OSCAR TADASHI KINTO

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

2012

OSCAR TADASHI KINTO

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

Área de Concentração:
Sistema de Potência

Orientador:
Prof.Dr. Miguel Edgar Morales Udaeta

São Paulo
2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de novembro de 2012.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Kinto, Oscar Tadashi
Metodologia para o PIR em ambiente corporativo para o recurso energético da gaseificação de biomassa / O.T. Kinto. – ed.rev. -- São Paulo, 2012.
156 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1. Indústria de celulose e papel 2. Gaseificação 3. Biomassa 4. Planejamento integrado de recursos 5. Recursos do lado da oferta I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II. t.

Dedico este trabalho aos meus pais, Kazuo Kinto e Yasuko Kinto, que me apoiaram durante todo o período acadêmico e não pouparam esforços para investir em minha educação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Miguel Udaeta pelo constante estímulo e pela orientação, opoiando-me e incentivando-me durante todo o trabalho.

A todos da equipe do PIR, em especial a Flávio Minoru, Pascoal Rigolin e Ricardo Baitelo, por compartilharem seus conhecimentos durante a etapa de estudos e pesquisas.

Aos meus amigos Eduardo Oshiro, Jaime Kikuchi, Jorge Luiz e Marcílio Pires, que me contribuíram com informações para a realização deste trabalho.

Ao meu irmão Eduardo Akira Kinto, que me apoiou para a conclusão deste trabalho, e a toda minha família.

Agradeço aos meus colegas de trabalho que me incentivaram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é aplicar a metodologia do Planejamento Integrado de Recursos energéticos (PIR) dentro do ambiente corporativo. Para estudo de caso foi escolhida uma indústria de papel e celulose, por se tratar de uma das indústrias de maior consumo energético, e a região onde ela está instalada, o município de Suzano. Inicialmente, procurou-se descrever o processo produtivo em uma indústria de papel e celulose. Para este trabalho foi analisado somente os recursos do lado da oferta. Além dos recursos tradicionais, que são a caldeira de biomassa, a caldeira de gás natural/óleo combustível e as caldeiras de recuperação, foi incluída uma nova tecnologia, a gaseificação de biomassa. Foram descritas as tecnologias de gaseificação disponíveis e mostrado o seu estado da arte. Dentro dessas tecnologias, há uma aplicação que busca substituir as tecnologias atuais de caldeira de recuperação, a gaseificação de licor negro.

Palavras-chave: Planejamento Integrado de Recursos, indústria de papel e celulose, gaseificação de biomassa, Recursos do Lado da Oferta.

ABSTRACT

The purpose of this study was to apply the Integrated Resources Planning for Energy (IRP) methodology within corporate environment. A study of case of pulp and mill industry was chosen, because it is one of largest energy consumption industries, and the region that was studied was Suzano. Inicially we described the industrial process of pulp and mill factory. This study we will analyze only the features of Supply Side Resources. In addition to the traditional power supplies which are biomass boiler, natural gas/fuel oil boiler and recovery boiler, we include a new technology, biomass gasification. We described the technologies available for gasification and show the state of art of this technology. Within these technologies, we have an special application the seeks to replace currently technology of recovery boiler, Black Licor Gasification.

Keywords: Integrated Resource Planning, pulp and mill factory, biomass gasification, Supply Side Resource.

LISTRA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo 32
Figura 2 – Distribuição de vapor e energia 33
Figura 3 - Distribuição de vapor para o processo 34
Figura 4 – Diagrama esquemático do PIR 36
Figura 5 – Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera 41
Figura 6 – Estimativa da frota de veículos da RMPS (região metropolitana de SP) em 2010 43
Figura 7 – Estimativas de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP 44
Figura 8 – Classificação de saturação e graduação de severidade para os municípios da UGRHI 6 46
Figura 9– Mapa SPI de 12 meses 48
Figura 10– Velocidade média trimestral a 50 m de altura 50
Figura 11– Direções predominantes 51
Figura 12– Carta geológica do município de Suzano 53
Figura 13 – Mapa da UGRHI 6 – Índice de qualidade de aterro resíduos 56
Figura 14 – Vegetação remanescente 57
Figura 15 – Bacia do Alto Tietê 60
Figura 16 – Rede de monitoramento da rede básica UGRHI 6 e 7 61
Figura 17 – Perfil do IQA ao longo do rio Tietê em 2011 62
Figura 18 – Rede de monitoramento e seus aquíferos 63
Figura 19 – Mapa de qualidade das águas superficiais em Suzano 64
Figura 20 – Situação das águas subterrâneas 65
Figura 21 – Divisão de distritos do município de Suzano segundo Censo de 2000 68
Figura 22 – Evolução da população de 1970 a 2010 69
Figura 23 – Distribuição da população por sexo, município de Suzano, na parte superior, e estado de São Paulo, na parte inferior. 70
Figura 24 – Distribuição da população entre rural e urbano 71
Figura 25 – Região metropolitana de São Paulo e o município de Suzano 72
Figura 26 – Matriz energética do setor em 2009 73
Figura 27 – Automóvel movido a biomassa 76
Figura 28 – Composição do gás combustível 78
Figura 29 – Faixa de aplicação para diferentes tipos de gaseificadores de biomassa 79
Figura 30 – Gaseificador fluxo ascendente 80
Figura 31 – Gaseificador leito descendente 81
Figura 32 – Gaseificador leito fluidizado 82
Figura 33 – Gaseificador leito de arraste 84

Figura 34 – Esquema simplificado do processo Kraft usado em um processo tradicional Fonte: [1] 2003 86
Figura 35 – Esquema de um BLGCC 87
Figura 36 – Custos específicos de eletricidade 87
Figura 37 – Caldeira de recuperação 93
Figura 38 – Caldeira de biomassa 94
Figura 39 – Caldeira de tradicional (óleo/gás) 96
Figura 40 – Usinas Amador Aguiar I (superior) e Amador Aguiar II (inferior) 97
Figura 41 – Processo de geração e distribuição de energia elétrica 98
Figura 42 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão técnico-econômica 100
Figura 43 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão política 105
Figura 44 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão social 108
Figura 45 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão ambiental 112
Figura 46 – Índice geral de qualidade do ar 124
Figura 47 – Emissões e remoções de GEE do estado de São Paulo 126
Figura 48 – Características da UGRHI 128
Figura 49 – Índice IQA 129
Figura 50 – Índice IAP 129
Figura 51 – Índice IVA 130
Figura 52 – Balanço hídrico por UGRHI 131
Figura 53 – Expectativa de crescimento de demanda de celulose 136
Figura 54 – Perspectiva de crescimento por produto 137
Figura 55 – Gráfico de consumo de energia na unidade de Suzano e suas projeções 138
Figura 56 – Gráfico dos recursos da oferta para atendimento do incremento de demanda energética (GWh) 142

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção por Origem em GWh 26
Tabela 2 – Empreendimentos utilizando os combustíveis de classe biomassa 27
Tabela 3 – Desempenho do setor de papel e celulose (em mil toneladas) no Brasil 27
Tabela 4 – Matriz energética da Indústria Papel e Celulose (%) 28
Tabela 5 – Emissões potenciais de CO_2 provenientes da queima de combustível e da produção por tipologia industrial 42
Tabela 6 – Estimativas de emissão (ton/ano) das fontes de poluição do ar em Suzano 45
Tabela 7 – Emissão de GEE no setor de papel e celulose 47
Tabela 8 – Relação entre SPI e a categoria de seca 48
Tabela 9 – Áreas contaminadas no município de Suzano 55
Tabela 10 – Carga Orgânica Doméstica 55
Tabela 11 – Disposição final de resíduos sólidos domésticos 56
Tabela 12 – Vegetação remanescente 58
Tabela 13 – Consumo de energia direta e indireta (GJ) no setor de papel e celulose 74
Tabela 14 – Emissões totais 88
Tabela 15 – TIR e VPL de caldeira da recuperação e gaseificadores de licor negro 101
Tabela 16 – Custo de instalação 101
Tabela 17 – Custo de O&M 101
Tabela 18 – Emissões atmosféricas típicas de caldeiras de recuperação 114
Tabela 19 – Emissões de poluentes, caldeiras de recuperação e gaseificadores 115
Tabela 20 – Resultado ranqueamento determinístico 119
Tabela 21 – Resultado ranqueamento 119
Tabela 22 – Ranqueamento final 119
Tabela 23 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Território e População 121
Tabela 24 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Condições de vida 121
Tabela 25 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Economia 121
Tabela 26 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Educação 121
Tabela 27 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Habitação e Infraestrutura 122
Tabela 28 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Empregos e Rendimentos 122
Tabela 29 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Saúde 122
Tabela 30 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Meio Ambiente e Política Urbana 122
Tabela 31 – Padrões nacionais de qualidade do ar 123
Tabela 32 – Fumaça (FMC) 125
Tabela 33 – SO2 125
Tabela 34 – Emissões de poluentes 125

Tabela 35 – Emissões da indústria de papel e celulose de São Paulo 127
Tabela 36 – Dados de saneamento básico do município de Suzano 129
Tabela 37 – Pontos de medição do município de Suzano 129
Tabela 38 – Consumo de água do rio Tietê 130
Tabela 39 – Efeito do consumo de água na vazão do rio 130
Tabela 40 – Carga orgânica poluidora – Doméstica 131
Tabela 41 – Indicador de potabilidade das águas subterrâneas 132
Tabela 42– Área de vegetação nativa por UGRHI em 2005 e 2008/2009 132
Tabela 43 – Área de mata ciliar declarada no estado de São Paulo por UGRHI até 2010 133
Tabela 44 – Número de áreas contaminadas cadastradas no estado de São Paulo 133
Tabela 45 – Número de áreas contaminadas cadastradas no estado de São Paulo e por tipo de atividade em 2009 133
Tabela 46 – Índice de reabilitação e classificação das áreas contaminadas em 2009 134
Tabela 47 – Distribuição dos acidentes relacionados a desastres naturais por tipo e consequência em 2010 134
Tabela 48 – Consumo de energia elétrica 139
Tabela 49 – Recursos de oferta x Incremento da demanda (MWh) 140
Tabela 50 – Recursos da oferta x Incremento da demanda (MWh) 143
Tabela 51 – Tabela preferencial de recursos 143
Tabela 52 – Planilha dos RELOs (Detemin ística) 153
Tabela 53 – Planilha dos RELOs (Detemin ística) 154
Tabela 54 – Planilha RELOs (Holística) 155
Tabela 55 – Planilha RELOs (Holística) 156

