offshore*, o aumento das dimensões das turbinas eólicas e, conseqüentemente, a maior capacidade de geração, as instalações *offshore* implicam em economia de escala, com isso, prevê-se que o custo global por kWh produzido seja mais baixo do que em localizações *onshore* (MOREIRA et al., 2013).

Segundo Rocha (2014), mesmo com cenários futuros favoráveis, a instalação de parques eólicos *offshore* distantes da costa implicará não só na utilização de tecnologias mais eficientes como também em um maior esforço para a melhoria da operação e manutenção O&M, impostas pela dificuldade de acessibilidade e custos de deslocamento, quando comparados aos parques eólicos *onshore*. Ou seja, a análise e a procura da minimização dos custos relativos às tarefas de O&M dos parques eólicos *offshore* flutuantes consistem em tema necessário para a viabilidade de um investimento eólico *offshore*.

A viabilidade encontra-se fortemente afetada pela disponibilidade do seu parque na medida em que, a uma disponibilidade elevada, corresponde uma maior quantidade de energia produzida. Por isso, níveis baixos de disponibilidade poderão, de forma significativa, aumentar os custos de O&M, inviabilizando o investimento. Diante disso, a disponibilidade é um agente capital para o êxito de um parque eólico *offshore* e será tanto maior quanto menor for o tempo da não operacionalidade da turbina (ROCHA, 2014).

6.1.2.2 Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (WindFloat)

O custo técnico-econômico da tecnologia *WindFloat* ainda está relativamente alto se comparado ao custo de formas mais convencionais de geração de energia elétrica. É o que mostra a Tabela 26.

Potência Instalada (MW)	Custo Total ¹ (R\$)	Custo/kW (R\$)	Vida útil (anos)	Fator de Capacidade (%)
120	681.162.000,00	5.676,35	30	33

Tabela 26: Custos da Tecnologia WindFloat. Fontes: EDP (2012) E Rocha (2014).

6.1.3 Caracterização do Recurso Hídrico (PCH)

Conforme a SEE (2013), foi realizado um mapeamento georreferenciado combinado os históricos de precipitações e vazões de todos os rios dentro de seus limites geográficos. A análise dos resultados foi feita pela *Earth Resources Observation and Science Center*, pertencente ao *United States Geological Survey*, que concluiu pela existência de energia hidráulica remanescente que pode ser caracterizada como potencial a ser explorado no estado. Tal análise resultou no seguinte potencial para a sub-bacia hidrográfica do Litoral Norte Paulista (Tabela 27). Nos estudos, não foram excluídas as regiões que conhecidamente apresentam dificuldades no licenciamento ambiental (SEE, 2013).

Sub-bacia	Potenciais < 100 kW	Potenciais de 100 a 1.000 kW	Impeditivos (*)	Total Factível
Litoral Norte	33 MW	58 MW	100,0%	0 MW

Tabela 27: Potência Hidroelétrica Remanescente na sub-bacia do Litoral Norte Paulista.
(*) fatores impeditivos (unidade de conservação e de proteção integral) (SEE, 2013).

A Figura 56 traz em destaque o Litoral Norte Paulista e já considera os principais impeditivos, como as áreas urbanas, as centrais de geração de energia elétrica em operação, as comunidades quilombolas, as estruturas de transporte ferroviário e rodoviário, a restinga, as terras indígenas e as unidades de conservação e de proteção integral.

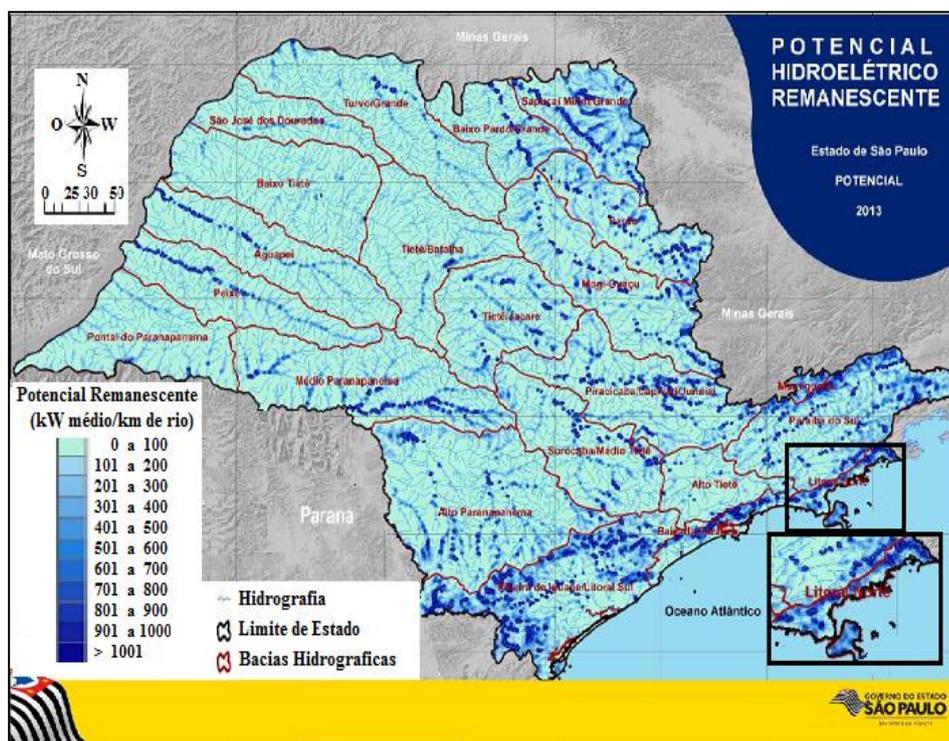


Figura 56: Potencial Hidroelétrico Remanescente com destaque o Litoral Norte Paulista (SEE, 2013).

6.1.3.1 Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (PCH)

Conforme a ANEEL (2015), foram apresentados “estudos de inventário hidrelétrico” para a sub-bacia nº.81 da bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste, Estado de São Paulo, Litoral Norte Paulista, rio Camburu, pela empresa SERVENG-CIVILSAN S.A., conforme a resolução 548/2002 que teve apoio no despacho 1026/2001, referente ao processo encaminhado número 48500.005993/00-84. Estes estudos identificaram um único potencial de 30MW (Tabela 28).

Usina	Distância da Foz (km)	Drenagem (km ²)	Vazão Q _(mt) (m ³ /s)	Nível Montante (m)	Nível Jusante (m)	Potência (MW)	Reservatório (km ²)
CAMBURU	31	98	4,9	510,00	28,50	30	0,06

Tabela 28: Despacho 1026/2001 (ANEEL, 2015).

Segundo Boulomytis et al. (2014), baseando-se no monitoramento fluviométrico realizado entre abril de 2012 e maio de 2013 nas seções dos rios contribuintes Camburu e Claro, além da jusante do Rio Juqueriquerê, o estudo mostra que a sub-bacia do rio Camburu, com 250km², em relação a sub-bacia do rio Claro, obteve maiores valores de vazão. Os dados levantados durante as campanhas no rio Camburu são apresentados na Figura 57.

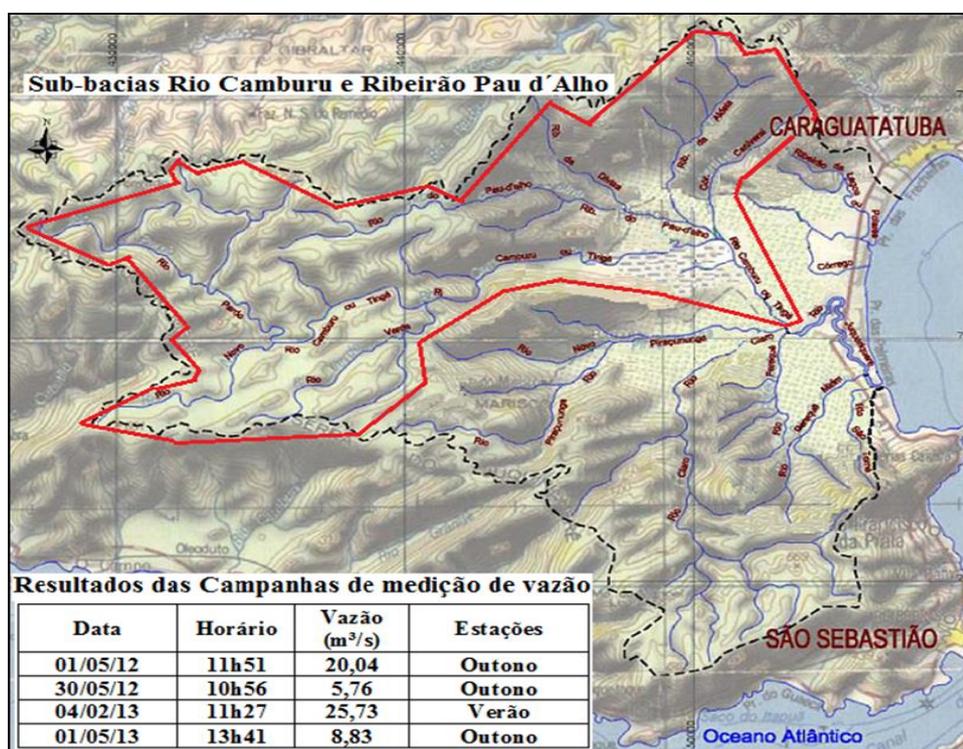


Figura 57: Bacia do rio Juqueriquerê e sub-bacia do rio Camburu (BOULOMYTIS et. al.,2014).

Segundo o DAEE (2015), entre 1980 e 1990, a vazão média por estação do ano (Gráfico 16) entre 1980 e 1990, para uma seção da sub-bacia do rio Claro, representa apenas 64,82km² do total de 419,36km² da bacia do rio Juqueriquerê.

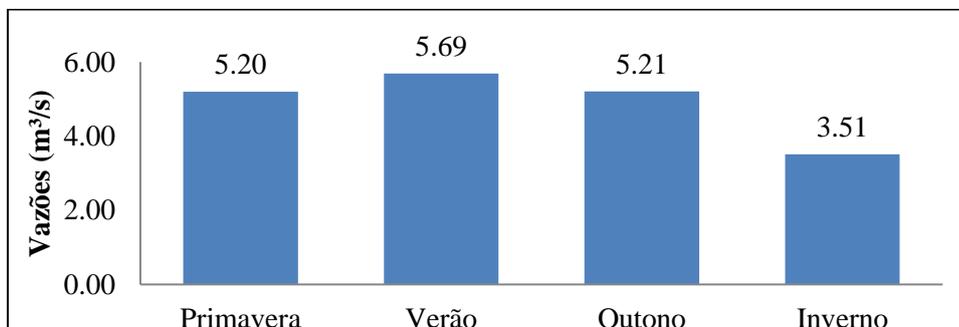


Gráfico 16: Medições de Vazão da Estação Pluviométrica (2E-022) (DAEE, 2015).

Considerando os estudos apresentados, é admissível a vazão de 5m³/s na bacia do Juqueriquerê e, mais admissível um “potencial teórico hidráulico bruto” de 30MW. Portanto, para este trabalho adota-se as mesmas especificações dos estudos de inventário hidrelétrico da chamada “PCH – Camburu” apresentadas à ANEEL, como sistema de geração de eletricidade (Figura 58).

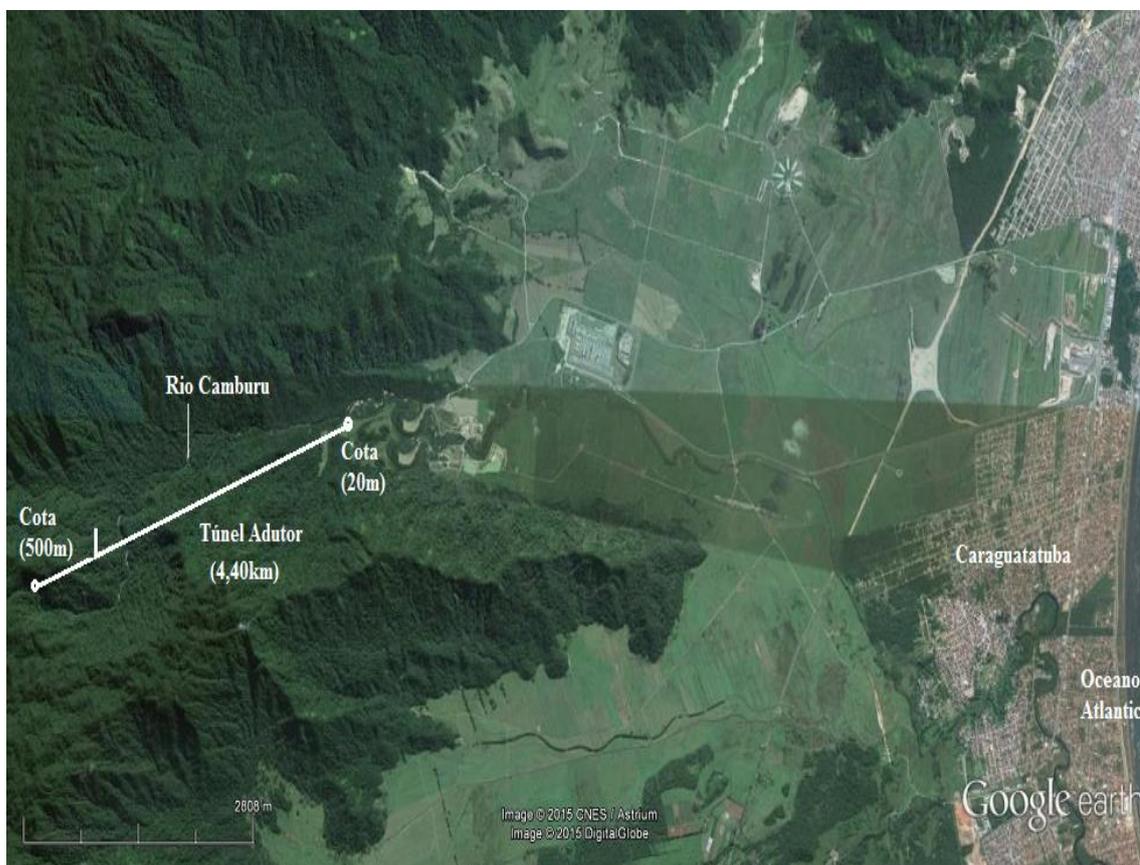


Figura 58: Arranjo geral das obras da PCH – Camburu – Litoral Norte Paulista.
Fonte própria a partir do Google Earth (2015).

Para minimizar ao máximo os impactos ambientais, já que o trecho favorável à instalação da usina é de preservação permanente de mata atlântica, não será construído reservatório para acumulação da água, adotando-se o modelo de usina a fio d'água. O arranjo geral das obras: tomada d'água, na cota 500m e túnel adutor até a cota 20m; túnel que também abrigará no seu interior o pequeno “reservatório diário” de água, conduto forçado e a casa de força (Figura 58).

Apesar de todos os equipamentos elétricos, auxiliares, transformadores e etc., que demandam elevados graus de desenvolvimento técnicos e, portanto, são indispensáveis à operação das usinas hidrelétricas, cabe às turbinas hidráulicas o papel de peça chave na determinação da concepção técnica de uma usina hidrelétrica (TIAGO FILHO, 2015).

6.1.3.2 Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (PCH)

Segundo Tiago Filho (2015), a concepção técnica com turbinas hidrelétricas das famílias Pelton e Francis representa um custo de respectivamente R\$ 7.500,00/kW instalado, dos quais R\$ 750,00/kW são custos com serviços de engenharia e montagem dos equipamentos instalado. Já os equipamentos mecânicos e elétricos custam R\$ 3.000,00/kW instalado e o restante como obras civis, R\$ 3.750,00/kW, instalado (Tabela 29).

Potência Instalada (MW)	Preço (R\$)	Custo/kW (R\$)	Vida útil (anos)	Fator de Capacidade (%)
30	225.000.000,00	7.500,00	30	61

Tabela 29: Custos técnico-econômicos da PCH – Camburu - Litoral Norte Paulista (TIAGO FILHO, 2015).

Conforme Faria (2011), em uma análise dos Fatores de Capacidade de uma série de PCH que se encontra em operação no Brasil, de acordo com o Banco de Informações de Geração da ANEEL, está na média de 61%.

6.1.4 Caracterização do Recurso Hídrico (UHR)

Segundo Zuculin et al. (2014), a utilização de um reservatório superior existente, represa de Paraibuna, contribui significativamente para a viabilidade na instalação de UHR no Litoral Norte Paulista, com o seguinte arranjo (Figura 59).

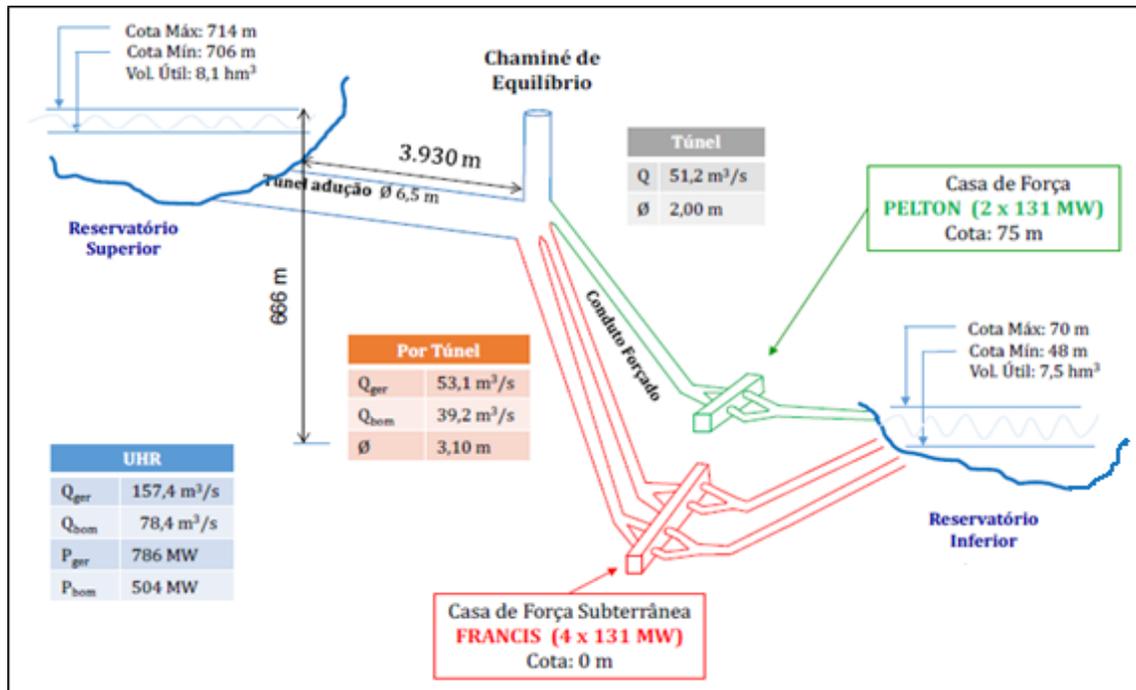


Figura 59: Desenho Esquemático para Instalação da UHR no Litoral Norte Paulista (ZUCULIN et al., 2014).

Os dados característicos da UHR no Litoral Norte Paulista são:

- Potência instalada total de geração 786MW, sendo: quatro grupos turbinas bombas “Francis”, com potência de 131MW por grupo, e dois grupos geradores “Pelton”, com potência de 131MW por grupo.
- Reservatório superior com 8,1 hm³ de volume útil, variando entre as cotas 706m e 714m;
- Reservatório inferior com 7,5 hm³ de volume útil, variando entre as cotas 48m e 70m;
- Um túnel de adução escavado em rocha, com 3.930 m de comprimento e 6,5m de diâmetro desde o reservatório até a chaminé de equilíbrio;
- Dois túneis escavados em rocha, revestidos em concreto, com 3,10m de diâmetro até a casa de força subterrânea na cota zero com 04 grupos turbinas-bomba de 131 MW;

- Um terceiro túnel escavado em rocha, revestido em concreto, com 2,0 m de diâmetro até a casa de força Pelton na cota 75m com os dois grupos geradores.

6.1.4.1 Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (UHR)

Segundo Zuculin et al. (as turbinas, RV, válvulas, equipamentos hidromecânicos, barramentos e equipamentos auxiliares, sistema de comandos de controle, proteção e sistema de telecomunicação, e mais, transformador e subestação, foi da ordem de R\$ 600 milhões, sem os impostos ICMS, IPI, PIS e COFINS e sem as instalações. O prazo de fornecimento desses equipamentos foi estimado em 32 meses. Para entrada em operação comercial da primeira unidade, o prazo é de 38 meses até a última unidade, ficando o custo para implantação da UHR no Litoral Norte Paulista da ordem de R\$ 2.500,00/kW instalado conforme Tabela 30.

Potência Instalada (MW)	Preço (R\$)	Custo/kW (R\$)	Vida útil (anos)	Fator de Capacidade (%)
786	1.965.000.000,00	2.500,00	50	26

Tabela 30: Custos Técnico-Econômicos da UHR – Litoral Norte Paulista (ZUCULIN, et al., 2014).

6.1.5 Caracterização dos Recursos (GN com captura de CO₂) e (RSU)

Cabe ressaltar que os custos de cada empreendimento estão estreitamente conectados às alternativas tecnológicas. Deste modo, um ponto de partida coerente para execução de projetos de usinas termoeletricas se inicia na definição do tipo de combustível, ou combustíveis, desde a sua disponibilidade até viabilidade econômica, passando pelo estudo das características físicas e químicas (BRACIANI, 2011).

Segundo Leme (2010), a composição gravimétrica dos RSU, mostra o percentual de cada componente em relação à massa total. É uma informação básica para o monitoramento e avaliação de projetos de recuperação energética a partir de RSU. O potencial de geração de energia está diretamente ligado à quantidade e à qualidade dos resíduos. O poder calorífico é função da composição de resíduos e, principalmente, da umidade, a qual interfere negativamente no PCI. A obtenção dessa informação é dificultada pela inexistência de procedimentos padrões de amostragem, pela heterogeneidade dos resíduos sólidos e pela forma de disposição desses resíduos ou tipo de aterro, entre outros fatores. Na tentativa de melhorar a qualidade das informações dos RSU de Betim – MG, foi realizado em abril de

2009 uma amostragem (Gráfico 21), onde se nota uma alta porcentagem de materiais de origem orgânica, situação muito comum nas cidades brasileiras.