LISTA DE ABREVIAÇÕES

BIG-GTCC	Biomass Integrated Gasifier-Gas Turbine Combined Cycle
BLGCC	Back Liquor Gasification Combined Cycle
CCBE	Consórcio Capim Branco Energia
CEDEC	Centro de Estudos de Cultura Contemporânea
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPLA	Coordenadoria de Planejamento Ambiental
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (5 dias)
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
ECF	Elemental Chlorine Free
EPUSP	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
ETA	Estações de Tratamento de Água
ETE	Estações de Tratamento de Efluentes
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de Efeito Estufa
GEPEA	Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
IAP	Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IGCC	Integrated Gasifier Systems/Combined Cycle
IPAS	Indicador de Portabilidade das Águas Subterrâneas
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IQC	Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem
IQR	Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos
IVA	Índice de Qualidade das Águas para Proteção da Vida Aquática e de Comunidades Aquáticas
LWC	Light Weight Coated Paper (Papel fabricado com alta porcentagem de celulose)
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MP_{10}	Material Particulado inalável
PAE	Projeto Ambiental Estratégico
PEMC	Política Estadual de Mudanças Climáticas de São Paulo
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PET	Planejamento Energético Tradicional
PIB	Produto Interno Bruto
PIR	Planejamento Integrado dos Recursos energéticos
PROCLIMA	Programa de Monitoramento Climático em Tempo Real da Região

	Nordeste
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RELO	Recursos Energéticos do Lado da Oferta
RMPS	Região Metropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEADE	Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SPI	Standardized Precipitation Index
SPP-Nemo	Suzano Papel e Celulose S/A.
TAC	Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta
TIR	Taxa Interna de Retorno
TRS	Total reduced sulphur (Enxofre reduzido total)
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
USP	Universidade de São Paulo
WRI	World Resources Institute
WBCSD GHG	World Business Council for Sustainable Development Greenhouse Gas Protocol

LISTA DE SÍMBOLOS

Gg	Gigagrama (x10^9 grama)
GJ	Gigajoule (x10^9 Joule)
GWh	Gigawatt por hora (x10^9 Watts)
ha	Hectare
kg/dia	Quilograma por dia
kg/ADT	Quilograma por tonelada seca ao ar (Air Dry tonne)
kg/tsa	Quilograma por tonelada seca ao ar
km^2	Quilômetro quadrado
kV	Quilovolt
kVA	Quilovolt Ampère
kW	Quilowatt
lb/MWh	Libras por Megawatt hora
m^2	Metro quadrado
m^3	Metros cúbicos
m^3/h	Metros cúbicos por hora
m^3/s	Metros cúbicos por segundo
mg/MJ	Miligrama por Megajoule
mg/Nm^3	Miligrama por Normal metro cúbico
Mt	Megatonelada (x10^6 tonelada)
MW	Megawatt
MWe	Megawatt elétrico
MWh	Megawatt hora

MWth	Megawatt térmico
odt /dia	Oven dried ton (tonelada absolutamente seca) por dia
t/h	Tonelada por hora
t/MWh	Tonelada por Megawatt hora
tsa	Tonelada seca ao ar
ug/cm^3	Micrograma por centímetro cúbico
W	Watt

SUMÁRIO

RESUMO 7

ABSTRACT 8

LISTRA DE ILUSTRAÇÕES 9

LISTA DE TABELAS 11

LISTA DE ABREVIAÇÕES 13

LISTA DE SÍMBOLOS 16

SUMÁRIO 18

1. Introdução 22

1.1 Objetivos 23

1.2 Justificativa 24

1.3 Estruturação da dissertação 25

2. Caracterização de uma indústria de papel e celulose 26

2.1 Processo de produção da celulose 28

2.1.1 Plantio, colheita e preparação da madeira 28

2.1.2 Cozimento, lavagem e depuração 29

2.1.3 Branqueamento 30

2.1.4 Recuperação 30

2.2 Necessidade de vapor e energia elétrica 32

3. Planejamento Integrado de Recursos 35

4. Informações prévias 37

4.1 Inventário ambiental 37

4.1.1 Inventário Nacional de Emissão de GEE 37

4.1.2 Relatórios CETESB 38

4.1.3 Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo 38
4.1.4 Relatórios de Sustentabilidade 39
4.2 Inventário do Meio Aéreo 40
4.2.1 Emissões do setor industrial 41
4.2.2 Regime de Chuvas 47
4.2.3 Regime de ventos 49
4.2.4 Regime de temperaturas 51
4.3 Inventário do meio terrestre 51
4.3.1 Geomorfologia e geologia 52
4.3.2 Recursos minerais 53
4.3.3 Contaminação do solo 54
4.3.4 Gestão de resíduos sólidos urbanos 55
4.3.5 Erosão 57
4.3.6 Vegetação remanescente 57
4.4 Inventário do meio aquático 58
4.4.1 Águas superficiais – qualidade 60
4.4.2 Águas subterrâneas – qualidade 62
4.5 Inventário do meio antrópico 65
4.5.1 Histórico da região (falta referencia) 65
4.5.2 Aspectos demográficos 67
4.5.3 Aspectos econômicos 71
5. Listagem e seleção dos recursos 73
5.1 Gaseificação de biomassa 74
5.1.1 Histórico 75
5.1.2 Aspectos termodinâmicos e químicos da gaseificação 77
5.1.3 Gaseificação em leito fixo 79

5.1.4 Gaseificação de leito fluidizado (Circulating fluidesed bed-CFB) 82
5.1.5 Gaseificação de leito de arraste (Entrained Flow) 83
5.1.6 Gaseificação do licor negro 84
5.1.7 Situação atual da gaseificação no mundo 88
5.2 Caldeira de recuperação 92
5.3 Caldeira de biomassa 93
5.4 Caldeira a Óleo/Gás Natural 94
5.5 Hidrelétrica 96
6. Cômputo e Valoração do Potencial Completo (CVPC) 99
6.1 Dimensão técnico-econômica 99
6.1.1 Custo de geração 100
6.1.2 Domínio tecnológico 102
6.1.3 Facilidade técnica 103
6.1.4 Confiabilidade 103
6.1.5 Potencial energético 104
6.2 Dimensão política 104
6.2.1 Apoio político 105
6.2.2 Posse de fonte energética e integração transfronteiriça 106
6.2.3 Envolvidos e Interessados (En-In) 107
6.3 Dimensão social 107
6.3.1 Quantidade de empregos 109
6.3.2 Impactos de desequilíbrio ambiental no meio social 109
6.3.3 Impacto humano decorrente da ocupação espacial de projetos 110
6.3.4 Influência no desenvolvimento local 111
6.3.5 Alteração de percepção de conforto 111
6.4 Dimensão ambiental 112

6.4.1 Poluição atmosférica 113
6.4.2 Gases de efeito estufa 114
6.4.3 Ocupação do solo 115
6.4.4 Poluição e degradação do solo 116
6.4.5 Consumo de recursos hídricos 116
6.4.6 Qualidade da água 117
7. Ranqueamento 118
8. Mapeamento regional 120
8.1 Caracterização do meio antrópico 120
8.2 Caracterização do meio aéreo 123
8.3 Caracterização do meio aquático 128
8.4 Caracterização do meio terrestre 132
9. Previsão de demanda e cenário 135
9.1 Cenário tendencial 136
10. Plano Preferencial Integrado dos Recursos Energéticos 140
10.1 Atendimento da demanda 140
10.2 Indicadores de restrição (vigilantes) 140
10.3 Integração dos Recursos Energéticos 141
10.4 Plano preferencial 143
11. Conclusão 144
12. Referências Bibliográficas 145
13. Apêndices 152

1. Introdução

Vivemos em um mundo onde o cuidado com o meio ambiente se torna cada vez mais importante. Ao mesmo tempo estamos vivenciando o forte crescimento econômico de países subdesenvolvidos que necessitam de recursos para sustentar esse crescimento. Um dos elementos indispensáveis para isso é a energia elétrica, vital para o dia a dia e para o desenvolvimento da sociedade moderna. Dependemos da energia para locomoção, utilização de equipamentos domésticos, produção industrial, entre outros usos. Essa dependência da sociedade moderna, associada à limitação dos recursos potenciais para geração, levou os profissionais e a comunidade científica a pensarem em como solucionar os problemas que poderão se apresentar no futuro em relação à falta de recursos energéticos. Desde então, começou-se a pensar em Planejamento Energético. Os modelos iniciais foram elaborados há algumas décadas, mas mostraram que ainda não respondem por completo às questões e aos desafios colocados perante a indústria energética.

Exemplos recentes no Brasil mostram como a falta de planejamento adequado pode impactar no crescimento de um país. Um dos setores que sofreu grande impacto foi o industrial. O crescimento econômico do país aumentava a cada ano, mas, em um determinado momento, a indústria deparou-se com uma estrutura de captação de energia que não comportava suas necessidades. O resultado foi a desaceleração do crescimento industrial. Sendo assim, o uso de ferramentas mais eficientes, que possam prever o processo de evolução da indústria energética e da demanda crescente em todos os países, tornou-se necessário. Associados a essa necessidade crescente por energia, problemas relacionados ao meio ambiente trazem reflexos negativos à sociedade, como o aumento de problemas de saúde pública.

Outro problema é a crescente escassez dos recursos energéticos, além das novas limitações legais para a utilização de alguns recursos devido ao seu grau de poluição. O Planejamento Integrado dos Recursos energéticos (PIR) surgiu neste contexto e se originou do aprimoramento de modelos existentes, como o Planejamento Energético Tradicional (PET). O PIR procura atender os anseios de um desenvolvimento sustentável observando os impactos nas quatro dimensões que formam seus pilares: ambiental, social, político e técnico-econômico; todas elas são consideradas de igual relevância para o planejamento energético[6].

Diversos trabalhos sobre o PIR foram desenvolvidos no GEPEA/EPUSP e serviram de embasamento teórico para as discussões e proposições aqui realizadas(trabalhos estes que estão citadas na bibliografia). Este trabalho procura utilizar os conceitos do PIR em um ambiente corporativo, numa visão diferente em comparação aos trabalhos desenvolvidos anteriormente que aplicam o PIR como parte de uma politica pública de desenvolvimento sustentável .

Os planejamentos tradicionais não consideram as quatro dimensões com a mesma relevância, e em alguns casos uma ou mais dimensões não são consideradas. Nas indústrias principalmente um dos fatores principais são as econômicas. Neste trabalho iremos observar como seria o resultado se as quatro dimensões tivessem o mesmo peso.

1.1 Objetivos

O objetivo desta dissertação é aplicar os conceitos do PIR no meio corporativo. Como exemplo, o PIR será aplicado em uma indústria de papel e celulose, sobre a óptica dos Recursos Energéticos do Lado da Oferta (RELOs). As indústrias de papel

e celulose correspondem a um segmento industrial com maior consumo de energia. Também é interessante o fato de que a principal matéria-prima é a madeira de eucalipto, um recurso renovável.

É também objetivo desta dissertação mostrar os conceitos de gaseificação de biomassa, seu estado da arte e potencial de uso numa indústria de papel e celulose.

1.2 Justificativa

O Planejamento Integrado dos Recursos energéticos (PIR) é uma ferramenta para tomada de decisão e tem uma estrutura metodológica de forma a conciliar o máximo de variáveis e parâmetros envolvidos em uma análise sistêmica, holística e racional dos recursos energéticos, trabalhando as diversas linhas de conhecimento de modo a contemplar diferentes enfoques e entendimentos para integração dos recursos e satisfação de demanda futura.

Tradicionalmente, o planejamento da indústria privada não trata dessas quatro dimensões de forma equilibrada, e, quando tratam, são atribuídos a elas pesos diferenciados. É motivação desta dissertação mostrar o resultado da aplicação da metodologia do PIR em uma indústria.

As mudanças climáticas são uma preocupação de dimensão global que levou as Nações Unidas à criação do Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, em que os países signatários se comprometeriam a estabilizar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) de maneira a mitigar a interferência antrópica no clima. Após a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) pelo Protocolo de Kyoto, o tema também começou a ser discutido nas empresas. Neste contexto, o presente trabalho tem o intuito de mostrar um novo recurso (gaseificação de biomassa),

alternativo às tecnologias tradicionais, para geração de energia elétrica.

1.3 Estruturação da dissertação

O trabalho foi dividido em 13 capítulos.

O primeiro capítulo explicita os objetivos desta dissertação de mestrado. O segundo capítulo apresenta uma caracterização da indústria de papel e celulose. Do capítulo três ao dez, é apresentada o desenvolvimento do trabalho baseado no PIRnaUSP visando a integração dos recursos energéticos para o desenvolvimento sustentável baseado em vários trabalhos já produzidos pelo GEPEA/EPUSP. Dentro do capítulo cinco, temos uma descrição da gaseificação de biomassa, bem como sua situação atual.

Ao capítulo 11 foi reservada a conclusão deste trabalho, e no capítulo 12, a biografia utilizada para a sua realização.

2. Caracterização de uma indústria de papel e celulose

A maior parte da energia elétrica produzida no Brasil (mais de 90% [9]) é proveniente de usinas hidroelétricas que estão sujeitas à sazonalidade hídrica, dependendo das condições climáticas. O racionamento ocorrido em 2001 mostrou como nosso sistema era frágil. Uma forma de diminuir essa fragilidade seria um sistema em que haja geração por outras fontes que o tornaria menos frágil. Dentro desse contexto, embora a geração por biomassa represente 0,07% (em 2009 [9]), ela apresentou um crescimento em torno de 1.200% entre 2006 e 2009, conforme pode ser verificada na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 – Produção por Origem em GWh

Origem	2005	2006	2007	2008	2009	Var %(06/09)
Hidrelétrica	370.305,40	382.247,60	405.953,90	397.701,53	414.542,72	8.45
Óleo Diesel	-	-	72,7	678,98	11,95	-
Óleo Comb.	379,80	242,30	199,80	1.640,09	387,01	59,72
Gás Natural	13.897,80	13.175,90	10.622,50	24.640,13	8.567,18	-34,98
Carvão	6.107,30	6.686,70	6.198,60	6.269,38	5.193,36	-22,33
Eólicas		237,70	559,00	556,81	711,54	199,34
Biomassa		24,20	49,00	178,14	331,67	1.270,54
Nuclear	9.855,50	13.754,10	12.349,90	13.976,20	12.956,98	-5,80
Outros	-	-	1.522,10	3.161,31	1.736,10	-
Total	400.545,80	416.368,50	437.527,50	448.802,57	444.438,52	6,74
Emergencial	398,7	18,3	-	-	-	
Total Geral	400.944,50	416.386,80	437.527,50	448.802,57	444.438,52	7,79

Fonte: [9] [2011]

Entre os empreendimentos que utilizam biomassa, a geração por licor negro (ou lixívia, que é um subproduto dentro do processo de produção de celulose) corresponde à segunda posição em importância [10] conforme podemos verificar na tabela 2.

Tabela 2 – Empreendimentos utilizando os combustíveis de classe biomassa

Combustível	Quantidade	Potência (kW)	%
Licor Negro	14	1.228.898	15,67
Resíduos de Madeira	36	302.627	3,86
Capim Elefante	1	1,7	0,02
Biogás	12	68.442	0,87
Bagaço de Cana de Açucar	318	6.197.436	79
Óleo de Palmiste	1	1,64	0,02
Carvão Vegetal	3,00	25,20	0,32
Casca de Arroz	6	18.908	0,24
Total	391	7.844.851	100

Fonte: [10] [2011/2012]

As indústrias de papel e celulose fazem parte de um segmento industrial crescente no Brasil. A principal matéria-prima das indústrias brasileiras é o eucalipto, diferentemente dos países do hemisfério norte, que utilizam o pinheiro.Essas indústrias geram 114 mil empregos diretos e 500 mil indiretos [12]. Podemos verificar na tabela 3 abaixo o crescimento do setor de papel e celulose no Brasil.

Tabela 3 – Desempenho do setor de papel e celulose (em mil toneladas) no Brasil

Celulose	2009	2010	%
Produção	13.315	14.064	5,6
Importação	359	412	14,8
Exportação	8.229	8.375	1,8
Consumo aparente	5.445	6.101	12

Papel	2009	2010	%
Produção	9.428	9.792	3,9
Importação	1.085	1.502	38,4
Exportação	2.008	2.074	3,3
Consumo aparente	8.505	9.220	8,4

Fonte: [40] [2010]

Na tabela 4 , é possível notar que o uso da lixívia para a produção de energia é crescente. Esse segmento tem grande potencial para se tornar autossuficiente em termos energéticos, produzindo todo o vapor e toda a

eletricidade necessários ao processo. São bastante conhecidas as dificuldades do setor industrial quanto à garantia de disponibilidade de energia, devido às eventuais falhas e interrupções do sistema elétrico e à falta de confiabilidade da transmissão e distribuição de energia elétrica. Nesse cenário, a autossuficiência de cogeradores seria uma opção interessante para contribuir na oferta, permitindo à concessionária atender outros segmentos ainda não favorecidos pelo fornecimento de energia, evitando a construção de novas unidades de geração [7].

Tabela 4 – Matriz energética da Indústria Papel e Celulose (%)

Fontes	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Carvão Vapor	1,3	1,4	1,2	1,2	1,2	0,7	1,0	0,9	0,9	0,9
Gás Natural	4,4	6,4	6,0	6,0	6,3	6,8	7,0	7,0	5,7	6,4
Lenha	16,9	16,7	14,8	14,6	15,6	15,3	15,6	15,2	15,3	15,2
Lixivia	36,9	37,0	37,7	41,8	43,1	43,5	44,9	45,5	45,5	45,5
Óleo combustível	15,8	13,2	13,4	10,6	8,7	8,2	5,4	4,9	5,6	5,2
Eletricidade (rede)	16,8	16,4	17,1	16,3	16,6	16,5	16,6	16,7	17,1	16,5
Outras	7,8	8,9	8,9	9,6	8,5	9,0	9,5	9,9	9,9	10,2
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: [11][2010]

2.1 Processo de produção da celulose

2.1.1 Plantio, colheita e preparação da madeira

O processo tem início com o plantio do eucalipto em viveiros, onde são usadas técnicas modernas disponíveis, como a microestaquia. As mudas produzidas são de uma variedade que tem maior resistência a pragas, alta produtividade de celulose e melhor adaptabilidade ao clima das respectivas regiões de plantio. [39]

Após o plantio e a formação das florestas atingirem a idade certa, é realizado o

corte das árvores, geralmente utilizando equipamentos conhecidos pelo nome de harvester, que corta a árvore no pé, descasca e divide o tronco em toretes, deixando pronto para o transporte. Os toretes são transportados para a beira dos talhões de plantio e dali são transportados (por trem ou caminhão) para as fábricas. Nas fábricas, as madeiras são descascadas, quando já não estão, em tambores rotativos. Em seguida, elas são transportadas para os picadores, onde são transformadas em cavacos que são armazenados em Pátios de Madeira, aguardando o cozimento.[39]

2.1.2 Cozimento, lavagem e depuração

Os cavacos são transferidos por esteira até os digestores (contínuo e batelada), onde é realizado o processo de cozimento com soda líquida e adição de outros produtos químicos. Conhecido por processo Kraft, ele minimiza os danos às fibras de celulose de forma a preservar sua uniformidade e resistência. Durante o cozimento, as fibras de celulose são separadas da lignina e das resinas, quando então obtemos celulose não branqueada, de coloração marrom escura, com pequenos pedaços de madeira não cozida e impregnada de licor preto. A lavagem da celulose tem a finalidade de retirar os resíduos de licor preto, recuperando o máximo possível da soda usada no cozimento e a parcela de madeira que se transformou em líquido. A lavagem facilitará o posterior branqueamento, reduzindo o consumo de alvejantes e, principalmente, tornando o efluente mais limpo. Por outro lado, o licor preto resultante dessa lavagem é uma importante fonte de energia e será tratado posteriormente.