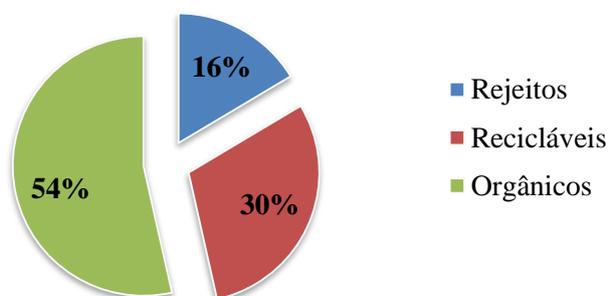


Gráfico 21: Composição Gravimétrica do RSU em Betim – MG (LEME, 2010).

Conforme Leme (2010), os métodos mais usados para se determinar o poder calorífico dos RSU são os modelos matemáticos baseados na composição do lixo, ou os experimentais, que utilizam as bombas calorimétricas. Tendo isto em mente, optou-se por utilizar o modelo de Kathiravale (2003). Esse modelo leva em consideração as porcentagens em massa dos materiais combustíveis presentes no lixo e seus conteúdos energéticos. Diante o exposto, apurou-se o valor para o PCI de 7.981kJ/kg para o RSU de Betim – MG.

Por comparação, pode-se aceitar um PCI semelhante para Ubatuba – Litoral Norte Paulista, que tem uma composição gravimétrica parecida com Betim – MG (Gráfico 22).

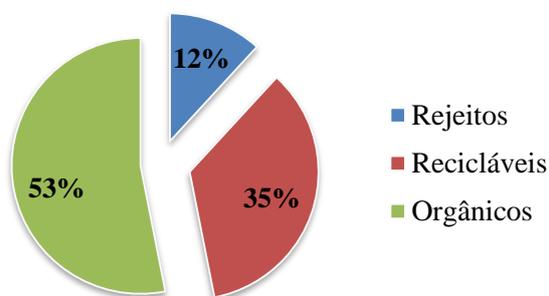


Gráfico 22: Composição Gravimétrica dos RSU em Ubatuba – Litoral Norte Paulista (PMU, 2014).

Segundo Santi (2012), o PCI varia significativamente com a umidade, por isto em seu trabalho foi estimado um PCI de 5.000kJ/kg. Para estudar a eficiência de arranjos de geração de energia elétrica, foi combinada a geração pela queima de RSU e a geração pela queima de GN, ou seja, uma Usina Termelétrica Híbrida - UTH. Apesar da maior parte da eletricidade do arranjo proposto vir da queima de gás natural e não da incineração dos resíduos, aproximadamente 10% da energia vêm dos resíduos. As eficiências resultantes estão próximas dos valores teóricos para ciclos combinados, acima de 50%.

6.1.5.1 Resultados Técnico-Econômicos da Tecnologia (UTH com captura de CO₂)

Segundo Braciani (2011), os custos dos equipamentos portam mais da metade, 60%, do custo total do empreendimento. Em termos de custo de equipamentos, prevalecem aqueles integrados à caldeira, forno RSU, trocador de calor, turbina a vapor, turbina GN e geradores. Diferentemente da usina hidroelétrica, nas termoelétricas o custo com obras civis é menos expressivo, 15%, devido às características mais simples empregadas nesse tipo de obra e, conseqüentemente, ao tempo de construção menor.

No Brasil, o fornecimento da maior parte dos equipamentos das termoelétricas é efetivado por fornecedores de outros países. O custo de capital e sua amortização expõem especificamente a tecnologia termoelétrica de forma significativa às variações cambiais, aumentando o risco do investidor. Todos esses parâmetros somados geram oscilações no custo do empreendimento, logo não é admissível generalizar uma relação de custo dos equipamentos sem conhecer as tecnologias que serão aplicadas (BRACIANI, 2011). Os custos técnico-econômicos da UTH a GN e RSU é apresentado na Tabela 31.

Potência Instalada (MW)	Preço (R\$)	Custo/kW (R\$)	Vida útil (anos)	Fator de Capacidade (%)
80	416.683.200,00	5.208,54	30	65 ¹

Tabela 31: Custos Técnico-Econômicos da UTE a GN e RSU no Litoral Norte Paulista.

Nota (1): Valor (FC = 80%) subtraído o consumo de energia elétrica próprio (15%) utilizada na captura do CO₂ e no tratamento das emissões do queimador de RSU. Fonte própria, adaptada de Braciani (2011).

6.1.6 Caracterização do Recurso (Ondas Oceânicas)

Os resultados encontrados por Lourenço (2012) podem ser comparados à base de dados do Sistema Brasileiro de Observação dos Oceanos e Clima através do Programa Nacional de Boias, especificamente “Boia – Santos” (Figura 60).

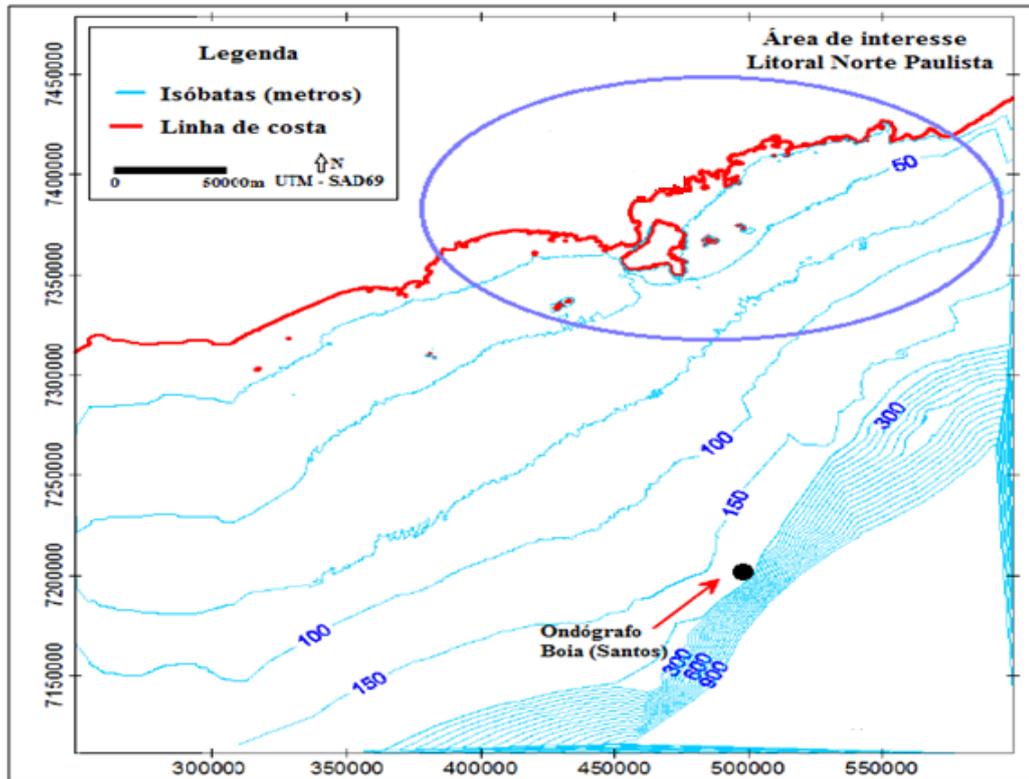


Figura 60: Localização da “Boia – Santos”. Adaptado de Brasil (2015)

6.1.6.1 Clima de Ondas Oceânicas

Os resultados estatísticos dos dados de ondas, utilizando a “boia – Santos”, que vem realizando medições de ondas na baía de Santos desde 2011, permitem a definição da caracterização do clima de ondas. As alturas significativas – H_s entre 1,5m e 2,5m correspondem a 78% dos dados (Gráfico 17).

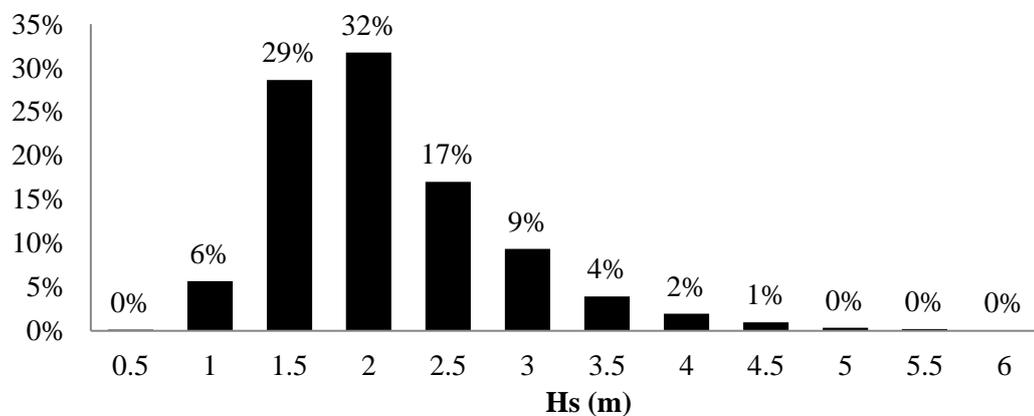


Gráfico 17: Distribuição das Alturas Significativas (H_s) na Baía de Santos no Litoral Paulista (2011 a 2015). Adaptado de Brasil (2015).

Os períodos dominantes apresentam-se entre 7s e 10s com cerca de 60% dos dados (Gráfico 18).

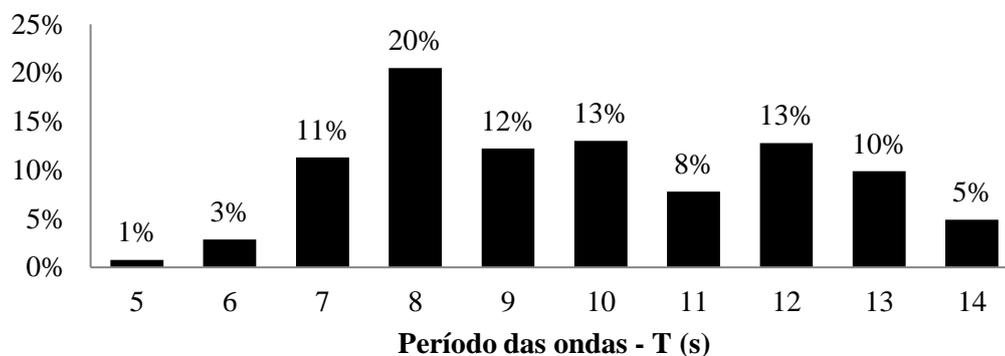


Gráfico 18: Distribuição dos Períodos das Ondas na Baía de Santos no Litoral Paulista de 2011 a 2015. Adaptado de Brasil (2015).

Segundo Lourenço (2012), outro estudo de clima de ondas realizado na plataforma continental do Litoral Norte Paulista, utilizando-se da ferramenta matemática NOAA - WAVEWATCH III - NWW3, entre janeiro de 1997 e dezembro de 2010, e obteve os seguintes resultados: (1) períodos – T_z : entre 7,75s de média mínima mensal e 9,63s de média máxima mensal, e (2) alturas significativas – H_s : entre 1,47m de média mínima mensal e 2,09m de média máxima mensal.

6.1.6.2 Estimativa do Potencial Teórico e Geração Anual de Energia Elétrica (Pelamis)

As energias oceânicas apresentam enormes variações em suas características de um local para outro, o que dificulta a definição do modelo de dispositivo de aproveitamento, diferentemente do que ocorre com a energia eólica. Para a estimativa do potencial teórico do dispositivo Pelamis em outras partes do mundo, está disponível uma matriz de potência referente ao primeiro dispositivo desenvolvido pela Pelamis Wave Power (PELAMIS, 2012 apud FLEMING, 2012).

No caso do Litoral Norte Paulista, considerando a tecnologia “pré-comercial” existente Pelamis, a mais adequada para o clima de ondas existentes, mesmo assim a sua instalação implicaria em um grande potencial ocioso, conforme a matriz de potência (Figura 61), uma vez que seria fornecido um dispositivo com potência de 750kW, e este, na melhor das hipóteses, equivaleria a uma potência de 153kW.

		Período(Tz)																
		5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13
Altura significativa (Hs)	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	22	29	34	37	38	38	37	35	32	29	26	23	21	0	0	0
	1,5	32	50	65	76	83	86	86	83	78	72	65	59	53	47	42	37	33
	2	57	88	115	136	148	153	152	147	138	127	116	104	93	83	74	66	59
	2,5	89	138	180	212	231	238	238	230	216	199	181	163	146	130	116	103	92
	3	129	198	260	305	332	340	332	315	292	266	240	219	210	188	167	149	132
	3,5	0	270	354	415	438	440	424	404	377	362	326	292	260	230	215	202	180
	4	0	0	462	502	540	546	530	499	475	429	384	366	339	301	267	237	213
	4,5	0	0	544	635	642	648	628	590	562	528	473	432	382	356	338	300	266
	5	0	0	0	739	726	731	707	687	670	607	557	521	472	417	369	348	328
	5,5	0	0	0	750	750	750	750	750	737	667	658	586	530	496	446	395	355
	6	0	0	0	0	750	750	750	750	750	750	711	633	619	558	512	470	415
	6,5	0	0	0	0	750	750	750	750	750	750	750	743	658	621	579	512	481
	7	0	0	0	0	0	750	750	750	750	750	750	750	750	676	613	584	525
	7,5	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	750	750	750	750	686	622	593
	8	0	0	0	0	0	0	0	750	750	750	750	750	750	750	750	690	625

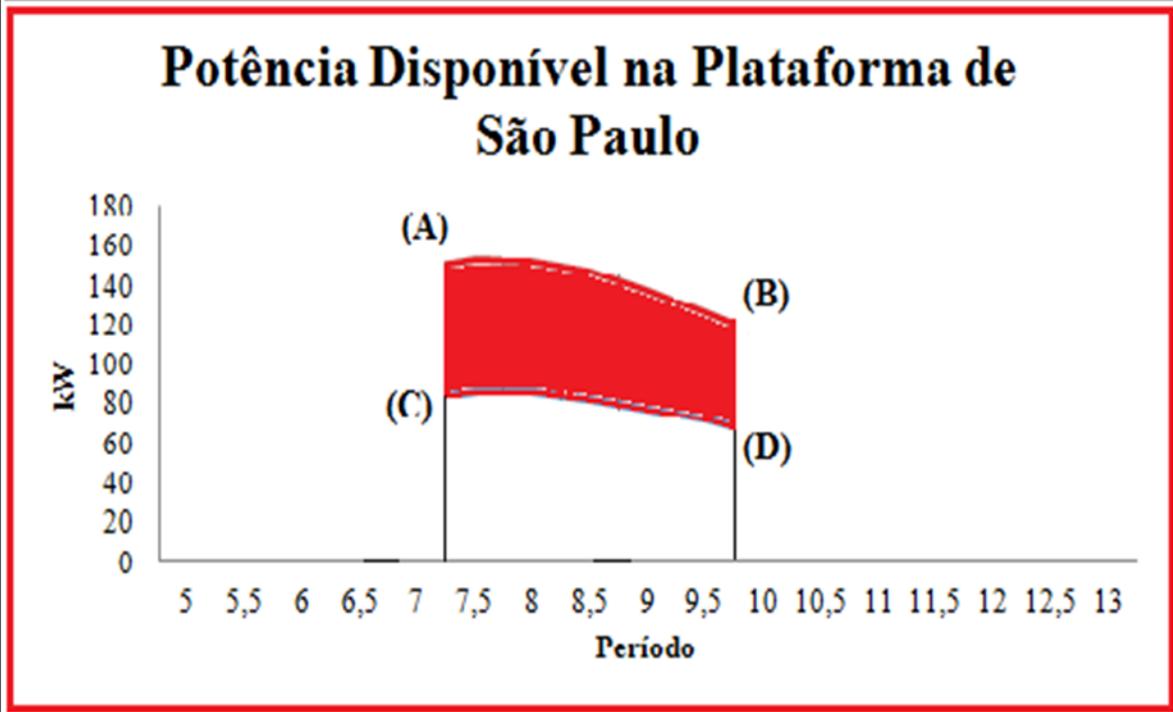


Figura 61: Matriz Potência do Aproveitamento pelo Pelamis na Plataforma Continental do Estado de São Paulo. Adaptado de Pelamis (2012 apud FLEMING, 2012).

6.2 Recursos Energéticos do Lado da Demanda – RELD

6.2.1 Caracterização do Recurso Sistema de Aquecimento Solar – SAS, na Substituição de Chuveiros Elétricos

Segundo Baitelo (2011), dados do PROCEL informam que o setor residencial da região sudeste brasileira consome cerca de 26% de eletricidade em chuveiros elétricos. O índice coloca o uso final como maior consumidor de energia elétrica em residências, ao lado das geladeiras. Essa importância justifica a escolha desse recurso do lado da demanda neste estudo de caso. A Redução de Demanda na Ponta é calculada de acordo com a seguinte equação:

$$RDP = NR \times NC \times (PC - P_{AUX}) \times FD \times 10^{-3} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

RDP: redução de demanda na ponta (kW);

NR: número de residências;

NC: número médio de chuveiros por residência;

PC: potência máxima típica dos chuveiros utilizados (W);

P_{AUX}: potência média do aquecimento auxiliar por residência (W);

FD: fator de diversidade de demanda do chuveiro na ponta (adimensional).

Algumas considerações ainda devem ser feitas: o número médio de chuveiros por residência na região sudeste, segundo o PROCEL, é de 1,1; o volume médio do reservatório de água quente, segundo a ANEEL, é de 200 litros com base em valores do programa federal Minha Casa, Minha Vida; a potência máxima típica dos chuveiros PC é de 5.500 W; a potência auxiliar P_{aux} é de 750 W; o Fator de Diversidade indicado é 0,10.

A potência evitada estimada é igual ao valor obtido na Redução de Demanda na Ponta, aplicando-se a equação acima (Tabela 32).

Consumo Anual Evitado (MWh)	Potência Evitada Ponta (MW)	Residências Atendidas Referente 80% do Total	Vida útil (anos)	Custo da implantação dos Sistemas de Aquecimento Solar - SAS (R\$)
148.810	37	67.500	20	283.500.000,00

Tabela 32: Custos técnico-econômicos da substituição de chuveiros elétricos por Sistema de Aquecimento Solar em residências. Adaptado de Baitelo (2011).

CAPÍTULO 4

7 Cômputo e Valoração dos Potenciais Completos – CVPC – RELO

O processo de CVPC de Recursos Energéticos, pelo lado da oferta, abrange a valoração em termos relativos e absolutos de todos os atributos referentes aos recursos energéticos nas quatro dimensões do PIR. Esses valores são balizados pelos potenciais energéticos teóricos, realizáveis e de mercado aplicáveis na região. A formulação e a delimitação desses potenciais valem-se das possibilidades naturais locais, bem como de limitações de diferentes ordens impostas pelas quatro dimensões de análise: técnico-econômica, social, ambiental e política.

Conforme Baitelo (2011), é importante ressaltar que a análise individualizada de recursos energéticos nessa etapa de valoração impede que a complementaridade entre fontes energéticas, como é o caso da complementação entre a geração hidrelétrica e as gerações eólica e solar em sistemas híbridos, com o intuito de diminuir índices de flutuação da geração de eletricidade, seja medida e possa favorecer a avaliação de um recurso em aplicações específicas.

7.1 Dimensão Técnico-Econômica

A valoração da dimensão técnico-econômica para recursos energéticos do lado da oferta concentra-se essencialmente em atributos e subatributos voltados aos cálculos de potencial energético e custos de geração de energia, trabalhados por metodologias conhecidas.

7.1.1 Confiabilidade

A atributo confiabilidade é valorado pelo fator de capacidade de produção de energia efetivamente gerada por determinada tecnologia de aproveitamento e pela disponibilidade. Esta última, é indicada pela média percentual entre as disponibilidades: (1) fonte energética, (2) tecnologia de aproveitamento e (3) potencial de mercado (Tabela 33).

Confiabilidade (subatributos)	Valoração				
	SFCR	<i>WindFloat</i>	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Fator de Capacidade (%)	16	33	61	26	85
Disponibilidade (%)	98	95	95	95	95

Tabela 33: Valores dos Subatributos do Atributo Confiabilidade dos Recursos Energéticos

Segundo Baitelo (2011), para o subatributo “disponibilidade”, a avaliação de interrupções não previstas, como consequência de variáveis políticas e econômicas ou fenômenos naturais, é estimada em 5%, exceção aos painéis fotovoltaicos com 2%. Ressalta-se que essa média para os painéis fotovoltaicos refere-se a unidades individuais de geração e representa um impacto reduzido no sistema total.

7.1.2 Potencial Energético

No capítulo anterior, foi realizada a seleção das disponibilidades de geração de energia elétrica, combinando a fonte com a tecnologia de aproveitamento. Os resultados obtidos: (1) potência realizável e (2) volume de energia, permitem a valoração do potencial energético dos recursos (Tabela 34).

Potencial Energético (subatributos)	Valoração				
	SFCR	<i>WindFloat</i>	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Potência Realizável (MW/ano)	253	120	30	786	80
Volume de Energia (MWh/ano)	342.302	342.444	160.308	1.793.437	595.680

Tabela 34: Valores dos Subatributos do Atributo Potencial Energético.

7.1.3 Custos Unitários de Geração de Energia

A simulação dos custos unitários de geração de energia utilizou o método de fluxo de caixa descontado (Tabela 35). A taxa de juro utilizada foi de 9% ao ano.