A depuração trata do peneiramento da pasta de celulose, com a finalidade de eliminar os não cozidos de madeira (palitos), facilitando o branqueamento e a

limpeza do produto final. Também é possível realizar uma fase de pré-branqueamento, em que a celulose é submetida a um processo de deslignificação por oxigênio que, combinado com o processo Kraft, remove aproximadamente 95% da lignina.

2.1.3 Branqueamento

Nessa etapa, o intuito é retirar o percentual remanescente de lignina. Consiste numa série de torres de branqueamento, onde uma mistura de diferentes agentes branqueadores atuam na celulose. No processo convencional são utilizados cloro, dióxido de cloro e soda cáustica, ao passo que no processo de branqueamento ECF (Elemental Chlorine Free) não se utiliza cloro elementar. Ao final, a celulose branqueada é transferida para torres de armazenamento em forma líquida.

A partir deste ponto a celulose pode ser destinada diretamente às máquinas de papéis ou passar por secadoras, onde a celulose é secada, moldada, cortada e embalada, ficando pronta para o mercado.

2.1.4 Recuperação

Consiste em recuperar os reagentes químicos (99%) e a energia utilizada no processo de fabricação de celulose, diminuindo, assim, os custos de produção. Ela passa basicamente por três processos:

- Evaporação;
- Recuperação da soda (caldeira de recuperação);
- Caustificação.

Na evaporação, o objetivo é a concentração do licor negro obtido do sistema de lavagem. O licor negro é composto de aproximadamente 50% do cavaco utilizado no cozimento e reagentes químicos do cozimento. A evaporação pode ser direta ou indireta e de múltiplo efeito ou efeito único.

Na recuperação de soda, há três funções básicas:

- Recuperar reagentes inorgânicos;
- Recuperar energia;
- Diminuir poluição.

O licor negro concentrado passa, através de um aquecedor, para um tanque de mistura, no qual se adiciona o sulfato de sódio de reposição das perdas no processo. A partir daí, vai para o pulverizador da caldeira, localizado nas suas extremidades, e é injetado ar de combustão para a queima do material pulverizado. Os gases da combustão deixam o topo da caldeira a aproximadamente 980 ºC. Os fundidos fluem através de bicas resfriadas com água e são dissolvidos num tanque com licor fraco de lavagem, resultando no licor verde. Com o calor resultante se produz vapor, que será utilizado na fábrica e, parte dele, na geração de energia elétrica. Os gases resultantes da combustão passam por precipitadores eletrostáticos ou lavadores Venturi-Scrubber para a retirada de partículas sólidas dispersas nos gases, eliminando a poluição do ambiente causada por elas.

Na caustificação, há a recuperação do licor branco, empregado no cozimento, e a recuperação da cal utilizada no próprio processo. O licor verde é clarificado para remover substâncias em suspensão (Dregs), que podem ser removidas por decantação ou através de filtros. Ao licor verde clarificado é adicionado cal para convertê-lo em hidróxido de sódio. Nesta reação, é formado um lodo contendo hidróxido de sódio e carbonato de sódio, que passam por um filtro ou decantador

para separar o licor branco da lama de cal. Essa lama de cal é lavada para se retirar todo hidróxido de sódio antes de mandá-lo para a filtragem. O líquido que sai dessa lavagem é chamado de licor fraco. A lama de cal é lavada e filtrada num filtro rotativo de tambor a vácuo e depois mandada para o forno de cal. No forno de cal, que consiste em um cilindro (recoberto por material refratário) rotativo inclinado, a lama de cal passa pelas zonas de eliminação da umidade, de aquecimento e calcinação, formando óxido de cálcio que é armazenada em silos. Um resumo de todo o processo de produção de papel e celulose pode ser verificada na figura 1.

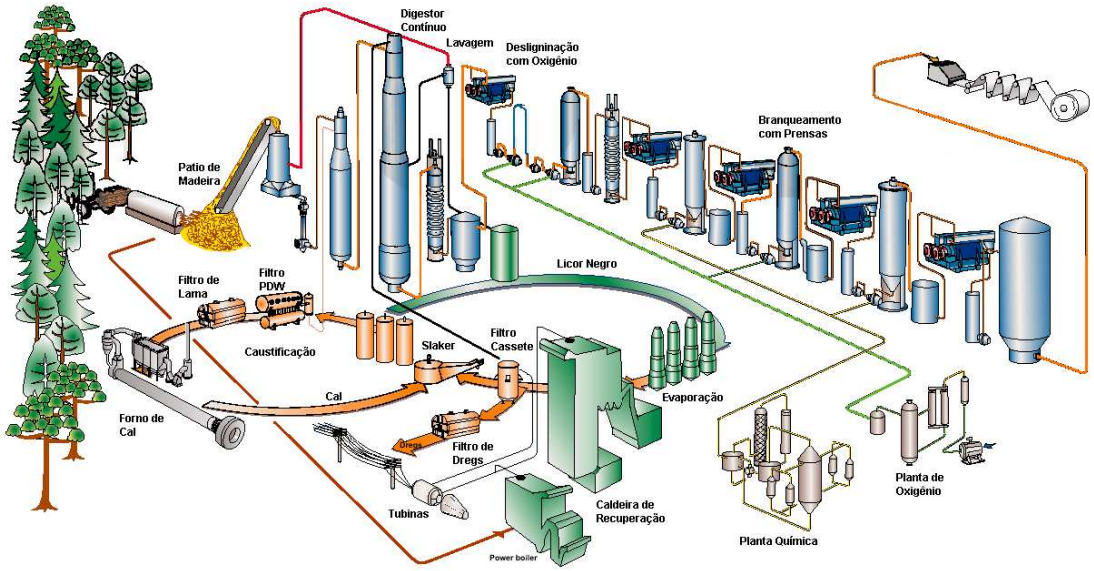
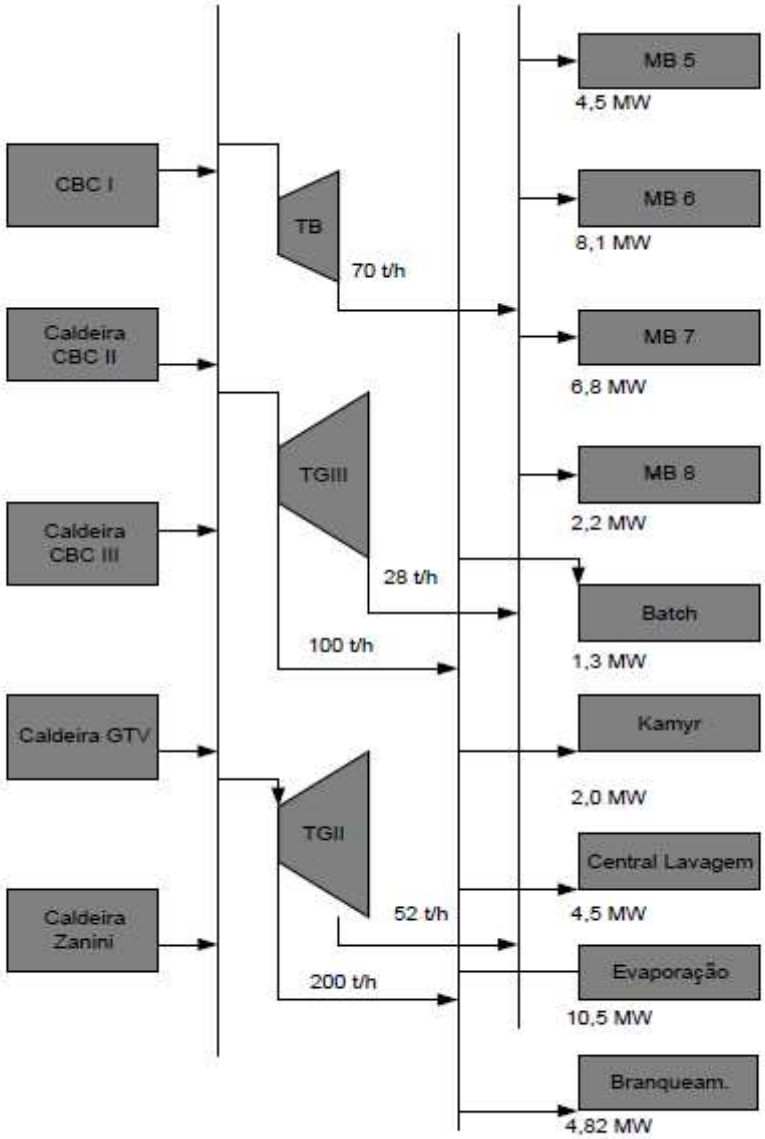


Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo

2.2 Necessidade de vapor e energia elétrica

Outro aspecto importante a destacar é que numa indústria de papel e celulose é essencial a necessidade de vapor e eletricidade para a maioria das etapas de produção. Na figura 2, pode-se ter uma noção de como é o consumo nas várias etapas.



MB5,MB6,MB7 e MB8 são máquinas de papel, TB, TG III e TG II são turbinas a vapor, Batch e Kamyr são equipamentos utilizados no cozimento do eucalipto.

Figura 2 – Distribuição de vapor e energia

Fonte: [50]

O consumo de vapor é considerável devido à grande quantidade de equipamentos. Para satisfazer essas demandas, é essencial o uso de caldeiras nas fábricas.

O principal produto das caldeiras é o vapor. Ele é recolhido pelos coletores (figura 3) que o distribuem, através de turbo-geradores, para a geração de energia elétrica e

também para a utilização no processo. O rendimento da turbina depende de qual tipo ela é e da carga que lhe é imposta.

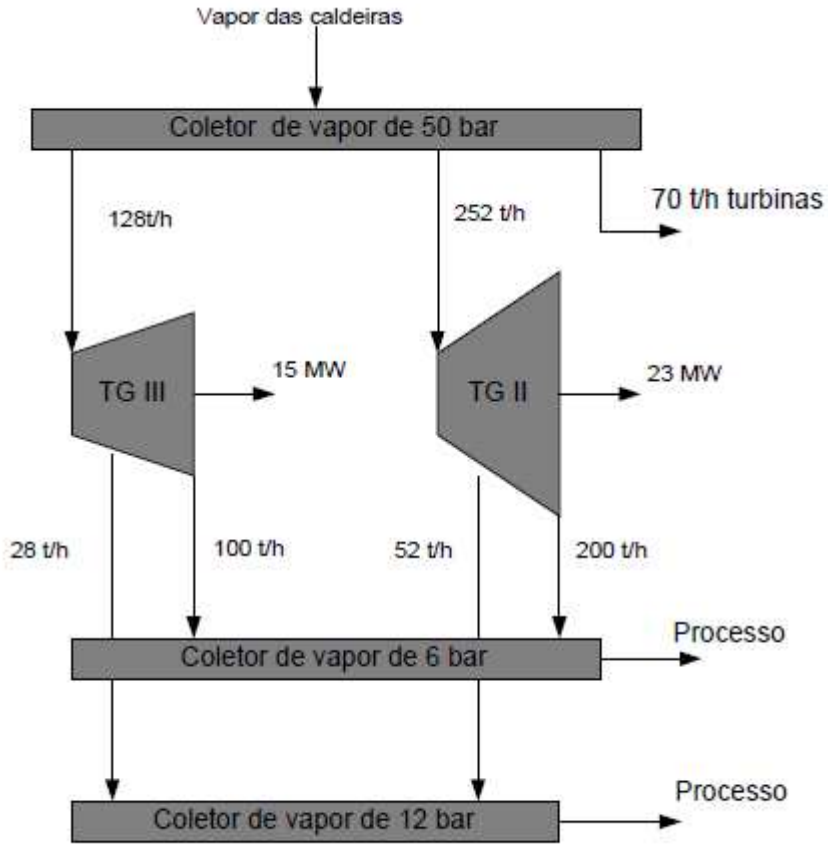


Figura 3 - Distribuição de vapor para o processo

Fonte: [50]

A geração de energia elétrica opera em separado da concessionária, de modo que parte da fábrica fica ligada aos turbo-geradores e outra parte, à concessionária.

3. Planejamento Integrado de Recursos

O início dos estudos sobre o Planejamento Integrado dos Recursos energéticos no GEPEA deu-se com o desenvolvimento do projeto de pesquisa de doutorado “Planejamento Integrado dos Recursos – PIR – Para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável)”, (UDAETA, 1997). Nesse trabalho foi desenvolvida toda a base teórica e filosófica para a formulação do processo do PIR. Além dos conceitos teóricos sobre o Planejamento Integrado dos Recursos, foram incorporadas ao estudo tanto a dimensão técnico-econômica tradicional quanto as dimensões ambiental, política e social. Posteriormente, foram realizados ensaios iniciais da aplicação dessas formulações na Região do Médio Paranapanema (Oficina de PIR Paranapanema, 2000). Diversos trabalhos sobre o PIR foram desenvolvidos no GEPEA/USP posteriormente, aperfeiçoando seu processo. A figura 4 mostra o diagrama esquemático do PIR que será aplicado nos próximos capítulos.

Não é objetivo desta dissertação detalhar a teoria do Planejamento Integrado de Recursos, assunto que foi amplamente discutido em diversos trabalhos desenvolvidos no GEPEA/USP. [5] e [6] e [55-61]

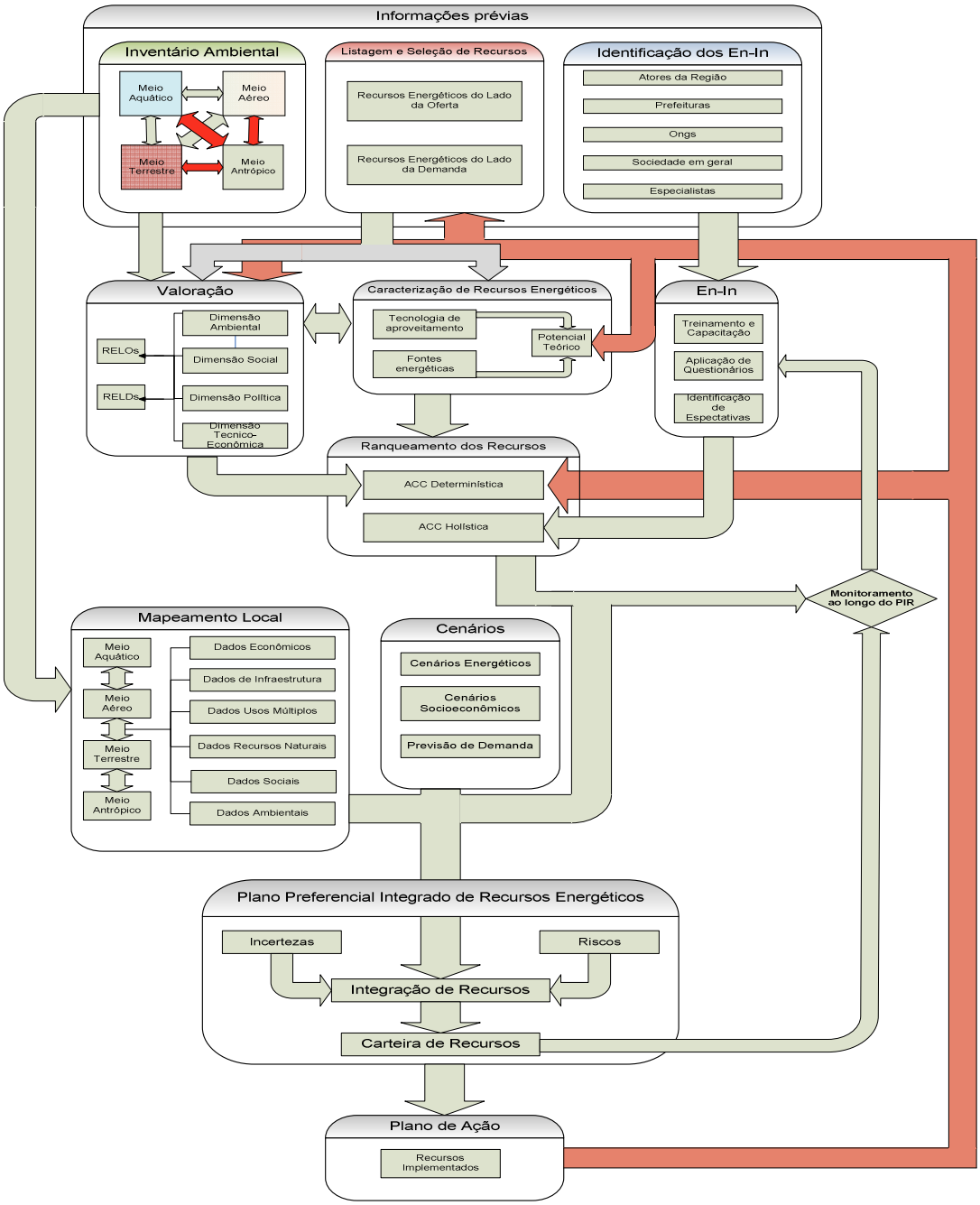


Figura 4 – Diagrama esquemático do PIR

Fonte: Udaeta et al, 2009

4. Informações prévias

4.1 Inventário ambiental

Nesta etapa, as características da região em estudo devem ser descritas detalhadamente, apresentando dados referentes aos quatro meios correlacionados que definem o contexto ambiental local: antrópico, terrestre, aquático e aéreo. A localização da fábrica em estudo é no município de Suzano.

Vários inventários foram produzidos, podendo ser de maior ou menor abrangência, dentre os quais estão:

4.1.1 Inventário Nacional de Emissão de GEE

Para os gases de efeito estufa, há a publicação do “Inventário Nacional de Emissão de GEE”. O Brasil, como país signatário da Convenção (IPCC), tem o compromisso de elaborar e atualizar periodicamente inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal. O país estabeleceu uma equipe sob coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) que contribui com a comunicação nacional.

O Brasil publicou até agora dois inventários nacionais de emissões de GEE. O primeiro, em dezembro de 2004, referente às emissões de 1990 a 1994. Os dados específicos sobre resíduos sólidos e efluentes foram levantados pela CETESB através de monitoramentos locais. O segundo, em outubro de 2011, referente às emissões de 1990 a 2005. O compromisso assumido com as Nações Unidas era de apresentar as emissões até 2000, mas o Brasil decidiu avançar e agregar números

dos cinco anos seguintes.

4.1.2 Relatórios CETESB

Em 2009, entrou em vigor a Lei 13.542, sancionada pelo Governo do Estado, em 8 de maio, que criou a “Nova CETESB”. A agência ambiental paulista ganhou uma nova denominação e novas atribuições, principalmente no que diz respeito ao processo de licenciamento ambiental no estado. Com a mudança, ela ganhou fôlego institucional de uma verdadeira agência ambiental, eliminando o antigo modelo, já superado, de comando e controle, e adotando a agenda da gestão ambiental dentro da óptica da sustentabilidade.

A CETESB já realizou diversos levantamentos da situação estadual dos serviços de limpeza urbana e destinação final dos resíduos. Nesses relatórios, os dados foram pesquisados no estado de São Paulo, município por município. Os levantamentos foram separados basicamente em: águas superficiais, águas litorâneas, águas subterrâneas, ar e solo.