Custo de Geração (subatributos)	Valoração				
	SFCR	<i>WindFloat</i>	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Custo de Implantação (R\$/kW)	4.596,33	6.760,75	7.500,00	2.500,00	5.208,54
TIR (%)	0	0	9,288	15,390	16,249
Custo de O&M (R\$/MWh)	54,40	55,35	17,54	13,70	16,99
VPL (R\$)	16.593,86	- 216.312.368,23	5.770.484,40	1.150.998.233,28	258.494.078,90
Vida Útil (anos)	20	30	30	50	30

Tabela 35: Valores dos Subatributos do Atributo Custos Unitários de Geração de Energia Domínio Tecnológico

O domínio tecnológico (Tabela 36) é medido pelo cálculo do índice de nacionalização e a facilidade de implementação e penetração na região estudada. Para a composição desse valor, são considerados todos os custos relacionados a equipamentos e serviços de empreendimentos energéticos.

Domínio Tecnológico (subatributos)	Valores				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Tecnologia e Equipamentos	20%	70%	90%	80%	69%
Projeto e Logística	100%	80%	100%	100%	80%
Tempo de Implantação (% da Vida Útil)	15	10	6	6	8

Tabela 36: Valores dos Subatributos do Atributo Domínio Tecnológico no Litoral Norte Paulista

7.1.4 Facilidade Técnica

A facilidade técnica (Tabela 37) é medida pelo cálculo da distância ao consumo e a porcentagem dos custos de projetos de engenharia (mão de obra qualificada) sobre os custos de implantação dos empreendimentos. O subatributo de distância ao consumo é medido pela distância do sistema energético ao sistema de distribuição ou transmissão de energia.

Facilidade Técnica (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Distância ao Consumo (km)	0	20	10	10	10
Mão de Obra Qualificada (%/custo de implantação)	10	7	3	3	8

Tabela 37: Valores dos Subatributos do Atributo Facilidade Técnica

7.2 Dimensão Ambiental

Segundo Baitelo (2011), a valoração da dimensão ambiental para recursos energéticos do lado da oferta divide-se em três áreas principais, abordando impactos aos meios: Terrestre (solo), Aquático e Aéreo.

7.2.1 Impacto Meio Terrestre

O Impacto Meio Terrestre (Tabela 38) é medido pelo cálculo dos rejeitos sólidos e líquidos, depositados no solo, e pela “ocupação do solo” necessário ao empreendimento.

A produção de rejeitos sólidos em atividades hidrelétricas é estimada em razão do volume de sedimentos, produzidos e transportados da região a montante da usina, e depositado anualmente em seu reservatório. Segundo Andrade (2009), na bacia do Rio Claro, afluente do Rio Juqueriquerê, esse volume é de 360t/ano, valor de produção e transporte de sedimento aceitável como baixo 100t/km².ano na maior parte da bacia.

Também nos parques eólicos são gerados rejeitos sólidos, o que ocorre na troca do fluido lubrificante da caixa de câmbio dos aerogeradores. A definição de resíduo sólido oferecido pela NBR10004 engloba também resíduos em estado líquido cujas propriedades impossibilitem, por alguma razão, seu despejo em corpos d'água ou rede pública de esgoto. Ainda segundo a norma brasileira, esse tipo de resíduo é classificado como perigoso devido à sua toxicidade (GEPEA, 2008).

A massa de rejeitos perigosos gerada, correspondente ao descarte de óleo lubrificante, é obtida pela multiplicação do fator de geração de resíduo sólido óleo lubrificante 33,12kg por turbina/ano, para turbinas eólicas horizontal “*onshore*”, de 2MW a 3MW de potência, pela quantidade de aerogeradores necessária para realização do potencial teórico de geração eólica (GEPEA, 2008).

As cinzas são rejeitos sólidos produtos da incineração de RSU e constituem-se da porção inorgânica e da matéria não combustível presente no RSU. Há dois tipos de cinzas: as de fundo, que são resultantes da combustão e consistem nos materiais não combustíveis, denominadas por alguns autores como escória; e as cinzas suspensas retidas pelo sistema de controle das emissões gasosas, também denominadas de cinzas volantes. As primeiras correspondem de 75% a 90%. A maior preocupação quanto à disposição final das cinzas está relacionada aos metais pesados e a outros materiais inorgânicos não destruídos (CAIXETA, 2005).

Meio Terrestre (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Rejeitos Sólidos (t/MW/ano)	0	0,02	12,00	96,00	125,06
Rejeitos Líquidos (kg/MW/mês)	0	0	0	0	0
Ocupação do Solo (m ² /kW)	0	0	1	0,5	0,6

Tabela 38: Valores dos Subatributos do Atributo Meio Terrestre

Segundo Caixeta (2005), quanto aos efluentes líquidos provenientes dos lavadores de gases, também é necessário que seja implantado um tratamento específico para os mesmos. Os resíduos gerados nesse processo de tratamento “lodo”, muitas vezes, recebem a mesma destinação conferida às cinzas volantes, como pode ser verificado no trabalho de Dempsey et Oppelt (1987).

7.2.2 Impacto Meio Aquático

O Impacto no Meio Aquático (Tabela 39) é medido pelo cálculo da demanda de água para o consumo e/ou vazão, necessários à operação do recurso energético, e pelo cálculo da “qualidade da água” após sua utilização.

Segundo Tiago Filho (2015), em usinas hidrelétricas deve-se considerar o impacto da vazão ecológica. A “vazão ecológica” é a redução da vazão entre a tomada d’água e o canal de fuga, a fim de manter um escoamento mínimo permanente no curso d’água. O Instituto Mineiro de Gestão das Águas fixa a vazão residual mínima a jusante de cada captação como 70% da vazão $Q_{7,10}$ do corpo d’água, necessário à manutenção do meio biótico.

Conforme Salomon (2003), as perdas ocorrem principalmente por evaporação, arraste e purga. O total das perdas nas torres chega a aproximadamente 5% da água circulada. As torres que consomem água, como visto anteriormente, são as torres úmidas e mistas. A evaporação é inevitável quando ocorre o contato entre água e o ar. As perdas por arraste podem ser reduzidas através de eliminadores de gotas. A água de purga, chamada de “*blowdown*”, é necessária pois, com a evaporação da água, ocorre alta concentração de sais no restante da água, podendo causar graves problemas como corrosão, incrustação e outros (LI, 1985). Finalmente, a perda total de água de evaporação, arraste e purga será a quantidade de água a ser repostada no sistema, chamada de “*makeup*”. Para este trabalho, o volume de água circulada é de 4.559,40m³/h.

A incineração dos RSU está restrita às emissões atmosféricas, pois nas tecnologias consideradas neste trabalho o descarte de água é evitado. De fato, os gases de exaustão da planta são tratados com reagentes secos. As emissões para água consideradas neste estudo são referentes à disposição da escória de fundo e das cinzas voláteis em um aterro próprio. As emissões de longo termo consideram um período de 60.000 anos para água subterrânea, considerando que a falha do sistema de impermeabilização deva ocorrer. Já as emissões de curto termo compreendem um período de 100 anos para água superficial (SALOMON, 2003).

Meio Aquático (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)
Demanda de água (consumo e vazão) (m ³ /dia/kW)	0	0	14,11	1,50	0,06
Qualidade da Água					
DBO	0	0	0	0	0
DQO	0	0	0	0	0
Poluentes no meio aquático	0	0	0	0	0
Alteração do pH	0	0	0	0	0
Alteração da Temperatura	0	0	0	0	0

Tabela 39: Valores dos Subatributos do Atributo Meio Aquático no Litoral Norte Paulista.

Ainda que a produção de energia elétrica por meio da Usina Termelétrica Híbrida GN e RSU exerça efeito sobre a “qualidade da água” em parâmetros como DBO, DBQ, pH e temperatura, apresenta alteração de demanda de oxigênio dentro de padrões estabelecidos pela CETESB e emissões de efluentes em temperatura abaixo de 40°C, também dentro de padrões da CETESB. Calcula-se, para este trabalho, que a geração de efluentes pela UTH esteja na ordem de 0,02m³/s, valor muito inferior à vazão média de 4,90m³/s do rio Camburu, que receberá o despejo, o que significa que o atendimento aos parâmetros da CETESB está garantido. Desta forma, contabiliza-se como nula a emissão de poluentes aquáticas.

7.2.3 Impacto Meio Aéreo

O Impacto no Meio Aéreo (Tabela 40) é medido pelas emissões dos GEE e pelas emissões evitadas de CO_{2eq}., além das emissões dos “poluentes atmosféricos”.

A PCH a fio d’água não traz risco emissões de gases por não envolver a construção de reservatórios e, conseqüentemente, o represamento de água e o alagamento de matéria orgânica, responsável pela emissão de metano CH₄. O reservatório inferior da UHR será edificado em estrutura impermeável, ou seja, sem alagamento de matéria orgânica. Dessa forma, contabiliza-se como nula a emissão de gases de efeito estufa e poluentes aéreos para as usinas hidrelétricas.

Segundo Leme (2010), as emissões de uma planta de incineração de resíduos podem ser estimadas por medição direta, balanço de massa, análise do combustível e cálculos de

engenharia. Devido à heterogeneidade dos RSU, o método comumente aplicado é o uso de fatores típicos de emissão por tonelada de resíduo incinerado.

Neste trabalho são utilizados os fatores de emissão da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA (1996) devido à compatibilidade das tecnologias usadas na incineração do RSU. Consideram-se, conforme Leme (2010), as reduções de emissões obtidas com o uso dos sistemas de controle de emissões: Sistema de Redução Seletiva Não Catalítica (RSNC) com ureia para controle de NO_x; Secadores Spray “*Spray dryers Absorbers*” com cal para remoção de gases ácidos; e um filtro de mangas para remoção de partículas sólidas.

O carbono contido no lixo municipal pode ser tanto de origem fóssil quanto de origem biológica. Apenas as emissões resultantes da oxidação de carbono fóssil na incineração implicam em contribuição ao efeito estufa. A fração de carbono presente na biomassa do lixo não deve ser contabilizada para o cálculo das emissões de gases do efeito estufa GEE, pois não são emissões líquidas de CO₂ já que o carbono emitido foi retirado da atmosfera por processos biológicos durante o crescimento da biomassa que gera a parte orgânica dos RSU (IPCC, 2006). Assim é preciso determinar a fração biogênica do carbono contido nos RSU. Os métodos mais comuns para determinar a fração biogênica dos RSU são a dissolução seletiva ou a separação manual, onde o lixo é separado em várias frações: Fósseis, Biogênicas e Inertes (LEME, 2010). Dessa forma, contabilizaram-se neste trabalho 40% do CO₂ emitidos pela incineração dos RSU.

Para esta dissertação, o fator de emissão de GEE é equivalente a 15% do total estimado de CO₂eq em função do sistema de captura instalado na UTH. Considera-se ainda que as “emissões evitadas” de CO₂eq na UTH são originadas das emissões de GEE na decomposição do RSU disposto em aterros sem recuperação de metano, por substituir a necessidade de geração de energia a partir de fontes fósseis e, também, pela proximidade com os centros geradores de resíduos, o que anula as emissões do transporte dos RSU. Segundo a FEAM (2012), a emissão evitada com a tecnologia de incineração do RSU em emissões de GEE é de 1,95 tCO₂eq/MWh.

A metodologia utilizada para definir as emissões evitadas de CO₂eq consiste na geração de eletricidade renovável por meio de fontes como solares, hídricas e eólicas, conectadas à rede, que forneçam energia elétrica para um sistema de distribuição e/ou substituam a eletricidade de um sistema de distribuição que seja ou tenha sido abastecido por pelo menos uma unidade geradora de energia a partir da queima de combustíveis fósseis. Por

essa perspectiva, o (MWh/ano) produzido individualmente pelas unidades de geração renováveis, multiplicado pelas emissões GEE da unidade de geração não renovável, medido em (tCO₂eq/MWh/ano), é o mesmo que o total das emissões evitadas para cada recurso que não utiliza combustível de origem fóssil.

Meio Aéreo (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)
Gases de Efeito Estufa (kgCO ₂ eq/MWh/ano)	0	0	0	0	98,73
Emissões Evitadas (tCO ₂ eq/MWh/ano)	33.795,48	33.809,50	15.827,21	177.066,00	197.647,50
Poluentes Atmosféricos					
Emissão de NO _x (Kg/MWh)	0	0	0	0	0,70
Emissão de SO ₂ (Kg/MWh)	0	0	0	0	0,30
Emissão de CO (Kg/MWh)	0	0	0	0	0,21
Emissão de MP (Kg/MWh)	0	0	0	0	0,16

Tabela 40: Valores dos Subatributos do Atributo Meio Aéreo no Litoral Norte Paulista.

7.3 Dimensão Social

O Impacto no Meio Social é medido pelo cálculo da geração de empregos, influência no desenvolvimento, percepção de conforto e desequilíbrio ambiental no meio social (Tabelas 41, 42, 43 e 44).

Segundo GEPEA (2008), para a determinação dos empregos gerados na fase de operação e manutenção dos recursos, foi considerada a automação dos processos e a mão de obra necessária. A exceção fica para os painéis fotovoltaicos do sistema SFCR que dispensam a fase de operação para o cálculo do número de empregos gerado, levando em conta uma reduzida mão de obra necessária para fazer a manutenção em mais de uma residência, e que tal manutenção ocorreria poucas vezes num intervalo de um ano.

Geração de Empregos (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)
Empregos (O&M) (Número/MW)	5	4	2	2	3
Potencial de Empregos para População Local (% do PEA ¹)	1,36	0	0,26	3,39	0,69

Tabela 41: Valores dos Subatributos do Atributo Geração de Empregos no Litoral Norte Paulista.

Nota: (1) População Economicamente Ativa (PEA).

Segundo Tiago Filho (2015), a massa salarial total estimada para uma PCH com potência instalada de 20MW, conforme metodologia desenvolvida pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, é de R\$ 18.770.000,00, valor este composto pela somatória das massas salariais dos 2 anos da construção aos 20 anos de operação, o que resulta em R\$ 46.925,00 por ano.

Para este trabalho, a fim de estimar o “potencial de contribuição” para o PIB e IDH do município de Caraguatatuba, provável local das instalações dos sistemas de geração de energia, exceção feita ao sistema *WindFloat* que poderá ser construído fora do Litoral Norte Paulista, optou-se por utilizar o valor anual de massa salarial da PCH acima mencionado, inclusive para os cálculos das demais formas de geração de eletricidade.

Segundo a EPE et al. (2015), em sua Nota Técnica DEA17/12, a “interferência na infraestrutura” tem por objetivo avaliar o efeito negativo da afluência de contingentes populacionais que uma obra geralmente provoca e que resulta em pressão sobre os equipamentos e serviços locais, notadamente nos setores de habitação, saúde, educação e saneamento básico.

O fluxo de pessoas à região de implantação é motivado principalmente pela criação de empregos e pela conseqüente dinamização da economia local. Além disso, é comum que a mão de obra mais especializada demandada na construção venha de outras regiões, inclusive acompanhada de familiares e agregados, o que contribui para o aumento da pressão demográfica. Como estimativa dessa população atraída, considerou-se o número de empregos diretos gerados, multiplicado por “três”, fator de conversão determinado a partir da média de pessoas por família atraída (IBGE, PNAD, 2009) (EPE et al., 2015).

Influência no Desenvolvimento (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)
Potencial de Contribuição para Econômica e Infraestrutura (% de variação do PIB)	0,70	0	0,09	1,56	0,24
Potencial de Contribuição para Desenvolvimento Humano (% de variação do IDH)	0,35	0	0,05	0,78	0,12
Interferência na infraestrutura (% da variação populacional)	2,53	0	0,27	7,15	0,87

Tabela 42: Valores dos Subatributos do Atributo Influência no Desenvolvimento no Litoral Norte Paulista

Segundo Baitelo (2011), o resultado da avaliação para “percepção de conforto” é qualitativo, variando de 0 e 1, sendo: (1) péssimo = 0, (2) regular = 0,25, (3) bom = 0,5, (4) muito bom = 0,75 e (5) excelente = 1.

Percepção de Conforto (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)
Poluição Sonora	1	0,25	0,5	0,5	1
Poluição Visual	0,5	0,5	0,75	1	0
Poluição Térmica	1	1	1	1	1
Poluição Olfativa	1	1	1	0,75	1

Tabela 43: Valores dos Subatributos do Atributo Percepção de Conforto no Litoral Norte Paulista.

De forma análoga, para as “tecnologias de geração elétrica” nesta dissertação propostas, não se pode estabelecer relação de conflito entre os locais previstos para sua implantação e os correlacionados nos impactos sociais devido aos espaços ocupados e às atividades agropecuária e pesca. Em resumo, o aproveitamento SFCR será instalado nos telhados das edificações, o *WindFloat* é um recurso “*offshore*”, e os demais PCH, UHR e UTH poderão ser instalados em uma área industrial do município de Caraguatatuba.

Diante ao exposto, resta analisar o subatributo “riscos incrementais à saúde humana” que é nulo em todos os recursos analisados neste estudo, inclusive na parcela do recurso UTH quando da utilização do GN, restando preocupação apenas quando da utilização do combustível RSU. Contudo, consideram-se os limites de emissões permitidos pela resolução 079/2009 da Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo (SMA, 2009), na qual se destaca o limite 0,1mg/Nm³ para emissões de dioxinas e furanos, tão restritivos quanto as preconizadas pela União Europeia por meio da Diretiva 2000/76 (EU, 2000).

Mesmo com esses limites impostos pela legislação paulista, que obrigam o empreendedor a manter rígidos controles nas emissões das UTH, a valoração de condições para “desequilíbrio ambiental no meio social” não entende como negligenciável o impacto “riscos incrementais à saúde humana”. No entanto, a falta de indicadores “dose-resposta” para a região impede a valoração desse subatributo.

Desequilíbrio Ambiental no Meio Social (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)
Risco Incremental à Saúde Humana [n°. de doenças / 100.000 hab. x kWh]	0	0	0	0	0
Impactos à Agropecuária e Pesca	0	0	0	0	0
Impacto devido ao Espaço Ocupado	0	0	0	0	0

Tabela 44: Valores dos Subatributos do Atributo Desequilíbrio Ambiental no Meio Social

7.4 Dimensão Política

O Impacto no Meio Político é medido pelo cálculo da aceitação ao recurso, grau de motivação dos agentes, grau de conjunção e encontros de interesses e posse, integração energética de recursos (Tabela 45, 46, 47 e 48).

Segundo Baitelo (2011), recursos energéticos, tradicionalmente considerados como alternativos, tendem a receber maiores índices de aceitação da sociedade civil e o interesse razoável do governo, como nos sistemas fotovoltaicos, em virtude do potencial de redução de investimentos para a geração de energia. Por um lado, isso acontece por conta da redução de impactos socioambientais e maior rejeição de grandes consumidores e distribuidores; por outro, por implicarem elementos de inovação comumente relacionados a expectativas de incertezas no campo do planejamento e gerenciamento energético e o interesse razoável do governo, em virtude do potencial de redução de investimentos para a geração de energia. Entretanto, esse não é o caso das usinas hidrelétricas e termelétricas, rechaçadas por boa parte da sociedade civil por conta de impactos sociais e ambientais e apoiadas por atores tradicionais do setor elétrico.

A aceitação por parte do setor das organizações não governamentais (ONGs) da possibilidade de aproveitamento de matriz hídrica e/ou térmica para geração elétrica de pequeno porte é parcial, variando desde a oposição total em áreas de proteção ambiental até a aprovação de empreendimentos de pequeno impacto ambiental com a finalidade de

atendimento energético a comunidades isoladas. Da mesma forma, a aceitação popular de empreendimentos hidrelétricos e termelétricos tendem a ser inversamente favorável em relação ao porte e à escala de potência adotada (BAITELO, 2011).

Apesar da ampla experiência e confiabilidade da hidroeletricidade na matriz elétrica nacional, a aceitação por parte dos geradores e distribuidores pela possibilidade de utilização dessa matriz hídrica para geração elétrica de pequeno porte tem sido dividida nos últimos tempos: os leilões de energia renovável de 2010 negociaram 70 parques eólicos e 12 centrais de cogeração à biomassa contra apenas uma PCH por conta da falta de competitividade tarifária. O setor vem, portanto, perdendo espaço na competição com as demais fontes renováveis, e os custos mais elevados desencorajam distribuidoras a contratarem esse tipo de energia em detrimento das demais fontes (BAITELO, 2011).

Conforme Baitelo (2011), para cada valor qualitativo desta etapa deve ser atribuído um valor numérico entre 0 e 1, sendo: (1) péssimo = 0, (2) regular = 0,25, (3) bom = 0,5, (4) muito bom = 0,75 e (5) excelente = 1.

Aceitação ao Recurso (En-In) (subtributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	1	0,75	0,5	0,5	0,25
Governos Federal – Estadual Municipal	0,75	1	0,75	0,5	1
Geradores Distribuidores	0,25	0,5	0,5	1	1
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	1	1	0,75	0,75	0,25

Tabela 45: Valores dos Subtributos do Atributo Aceitação ao Recurso no Litoral Norte Paulista.

Segundo Baitelo (2011), a localização dos projetos não representa “impeditivo às geradoras”. Fatores econômicos e sua relação com o risco financeiro dos projetos são as principais barreiras ao posicionamento dessas empresas. Em alguns casos, essas “geradoras” apresentam problemas de tratamento com as populações atingidas por “barragens” quando dos projetos de hidroeletricidade. O domínio do gerenciamento e do planejamento dos recursos energéticos não é suficiente para motivar geradores diante de incertezas relacionadas aos processos de licenciamento ambiental e às modificações regulatórias para a obtenção da outorga de funcionamento de usinas. Muitos empreendedores optaram por migrar para a área

eólica por conta de condições diferenciadas de desoneração fiscal e maiores facilidades de obtenção de licenças ambientais.

O posicionamento dos grandes consumidores de energia aos recursos de geração de energia PCH, UHR e UTE é positivo. Já a motivação é atrelada à acessibilidade da tarifa oferecida como condição de viabilização de suas atividades e negócios.

Conforme Baitelo (2011), para cada valor qualitativo desta etapa deve ser atribuído um valor numérico entre 0 e 1, sendo: (1) péssimo = 0, (2) regular = 0,25, (3) bom = 0,5, (4) muito bom = 0,75 e (5) excelente = 1.