Com relação à qualidade do solo, a CETESB realiza inventários de resíduos sólidos domiciliares desde 1997. Essas informações reunidas compuseram o IQR – Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos e o IQC – Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem.

4.1.3 Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo

O primeiro inventário das Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo [45] é resultado de um projeto

coordenado e realizado pelo PROCLIMA/CETESB/SMA, com apoio da Embaixada Britânica no Brasil. Ele contém as estimativas de emissões de Gases de Efeito Estufa ocorridas no estado de São Paulo entre 1990 e 2008, com base na metodologia aprovada pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC). As estimativas incluem os seis gases listados pelo Protocolo de Kyoto (CO_2, CH_4, N_2O, PFCs, HFCs, SF_6), os CFCs e os HCFCs (gases destruidores da camada de ozônio).

Esse inventário faz parte da Comunicação Estadual definida pela Política Estadual de Mudanças Climáticas de São Paulo – PEMC (Lei Estadual nº 13.798/2009), que tem por objetivo geral estabelecer o compromisso do estado de São Paulo frente aos desafios das mudanças climáticas globais. A PEMC também determina uma meta de redução de CO_2 da ordem de 20% (tendo como base o ano de 2005) a ser atingida no ano de 2020. Esse inventário será elaborado com periodicidade quinquenal, obedecendo à metodologia internacional definida pelo IPCC.

4.1.4 Relatórios de Sustentabilidade

Publicados desde 2003, reportam as ações da empresa nas dimensões econômica, social e ambiental. Quantificam as emissões de GEE associadas principalmente às atividades de controle operacional. Os indicadores contemplam os escopos de acordo com o Protocolo WRI/WBCSD GHG e, desde 2010, foram incluídas as emissões do SPP-Nemo.

4.2 Inventário do Meio Aéreo

Pode-se caracterizar o meio aéreo em variáveis de dois grupos: os poluentes (como materiais particulados, fumaça, dióxido de enxofre etc.) e os gases de efeito estufa (como gás carbônico e gás metano).

Para os poluentes é possível utilizar dados gerados através da CETESB. Há relatórios relativos à qualidade do ar no estado de São Paulo ou as caracterizações das estações de monitoramento de fumaça.

O país tem atualmente o segundo inventário nacional de emissão de GEE, publicado em 2011, referente às emissões de 1990 a 2005. Os dados mostram que as emissões de GEE aumentaram cerca de 60% entre 1990 e 2005. Os gases considerados são o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), os hidrofluorcarbonos (HFC), os perfluorcarbonos (PFC) e o hexafluoreto de enxofre (SF_6). Alguns outros gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), mesmo não sendo gases de efeito estufa direto possuem influência nas reações químicas que ocorrem na atmosfera.

A seguir, a Figura 5 apresenta os principais poluentes atmosféricos e suas características:

Poluente	Características	Fontes Principais	Efeitos Gerais ao Meio Ambiente
Partículas Inaláveis (MP_{10}) e Fumaça	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Processos de combustão (indústria e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Faixa de tamanho < 100 micra.	Processos industriais, veículos motorizados (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa. Fontes naturais: pólen, aerossol marinho e solo.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
Dióxido de Enxofre (SO_2)	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforos. Pode ser transformado a SO_3, que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H_2SO_4. É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Processos que utilizam queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel, produção de polpa e papel, fertilizantes.	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação: folhas e colheitas.
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante. Pode levar à formação de ácido nítrico, nitratos (o qual contribui para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, processos industriais, usinas térmicas que utilizam óleo ou gás, incinerações.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e à colheita.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em veículos automotores.	
Ozônio (O_3)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Não é emitido diretamente para a atmosfera. É produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas; plantas ornamentais.

Figura 5 – Fontes e características dos principais poluentes na atmosfera

Fonte: [25]

4.2.1 Emissões do setor industrial

Através do inventário da CETESB (Tabela 5), é possível ter uma melhor compreensão da contribuição de cada um dos setores produtivos, com as emissões potenciais de CO2 de cada um deles, no que se refere à combustível fóssil, e do processo industrial utilizado. A indústria de papel e celulose em quinto lugar, atrás das indústrias petroquímicas, aço e ferro gusa, minerais não metálicos e químico.

Tabela 5 – Emissões potenciais de CO_2 provenientes da queima de combustível e da produção por tipologia industrial

Tipologia Indutrial	Emissão Potencial de CO2 (Mt/ano) Queima de combustivel Fóssil	Produção	Total
Aço e Ferro Gusa	1,01	3,36	7,37
Minerais não metálicos	3,48	3,11	6,59
Químico	1,71	1,47	3,18
Petroquímico	9,17	0,21	9,38
Papel e Celulose	1,01	0,38	1,39
Ferro ligas	0,44	0,23	0,67
Alimentício	0,71		0,071
Textil	0,26		0,26
Outros	0,03		0,03

Obs: Mt/ano equivalente a 1.000.000 t/ano

Fonte: [24][2008]

4.2.1.1 Emissões de veículos automotores

O município de Suzano possui uma frota de 87.880 veículos, sendo 61.442 automóveis. Isso faz com que o município tenha a 41ª maior frota de veículos do estado de São Paulo [31].

Devido à falta de dados específicos sobre poluição atmosférica para o município de Suzano, foi realizada uma projeção (tabela 6) através de dados da CETESB (qualidade do ar no estado de São Paulo relativa ao ano de 2010) [25](figuras 6 e 7) e do Denatran (frota automotiva em 2011) [31].

Categoria		Combustível	Frota Circulante na RMSP	Idade Media (anos)	% Frota RMSP/ Estado
Automóveis		Gasolina	2.633.899	12	57
		Etanol	222.986	22	44
		Flex	1.869.098	3	54
Comerciais leves		Gasolina	375.181	10	58
		Etanol	20.801	22	40
		Flex	189.477	3	44
		Diesel	129.224	7	46
Caminhões	Leves	Diesel	64.805	14	41
	Médios		31.307	15	42
	Pesados		71.555	8	43
Ônibus	Urbanos	Diesel	46.363	10	54
	Rodoviários		5.151	10	54
Motocicletas		Gasolina	745.596	6	34
		Flex	32.830	1	23
TOTAL			6.438.273	10	50

Figura 6 – Estimativa da frota de veículos da RMPS (região metropolitana de SP) em 2010

Fonte: [25]

	Categoria		Combustivel	Emissão (1000 t/ano)				
				CO	HC	NO_x	MP	SO_x
MÓVEIS	Automóveis		Gasolina	74,92	5,12	4,82	nd	
			Etanol	13,81	1,46	1,16	nd	
			Flex	21,32	2,41	2,07	nd	
	Evaporativa [1]		-	-	9,05	-	-	
	Comerciais Leves		Gasolina	8,71	0,62	0,60	nd	
			Etanol	1,25	0,13	0,11	nd	
			Flex	0,97	0,11	0,09	nd	
			Diesel	0,46	0,12	2,39	0,06	
	Evaporativa [1]		-	-	0,99	-	-	
	Caminhões	Leves	Diesel	0,26	0,08	1,49	0,06	
		Médios		1,30	0,41	7,36	0,28	
		Pesados		4,69	1,19	26,96	0,69	
	Ônibus	Urbanos	Diesel	3,00	0,81	16,80	0,52	
		Rodoviários		0,70	0,19	3,98	0,12	
	Motocicletas		Gasolina	24,99	4,57	0,97	nd	
			Flex	0,06	0,01	0,01	nd	
	Total Emissão Veicular			156,43	27,27	68,82	1,74	3,11 [2]
FIXA	Operação de Processo Industrial (2008) (Número de indústrias inventariadas)			4,18 [3]	4,7 [3]	15,43 [3]	3,06 [3]	5,59 [3]
				(62)	(121)	(161)	(198)	(146)
	Base de combustível líquido (2009) (18 empreendimentos)			-	3,40 [4]	-	-	-
TOTAL GERAL				**160,61**	**35,37**	**84,25**	**4,80**	**8,70**

1 - Cálculo da emissão de HC evaporado de veículos equipados com motor do ciclo otto (etanol, gasolina ou flex-fuel), exceto motocicletas. Não está considerada a emissão gerada no abastecimento.
2 - Metodologia top-down, baseada no consumo global de combustível. Adotou-se que todo o enxofre contido no combustível foi transformado em SO_2, que o diesel S50 contém 50 ppm de enxofre, que o S500 contém 500 ppm de enxofre e que houve consumo de diesel interior (1800 ppm de enxofre) nas regiões. Adotou-se 350 ppm de enxofre para a gasolina C.
3 - Ano de referência do inventário: 2008.
4 - Ano de referência do levantamento: 2009. Os empreendimentos participantes deste levantamento foram selecionados utilizando a metodologia *top-down*, baseado nas informações da Agência Nacional de Petróleo (ANP) sobre entregas de combustíveis do ano de 2009
Obs: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2010.
nd: não disponível.

Figura 7 – Estimativas de emissão das fontes de poluição do ar na RMSP

Fonte: [25][2010]

Através das figuras 6 e 7, obteve-se a emissão de GEE por veículo. Multiplicando-se esses dados pela quantidade de veículos em Suzano, obtém-se a tabela 6.