Grau de Motivação dos Agentes En-In (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	1	1	0,5	0,5	0,25
Governos Federal – Estadual Municipal	1	1	0,75	0,5	1
Geradores Distribuidores	0,25	0,5	0,5	0,75	1
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,5	0,5	0,75	0,75	1

Tabela 46: Valores dos Subatributos do Atributo Grau de Motivação dos Agentes

Segundo Biague (2010), o “grau de conjunção e encontro dos interesses” mede o consenso e a divergência dos interesses dos En-In. O intuito dos processos de valoração está, portanto, em determinar os potenciais de consenso e de divergência dos interesses de cada agente com relação aos recursos energéticos. Diante do exposto, opta-se pelo mapeamento desses agentes em função de sua “posição e influência” no âmbito do aproveitamento energético analisado.

No caso da PCH, por tratar-se de um recurso tradicionalmente explorado no Brasil, além de ser relativamente limpo, de boa confiabilidade energética e viabilidade técnico-econômica, o recurso tende a apresentar a aceitação de boa parte do setor elétrico e o apoio relativo de agentes governamentais. Por outro lado, a potencialidade na geração de impactos sociais e ambientais resulta na oposição, em diferentes níveis, de organizações não governamentais, órgãos ambientais e sociedade como um todo. Com isso, temos que os agentes: Governo Federal, Estadual e Municipal; Geradores e Distribuidores; e os Grandes Consumidores são de posição “favorável/positiva” e são “influentes”; por outro lado, os

agentes: ONGs; Sociedade Civil e Associações em Geral são de posição “desfavorável/negativa”, mas “pouco influentes”.

Para cada conjunto de valor qualitativo “posição e influência” desta etapa, deve ser atribuído um valor numérico entre 0 e 1, sendo:

- Negativa e nada influente = 0;
- Negativa e pouco influente = 0,25;
- Negativa e influente = 0,5;
- Positiva e pouca influente = 0,75 e
- Positiva e influente = 1.

Grau de Conjunção e Encontros dos En-In (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	0,75	0,75	0,25	0,25	0,25
Governos Federal - Estadual - Municipal	1	1	1	1	1
Geradores Distribuidores	0,50	0,50	1	1	1
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,50	0,50	1	1	1

Tabela 47: Valores dos Subatributos do Atributo Grau de Conjunção e Encontros de Interesses

Para cada conjunto de valor qualitativo desta etapa, deve ser atribuído um valor numérico entre 0,25 e 1, sendo:

- Posse da Fonte: importada = 0,25; nacional = 0,50; regional (local) = 1;
- Posse da Tecnologia: internacional = 0,5 e nacional = 1;
- Propriedade da Fonte: privada = 0,5; união = 0,75 e livre = 1;
- Propriedade da Tecnologia: privada = 0,5 e pública = 1.

Posse e Propriedade dos Recursos Energéticos (subatributos)	Valoração				
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)
Posse da Fonte	1	1	1	1	0,5
Posse da Tecnologia	0,5	0,5	1	1	0,5
Propriedade da Fonte	1	1	0,75	0,75	0,5
Propriedade da Tecnologia	0,5	0,5	1	1	0,5

Tabela 48: Valores dos Subatributos do Atributo Posse e Integração Energética de Recursos

8 Cômputo e Valoração dos Potenciais Completos – CVPC – RELD

O processo de CVPC do recurso pelo lado da demanda RELD, Substituição de Chuveiros Elétricos por Sistema com Aquecimento Solar, abrange a valoração em termos relativos e absolutos de todos os atributos referentes às quatro dimensões do PIR. A formulação e a delimitação desses potenciais valem-se das possibilidades naturais locais bem como de limitações de diferentes ordens impostas pelas quatro dimensões de análise: técnico-econômica, social, ambiental e política. O uso de sistemas de aquecimento solar tem como única função reduzir a quantidade de energia empregada durante o banho e não envolve a adição de qualquer sistema energético complementar conectado à rede. Desta forma, não se identifica qualquer tipo de comprometimento da qualidade de energia em decorrência desse recurso energético (BAITELO, 2011).

8.1 Dimensão Técnico-Econômica

A valoração da dimensão técnico-econômica para recursos energéticos do lado da demanda concentra-se em atributos voltados aos cálculos de economia de energia e redução de demanda.

8.1.1 Confiabilidade

A confiabilidade do sistema de aquecimento solar é verificada pela “fração solar” e pela “disponibilidade”. A fração solar corresponde ao fator de capacidade desse sistema (Tabela 49). Segundo Baitelo (2011), para o subatributo disponibilidade, a avaliação de interrupções não previstas, como fenômenos naturais, é estimada em 2%. Ressalta-se que essa média refere-se a unidades individuais de geração e representa um impacto reduzido no sistema total.

Confiabilidade (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecedor Solar
Fração Solar (%)	70
Disponibilidade (%)	98

Tabela 49: Valores dos subatributos de Confiabilidade do Recurso Energético

8.1.2 Potencial Energético

Segundo Baitelo (2011), o cálculo dos parâmetros “fatores de capacidade” e “volume de energia” por meio de medições e/ou obtenção de parâmetros por referências bibliográficas permite a formulação dos potenciais energéticos dos recursos energéticos. Os valores são apresentados na Tabela 50.

Potencial Energético (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Potência Evitada na Ponta (MW/ano)	37
Volume de Energia Ano Evitada (MWh/ano)	148.810

Tabela 50: Valores dos Subatributos do Atributo Potencial Energético

8.1.3 Custos Unitários de Geração de Energia

A simulação dos custos unitários de geração de energia utilizou o método de fluxo de caixa descontado (Tabela 51). A taxa de juros utilizada foi de 9% ao ano.

Custos de Geração (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Custo de Implantação (R\$/kW)	7.662,16
TIR (%)	25
Custo de O&M (R\$/MWh.ano)	38,10
VPL (R\$)	319.007.700,00
Vida Útil (anos)	20

Tabela 51: Valores dos Subatributos do Atributo Custos de Geração de Energia

8.1.4 Domínio Tecnológico

O domínio tecnológico (Tabela 52) é medido pelo cálculo do índice de nacionalização. Para a composição desse valor, são considerados todos os custos relacionados a equipamentos e serviços de empreendimentos energéticos.

Domínio Tecnológico (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Tecnologia e Equipamentos	100%
Projeto e Logística	100%
Tempo de Implantação (% da Vida Útil)	8

Tabela 52: Valores dos Subatributos do Atributo Domínio Tecnológico

8.1.5 Facilidade Técnica

A facilidade técnica (Tabela 53) é medida pelo cálculo da “distância ao consumo” e “tempo de implantação”. O subatributo de distância ao consumo é medido pela distância do sistema energético ao sistema de distribuição ou transmissão de energia.

Facilidade Técnica (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Distância ao Consumo (km)	0
Mão de Obra Qualificada (%/custo de implantação)	10

Tabela 53: Valores dos Subatributos do Atributo Facilidade Técnica

8.2 Dimensão Ambiental

Segundo Baitelo (2011), a valoração da dimensão ambiental para os recursos do lado da demanda aborda essencialmente o potencial “redução de impactos” aos meios terrestre, aquático e aéreo, em decorrência da aplicação de medidas de eficiência energética.

8.2.1 Impacto Meio Terrestre

O Impacto Meio Terrestre (Tabela 54) é medido pelo cálculo dos dejetos sólidos e líquidos depositados no solo e pelo cálculo da “ocupação do solo/espço”.

Ainda que a ocupação do solo/espço pela instalação de sistemas de aquecimento solar possa ser considerada elevada, há a vantagem de utilizar uma área ociosa de residências, que não implica conflito com demais usos ou atividades. Assim, o número deve ser avaliado sob a ótica de que o espaço usado para a aplicação do recurso não reduz o uso de espaço para outros fins (BAITELO, 2011).

Meio Terrestre (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Dejetos Sólidos (ton/MW/ano)	0
Dejetos Líquidos (kg/MW/mês)	0
Ocupação do Solo (m ² /kW)	0

Tabela 54: Valores dos Subatributos de Meio Terrestre

8.2.2 Impacto Meio Aquático

O Impacto no Meio Aquático (Tabela 55) é medido pelo cálculo da alteração do consumo necessário ao bom funcionamento do sistema utilizado para o aquecimento das águas de banho e também pelo cálculo da qualidade da água após o aquecimento.

Segundo Baitelo (2011), a alteração da vazão para esse recurso de demanda possui um sentido diferente do aplicado à oferta. Nesse caso, ela representa um parâmetro para medir a diferença de consumo de água entre o novo e o antigo equipamento, no caso entre o chuveiro elétrico e o coletor solar.

Conforme Baitelo (2011), para o Centro Internacional de Referência em Reuso de Água (CIRRA), a vazão média de água do chuveiro é de 4,2 l/min. enquanto a vazão média do sistema de aquecimento solar com boiler é de 8,4 l/min. Consideram-se, para o cálculo da demanda de água, os seguintes valores: Número de residências em que o recurso será aplicado igual a 67.500; Número médio de chuveiros elétricos por residência igual a 1,1; Número de sistema de aquecimento solar instalado por residência igual a 1,0; e tempo médio de banho de 8 minutos. O resultado é uma demanda de água 9.072 m³/dia.

Considerou-se que não há emissão de poluentes nos corpos d'água do Litoral Norte Paulista, visto que a função dos sistemas de aquecimentos solares é de aquecer a água para o banho.

Meio Aquático (subatributo)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Demanda de água - consumo e vazão (m ³ /dia/kW)	0,21
Qualidade da Água	
DBO	0
DQO	0
Poluentes no meio aquático	0
Alteração do pH	0
Alteração da Temperatura	0

Tabela 55: Valoração dos Subatributos do Atributo Meio Aquático

8.2.3 Impacto Meio Aéreo

O Impacto no Meio Aéreo (Tabela 56) é medido pelo cálculo dos GEE e pelo cálculo dos poluentes atmosféricos emitidos pelo sistema de aquecimento solar da água.

Considerando que nesse sistema, durante a fase de operação, não há emissões de gases de efeito estufa, o que resta é calcular as emissões evitadas.

A metodologia utilizada para definir as “emissões evitadas” consiste na geração de eletricidade renovável através de fontes como solares, hídricas e eólicas, conectadas à rede, que forneçam energia elétrica para um sistema de distribuição e/ou substituam a eletricidade de um sistema de distribuição que seja ou tenha sido abastecido por pelo menos uma unidade geradora de energia a partir da queima de combustíveis fósseis. Por essa perspectiva, o (MWh/ano) produzido individualmente pelas unidades de geração renováveis, multiplicado pelas emissões GEE da unidade de geração não renovável, medido em (tCO₂eq/MWh.ano), é o mesmo que o total das emissões evitadas para cada recurso que não utiliza combustível de origem fóssil. Portanto, a emissão 0,098tCO₂eq/MWh.ano é a mesma utilizada na valoração RELO.

Considerou-se que não há emissão de poluentes para o meio aéreo do Litoral Norte Paulista, visto que a função dos sistemas de aquecimentos solares restringe-se em aquecer a água para banho.

Meio Aéreo (subtributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Gases de Efeito Estufa – GEE (kgCO ₂ eq./MWh/ano)	0
Emissões Evitado de GEE (tCO ₂ eq/MWh/ano)	14.687,55
Poluentes Atmosféricos	
Emissão de NO _x (Kg/MWh)	0
Emissão de SO ₂ (Kg/MWh)	0
Emissão de CO (Kg/MWh)	0
Emissão de MP (Kg/MWh)	0

Tabela 56: Valoração dos Subtributos do Atributo Meio Aérea

8.3 Dimensão Social

O Impacto no Meio Social é medido pelo cálculo da geração de empregos, influência no desenvolvimento, percepção de conforto e desequilíbrio ambiental no meio social (Tabelas 57, 58, 59 e 60).

Segundo GEPEA (2008), para a determinação dos empregos gerados na fase de operação e manutenção dos sistemas de aquecimento solares, foi considerada a automação dos processos e a mão de obra necessária. Semelhantes aos painéis fotovoltaicos do sistema SFCR, que dispensam a fase de operação para o cálculo do número de empregos gerados na região, levou-se em conta uma reduzida mão de obra necessária para fazer a manutenção em

mais de uma residência e que tal manutenção ocorreria poucas vezes num intervalo de um ano. Com relação às instalações, foi estabelecida uma estimativa em função do PEA.

Geração de Empregos (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Empregos (O&M) (Número/MW)	5
Potencial de Empregos para População Local (% do PEA¹)	1,36

Tabela 57: Valoração dos Subatributos do Atributo Geração de Empregos
Nota: (1) População Economicamente Ativa.

Para este trabalho, a fim de, estimar o potencial de contribuição para o PIB e IDH dos municípios no Litoral Norte Paulista, local das instalações dos sistemas de aquecimento solar, optou-se por utilizar o valor anual de massa salarial, conforme Tiago Filho (2015) mencionou para as PCH, o mesmo utilizado para os RELO.

Segundo a EPE et al. (2015), em sua Nota Técnica DEA 17/2012, a “interferência na infraestrutura” tem por objetivo avaliar o efeito negativo da afluência de contingentes populacionais que uma obra geralmente provoca e que resulta em pressão sobre os equipamentos e serviços locais, notadamente nos setores de habitação, saúde, educação e saneamento básico.

O fluxo de pessoas à região de implantação é motivado principalmente pela criação de empregos e pela conseqüente dinamização da economia local. Além disso, é comum que a mão de obra mais especializada demandada na construção venha de outras regiões, inclusive acompanhada de familiares e agregados, o que contribui para o aumento da pressão demográfica. Como estimativa dessa população atraída, considerou-se o número de empregos diretos gerados, multiplicado por “três”, fator de conversão determinado a partir da média de pessoas por família atraída (IBGE, PNAD, 2009) (EPE, et al., 2015).

Influência no Desenvolvimento (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Potencial de Contribuição para Econômica e Infraestrutura (% de variação do PIB)	0,31
Potencial de Contribuição para Desenvolvimento Humano (% de variação do IDH)	0,15
Interferência na infraestrutura (% da variação populacional)	1,12

Tabela 58: Valoração dos Subatributos do Atributo Influência no Desenvolvimento

Segundo Baitelo (2011), o resultado da avaliação para “percepção de conforto” é qualitativo, variando de 0 e 1, sendo: (1) péssimo = 0, (2) regular = 0,25, (3) bom = 0,5, (4) muito bom = 0,75 e (5) excelente = 1.

Percepção de Conforto (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Poluição Sonora	1
Poluição Visual	0,25
Poluição Térmica	1
Poluição Olfativa	1

Tabela 59: Valores dos Subatributos do Atributo Percepção de Conforto

De forma análoga, para o sistema de aquecimento solar proposto nesta dissertação, não se pode estabelecer relação de conflito entre os locais previstos para sua implantação e os correlacionados nos impactos sociais devido aos espaços ocupados e às atividades agropecuária e pesca. Em resumo, o sistema de aquecimento solar será instalado nos telhados das edificações. Diante ao exposto, resta analisar o subatributo dos riscos incrementais à saúde humana, que é nulo para o sistema de aquecimento solar.

Desequilíbrio Ambiental no Meio Social (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Riscos Incrementais à Saúde Humana [n° de doenças / 100.000 hab. x kWh]	0
Impactos à Agropecuária e Pesca	0
Impacto devido ao Espaço Ocupado	0

Tabela 60: Valores dos Subatributos do Atributo Desequilíbrio Ambiental no Meio Social Dimensão Política

O Impacto no Meio Político (Tabela 61, 62, 63 e 64) é medido, segundo Baitelo (2011), pela: Aceitação ao Recurso; Grau de Motivação dos Agentes; Grau de Conjunção e Encontros de Interesses; e Posse e Propriedade de Recursos.

A valoração dos atributos da dimensão política vale-se essencialmente de análises qualitativas para mensurar o potencial de implementação e aproveitamento de recursos. No campo do gerenciamento do lado da demanda, os fatores preponderantes concentram-se na avaliação de políticas de incentivo e na ponderação de balanço e interação entre atores En-In. A posse e a propriedade de recursos são entendidas como questões tecnológicas e são avaliadas.

Recursos energéticos do lado da demanda, tradicionalmente considerados como alternativos, a exemplo do aquecimento solar em substituição aos chuveiros elétricos, tendem a receber maiores índices de aceitação das sociedades civis, ONGs e associações em geral, e um interesse razoável do governo, em virtude do potencial de redução de investimentos para a geração de energia elétrica através da construção de novas usinas. Mas, com relação aos geradores, distribuidores e grandes consumidores, há pouco interesse, por implicarem elementos de inovação comumente relacionados a expectativas de incertezas no campo do planejamento e gerenciamento energético.

Com o amadurecimento dos coletores solares no Brasil nos últimos anos, essa tecnologia passou a ser uma alternativa viável à substituição dos chuveiros elétricos por tratar-se de uma tecnologia que utiliza uma fonte renovável. O posicionamento dos principais atores é comentado a seguir:

- **Governo Federal:** o governo seria beneficiário da utilização em larga escala dessa tecnologia, uma vez que a substituição dos chuveiros elétricos pelos aquecedores solares diminuiria o pico de demanda por energia elétrica entre 17 horas e 21 horas, tornando a curva de carga mais uniforme e, conseqüentemente, diminuindo consideravelmente a demanda de pico. Essa redução diminuiria a pressão sobre investimentos no setor elétrico e conseqüentes impactos socioambientais provenientes da construção de novas usinas. Um dos grupos conflitantes à implantação de sistemas de aquecimento solar é a indústria dos chuveiros elétricos representada pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica – ABINEE. A associação respalda-se em estudo do Centro Internacional de Referência em Reuso de Água – CIRRA, para opor-se à obrigatoriedade da instalação de coletores solares em edifícios por motivos óbvios de mercado (ABINEE, 2015).

- **Distribuidoras:** A utilização de aquecedores solares para o aquecimento de água reduz o consumo de energia elétrica, o que deve implicar em diminuição da receita das distribuidoras. Estas, porém, posicionam-se de forma neutra.

- **Grandes Consumidores:** Segundo a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento – ABRAVA (2015), o setor terciário utiliza 14% dos aquecedores solares instalados no Brasil. A aplicação concentra-se em redes de hotelaria e hospitais para o aquecimento de água e de piscinas. Cerca de 1% dos aquecedores é aplicada na indústria para aquecimento d'água em vestiários e cozinhas industriais. Conclui-se que o posicionamento de grandes consumidores é neutro de acordo com as atividades industriais e comerciais desenvolvidas.

- **Organizações Não Governamentais (ONGs):** De modo geral, ONGs defendem a larga aplicação do recurso na substituição dos chuveiros já que a diminuição do consumo de energia elétrica na ponta otimiza o uso do parque elétrico nacional e posterga a construção de novas usinas e consequentes impactos socioambientais.

- **Sociedade:** A população apoia parcialmente, reconhecendo seus benefícios ambientais ou mesmo sociais. Por outro lado, o maior entrave para a popularização do sistema de aquecimento solar está no alto investimento inicial para a aquisição do equipamento.

Conforme Baitelo (2011), para cada valor qualitativo desta etapa deve ser atribuído um valor numérico entre 0 e 1, sendo: (1) péssimo = 0, (2) regular = 0,25, (3) bom = 0,5, (4) muito bom = 0,75 e (5) excelente = 1.

Aceitação ao Recurso (En-In) (subtributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Sociedade Civil – ONGs – Associações em Geral	1
Governos (Federal – Estadual – Municipal)	0,50
Geradores e Distribuidores	0,25
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,25

Tabela 61: Valoração dos Subtributos do Atributo Aceitação ao Recurso por parte dos En-In

A tecnologia do aquecimento solar no Brasil tem se consolidado como uma alternativa viável ao chuveiro elétrico após a aprovação de diferentes legislações municipais e estaduais de incentivo e/ou obrigatoriedade de instalação do sistema para edificações de tipologia caracteristicamente pública e comercial. O desenvolvimento inicial do mercado de aquecimento solar no Brasil ocorreu entre 2001 e 2002 por conta das restrições de consumo em todos os setores e do estabelecimento de taxações sobre metas impostas de redução de consumo. Nessa época, empreendedores do setor foram incentivados a investir em pesquisa e produção de coletores como forma de tornar a tecnologia mais acessível. Mais recentemente, o governo federal tem instalado coletores solares nas unidades habitacionais do programa Minha Casa, Minha Vida. A meta para 2010 prevê a instalação de coletores em 150.000 unidades habitacionais, o que promoveria uma economia de energia anual de 112.000MWh (BAITELO, 2011).

Até o fim de 2009 havia 28 leis aprovadas, entre municipais e estaduais, sobre sistema de aquecimento solar no Brasil. As leis, em sua maioria, fazem menção à obrigatoriedade do uso de sistemas de aquecedores solares em residências com área a partir de 120m² ou 150m² e de grandes estabelecimentos comerciais que usem água quente. No

entanto, é importante ressaltar que na maioria dos casos há pouca ou nenhuma fiscalização por parte do Estado que garanta o cumprimento das leis, como é o caso da cidade de São Paulo. Em adição à legislação de obrigatoriedade de instalação do sistema, cita-se a avaliação da eficiência desses equipamentos dentro do Programa Brasileiro de Etiquetagem, onde, segundo o INMETRO, até 2006, mais de 160 coletores tinham sido etiquetados, sendo 62 deles com conceito (A) do selo PROCEL em eficiência energética (SOARES & RODRIGUES, 2010 apud BAITELO, 2011).

Conforme Baitelo (2011), para cada valor qualitativo desta etapa deve ser atribuído um valor numérico entre 0 e 1, sendo: (1) péssimo = 0, (2) regular = 0,25, (3) bom = 0,5, (4) muito bom = 0,75 e (5) excelente = 1.

Grau de Motivação dos Agentes En-In (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Sociedade Civil – ONGs – Associações em Geral	1
Governos (Federal – Estadual – Municipal)	1
Geradores e Distribuidores	0,25
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,5

Tabela 62: Valoração dos Subatributos do Atributo Grau de Motivação dos Agentes En-In

Segundo Biague (2010), o “grau de conjunção e encontro dos interesses” mede o “consenso e divergência” dos interesses dos En-In.

O intuito desse processo de valoração é determinar os potenciais de “consenso e divergência” dos interesses de cada agente, com relação aos recursos energéticos. Diante do exposto, opta-se pelo mapeamento desses agentes em função de sua “posição e influência” no âmbito do aproveitamento energético analisado.

Para cada conjunto de valor qualitativo “posição e influência” desta etapa, deve ser atribuído um valor numérico entre 0 e 1, sendo: (1) negativa e nada influente = 0, (2) negativa e pouco influente = 0,25, (3) negativa e influente = 0,5, (4) positiva e pouca influente = 0,75, positiva e influente = 1.

Grau de Conjunção e Encontros dos En-In (subatributos)	Valoração
	Sistemas de Aquecimento Solar
Sociedade Civil – ONGs – Associações em Geral	0,75
Governos (Federal – Estadual – Municipal)	1
Geradores e Distribuidores	0,50
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,50

Tabela 63: Valoração dos Subatributos do Atributo Grau de Conjunção e Encontros de Interesses pelos En-In

Para cada conjunto de valor qualitativo desta etapa, deve ser atribuído um valor numérico entre 0,25 e 1, sendo:

- Posse da Fonte: importada = 0,25; nacional = 0,50; regional = 1.
- Posse da Tecnologia: internacional = 0,5; nacional = 1;
- Propriedade da Fonte: privada = 0,5; união = 0,75; livre = 1;
- Propriedade da Tecnologia: privada = 0,5; pública = 1.

Posse e Propriedade (Fonte e Tecnologia) (subatributos)	Valoração
	Sistema de Aquecimento Solar
Posse da Fonte	1
Posse da Tecnologia	1
Propriedade da Fonte	1
Propriedade da Tecnologia	0,5

Tabela 64: Valoração dos Subatributos da Posse e Propriedade de Recursos

9 Ranqueamento dos Recursos Energéticos do Litoral Norte Paulista

A obtenção do ranqueamento dos recursos Energéticos segue, três etapas:

- Conversão dos dados pelo método ACC-Padrão, apresentado no capítulo 2.
- Aplicar os “pesos” dos atributos e subatributos, conforme: (1) procedimentos preenchidos pelos especialistas e (2) método ACC-Especialistas, apresentado no capítulo 2.
- Com as “notas parciais” das etapas anteriores, é possível definir a “nota final”. Faz-se isto pela média simples das notas parciais.

9.1 Conversão dos Dados pelo Método ACC-Padrão

Para a conversão e padronização dos dados para a escala de base, utiliza-se do método apresentado no capítulo 2, e ao final o resultado geral para o ACC-Padrão. As planilhas com todos os dados aplicados, neste método, podem ser visualizadas no ANEXO A.

Atributos	Subatributos	Intervalo de Valores	Conversão para Padronização
Confiabilidade	Fator de Capacidade	16 a 85%	$Y = (1/69) * (x-16)$
	Disponibilidade	95 a 100%	$Y = (1/10) * (x-95)$
Potencial Energético	Potência Realizável	37 a 786MW/ano	$Y = (1/749) * (x-37)$
	Volume de Energia	148.810 a 1.793.437MWh	$Y = (1/1.644.627) * (x-148.810)$
Custo de Geração	Custo de Implantação	R\$ 7.662,16 a 2.648,00/kW	$Y = (-1/5.014,16) * (x-7.662,16)$
	TIR	0 a 25%	$Y = (1/25) * (x)$
	Custo de O&M	R\$ 13,70 a 55,35/MWh	$Y = (-1/41,65) * (x-55,35)$
	VPL	R\$ 0,00 a 1.150.998,00 Mil	$Y = (1/1.151.998,00) * (x)$
Domínio Tecnológico	Vida Útil	20 a 50 anos	$Y = (1/30) * (x-20)$
	Tecnologia e Equipamentos	20 a 100%	$Y = (1/80) * (x-20)$
	Projeto e Logística	80 a 100%	$Y = (1/20) * (x-80)$
	Tempo de Implantação	6 a 15% de (vida útil)	$Y = (-1/9) * (x-15)$
Facilidade Técnica	Distância ao Consumo	0 a 20km	$Y = (-1/20) * (x-20)$
	Qualificação da Mão de obra	3 a 10%	$Y = (1/7) * (x-3)$

Tabela 65: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Técnico-Econômica.

Atributos	Subatributos	Intervalo de Valores	Conversão para Padronização
Meio Terrestre	Dejetos Sólidos	0 a 125,06t/MW/ano	$Y = (1/69) * (x-16)$
	Dejetos Líquidos	0 a 0t/MW/ano	Y= 1 para X= 0
	Ocupação do Solo	0 a 0,6m ² /kW	$Y = (-1/0,6) * (x-0,6)$
Meio Aquático	Demanda de Água	0 a 14.11m ³ /dia/kW	$Y = (-1/14,11) * (x-14,11)$
	DBO	0 a 0 Numérico	Y= 1
	DQO	0 a 0 Numérico	Y= 1
	Emissões de Poluentes no Meio Aquático	0 a 0 Numérico	Y= 1
	Alteração do pH	0 a 0%	Y= 1
	Alteração da Temperatura	0 a 0 °C	Y= 1
Meio Aéreo	Gases de Efeito Estufa GEE	0 a 98,73 kgCO _{2eq} /MWh/ano	$Y = (1/98,73) * (x-98,73)$
	Emissões Evitadas de GEE	14.687,55 a 197.647,50 tCO _{2eq} /MWh/ano	$Y = (1/182.959,95) * (x-14.687,55)$
	Emissão de NOx	0 a 0,7kg/MWh	$Y = (-1/0,7) * (x-0,7)$
	Emissão de SO ₂	0 a 0,3kg/MWh	$Y = (-1/0,3) * (x-0,3)$
	Emissão de CH ₄	0 a 0,21kg/MWh	$Y = (1/0,21) * (x-0,21)$
	Emissão de MP	0 a 0,16kg/MWh	$Y = (1/0,16) * (x-0,16)$

Tabela 66: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Ambient

Atributos	Subatributos	Intervalo de Valores	Conversão para Padronização
Geração de Empregos	Empregos (O&M)	0 a 125,06t/MW/ano	$Y = (1/69) * (x-16)$
	Potencial de Empregos para População Local	0 a 0t/MW/ano	Y= 1 para X= 0
Influência no Desenvolvimento	Potencial de Contribuição para Economia e Infraestrutura	0 a 0,6m ² /kW	$Y = (-1/0,6) * (x-0,6)$
	Potencial de Contribuição para Desenvolvimento Humano	0 a 14.11m ³ /dia/kW	$Y = (-1/14,11) * (x-14,11)$
	Interferência na Infraestrutura	Qualitativo	5 níveis
Percepção de Conforto	Poluição Sonora	Qualitativo	5 níveis
	Poluição Visual	Qualitativo	5 níveis
	Poluição Térmica	Qualitativo	5 níveis
	Poluição Olfativa	Qualitativo	5 níveis
Desequilíbrio Ambiental no Meio Social	Riscos Incrementais à Saúde Humana	Qualitativo	5 níveis
	Impactos à Agropecuária e à Pesca	Qualitativo	5 níveis
	Impacto devido ao Espaço Ocupado	Qualitativo	5 níveis

Tabela 67: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Sócia

Atributos	Subatributos	Intervalo de Valores	Conversão para Padronização
Aceitação ao Recurso	Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	Qualitativo	5 níveis
	Governos: Federal, Estadual e Municipal	Qualitativo	5 níveis
	Geradores Distribuidores	Qualitativo	5 níveis
	Grandes Consumidores de Energia Elétrica	Qualitativo	5 níveis
Motivação dos Agente	Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	Qualitativo	5 níveis
	Governos: Federal, Estadual e Municipal	Qualitativo	5 níveis
	Geradores Distribuidores	Qualitativo	5 níveis
	Grandes Consumidores de Energia Elétrica	Qualitativo	5 níveis
Conjunção e Encontro de Interesses	Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	Qualitativo	5 níveis
	Governos: Federal, Estadual e Municipal	Qualitativo	5 níveis
	Geradores Distribuidores	Qualitativo	5 níveis
	Grandes Consumidores de Energia Elétrica	Qualitativo	5 níveis
Propriedade dos Recursos	Posse da Fonte	Qualitativo	5 níveis
	Posse da Tecnologia	Qualitativo	5 níveis
	Propriedade da Fonte	Qualitativo	5 níveis
	Propriedade da Tecnologia	Qualitativo	5 níveis

Tabela 68: Valores e Conversão de Resultados Dimensão Política

A somatória dos valores individuais de cada subatributo, é por consequência o valor do atributo, que também somados é o valor da dimensão, conforme Tabela 69, que apresenta os resultados da valoração final pelo método ACC-Padrão por recurso energético. Esta valoração final é obtida pela média simples entre os valores das dimensões.

Dimensões	Valoração					
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)	Sistema Aquecedor Solar
Técnico Econômica	0,45	0,19	0,41	0,64	0,42	0,54
Ambiental	0,87	0,87	0,74	0,94	0,63	0,87
Social	0,79	0,57	0,6	0,73	0,42	0,68
Política	0,69	0,73	0,79	0,79	0,71	0,79
Total	0,70	0,59	0,62	0,78	0,55	0,72

Tabela 69: Valoração Final pelo ACC-Padrão

9.2 Conversão dos Dados pelo Método ACC-Especialistas

A conversão dos dados pela ACC-Especialistas, é feito a partir dos “pesos” dos atributos e subatributos, vindos do procedimento de comparação par a par, conforme apresentado no capítulo 2. Sendo assim, o primeiro passo é verificar a Razão de Consistência do preenchimento feito pelos especialistas, ou seja, RC menor ou igual 0,1 o comparativo par a par pode ser aceita, se maior, significa que não deve ser aceito (Tabela 70).

Cálculo das Razões de Consistências dos Especialistas										
Matriz	Número de Questionários									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Atributos das Dimensões										
Técnico-econômica										
5	1,184	0,265	0,101	0,418	0,359	0,213	0,099	0,213	0,367	0,765
Ambiental										
3	0,541	0,000	0,000	0,025	0,407	0,401	0,274	0,998	0,176	0,000
Social										
5	0,368	0,096	0,010	0,083	0,874	0,082	0,322	0,360	0,236	0,065
Política										
5	0,205	0,080	0,160	0,022	0,649	0,147	0,150	0,220	0,181	0,000
Subatributos das Dimensões										
Custo de Geração - Técnico-econômica										
5	0,113	0,231	0,384	0,610	0,000	0,152	0,403	0,560	0,184	0,094
Domínio Tecnológico - Técnico-econômica										
3	0,011	0,163	0,118	0,056	0,302	1,149	0,121	0,516	0,407	0,119
Meio Terrestre - Ambiental										
3	0,000	0,000	0,049	0,265	0,255	0,000	0,000	1,233	0,120	0,008
Meio Aquático - Ambiental										
3	0,031	0,705	0,016	0,000	0,165	0,334	0,115	0,179	0,071	0,231
Meio Aéreo - Ambiental										
3	0,000	0,006	0,070	0,265	0,255	0,000	0,000	1,233	0,120	0,118
Percepção do Conforto - Social										
4	0,005	0,179	0,057	0,595	0,152	0,340	0,000	0,047	0,181	0,235
Aceitação ao Recurso Energético - Política										
4	0,043	0,271	0,183	0,426	0,164	0,713	0,057	0,151	0,012	0,347
Motivação dos Agentes - Política										
4	0,293	0,154	0,192	0,012	0,143	1,126	0,117	0,372	0,043	0,258
Conjunção e Encontro de Interesses - Política										
4	0,043	0,263	0,058	0,323	0,521	0,464	0,218	0,198	0,005	0,138
Propriedade dos Recursos Energéticos - Política										
4	0,025	0,120	0,000	0,259	1,808	0,831	0,118	0,406	0,000	0,187

Tabela 70: Cálculo da Razão de Consistência dos Especialistas

Para a definição dos pesos finais dos atributos e subatributos, utilizou-se apenas a média dos procedimentos que estão dentro do RC esperado (Tabelas 71 a 74).

No trabalho desenvolvido por Rigolin (2013), foram verificadas 300 matrizes, e aceitas 36% delas. Diante disso, o resultado de 34% de matrizes aceitas em 140 verificadas, mostra-se muito razoável.

Dimensão	Atributos	Subatributo
Técnico-Econômica (25%)	Confiabilidade (29%)	Fator de Capacidade (50%)
		Disponibilidade (50%)
	Potencial Energético (35%)	Potência Realizável (61%)
		Volume de Energia (39%)
	Custo de Geração (18%)	Custo de Implantação (14%)
		TIR (24%)
		Custo de O&M (14%)
		VPL (21%)
	Domínio Tecnológico (9%)	Vida Útil (27%)
		Tecnologia e Equipamentos (38%)
		Projeto e Logística (54%)
	Facilidade Técnica (8%)	Tempo de Implantação (8%)
		Distância ao Consumo (50%)
		Mão de obra Qualificada (50%)

Tabela 71: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Técnico-econômica

Dimensão	Atributos	Subatributo
Ambiental (25%)	Meio Terrestre (32%)	Dejetos Sólidos (3%)
		Dejetos Líquidos (15%)
		Ocupação do Solo (82%)
	Meio Aquático (qualidade da água) (48%)	Demanda de Água (44%)
		DBO (8%)
		DQO (13%)
		Emissões Poluentes no Meio Aquático (11%)
		Alteração do pH (10%)
		Alteração da Temperatura (14%)
	Meio Aéreo (Poluentes Atmosféricos) (20%)	Gases de Efeito Estufa (28%)
		Emissões Evitadas de GEE (45%)
		Emissão de NOx (7%)
		Emissão de SO ₂ (4%)
Emissão de CH ₄ (12%)		
		Emissão de MP (4%)

Tabela 72: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Ambiental

Os escolhidos que participaram do preenchimento do procedimento para o Ranqueamento dos Especialistas, foram os professores e alunos do mestrado em Engenharia de Energia da Universidade Federal de Itajubá – UNFEI, totalizando dez procedimentos

preenchidos. Estes participantes podem ser considerados especialistas por alguns motivos: (1) conhecem várias tecnologias de geração de energia elétrica, (2) conhecem uma boa parte dos impactos socioambientais de cada recurso energético e (3) tinham assistência para qualquer dúvidas durante a etapa de preenchimento do procedimento.

Dimensão	Atributos	Subatributo
Social (25%)	Geração de Empregos (26%)	Empregos (O&M) (59%)
		Potencial de Empregos para População Local (41%)
	Influência no Desenvolvimento (29%)	Potencial de Contribuição para Economia e Infraestrutura (76%)
		Potencial de Contribuição para Desenvolvimento Humano (24%)
		Interferência na infraestrutura (17%)
	Percepção de Conforto (12%)	Poluição Sonora (33%)
		Poluição Visual (17%)
		Poluição Térmica (26%)
		Poluição Olfativa (24%)
	Desequilíbrio Ambiental no Meio Social (33%)	Riscos Incrementais à Saúde Humana (36%)
		Impactos à Agropecuária e à Pesca (21%)
Impacto devido ao Espaço Ocupado (43%)		

Tabela 73: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Social

Dimensão	Atributos	Subatributo
Política (25%)	Aceitação ao Recurso (16%)	Sociedade Civil – ONGs – Associações em Geral (9%)
		Governos: Federal – Estadual – Municipal (38%)
		Geradores / Distribuidores (37%)
		Grandes Consumidores de Energia Elétrica (16%)
	Motivação dos Agentes (28%)	Sociedade Civil – ONGs – Associações em Geral (10%)
		Governos: Federal – Estadual – Municipal (16%)
		Geradores / Distribuidores (32%)
		Grandes Consumidores de Energia Elétrica (42%)
	Conjunção e Encontro de Interesses (22%)	Sociedade Civil – ONGs – Associações em Geral (13%)
		Governos: Federal – Estadual – Municipal (42%)
		Geradores / Distribuidores (25%)
		Grandes Consumidores de Energia Elétrica (20%)
	Propriedade dos Recursos (34%)	Posse da Fonte (25%)
Posse da Tecnologia (50%)		
Propriedade da Fonte (10%)		
Propriedade da Tecnologia (15%)		

Tabela 74: Pesos dos Atributos e Subatributos da Dimensão Política

Afim de auxiliar na compreensão do método, apresenta-se em seguida (Tabela 75 e 76) uma amostra dos cálculos da pontuação de atributos e dimensões realizados neste trabalho, este, que provém dos pesos atribuídos pelos especialistas, conforme já visto.

Valoração - SFCR - Atributo Potencial Energético			
Elementos de Análise (Subatributo)	Nota dos Subatributos (ACC– Padrão)	Peso do Subatributos (ACC–Especialistas)	Valoração Final dos Subatributos
Potência Instalada	0,29	0,61	0,18
Volume de Energia	0,12	0,39	0,05
Pontuação Total do Atributo			0,23

Tabela 75: Modelo Real do Cálculo da Pontuação de Atributos

Valoração - SFCR - Dimensão Técnico-econômica			
Elementos de Análise (Atributos)	Peso do Atributos (ACC–Especialistas)	Pontuação Total do Atributos (ACC–Especialistas)	Valoração Final dos Atributos
Confiabilidade	0,29	0,50	0,15
Potencial Energético	0,35	0,23	0,08
Custo de Geração	0,18	0,18	0,03
Domínio da Tecnologia	0,10	0,62	0,06
Facilidade Técnica	0,08	1,00	0,08
Pontuação Total da Dimensão			0,40

Tabela 76: Modelo Real do Cálculo da Pontuação de Dimensão

Na Tabela 77, são apresentadas todas as pontuações obtidas por todas as dimensões em todos os recursos energéticos estudados neste trabalho. A pontuação final dos recursos energéticos é obtida pela média simples entre as dimensões, até porque, os pesos das dimensões 25% são iguais, em conformidade a metodologia do PIR.

Dimensões	Valoração					
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)	Sistema Aquecedor Solar
Técnico Econômica	0,40	0,15	0,26	0,64	0,35	0,50
Ambiental	0,91	0,91	0,43	0,83	0,73	0,90
Social	0,80	0,49	0,46	0,75	0,42	0,71
Política	0,61	0,67	0,81	0,83	0,75	0,70
Total	0,68	0,56	0,49	0,77	0,57	0,70

Tabela 77: Valoração Final pelo ACC-Especialistas

9.3 Cálculo dos Ranqueamentos

Com todos os resultados: (1) convertidos para números em uma mesma base (ACC-Padrão), e (2) também com os pesos calculados (ACC-Especialistas), é possível executar a classificação dos recursos energéticos. A seguir são apresentados os Ranqueamentos: Padrão, dos Especialistas e Final.

Rank	Recursos Energéticos	Nota
1°	Usina Hidrelétrica Reversível (UHR)	0,78
2°	Substituição de Chuveiros Elétricos por Sistema de Aquecimento Solar	0,72
3°	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR)	0,70
4°	Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	0,62
5°	<i>WindFloat</i> (Eólica <i>offshore</i>)	0,59
6°	Usina Termoelétrica Híbrida (UTH) (GN e RSU)	0,55

Tabela 78: Resultado para o Ranqueamento Padrão

Rank	Recursos Energéticos	Nota
1°	Usina Hidrelétrica Reversível (UHR)	0,77
2°	Substituição de Chuveiros Elétricos por Sistema de Aquecimento Solar	0,70
3°	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR)	0,68
4°	Usina Termoelétrica Híbrida (UTH) (GN e RSU)	0,57
5°	<i>WindFloat</i> (Eólica <i>offshore</i>)	0,56
6°	Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	0,49

Tabela 79: Resultado para o Ranqueamento dos Especialistas

O Ranqueamento Final corresponde à média simples das notas finais dos recursos energéticos, contidas nos Ranqueamento: (1) Padrão e (2) dos Especialistas.

Rank	Recursos Energéticos	Nota
1°	Usina Hidrelétrica Reversível (UHR)	0,77
2°	Substituição de Chuveiros Elétricos por Sistema de Aquecimento Solar	0,71
3°	Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR)	0,69
4°	<i>WindFloat</i> (Eólica <i>offshore</i>)	0,57
5°	Usina Termoelétrica Híbrida (UTH) (GN e RSU)	0,56
6°	Pequena Central Hidrelétrica (PCH)	0,55

Tabela 80: Resultado para o Ranqueamento Final

9.4 Análise dos Resultados

Vale evidenciar o fato que, na primeira posição dos Ranqueamentos: Padrão, dos Especialistas e Final, há um RELO na frente de RELD, e mais, uma “hidrogeração” em faixas de potência alta, até hoje não utilizada no Brasil. Este fato não ocorreu em nenhum dos trabalhos pesquisados para este estudo. Normalmente as primeiras posições são ocupadas pelos RELDs, e isto, porque, são esperados grandes ganhos energéticos provindos da aplicação destes sistemas, como: (1) eficiência energética, (2) menor impacto ambiental e (3) geração descentralizada.

O recurso energético UHR, ocupa o primeiro lugar nos três ranqueamentos, e isto se deve, em parte, à existência e à possibilidade de utilização do reservatório da hidrelétrica de Paraibuna, da CESP, como reservatório superior do sistema, o qual foi construído na década de 1960 para atender ao projeto não finalizado da “Hidrelétrica Caraguatatuba”. Com isso, retirou-se da avaliação o maior ônus, atribuído aos aproveitamentos hidrelétricos e responsável por custos significativos dentro das dimensões ambiental, social e política. Também explicam os resultados os demais custos favoráveis de atributos pertencentes à dimensão técnico-econômica: potencial energético elevado, custo de geração baixo e confiabilidade alta.