Tabela 6 – Estimativas de emissão (ton/ano) das fontes de poluição do ar em Suzano

Automóveis	**CO**	**HC**	**NOx**	**MP**	**SOX**
Gasolina	974,03	66,56	62,66	0	0
Etanol	179,54	18,98	15,08	0	0
Flex	277,18	31,33	26,91	0	0

Comerciais	**CO**	**HC**	**NOx**	**MP**	**SOX**
Gasolina	103,6	7,37	7,14	0	0
Etanol	14,87	1,55	1,31	0	0
Flex	11,54	1,31	1,07	0	0
Diesel	5,47	1,43	28,43	0,71	0

Caminhões Diesel	**CO**	**HC**	**NOx**	**MP**	**SOX**
Leves	5,31	1,63	30,45	1,23	0
Médios	26,56	8,38	150,39	5,72	0
Pesados	95,83	24,32	550,88	14,1	0

Ônibus Diesel	**CO**	**HC**	**NOx**	**MP**	**SOX**
Urbanos	63,01	17,01	352,87	10,92	0
Rodoviários	14,7	3,99	83,6	2,52	0

Motocicletas	**CO**	**HC**	**NOx**	**MP**	**SOX**
Gasolina	412,75	75,48	16,02	0	0
Flex	0,99	0,17	0,17	0	0

Fonte: Elaboração própria [2011]

Além desses gases, merece destaque um gás poluente secundário, o ozônio. Por seu caráter altamente oxidante, o ozônio é capaz de modificar o equilíbrio ambiental de ecossistemas e alterar a bioquímica das plantas, podendo, inclusive, afetar a produção agrícola, reduzindo a safra de forma discreta, mas economicamente significativa. Pela figura 8 podemos ter uma ideia da situação na UGRHI 6.

Ele possui uma distribuição distinta ao longo dos meses quando comparado aos poluentes primários, uma vez que é formado na atmosfera por reações fotoquímicas que dependem da radiação solar, dentre outros fatores. Dessa forma, o ozônio ocorre com maior frequência no período compreendido entre setembro e

março, meses com maior incidência de radiação solar no topo da atmosfera.

O NOx é precursor do ozônio, poluente que vem apresentando os piores índices de qualidade do ar nos últimos anos na RMSP, sendo que a maior parcela de NOx é oriunda da poluição automotiva.

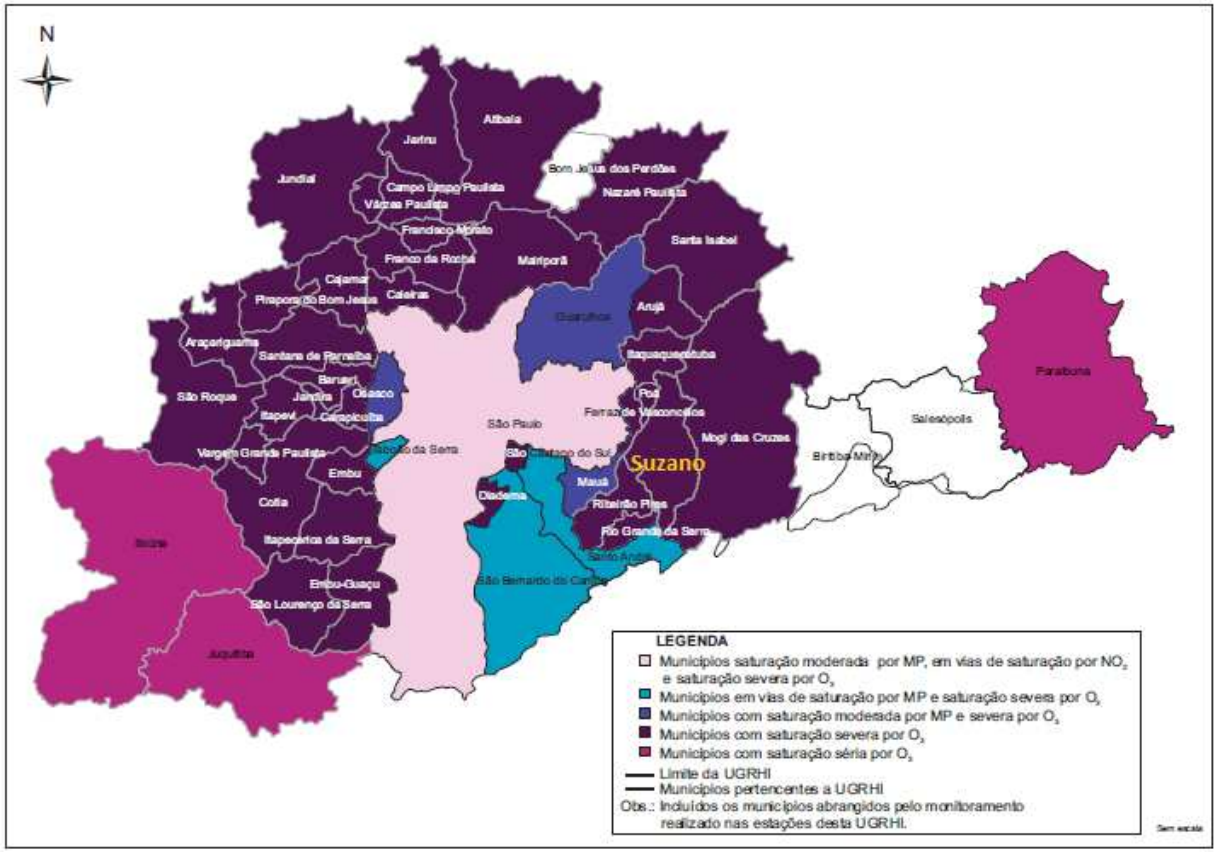


Figura 8 – Classificação de saturação e graduação de severidade para os municípios da UGRHI 6
Fonte: [25][2010]

Podemos verificar pela tabela 7 que houve uma redução de poluentes emitidos pelo setor entre 2009 e 2010.

Tabela 7 – Emissão de GEE no setor de papel e celulose

Emissões (t)	2009	2010
NOx	12.327,30	16.252,10
SOx	15.377,10	9.102,10
Metano	0,2	0,2
Poluentes orgânicos persistentes(POP)	-	-
Composto orgânicos voláteis (VOC)	0,4	0,5
Emissões de chaminé e fugitivas	-	-
Poluentes atmosféricos perigosos (HAP)	-	-
Material particulado (PM)	23.296,90	14.650,90
Outras categorias-padrão de emissões atmosféricas identificadas em regulamentos	99,8	11,9
Total	51.101,74	40.117,64

Fonte: [40][2010]

4.2.2 Regime de Chuvas

McKee et al. (1993) desenvolveram um índice que quantifica o déficit ou o excesso de precipitação para diferentes escalas de tempo. Essa versatilidade permite ao Standardized Precipitation Index (SPI) monitorar o fornecimento de água em pequenas escalas (interesse agrícola), assim como monitorar tal fornecimento em longas escalas de tempo (interesse hidrológico).

O SPI é baseado em um banco histórico de dados de chuva (30 anos no mínimo). Na tabela 8 é possível verificar a relação entre o SPI e a categoria de seca.

Tabela 8 – Relação entre SPI e a categoria de seca

Valor de SPI	Categoria
2 e acima	Extremamente úmido
1,5 a 1,99	Muito úmido
1,0 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Próximo à normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,5 a -1,99	Severamente seco
-2,00 e abaixo	Extremamente seco

Fonte: [32]

A Figura 9 mostra o total de precipitação de 12 meses consecutivos comparado com índices normais e com a distribuição normal de uma média histórica de 30 anos.

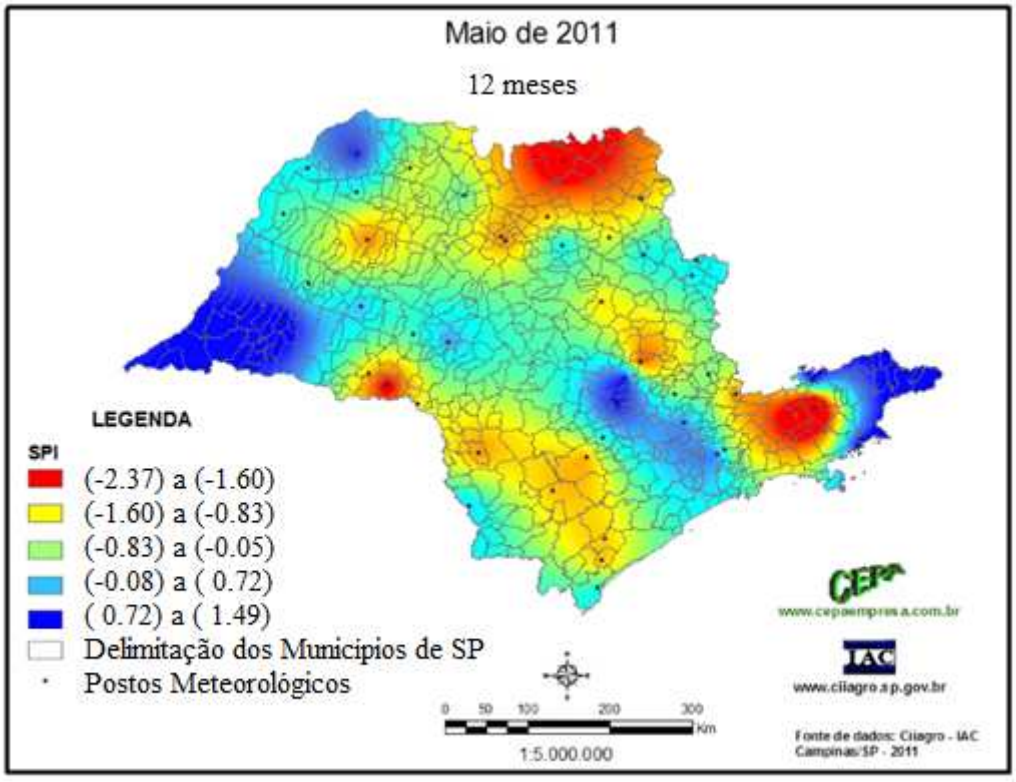


Figura 9– Mapa SPI de 12 meses

Fonte: [32]

4.2.3 Regime de ventos

Não existem dados específicos relacionados ao regime de ventos para o município de Suzano. É possível estimar uma projeção de regime de ventos através do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.

Há também o Mapa Eólico de São Paulo, previsto para ser lançado no segundo semestre de 2012 (pois as medições se iniciaram em abril de 2010 e terminaram no mês de abril de 2011), mas não publicado até o presente momento.

O Atlas Eólico Brasileiro, cuja primeira versão foi publicada em 2001, necessita ser atualizado. O primeiro estudo contempla medições realizadas em uma altura de 50 metros, mas com o avanço tecnológico medições entre 80 e 120 metros já podem ser realizadas.