Em segundo e terceiro lugares, encontram-se dois recursos energéticos, um RELD e outro RELO, com pontuações bem próxima nos ranqueamentos. Além dos custos favoráveis atribuídos a eles nas quatro dimensões, tais como vida útil longa, manutenção de baixíssimo custo e nível zero de emissões durante a operação, entre outros, os referidos recursos energéticos são beneficiados igualmente na avaliação da disponibilidade energética do Litoral Norte Paulista pela não ocupação de solo, já que são instalados nos telhados das residências. Os pontos negativos para estes dois recursos estão ligados aos atributos de duas dimensões: (1) técnico-econômica, custos de geração e confiabilidade, o primeiro pertinente a SFCR e o segundo pelo uso da fonte solar, que é um recurso intermitente; e (2) política, aceitação ao recurso e baixo grau de motivação demonstrados pelos agentes geradores, distribuidores e governos federal, estadual e municipal.

A tecnologia de aproveitamento *WindFloat*, que utiliza a energia eólica para geração de eletricidade, passou do 5º lugar nos Ranqueamentos: Padrão e dos Especialistas para o 4º lugar no Ranqueamento Final. A justificativa está ligada ao estágio pré-comercial em que se encontra o desenvolvimento da tecnologia, que conta com apenas um protótipo em tamanho real instalado e operando na costa norte de Portugal, de onde provêm as melhores referências

a respeito desse sistema de aproveitamento energético. Todavia, pontos desfavoráveis estão ligados aos atributos de duas dimensões: (1) técnico-econômico, custo de geração, facilidade técnica e confiabilidade. O primeiro tem valoração baixa devido ao alto custo de implantação, a ponto de não haver retorno do capital investido durante a vida útil; o segundo e terceiro atributos também têm valorações baixas em decorrência da distância do parque eólico *offshore* até a terra e a intermitência peculiar da fonte eólica; (2) social, geração de empregos tem valoração zero, pois não existem estaleiros para a construção das plataformas no Litoral Norte Paulista. Nesse sentido, não deverá haver recrutamento de mão de obra local durante as fases de construção e implantação do parque eólico, inclusive o próprio rebocador da plataforma é responsável por fixá-la no leito marinho.

Chamam a atenção, sobretudo, as mudanças de posição nos resultados dos ranqueamentos entre as tecnologias de aproveitamento PCH e UTH, mesmo com a preocupação de amenizar os impactos negativos socioambientais pertinentes às duas tecnologias: (1) PCH, reservatório a fio d'água e casa de máquina instalada junto ao túnel adutor no interior da Serra do Mar, evitando a ocupação de área da Mata Atlântica; (2) UTH, captura de CO₂ e recuperação energética do RSU com tratamento dos gases da incineração. Portanto, o que levou a UTH ao 5º lugar, ainda que por uma pequena diferença, tem relação com os pesos definidos pelos especialistas. Isto fica evidente no Gráfico 20, onde se observa a PCH com a maior diferença entre os Ranqueamentos: Padrão e dos Especialistas.

Em linhas gerais, o posicionamento ocorrido no Ranqueamento Final dos recursos energéticos tem relação com o Ranqueamento dos Especialistas. Dessa forma, os “pesos relativos” definidos pelos especialistas trouxeram maior rigor ao Ranqueamento Final. Dentre os níveis da árvore hierárquica, atributos e sub-atributos, com maior valoração em grau de importância encontram-se os subatributos: potência instalada, ocupação do solo por deposição de dejetos, demanda por água, emissões evitadas de GEE, geração de empregos, potencial de contribuição para economia e infraestrutura local. Isto se deve ao impacto devido ao espaço ocupado pelo empreendimento, motivação dos agentes governo federal, estadual e municipal, aceitação do recurso pelos geradores e distribuidores e posse da tecnologia, conforme o Anexo B.

Outro ponto importante relacionado aos resultados está na diferença entre o primeiro e o último recurso nos dois Ranqueamentos: (1) Padrão e (2) dos Especialistas, valor que se encontra em 5% para este trabalho. Quanto menor for essa diferença, melhor, uma vez que aumenta a confiabilidade do Ranqueamento Final. Nessa condição, admite-se que entre os

especialistas e o autor dos estudos haja coerência, em se tratando de graus de importância dos atributos e sub-atributos que valoraram os recursos energéticos.

Os resultados dos Ranqueamentos Padrão, Especialistas e Final são apresentados no Gráfico 20.

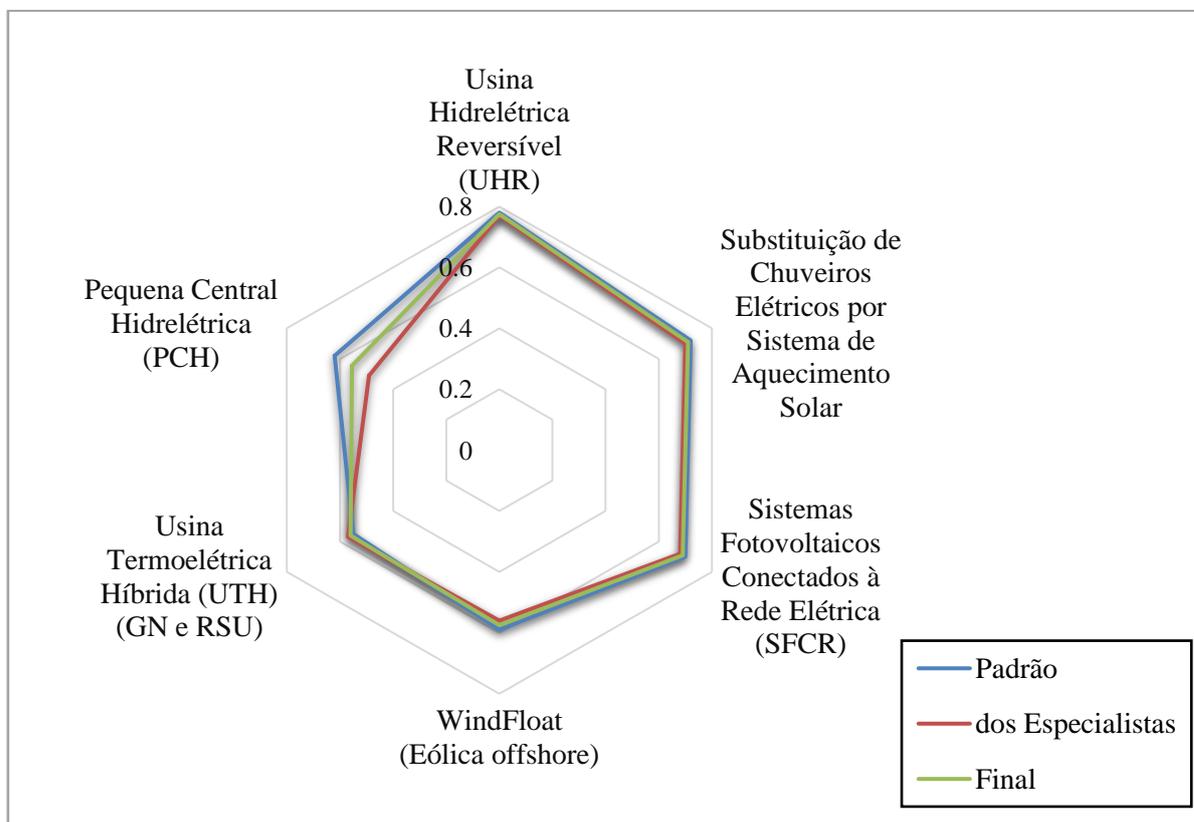


Gráfico 19: Análise de Resultados

10 Conclusão e Sugestões de Trabalhos Futuros

O objetivo principal da avaliação energética foi alcançado através do cálculo do Ranqueamento Final dos recursos energéticos disponíveis no Litoral Norte Paulista. Os resultados obtidos mostram a funcionalidade da metodologia proposta pelo PIR, embora esse método ainda requeira aperfeiçoamento. A utilização de dados de diferentes fontes demonstra que a metodologia do PIR é ampla e complexa quando comparada à metodologia do planejamento tradicional. Um aperfeiçoamento do PIR foi determinado pela metodologia de cálculo do Ranqueamento de Recursos Energéticos proposta por Rigolin, aplicado neste trabalho. Esse aperfeiçoamento padroniza os dados para uma mesma base adimensional, o que possibilita a comparação justa entre atributos e subatributos em cada dimensão: técnico-econômica, ambiental, social e política.

O método do PIR mostra-se de valor. A etapa do procedimento de ranqueamento também serve aos propósitos da avaliação da disponibilidade energética, da seleção e da escolha de recursos energéticos, visando à sustentabilidade do desenvolvimento energético. A metodologia da Avaliação dos Custos Completos – ACC, incorpora a avaliação das quatro principais dimensões do desenvolvimento e consolida a utilização ampla da ferramenta Processo de Análise Hierárquica – PAH, no processo de ranqueamento com base nas realizações da Avaliação Determinística dos Custos Completos – ADCC e na Avaliação Holística dos Custos Completos – AHCC.

Nesse sentido, a comparativa dos dois ranqueamentos fundamentou o Ranqueamento Final. Entretanto, somente essa ordenação obtida com o ranqueamento fundamentado no PIR é insuficiente para afirmar que os recursos energéticos em melhores posicionamentos devam ser implantados no Litoral Norte Paulista. Um estudo mais detalhado, com mais indicadores, seria necessário para esse fim.

Para a avaliação da disponibilidade energética do Litoral Norte Paulista, segundo o método PIR, é preciso ponderar vários aspectos e elementos importantes para a concretização do conceito de sustentabilidade do desenvolvimento energético regional, os quais se encontram disponíveis nos capítulos 2 e 3. Dessa forma, deve-se buscar essencialmente o menor custo possível para a combinação fonte de energia e tecnologia de aproveitamento existente em estágio comercial ou pelo menos pré-comercial. Entretanto, não se deve analisar apenas o custo econômico, mas também os custos ambientais, sociais e políticos.

O que o método PIR pretende com o processo de coletânea de custos ultrapassa a simples monetarização dos impactos socioambientais, ou mesmo o estabelecimento de limites de custos socioambientais à energia ofertada. A prova disso está na incorporação dos custos políticos, de importância relevante para a viabilidade de determinados recursos, variável esta que, entre outras, diferencia o referido método da análise multicriterial tradicional.

O conjunto de informações trabalhadas no capítulo 4 gera os indicadores que representam cada atributo e subatributo, onde são concretizadas as respectivas descrições e cálculos de cada recurso energético. A comparação deste conjunto de informações entre os potenciais realizáveis, em função de seu desempenho na somatória das valorações obtidas pelos seus atributos e subatributos, estabelece o ranqueamento dos recursos. O ranqueamento no PIR sinaliza o encaminhamento do Plano Preferencial Integrado de Recursos Energéticos, etapa na qual ocorre a coesão de recursos energéticos, seguida da elaboração da carteira energética a ser implementada em um futuro Plano de Ação. Essas etapas não fazem parte

deste trabalho, uma vez que o Ranqueamento Final satisfaz aos objetivos propostos, dando subsídios à avaliação da disponibilidade energética. Devem, no entanto, figurar como sugestão para pesquisas futuras.

Atualmente não há geração de energia elétrica no Litoral Norte Paulista, estando a cargo do Sistema Interligado Nacional – SIN, prover a maior parcela da demanda local, restando à Usina Hidrelétrica – Paraibuna da CESP uma percentagem inferior a 10% da demanda. Quanto às Centrais Geradoras Hidrelétrica - CGH, referidas no relatório zero da Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGHRI 03, estas foram desativadas. Também é incipiente a utilização de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede SFCR e Sistema de Aquecimento Solar em Substituição aos Chuveiros Elétricos.

Na caracterização e mensuração dos potenciais teóricos, a partir da seleção dos recursos energéticos para a Avaliação da Disponibilidade Energética do Litoral Norte Paulista, conforme etapas propostas pelo PIR, que refinam o potencial teórico a valores realizáveis, optou-se por selecionar uma única carteira de recursos energéticos, com potenciais realizáveis pré-fixados (conforme mostra a Tabela 26). Isso é admissível, uma vez que assegure a autossuficiência em eletricidade da região, parâmetro utilizado tão somente como facilitador neste estudo, pois são inúmeras as possibilidades de combinações para os potenciais realizáveis dos RELO e RELD selecionados para a composição da disponibilidade energética.

Entre todos os RELO levantados através da caracterização e mensuração de seus potenciais teóricos, a fim de compor a disponibilidade energética da região, a energia oceânica foi a única descartada, ainda que se empregasse a tecnologia de aproveitamento de ondas em estágio pré-comercial “Pelamis” instalada a 20 km da costa. Nesse local, apesar do clima de ondas possuir alturas significativas (H_s) entre 1,5 e 2 metros, e períodos (T) entre 7,5 e 9,5 segundos, não seria suficiente para a instalação deste recurso porque implicaria em um grande potencial ocioso, ou seja, para um potencial instalado de 750 kW por equipamento haveria 116 kW de potencial disponível.

Como sugestões de trabalhos futuros para o aprimoramento de alguns pontos utilizados neste trabalho, destacam-se: (1) Melhorias no procedimento aplicado aos Especialistas, para que o preenchimento seja menos árduo, (2) A construção das etapas do PIR: Plano Preferencial Integrado de Recursos Energéticos e Plano de Ação, a partir da etapa de ranqueamento deste trabalho e (3) Desenvolver de uma software para a conversão dos dados provindos dos CVPCs, em números de mesma base e fácil manipulação dos pesos.

Referências Bibliográficas

- ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. 2015.** *Portal da ABINEE*. [Online] 2015. www.abinee.org.br/.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2015.** Norma ABNT NBR 15569 - Sistemas de Aquecimento Solar. *DocSlide*. [Online] 2015. <http://docslide.com.br/documents/norma-abnt-nbr-15569.html>.
- ABRAVA, Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento. 2015.** *Portal da ABRAVA*. [Online] 2015. www.abrava.com.br.
- AES, Tietê. 2011.** Usina Termelétrica "Termo São Paulo" EIA/RIMA. [Online] 2011. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfUBoAG/rima-termoeletrica>.
- AFM, Acearia Frederico Missner S/A. 2015.** Site da Empresa. [Online] 2015. www.afm.com.br.
- Aguilar, Grasiela de Toni. 2006.** Avaliação de Impacto Social e Proposição de Medidas Mitigadoras – Compromisso com a Responsabilidade Social. *Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas - CERPCH*. [Online] 2006. <http://cerpch.unifei.edu.br/wp-content/uploads/revistas/revista-31.pdf#page=12>.
- Algarvio, Hugo Miguel Loureiro. 2012.** A Introdução da Produção Intermitente no Sistema Elétrico. Aspectos Econômicos. *Dissertação Submetida a Universidade Técnica de Lisboa, para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de Computadores*. . Lisboa - Portugal : s.n., 2012.
- Almeida, Josimar Ribeiro de, Aguiar, Laís Alencar de e Rodrigues, Manoel Gonçalves. 2000.** Impactos Ambientais de Usina Termoeleétrica a Gás - Estudo de Caso da UTG Duque de Caxias. [Online] 2000. http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos05/3_UTG.Caxias1.pdf.
- ANA, Agência Nacional de Águas. 2007.** Evolução da Rede Hidrometeorológica na Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste. *SAR/ANA - Banco de Dados Hidro*. [Online] 2007. www.ana.gov.br.
- . **2015.** Portal da ANA. [Online] 2015. www.ana.gov.br.
- Análise Comparativa dos Métodos de Apoio Multicritério a Decisão: AHP, ELECTRE E PROMETHEE*. **Leite Igor Michel Santos, Freitas de Felipe Fonseca Tavares. 2012.** Bento Gonçalves, RS, Brasil : XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO - Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção, 2012.
- Andrade, Edgar Emanuel Raimundo. 2012.** Metodologia de implementação e avaliação de sistemas solar térmico e fotovoltaico: estudo de caso. *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Mestrado de Energias Renováveis - Conservação e Utilização Sustentáveis*. Lisboa - Portugal : s.n., 2012.
- Andrade, Mateus Augusto Rocha. 2009.** Aplicação de Modelos Hidrossedimentológicos para Estudo da Produção e Transporte de Sedimentos em uma Bacia do Litoral Norte Paulista.

Dissetação apresentada à Pró-Reitoria de Pós-Graduação do ITA, para obtenção do Título de Mestre em Ciências da Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica. São José dos Campos - SP : s.n., 2009.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. 2014. Atlas de Energia Elétrica do Brasil 3ª edição. [Online] 2014. www.aneel.gov.br.

—, **2015.** Banco de Informações de Geração. *ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.* [Online] 2015. <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15&idPerfil=2&idiomaAtual=0>.

—, **2014.** Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica. *Cadernos Temáticos (ANEEL).* Brasília - DF : s.n., 2014.

ANP, Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. 2014. Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural. Brasília - DF : s.n., 2014.

ANTAQ, Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 2014. Boletim Informativo Portuário (3º Trimestre/2014). [Online] 2014. <http://www.portosdobrasil.gov.br/home-1/estatisticas/arquivos-estatisticas/boletimportuariosegundotrimestre2014.pdf>.

Application of Method AHP in the Taking of Decision for Reduction of the Levels of Legal Action in Companies of telecommunications. **Pereira, Rodrigo de Araújo, Bianchini, David. 2011.** São Paulo, Brasil : 8º CONTECSI - International Conference on Information Systems and Technology Management, 2011.

Assis, Leandro Eduardo de. 2010. Avaliação e Aproveitamento da Energia de Ondas Acênicas no Litoral do Rio Grande do Sul. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRGS.* Porto Alegre - RS : s.n., 2010.

Azevedo, Flavio Marques. 2005. Análise Multidimensional do Modelo de Integração de Recursos Energéticos: aplicação da tecnologia OLAP. *Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.* São Paulo - SP : s.n., 2005.

Baitelo, Ricardo Lacerda. 2006. Modelagem Completa e Análise dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda para PIR. *Dissertação para obtenção de título de Mestre em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP.* São Paulo - SP : s.n., 2006.

—, **2011.** Modelo de Cômputo e Valoração de Potenciais Completos de Recursos Energéticos para o Planejamento Integrado de Recursos. *Tese para obtenção de título de Doutor em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da USP.* São Paulo - SP : s.n., 2011.

Barbosa, Tânia Aparecida de Souza. 2004. Análise do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Ninho da Águia, Proposta de Otimização do Processo de Licenciamento Ambiental Utilizando uma Matriz Simplificada. *Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Federal de Itajubá para a obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia da Energia.* Itajubá -MG : s.n., 2004.

Barcellos, Frederico Cavadas, et al. 2005. Poluição do Ar por Fontes Fixas nos Municípios Brasileiros. [Online] 2005.

http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa3/poluicao_ar_fontes_fixas.pdf.

Beluco, Alexandre. 2012. Três locais para implantação de usina hidrelétrica reversível ao sul dos Aparados da Serra, no litoral norte do RS. *PCH Notícias & SHP News*, n. 52, p. 32-37. Itajubá - MG : s.n., 2012.

Biague, Mário Fernandes. 2010. Modelagem da Carteira dos Recursos Energéticos no PIR: Validação do Modelo no PIR de Araçatuba. *Tese Submetida à Escola Politécnica da USP, para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia Elétrica*. São Paulo - SP : s.n., 2010.

Boulomytis, Vassiliki Terezinha Galvão, et al. 2014. Avaliação do Comportamento Hidrológico da Bacia do Rio Juqueriquerê, Caraguatatuba, SP. São José dos Campos - SP : s.n., 2014.

Braciani, Urian. 2011. Estrutura de Custos para Implantação das Usinas de Geração de Energia Elétrica no Brasil. *Monografia submetida ao curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas*. Florianópolis - SC : s.n., 2011.

BRASIL, Marinha do Brasil. 2015. Programa Nacional de Boias (PNBOIA) Programa Nacional de Boias - Dados meteorológicos e oceanográficos, em tempo quase-real, obtidos através de boias e derivadores, nas áreas oceânicas de interesse do Brasil. *Diretoria de Hidrografia e Navegação/Centro de Hidrografia da Marinha/Serviço Meteorológico Marinho*. [Online] 2015. <https://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/dados/dados.htm>.

Caixeta, Dalma Maria. 2005. Geração de Energia Elétrica a partir da Incineração de Lixo Urbano: O caso de Campo Grande/MS. *Dissertação de Especialização submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – CDS/UnB objetivando a conclusão do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*. Brasília - DF : s.n., 2005.

Câmara, George Augusto Batista. 2012. Fatores condicionantes para o uso em larga escala das tecnologias de captura e armazenamento geológico de dióxido de carbono no Brasil e sua aplicação no Estado da Bahia . *Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Industrial – PEI, Faculdade Politécnica, UFBA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Industrial*. Salvador : s.n., 2012.

Carneiro, Júlio. 2013. Captura e Armazenamento Geológico de CO₂ na CPLP. *Plataforma de Cooperação Sobre Captura e Armazenamento de CO₂ entre Países de Língua Portuguesa*. [Online] 2013. <http://www.arco2cplp.uevora.pt/>.

Cartacho, Diego Lourenço. 2013. Análise Probabilística Chuva-Maré para a Bacia do Rio Santo Antonio em Caraguatatuba - SP. *Dissertação para obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia Civil da Escola Politécnica da USP* . São Paulo - SP : s.n., 2013.

Carvalho, Alessandra Rodrigues de, et al. 2013. Comparação entre os Índices de Qualidade da Água (IQA) dos Estuários dos rios ITamambuca e Juqueriquerê - Litoral Norte de São Paulo – Sob mesma Sazonalidade . *IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental/Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais (IBEAS)*. Salvador - BA : s.n., 2013.

Carvalho, Jonas Takeo. 2010. Simulação da Distribuição de Energia das Ondas Oceânicas ao Largo do Litoral Brasileiro. *Dissertação de Mestrado em Meteorologia – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE.* São José dos Campos - SP : s.n., 2010.

Cavados, Gabriel de Azevedo. 2015. Análise do Impacto da Introdução das Fontes Intermitentes no Setor Elétrico Brasileiro: Estudo de Caso da Região Nordeste . *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, para a Obtenção do Título de Mestre em Planejamento Energético.* . Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2015.

Cavalcanti, Paulina Maria Porto Silva. 2010. Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva . *Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, para Obtenção do Título de Doutor em Planejamento Energético.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2010.

CBH-LN, Comitê de Bacia Hidrográfica do Litoral Norte. 2013. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos (2013). Ubatuba - SP : s.n., 2013.

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2010. Critério para Classificação de Empreendimentos de Baixo Potencial Poluidor. *Licenciamento Ambiental - CETESB.* [Online] 2010. www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/SILIS-1-5.pdf.

—. **2013.** Emissões Veiculares no Estado de São Paulo 2013. [Online] 2013. <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/emissao-veicular/48-relatorios-e-publicacoes>.

—. **2014.** Operação Inverno - 2014 "Qualidade do Ar" . [Online] 2014. www.cetesb.sp.gov.br.

—. **2011.** Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2010. [Online] 2011. <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.

—. **2015.** Sistema Ambiental Paulista. *CETESB.* [Online] 2015. <http://www.cetesb.sp.gov.br/>.

CIIAGRO, Centro Integrado de Informações Agrometeorológico e IAC, Instituto Agrônomo de Campinas. 2015. Portal Agrometeorológico e Hidrológico do Estado de São Paulo. [Online] 2015. <http://www.ciiagro.org.br/>.

Companhia, Docas de São Sebastião e CEPA, Consultoria Planejamento e Estudos Ambientai. 2011. Plano Integrado Porto Cidade (PIPC) Porto de São Sebastião/Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). *Porto de São Sebastião.* [Online] 2011. www.portodesaosebastiao.com.br.

Costa, Felipe Coelho. 2009. Avaliação da Cadeia Produtiva do Biodiesel e seus Efeitos na Produção e Mercado de Alimentos Através da Metodologia PIR. *Trabalho de Formatura Apresentado na Escola Politécnica da USP, para Obtenção do Título de Engenheiro Ambiental.* São Paulo - SP : s.n., 2009.

Costa, Isabella Vaz Leal da. 2014. Proposta de Estrutura Regulatória para Sequestro Geológico de CO₂ no Brasil e uma Aplicação para o Estado do Rio de Janeiro . *Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pósgraduação em Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Planejamento Energético.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2014.

Costa, Lilian Calazans. 2010. Aplicação do Sistema de Projeção de Poluição Industrial (Modelo IPPS): Estudo de Caso - Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba. *Dissertação Apresentada a Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca - ENSP, da Fundação Oswaldo Cruz - FIOCRUZ, para a obtenção do Título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública e Meio Ambiente.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2010.

Costa, Lilian Calazans, Ferreira, Aldo P. e Neves, Eduardo Borba. 2011. Aplicação do Sistema de Projeção de Poluição Industrial (Modelo IPPS) na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil): estudo de caso. *Caderno de Saúde Coletiva, 2011, Rio de Janeiro.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2011.

CRESESB, Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. 2007. CRESESB. [Online] 2007. www.cresesb.cepel.br.

DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2015. Portal do DAEE. [Online] 2015. www.dae.sp.gov.br/.

DAEE, Departamento de Águas e Energia Elétrica, et al. 2005. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo. *Nota Explicativa.* São Paulo - SP : s.n., 2005.

DAESP, Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo. 2014. Estatísticas DAESP. *Portal do DAESP.* [Online] 2014. www.daesp.sp.gov.br/estatistica-consulta.

DER, Conforme Departamento de Estrada de Rodagens do Estado de São Paulo. 2014. Volume Diário Médio - VDM . *Estatística de Tráfego.* [Online] 2014. http://200.144.30.103/vdm/SFCG_VdmRodComerciais.asp?CodRodovia=Todas%20as%20rodovias.

DERSA, Desenvolvimento Rodoviário S/A. 2014. Mais Conforto e Segurança para todos os Passageiros das Travessias . *DERSA - Notícias Travessias de Balsas* . [Online] 2014. <http://www.dersa.sp.gov.br/Oportunidade/Oportunidade.aspx?id=15>.

—. **2015.** Nova Tamoios. [Online] 2015. <http://www.dersa.sp.gov.br/Empreendimentos/GrupoEmpreendimento.aspx?idGrupo=1>.

Ecobase, Consulting. 2015. Plano de Acompanhamento Ambiental Cabos Elétricos. *Plano de Acompanhamento Ambiental dos Cabos Elétricos da Central Eólica Offshore Windfloat Atlanric.* [Online] 2015. www.participa.pt/downloadp.jsp?pFile=1876.

—. **2015.** Plano de Acompanhamento Ambiental Windfloat. *Plano de Acompanhamento Ambiental da Central Eólica Offshore Windfloat Atlantic.* [Online] 2015. www.participa.pt/downloadp.jsp?pFile=1878.

EDP, Energia de Portugal. 2012. Projeto WindFloat - Projeto pioneiro a nível mundial para exploração do recurso eólico em águas profundas. *XIX Congresso da Ordem dos Engenheiros.* Lisboa - Portugal : s.n., 2012.

Eletronorte, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A e Eletrobras, Centrais Eletricas do Brasil S/A. 2014. Seminário Técnico Sobre Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Setor Elétrico Brasileiro. *Portal da Eletronorte* . [Online] 2014. www.eletronorte.gov.br.

Energiatecsolar. 2015. Geração Distribuída. *Portal Energia Tec Solar*. [Online] 2015. www.energiatecsolar.com.br.

EPE, Empresa de Pesquisa Energetica e MME, Ministerio de Minas e Energia. 2015. Empresa Pública, Vinculada ao Ministério de Minas e Energia, a EPE - Planejamento do Setor Energético. [Online] 2015. <http://www.epe.gov.br>.

—. **2014.** Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos/Série Recursos Energéticos Nota Técnica DEA 19/14. [Online] 2014. www.epe.gov.br.

Estefen, Segen Farid. 2012. Energia Renovável dos Oceanos/Relatório - IPCC & Atividades no Brasil. *Febraban*. [Online] 2012. <http://www.febraban.org.br/7Rof7SWg6qmyvwJcFwF7I0aSDf9jyV/sitefebraban/Apresenta%E7%E3o%20-%20Segen.pdf>.

Faria, Felipe Aguiar Marcondes de. 2011. Metodologia de Prospecção de Pequenas Centrais Hidrelétricas . *Dissertação Apresentada à Escola Politécnica da USP, para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia*. São Paulo - SP : s.n., 2011.

FEAM, Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2012. Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos. *Guia de Orientação para Governos Municipais de Minas Gerais*. Belo Horizonte - MG : s.n., 2012.

—. **2010.** Estado da Arte do Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos Urbanos com Geração de Energia Elétrica. *Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte - MG : s.n., 2010.

Ferracini, Carla Vargas, Romano, Gabriel Cardoso e Amaral, Gilberto Archer Jr. 2010. Análise Completa do Gás Natural na Baixada Santista para a Metodologia do PIR. *Projeto de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, no âmbito do Curso de Engenharia Ambiental*. São Paulo - SP - Brasil : s.n., 2010.

Fleming, Fernanda Pereira. 2012. Avaliação do Potencial de Energias Oceânicas no Brasil . *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, para a Obtenção do Título de Mestre em Planejamento Energético*. Rio de Janeiro -RJ : s.n., 2012.

FOXX, Inova Ambiental. 2014. Usina de Recuperação de Energia de Barueri. *Unidade de Recuperação Energética - URE*. [Online] 2014. <http://www.urebarueri.com.br/>.

França, Alacimar de Jesus. 2015. Influência do Efluente Gerado por uma Termoelétrica Lançado em um Corpo d'água. Estudo de Caso na UTE Manauara - Manaus. *Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano com Área de Concentração em Processos e Gestão Ambiental da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do Mestre*. Belem - PA : s.n., 2015.

Fujii, Ricardo Junqueira. 2006. Modelo de Caracterização Sistêmica das Opções de Oferta Energética para o PIR. *Dissertação apresentada a Escola politécnica da USP, para a obtenção de Título de Mestre em Engenharia.* São Paulo - SP : s.n., 2006.

Fujii, Ricardo Junqueira, et al. 2003. Recursos Energéticos Distribuídos para Geração como Elementos de Planejamento Energético dentro do PIR. [Online] 2003. www.seeds.usp.br/portal/uploads/CLAGTEE2003_RicardoFujii.pdf.

Gaspar, Hugo Alexandre Curado. 2014. Captura e Armazenamento de CO₂. *Dissertação Apresentada a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, para obtenção do Grau de Mestre em Energia e Bioenergia.* Lisboa - Portugal : s.n., 2014.

GEPEA, Grupo de Energia da USP. 2013. Análise Energética e Ambiental da Contribuição de uma Casa-Solar para o Desenvolvimento Sustentável com Base na Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa . *Relatório Técnico-Científico - RTC/PIRnaUSP nº 452* . São Paulo - SP : s.n., 2013.

— . **2014.** Dimensionamento de Um Sistema Fotovoltaico Residencial Zero-Energia . *Relatório Técnico-Científico - RTC/PIRnaUSP n. 454* . São Paulo - SP : s.n., 2014.

— . **2009.** Efeitos Regionais na Saúde Humana devido ao Uso dos Recursos Energéticos dentro do PIR para a RAA/SP. *Relatório Técnico-Científico RTC/PIRnaUSP - nº 423*. São Paulo - SP : s.n., 2009.

— . **2006.** Relatório de Caracterização e Levantamento dos Potenciais Energéticos de Oferta da Região . *Relatório Técnico-Científico - RTC/PIRnaUSP- Nº111* . São Paulo - SP : s.n., 2006.

— . **2013.** Resultados e Relatório Científico Final - REFORMULADO . *Relatório Técnico-Científico - RTC/PIRnaUSP - nº 400* . São Paulo - SP : s.n., 2013.

— . **2001.** Sustentabilidade da UGE Carioba II à Luz do PIR (Planejamento Integrado de Recursos) no Contexto Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, e, a Possibilidade do PIR ser Aplicado Localmente. *Parecer Técnico Preparado para: Consórcio: CPFL/InterGen/Shell*. São Paulo - SP : s.n., 2001.

— . **2008.** Valoração Completa dos Recursos Energéticos de Oferta Eólico e Carvão Mineral – Dimensões Política, Social e Ambiental. *Relatório Técnico Científico RTC/PIRnaUSP- Nº207*. São Paulo - SP : s.n., 2008.

Goldemberg, José, Lucon Oswando. 2007. Energia e Meio Ambiente no Brasil. *Estudos Avançados - Dossiê Energia. Universidade de São Paulo - USP, Instituto de Estudos Avançados.* São Paulo, Brasil : s.n., 2007.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Banco de Dados Agregados. *Portal do IBGE*. [Online] 2010. <http://www.sidra.ibge.gov.br/>.

— . **2015.** Cidades - IBGE. *Portal do IBGE*. [Online] 2015. www.cidades.ibge.gov.br.

IDEAL, Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina. 2015. Simulador Solar. *América do Sol*. [Online] 2015. www.americadosol.org/simulador-solar/.

Inatomi, Thais Aya Hassan e Udaeta, Miguel Edgar Morales. 2011. Análise dos Impactos Ambientais na Produção de Energia dentro do Planejamento de Recursos Energéticos PIR. [Online] 2011. www.seeds.usp.br/portal/.../INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. 2015. Portal do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. [Online] 2015. www.inmet.gov.br.

Intituto, Pólis. 2013. Diagnóstico Urbano Socioambiental Relatório Regional. *Observatório do Litoral Sustentável*. [Online] 2013. <http://litoralsustentavel.org.br/diagnosticos/diagnostico-urbano-socioambiental-regional/>.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –. 2012. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. *Relatório de Pesquisa*. Brasília - DF : s.n., 2012.

ISPDE, Instituto Superior de Planejamento e Desenvolvimento Estratégico. 2010. Curso de Pós Graduação em Gás Natural - Universidade Santa Úrsula. [Online] 2010. <https://nucleodeposgraduacao.wordpress.com/>.

Iwama, Allan Yu, Batistella, Mateus e Ferreira, Lúcia da costa. 2014. Riscos Geotécnicos e Vulnerabilidade Social em Zona Costeiras: Desigualdades e Mudanças Climáticas . [Online] 2014. www.scielo.br/pdf/asoc/v17n4/a14v17n4.pdf.

Juliani, Lucélia Ivonete e Anschau, Cleusa Teresinha. 2014. A Tecnologia de Separação e Injeção de Dióxido de Carbono na Camada Pré-Sal. *Revista Científica Tecnológica - Uceff Faculdades | V.1 | n.1 |*. [Online] 2014. www.uceff.edu.br/revistatecnologica .

Kanayama, Paulo Hélio. 2007. Mecanismos de desenvolvimento limpo no Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR . *Tese apresentada à Escola Politécnica da USP, para obtenção do título de Doutor em Engenharia*. São Paulo - SP : s.n., 2007.

Kinto, Oscar Tdashi. 2012. Metodologia para o PIR em Ambiente Corporativo para o Recurso Energético da Gaseificação de Biomassa . *Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia* . São Paulo - SP : s.n., 2012.

Lange, Wolfram Johannes. 2012. Metodologia de Mapeamento da Área Potencial de Telhados de Edificações Residenciais no Brasil para Fins de Aproveitamento Energético Fotovoltaico. [Online] 2012. https://energypedia.info/images/4/40/Metodologia_de_mapeamento_da_%C3%A1rea_potencial_de_telhados_residenciais_para_PV_no_Brasil.pdf.

Larentis, Dante Gama. 2009. Prospecção de Potencial Hidrelétrico Remanescente . *Tese Apresentada ao Programa de Pós-Graduação da UFRGS, para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental*. Porto Alegre - RS : s.n., 2009.

- Leme, Marcio Montagnana Vicente. 2010.** Avaliação das Opções Tecnológicas para Geração de Energia a partir dos Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso no Aterro Sanitário de Betim - MG. *Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia da Energia.* Itajubá - MG : s.n., 2010.
- Liderroll, Engenharia. 2014.** Gasoduto Caraguatatuba-Taubaté (GASTAU) . *Projetos Liderroll.* [Online] 2014. <http://www.liderroll.com.br/WP/projetos-liderroll/>.
- Lora, Electo Silva e ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. 2000.** Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energéticos, Industrial e de Transporte. *ANNEEL 2000.* Brasília - DF : s.n., 2000.
- Lourenço, Talitha de Souza. 2012.** Variabilidade Interanual do clima de ondas e sua Influências no Litoral Sudeste e Sul do Brasil. *Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da USP, para Obtenção do Título de Mestre em Ciências Oceanografia.* . São Paulo - SP : s.n., 2012.
- Machado, Camila Frankenfeld. 2015.** Incineração: Uma Análise do Tratamento Térmico dos Resíduos Sólidos Urbanos de Bauru/SP. *Projeto de Graduação Apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Escola Politécnica, UFRJ, para Obtenção do Título de Engenheiro.* . Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2015.
- Magagnin, André Luiz. 2010.** Impactos econômicos do uso de Energia Solar para Aquecimento de Água em Residências Unifamiliares . *Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do Grau de Engenheiro Civil, na Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC.* Criciúma : s.n., 2010.
- Marinho, Manoel Henrique da Nóbrega. 2010.** Oferta de Energia através da Complementaridade Sazonal Hidro-Eólica no Estado de Pernambuco. [Online] 2010. [www.poli.br/index.php?option=com_phocadownload&view....](http://www.poli.br/index.php?option=com_phocadownload&view...)
- Marinho, Manoel Henrique da Nóbrega, Cerqueira, Jês Jesus Fiais e Martinez, Luciana. 2006.** Estudo da Complementaridade Hidro-Eólica para Regularização Sazonal de Energia Elétrica. . *Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE (2006).* Campina Grande - PB : s.n., 2006.
- Marins Souza Cristiano, Souza Oliveira Daniel, Barros Silva Magno. 2009.** O Uso do Método de Análise Hierárquica AHP na Tomada de Decisões Gerenciais - Um Estudo de Caso. *XLI SBPO 2009 - Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento.* 2009.
- Martín, Jesús Javier Nevares. 2012.** Avaliação Econômica dos Recursos Energéticos das Ondas do Mar. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2012.
- Maruyama, Flávio Minoru. 2013.** Arquitetura do Plano Preferencial de Recursos para o Setor Elétrico no Planejamento Integrado de Recursos Energéticos . *Dissertação submetida à*

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica. São Paulo - SP : s.n., 2013.

Maruyama, Flávio Minoru, Kinto, Oscar Tadashi e Udaeta, Miguel Edgar Morales. 2011. Primeira Montagem do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos no estado de São Paulo. *The 9th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission*. Mar Del Plata - Argentina : s.n., 2011.

MCT, Ministério da Ciência e Tecnologia. 2010. Emissões Fugitivas de Gases de Efeito Estufa na Indústria de Petróleo e Gás Natural/Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. [Online] 2010. <http://www.mct.gov.br/clima>.

Medeiros, João Paulo Costa de. 2014. Precificação de Energia Eólica Offshore. *Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação da UFRN, para obtenção do Título de Mestre em Ciências Administrativas*. Natal - RN : s.n., 2014.

Melo, Marcelo Silva de Matos. 2012. Energia Eólica: Aspectos Técnicos e Econômicos. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, para obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético*. Rio de Janeiro : s.n., 2012.

Mendes, Ana Luiza Souza e Pinto, Míriam de Magdala. 2011. Autoprodução e Produção Independente de Energia Elétrica a partir de Fontes Renováveis no Brasil. Vitória - ES - Brasil : VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 2011.

Miranda, Raul Figueiredo Carvalho. 2013. Análise da Inserção de Geração Distribuída de Energia Solar Fotovoltaica no Setor Residencial Brasileiro. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético*. Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2013.

MME, Ministério da Minas e Energia. 2010. Análise da Eficiência Energética na Indústria e nas Residências no Horizonte Decenal (2010-2019) . *Série Estudos da Demanda - Nota Técnica DEA 14/10*. Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2010.

MME, Ministério de Minas e Energia e CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. 2007. Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas . Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2007.

MME, Ministério de Minas e Energia. 2015. MME Defende Desonerar Geração Descentralizada de Energia. *Ministério de Minas e Energia*. [Online] 2015. <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/pagina-inicial>.

—. **2007.** Plano decenal de expansão de energia: 2007/2016 . Brasília DF : s.n., 2007.

—. **2005.** Plano Nacional de Energia - PNE 2030 . *Termo de Referência*. Brasília - DF : s.n., 2005.

—. 2008. Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída em Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF). Brasília - DF : s.n., 2008.

Moreira, Sérgio Emanuel Carvalho e Almeida, Tiago António de Sousa. 2013. Potencial de Produção de Energia Eólica em Parques Offshore. *Revista Técnico-Científica |Nº11| Junho de 2013* <http://www.neutroaterra.blogspot.com>. Porto - Portugal : Revista Neutro à Terra, 2013. Revista Técnico-Científica |Nº11|.

Moreno, Rosane de Andrade Memoria. 2005. Estimativa de Potencial Poluidor nas Indústrias: o Caso do Estado do Rio de Janeiro. *Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia da UFRJ, para a Obtenção do Grau de Mestre em Ciências do Planejamento Energético*. Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2005.

Nakabayashi, Renny. 2014. Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - USP*. São Paulo - SP : s.n., 2014.

Nascimento, Mariana Ximenes do. 2013. Análise das Condições Meteo-Oceanográficas na Região da Bacia de Santos. *Dissertação de Mestrado em Engenharia Oceânica, COPPE - UFRJ*. Rio de Janeiro : s.n., 2013.

Negreiros, Jefferson Ronald Quaresma e Neto, Iran E. lima. 2014. Relações Simplificadas para Estimativa do Assoreamento de Reservatórios. *REGA - Revista de Gestão de Águas da América Latina*. Porto Alegre - RS : s.n., 2014. Vols. 11, no. 2, p. 5-15 jul./dez.

Neosolar, Energia. 2015. Neosolar Energia - Especialista em Energia Solar Fotovoltaica. [Online] 2015. www.neosolar.com.br.

Neto, Alberto Baldissin. 2010. Análise Crítica de Relatório de Impacto Ambiental de Pequena Central Hidrelétrica . *Monografia para conclusão de Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo*. . São Paulo - SP : s.n., 2010.

Nunes, Camila Fernandes. 2011. A Aplicação dos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo – MDL em Projetos de Implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs em Sistemas Isolados no Brasil. *Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia da Energia*. Itajubá - MG : s.n., 2011.

Oliveira, Jonathas Luiz de. 2009. Modelagem para o Aproveitamento Sustentável dos Biocombustíveis, Energia Eólica e Solar dentro do PIR Local: Estudo de Caso do PIR da Região de Araçatuba de . *Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Energia da USP, para obtenção do Título de Mestre em Energia*. São Paulo - SP : s.n., 2009.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2015. Atuação do ONS sobre o Sistema Interligado Nacional. *ONS*. [Online] 2015. <http://www.ons.org.br/atuacao/index.aspx>.

Ortiz, Gustavo. P e Kampel, M. 2011. Potencial de Energia Eólica Offshore na Margem do Brasil . *V Simposio Brasileiro de Oceanografia/Oceanografia e Políticas Públicas* . Santos - SP : s.n., 2011.

Panizza, Andrea de Castro. 2004. Parte II - O Litoral Norte do Estado de São Paulo: História, Natureza e Ocupação Humana. [Online] 2004. www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde.../PANIZZA_ParteII.pdf.

Paro, André de Carvalho, Costa, Fernando Cörner da e Coelho, Suani Teixeira. 2008. Estudo Comparativo para o Tratamento de Resíduos Sólidos urbanos: Aterros Sanitários x Incineração. *Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, Nº 2, 2º Sem. 2008, pp. 113-125 - Sociedade Brasileira de Planejamento Energético.* Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2008.

Pasquali, Lucas Montado. 2006. Estudo sobre a Influência da Reservação Hidráulica em Sistemas de Geração Eólica Isolada. *Dissertação Apresentada ao Programa Pós-Graduação da UFRGS, para obtenção do Título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.* Porto Alegre - RS : s.n., 2006.

Pereira, Jose Antonio Maciel. 2011. O Protocolo de Montreal e as Usinas Termelétricas a Gás Natural: Um Estudo de Caso dos 10 Maiores Produtores Nacionais de Energia Elétrica. *XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial.* Belo Horizonte - MG : s.n., 2011.

Pereira, Newton Narciso. 2014. Sustentabilidade Aplicada a Engenharia Naval. *II Congresso Panamericano de Ingeniería Marítima, Portuaria y Naval CIMYN y en el I Congreso de Corrosión, 2014.* Ciudad de Panamá - Panamá : s.n., 2014.

Petrobras, Petróleo Brasileiro S/A. 2015. Desenvolvemos Tecnologia Inédita que Reduz Emissão de Gases que Provocam o Efeito Estufa. *Portal da Petrobras S/A.* [Online] 2015. <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/developemos-tecnologia-inedita-que-reduz-emissao-de-gases-que-provocam-o-efeito-estufa.htm>.

—. **2012.** Fatos e Dados UTGCA Monteiro Lobato. *Portal da Petrobras S/A.* [Online] 2012. www.fatosedados.blogspot.com.br.

—. **2009.** Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa. *Portal da Petrobras S/A.* [Online] 2009. www.petrobras.com.br.

—. **2014.** Relatório de Desempenho Operacional – 3º trimestre de 2014. Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2014.

PMC, Prefeitura Municipal de Caraguatatuba. 2013. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. *Portal do Poder Executivo.* [Online] 2013. <http://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/>.

PMS, Prefeitura Municipal de São Sebastião. 2013. Plano Municipal de Saneamento Básico São Sebastião - SP. [Online] 2013. http://www.saosebastiao.sp.gov.br/finaltemp/plano_saneamento/planomunicipaldesaneamento_decretado.pdf.

PMU, Prefeitura Municipal de Ubatuba. 2014. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. *Portal do Poder Executivo.* [Online] 2014.

<http://www.ubatuba.sp.gov.br/smma/plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos/>.

Pólis, Instituto. 2013. Resumo Executivo de Caraguatatuba. *Litoral Sustentável - Desenvolvimento com Inclusão Social*. [Online] 2013. www.litoralsustentavel.org.br.

—. **2013.** Resumo Executivo de Ilhabela. *Projeto Litoral Sustentável - Desenvolvimento com Inclusão Social*. [Online] 2013. www.litoralsustentavel.org.br.

—. **2013.** Resumo Executivo de São Sebastião. *Projeto Litoral Sustentável - Desenvolvimento com Inclusão Social*. [Online] 2013. www.litoralsustentavel.org.br.

—. **2013.** Resumo Executivo de Ubatuba. *Litoral Sustentável - Desenvolvimento com Inclusão Social*. [Online] 2013. www.litoralsustentavel.org.br.

PROCEL, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica e ELETROBRÁS, Centrais Elétricas Brasileiras S/A. 2007. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso. *Classe Residencial - Ano Base 2005*. [Online] 2007. www.procelinfo.com.br/services/.../FileDownload.EZTSvc.asp.

PUC-Rio, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, ELETROBRÁS, Centrais Elétricas Brasileiras S/A e PROCEL, PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 2007. Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso – PPH. [Online] 2007. http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/18618/18618_4.PDF.

Reale, Miguel. 2001. Usina de Caraguatatuba. *Hemeroteca do Instituto de Eletrotécnica e Energia*. [Online] 21 de Julho de 2001. <http://infoener.iee.usp.br/infoener/hemeroteca/imagens/53078.htm>.

Ribeiro, Sergio Guerreiro. 2013. A Evolução do Gerenciamento Sustentável de Resíduos no Brasil e no Mundo APRESENTAÇÃO NA COPPE/UFRJ Sergio Guerreiro Ribeiro www.wtert.com.br WTERT--BRA. [Online] 2013. [ww.wtert.com.br](http://www.wtert.com.br).

Rigolin, Pascoal Henrique da Costa. 2013. Desenvolvimento de um Sistema para Classificar Recursos Energéticos de Oferta e Demanda com Base no Cômputo e na Valoração do Potencial Completo dos Recursos Energéticos dentro do Planejamento Integrado de Recursos. *Tese Apresentada ao Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da USP, para Obtenção de Título de Doutor em Engenharia Elétrica*. São Paulo - SP : s.n., 2013.

Rocha. [Online]

Rocha, Tiago Miguel Fernandes. 2014. Impacto das Janelas Operacionais nas Despesas de Operação e Manutenção de um Parque Eólico Offshore. *Dissertação apresentada ao Instituto Superior Técnico para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão de Energia*. Lisboa - Portugal : s.n., 2014.

Rogacheski, Carlos Eduardo. 2010. A Dinâmica Sedimentar e a Caracterização de Zonas de Erosão Acentuadas (ZEA) ap Longo do Arco Praial de Massaguaçu - SP. *Dissertação Apresentada ao Instituto Oceanográfico da USP, para a obtenção do Título de Mestre em Ciências na área de Oceanografia Geológica*. São paulo - SP : s.n., 2010.

Romeiro, Diogo Lisbona e Almeida, Edmar Fagundes de. 2014. A Competitividade da Geração Termelétrica a Gás Natural no Brasil. *Rio Oil & Gas Expo and Conference (2014)*. Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2014.

Romero, Jose Fernando Leme. 2004. Avaliação do Processo de Licenciamento Ambiental das Usinas Termelétricas a Gás Natural no Estado de São Paulo a partir de Três Estudos de Caso. *Dissertação Apresentada ao Programa de pós-Graduação da USP, para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Energia*. São Paulo - SP : s.n., 2004.

Rossi, Catherine da Rosa. 2014. Potencial de Recuperação Energética dos Resíduos Sólidos Urbanos na Região da AMESC. *Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Curso de Engenharia de Energia*. Araranguá - SC : s.n., 2014.

S/A, IBIRITERMO. 2015. O que é uma Termelétrica. [Online] 2015. www.ibiritermo.com.br.

SABESP, Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo. 2013. Portal da SABESP. [Online] 2013. www.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65..

Salomon, Karina Ribeiro. 2003. Avaliação Quantitativa do Impacto Ambiental das Emissões Gasosas e do uso da Água de Resfriamento em Instalações de Geração Termelétrica. *Dissertação apresentada a Universidade Federal de Itajubá, para a obtenção de título de Mestre em Engenharia de Energia*. Itajubá - MG : s.n., 2003.

Salomon, Valério Antonio Pamplona. 2010. Contribuições para Validação de Tomada de Decisão com Múltiplos Critérios. *Tese (Livre Docência), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP*. Guaratinguetá, SP, Brasil : s.n., 2010.

Santi, Alexandre. 2012. Estudo da Eficiência da Geração de Eletricidade a partir de Gás Natural e Resíduos Sólidos Urbanos. *Monografia apresentada a Escola de Engenharia Mecânica da UFRGS*. Porto Alegre - RS - Brasil : s.n., 2012.

Santos, Afonso Henriques Moreira, et al. 2011. Análise de Critérios para Determinação do Fator de Capacidade em Estudos de Inventário Hidrelétrico. [Online] 2011. <http://www.ixconsult.com.br/artigos/2011-2.pdf>.

Santos, Denise Dias dos e Galvani, Emerson. 2014. Distribuição sazonal e horária das precipitações em Caraguatatuba-SP e a ocorrência de eventos extremos nos anos de 2007 a 2011. *Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM*. Santa Maria - RS - Brasil : s.n., 2014.

Santos, Guilherme Garcia Dias dos. 2011. Análise e Perspectivas de Alternativas de destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: O Caso da Incineração e da Disposição em Aterros. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Planejamento Energético, COPPE, da UFRJ, para a Obtenção do Título de Mestre em Planejamento Energético*. Rio de Janeiro - RJ : s.n., 2011.

Santos, Maria Madalena de Souza e Carniello, Monica Franchi. 2014. Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte: Uma Dimensão Afinidade e Outra

Econômica. *III Congresso Internacional de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento*. Taubaté - SP : s.n., 2014.

SEADE, Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. 2015. Portal de Estatísticas do Estado de São Paulo. *SEADE*. [Online] 2015. www.seade.gov.br.

SEA-RJ, Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio de Janeiro. 2015. Comissão Estadual de Controle Ambiental - CECA; Deliberação N° 1078 de 25 de junho de 1987. *Portal da SEA-RJ*. [Online] 2015. www.rj.gov.br/web/sea.

SEE, Secretária de Energia e Mineração do Estado de São Paulo. 2014. Anuário da Indústria do Petróleo e Gás Natural de São Paulo (2013). São Paulo - SP : s.n., 2014.

SEE, Secretaria de Energia e Mineração do Estado de São Paulo. 2014. Anuário Estatístico de Energéticos por Município no Estado de São Paulo (2013). São Paulo - SP : s.n., 2014.

—. **2012.** Atlas Eólico do Estado de São Paulo. [Online] 2012. <http://www.energia.sp.gov.br/portal.php/atlas-eolico>.

—. **2013.** Balanço Energético do Estado de São Paulo (2013) Ano Base (2012) . São Paulo - SP : s.n., 2013.

—. **2014.** Boletim Informativo (Novembro 2014). *Série Informações Energéticas, 001*. [Online] 2014. <http://www.energia.sp.gov.br>.

—. **2012.** Plano Paulista de Energia PPE 2020. São Paulo - SP : s.n., 2012.

—. **2013.** Potencial Hidroeletrico Remanescente do Estado de São Paulo. *Estudo Preliminar* . São Paulo - SP : s.n., 2013.

—. **2013.** Relatório de Mineração no Litoral Norte Paulista . São Paulo - SP : s.n., 2013.

—. **2015.** Resumo Executivo Energia Elétrica. *Série Informações Energéticas, 004*. São Paulo - SP : s.n., 2015. Vol. V.02 2º bim/2015.

SEED, Energia e Mudança do Clima Global. 2010. Captura e Armazenamento de Dióxido de Carbono. *Schlumberger*. [Online] 2010. <http://www.seed.slb.com/subcontent.aspx?id=4148&LangType=1046>.

Seixas, Júlia, et al. 2015. Captura e Sequestro de CO2 em Portugal. [Online] 2015. <https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/189763/co2-capture-storage-portugal-bridge-low-carbon-economy-portuguese.PDF>.

Silva, Barnabé Junior da. 2012. Avaliação da Atratividade de Negócios em Geração Distribuída e Economia de Energia Elétrica. *Dissertação apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Engenharia*. São Paulo - SP : s.n., 2012.

Silva, Philipp Edson Dias da e Innocentini, Valdir. 2011. Climatologia da Energia de Ondas para o Atlântico Sul entre os anos de 1960 a 2000. [Online] 2011. <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.11.11.59/doc/Silva;%20Innocentini-%20Climatologia%20da%20Energia%20de%20Ondas.PDF?metadatarapos>.

Silva, Rutelly Marques da. 2015. Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios. . *Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado Federal*. [Online] 2015. www.senado.leg.br/estudos.

SINDA, Sistema Integrado de Dados Ambientais. 2015. Sistema Integrado de Dados Ambientais - SINDA. *SINDA - INPE*. [Online] 2015. <http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/SITE/novo/site/index.php>.

SMA, Secretaria do Meio Ambiente. 3ª edição, 2012. *As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo*. São Paulo - SP : s.n., 3ª edição, 2012.

SMA, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2014. Relatório de Qualidade Ambiental - 2014. *Meio Ambiente Paulista*. São Paulo - SP : s.n., 2014.

—. **2009.** Resolução SMA-079 de 04 de novembro de 2009. *Estabelece diretrizes e condições para a operação e o licenciamento da atividade de tratamento térmico de resíduos sólidos em Usinas de Recuperação de Energia – URE*. São Paulo - SP : s.n., 2009.

SMA, Secretaria do Meio Ambiente e CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2014. Emissões no setor de energia/subsetor de transportes (1990 A 2008) . *1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo*. São Paulo - SP : s.n., 2014.

—. **2015.** Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo (2014). *Relatório Qualidade das águas*. São Paulo : s.n., 2015.

Soares, Fillipe Henrique Neves, Udaeta, Miguel Edgar Morales e Biague, Mário Fernandez. 2006. Avaliação do potencial realizável para pequenos aproveitamentos hidroenergéticos na Região de Araçatuba no contexto do planejamento integrado de recursos. [Online] 2006. www.seeds.usp.br/portal/uploads/Avaliacao_Soares_Udaeta.pdf.

Souza, André Delgado de. 2010. Avaliação da Energia Eólica para o Desenvolvimento Sustentável diante das Mudanças Climáticas no Nordeste do Brasil . *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da UFPE, para a Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos*. . Recife - PE : s.n., 2010.

Souza, Roní de Azevedo e. 2011. Escolha de tecnologia de Conversão da Energia das Ondas em Energia Elétrica. *Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande - UFRGS, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Oceânica*. Rio Grande - RS : s.n., 2011.

Stano Júnior, Ângelo, Bitencourt, Valdinéia Aparecida e Tiago Filho, Geraldo Lúcio. 2007. Hidráulica. *Série Energias Renováveis (Ministério de Minas e Energia - MME)*. Itajubá - MG : s.n., 2007. Vol. 1ª Edição.

Teixeira, Fábio Emanuel Rosa. 2012. O Papel da Geração Hídrica Reversível na Integração da Energia Eólica em Ambiente de Mercado . *Dissertação de Mestrado apresentado ao*

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica – ramo de Energia. Lisboa - Portugal : s.n., 2012.

Terciate, Ricardo. 2002. A Energia Eólica e o Meio Ambiente. *UNICAMP – Faculdade de Engenharia Mecânica – Departamento de Energia.* [Online] 2002. <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/002.pdf>.

Tiago Filho, Geraldo Lucio. 2015. Energia Hidráulica. *Entrevista.* Itajuba - MG, 2015.

Transpetro, Petrobras Transporte S.A. 2013. Informações Portuárias - Terminal São Sebastião - 4ª Edição. [Online] 2013. http://www.transpetro.com.br/pt_br/areas-de-negocios/terminais-e-oleodutos/informacoes-portuarias.html.

Tzannatos, Ernestos. 2010. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece, *Atmospheric Environment*, (IF: 3.110), 44:3, 400-407. *Atmospheric Environment*, (IF: 3.110), 44:3, 400-407. Piraeus - Grécia : s.n., 2010.

Udaeta, Miguel Edgar Morales. 2012. Novos Instrumentos de Planejamento Energético e o Desenvolvimento Sustentável – Planejamento Integrado de Recursos Energéticos na USP. *Tese de Livre-Docência apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Livre-Docente.* São Paulo - SP : s.n., 2012.

—. 1997. Planejamento Integrado de Recursos Energéticos - PIR, para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável). *Tese apresentada à Escola Politécnica da USP, para Obtenção do Título de Doutor em Engenharia.* São Paulo - SP : s.n., 1997.

Udaeta, Miguel Edgar Morales, et al. 1999. Avaliação Completa dos Recursos para Produção de Termofosfato: uma Aplicação do PIR. *GEPEA-USP, Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.* São Paulo - SP : s.n., 1999.

Udaeta, Miguel Edgar Morales, et al. 2003. Estado da Arte e Síntese dos Trabalhos Realizados no GEPEA acerca do PIR na Fase II. *Relatório Técnico-Científico.* São Paulo - SP : s.n., 2003.

UE, União Europeia. 2000. Directiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 4 de Dezembro de 2000. [Online] 2000. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=URISERV%3A128072>.

Viana, Trajano de Souza, et al. 2010. Potencial de Geração Fotovoltaica com Concentração no Brasil . *III Congresso Brasileiro de Energia Solar .* Belém - PA : s.n., 2010.

Wanderley, Augusto César Fialho. 2013. Perspectivas de Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Geração de Energia Elétrica no Rio Grande do Norte. *Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Computação da UFRN para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.* 2013.

Weissberg, David. 2009. Novos Padrões de Ocupação Urbana em Zonas Turísticas Estudo dos Condomínios Horizontais na Cidade de Garagatutuba – Litoral Norte de São Paulo. *Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de*

Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, para Obtenção do Título de Mestre em Planejamento Urbano. São Jose dos Campos - SP : s.n., 2009.

Wolff, Wagner. 2013. Avaliação e Nova Proposta de Regionalização Hidrológica para o Estado de São Paulo. *Dissertação Apresentada ao Programa de Pós-Graduação da ESALQ/USP, para Obtenção do Título de Mestre em Ciência em Engenharia de Sistemas Agrícolas.* Piracicaba - SP : s.n., 2013.

Zuculin, Sérgio, Pinto, Mirian Adelaide R. R. C. e Barbosa, Paulo S. F. 2014. A Retomada do Conceito de Usinas Hidrelétricas Reversíveis no Setor Elétrico Brasileiro. [Online] 2014. <http://www.eln.gov.br/opencms/opencms/seminarioTecnico/artigos.html>.

ANEXO A: Planilhas da Valoração dos Recursos Energéticos para o Ranqueamento Padrão.

Dimensão Técnico Econômica	Valoração					
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)	Sistema de Aquecimento Solar
Confiabilidade						
Fator de Capacidade	0	0,25	0,65	0,14	1	0,78
Disponibilidade	1	0	0	0	0	1
Potencial Energético						
Potência Instalada	0,29	0,12	0	1	0,07	0,01
Volume de Energia	0,12	0,12	0,01	1	0,27	0
Custo de Geração						
Custo de Implantação	0,59	0,17	0,03	1	0,48	0
TIR	0	0	0,37	0,62	0,65	1
Custo de O&M	0,02	0	0,91	1	0,92	0,41
VPL	0	0	0,01	1	0,22	0,28
Vida Útil	0,33	0,33	0,33	1	0,17	0
Domínio Tecnológico						
Tecnologia e Equipamentos	0	0,63	0,88	0,75	0,61	1
Projeto e Logística	1	0	1	1	0	1
Tempo de Implantação	1	0,44	0	0	0,22	0,22
Facilidade Técnica						
Distância ao Consumo	1	0	0,5	0,5	0,5	1
Mão de Obra Qualificada	1	0,57	0	0	0,71	1
Total	0,45	0,19	0,33	0,64	0,42	0,55

Dimensão Ambiental	Valoração					
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)	Sistema de Aquecedor Solar
Atributo Impacto Meio Terrestre						
Dejetos Sólidos	0	0	0,10	0,77	1	0
Dejetos Líquidos	1	1	1	1	1	1
Ocupação do Solo	1	1	0	0,5	0,4	1
Atributo Impacto Meio Aquático						
Demanda de água	1	1	0	0,89	0,996	0,99
Atributo Impacto Meio Aquático (Qualidade da Água)						
DBO	1	1	1	1	1	1
DQO	1	1	1	1	1	1
Poluentes no meio aquático	1	1	1	1	1	1
Alteração do pH	1	1	1	1	1	1
Alteração da Temperatura	1	1	1	1	1	1
Atributo Impacto Meio Aéreo						
Gases de Efeito Estufa	1	1	1	1	0	1
Emissões Evitadas de GEE	0,10	0,10	0,01	0,89	1	0
Atributo Impacto Meio Aéreo (Poluentes Atmosféricos)						
Emissão de NOx	1	1	1	1	0	1
Emissão de SO ₂	1	1	1	1	0	1
Emissão de CO	1	1	1	1	0	1
Emissão de MP	1	1	1	1	0	1
Total	0,87	0,87	0,74	0,94	0,63	0,87

Dimensão Social	Valoração					
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTH (GN e RSU)	Sistema de Aquecimento Solar
Geração de Empregos						
Empregos (O&M)	1	0,67	0	0	0,33	1
Potencial de Empregos para População Local	0,40	0	0,08	1,00	0,20	0,40
Potencial de Contribuição para Econômica e Infraestrutura	0,45	0	0,06	1	0,15	0,20
Potencial de Contribuição para Desenvolvimento Humano	0,45	0,00	0,06	1	0,15	0,19
Interferência na infraestrutura	0,67	0,89	1	0	0,91	0,88
Percepção de Conforto						
Poluição Sonora	1	0,25	0,5	0,5	0	1
Poluição Visual	0,5	0,5	0,75	0,75	1	0,5
Poluição Térmica	1	1	1	1	0	0
Poluição Olfativa	1	1	1	1	0	1
Desequilíbrio Ambiental						
Riscos Incrementais à Saúde Humana	1	1	1	1	0,5	1
Impactos à Agropecuária e à Pesca	1	1	1	1	1	1
Impacto devido ao Espaço Ocupado	1	0,5	0,75	0,5	0,75	1
Total	0,79	0,57	0,60	0,73	0,42	0,68

Dimensão Política	Valoração					
	SFCR	WindFloat	PCH	UHR	UTE (GN e RSU)	Sistema de Aquecimento Solar
Aceitação ao Recurso (En-In)						
Sociedade Civil Associações em Geral	1	0,75	0,5	0,5	0,25	1
Governos Federal – Estadual – Municipal	0,75	1	0,75	0,5	1	0,5
Geradores Distribuidores	0,25	0,5	0,5	1	1	0,25
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	1	1	0,75	0,75	0,25	0,25
Grau de Motivação dos Agentes En-In						
Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	1	1	0,5	0,5	0,25	1
Governos Federal – Estadual – Municipal	1	1	0,75	0,5	1	1
Geradores Distribuidores	0,25	0,5	0,5	0,75	1	0,25
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,5	0,5	0,75	0,75	1	0,5
Grau de Conjunção e Encontros dos Agentes En-In						
Sociedade Civil ONGs Associações em Geral	0,75	0,75	0,25	0,25	0,25	0,75
Governos Federal – Estadual – Municipal	1	1	1	1	1	1
Geradores Distribuidores	0,5	0,5	1	1	1	0,5
Grandes Consumidores de Energia Elétrica	0,5	0,5	1	1	1	0,5
Posse e Propriedade dos Recursos Energéticos						
Posse da Fonte	1	1	1	1	0,5	1
Posse da Tecnologia	0,5	0,5	1	1	0,5	1
Propriedade da Fonte	1	1	0,75	0,75	0,5	1
Propriedade da Tecnologia	0,25	0,5	1	1	0,5	1
Total	0,69	0,73	0,79	0,79	0,71	0,79