Na figura 10 podemos verificar a variação da velocidade média trimestralmente a 50 metro de altura e na figura 11 a variação das direções dos ventos.

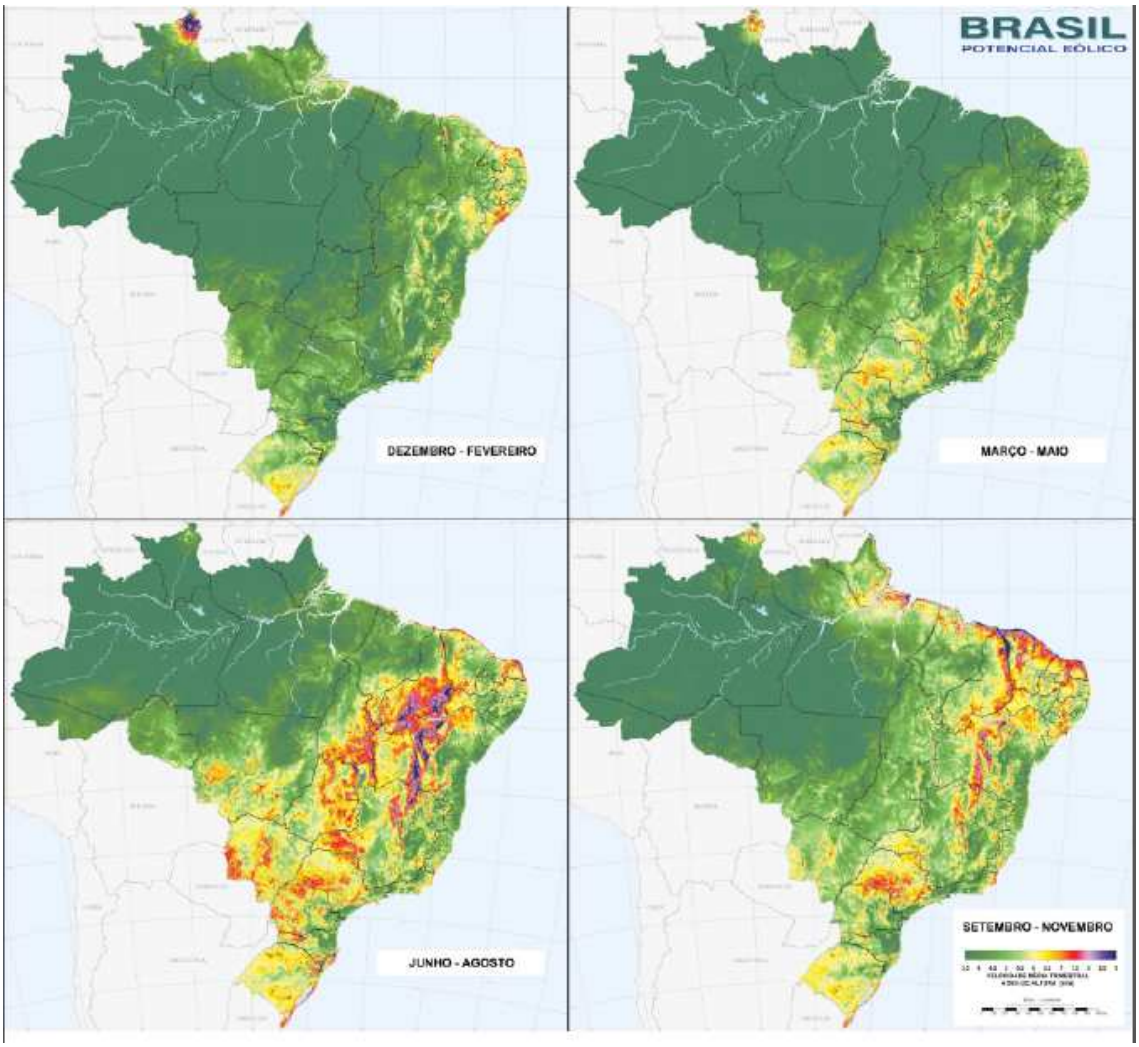


Figura 10– Velocidade média trimestral a 50 m de altura

Fonte: [32]

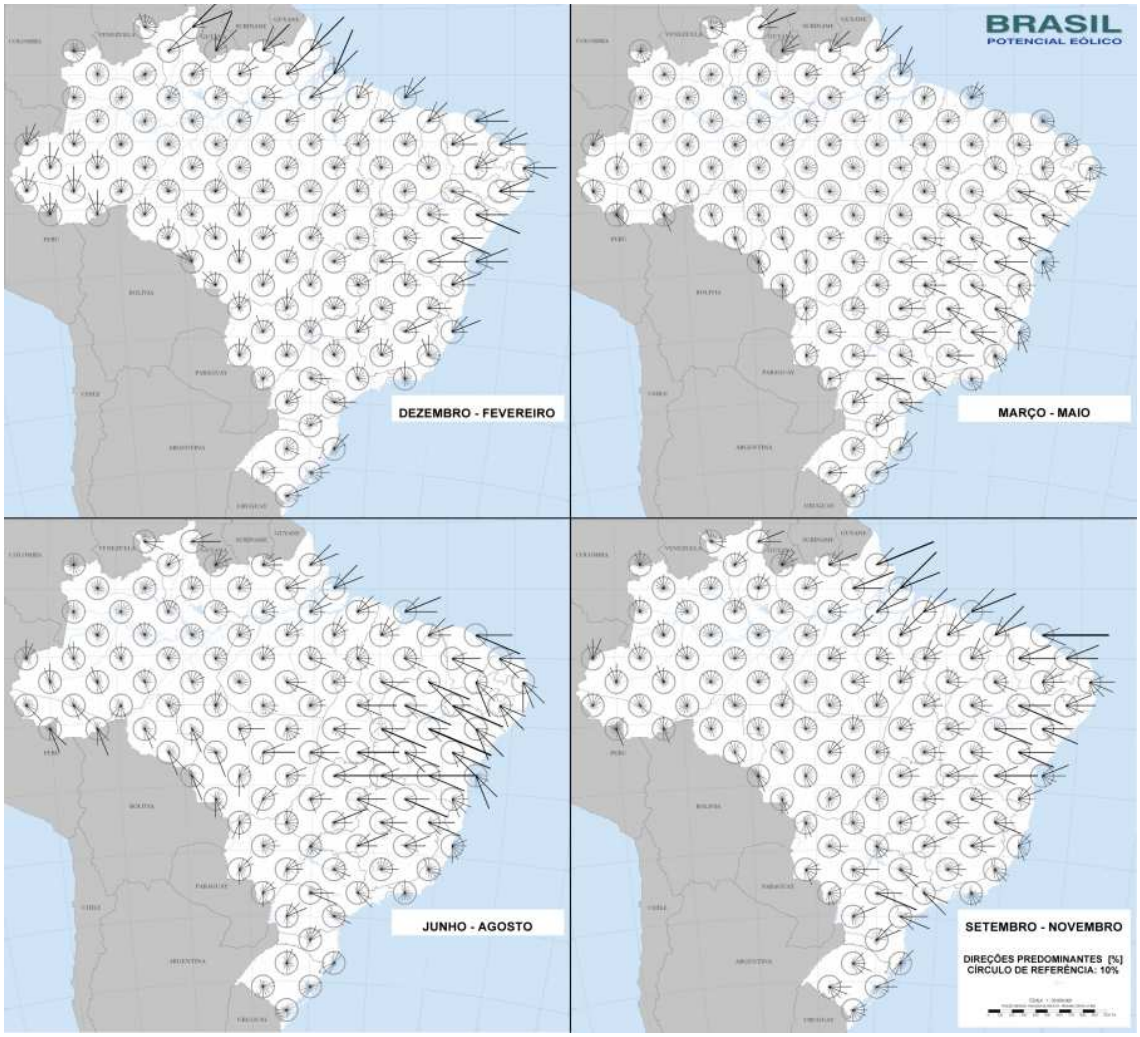


Figura 11– Direções predominantes

Fonte: [33][2001]

4.2.4 Regime de temperaturas

Não foi possível encontrar um regime de temperaturas específico do município de Suzano até a finalização deste trabalho.

4.3 Inventário do meio terrestre

O município está localizado na sub-região leste da RMSP. Distante 46 km da capital do estado, faz divisa com os municípios de Itaquaquecetuba, Santo André, Rio

Grande da Serra, Mogi das Cruzes, Poá, Ferraz de Vasconcelos e Ribeirão Pires. Possui uma boa parcela do seu território em áreas de proteção de mananciais.

4.3.1 Geomorfologia e geologia

O município de Suzano localiza-se próximo à borda sudeste da bacia sedimentar de São Paulo. Caracteriza-se pela dominância de formas de relevo suavizadas, com altitudes entre 715 e 900 metros, organizadas em sistemas de morretes alongados paralelos, morros baixos e morros paralelos. Cruzando uma larga faixa a centro-norte do município está a planície aluvionar do rio Tietê, cujo principal afluente local, o rio Taiaçupeba-açu, está represado na porção territorial centro-leste de Suzano [19].

O entorno da represa Taiaçupeba é marcado por colinas suaves. Nas planícies aluviais existe o predomínio de baixas declividades, inferiores a 5%, e o nível freático é pouco profundo [19].

Nas colinas, a topografia é suavizada, com predomínio de amplitudes de 40m e declividades de até 20%. Nos morrotes, predominam amplitudes de 50m e declividades de 20%, com ocorrências restritas de áreas com declividades maiores que 30%. Nos morros baixos, a predominância é de amplitudes de 100m e declividades de 30%, já nos morros altos predominam amplitudes e declividades elevadas, de 150m, e maiores que 30%, respectivamente [19].

Sua geologia (figura 12) é caracterizada pela presença de rochas cristalinas do embasamento pré-cambriano, sedimentos terciários da Formação São Paulo e sedimentos quaternários depositados nas várzeas dos rios atuais [20].

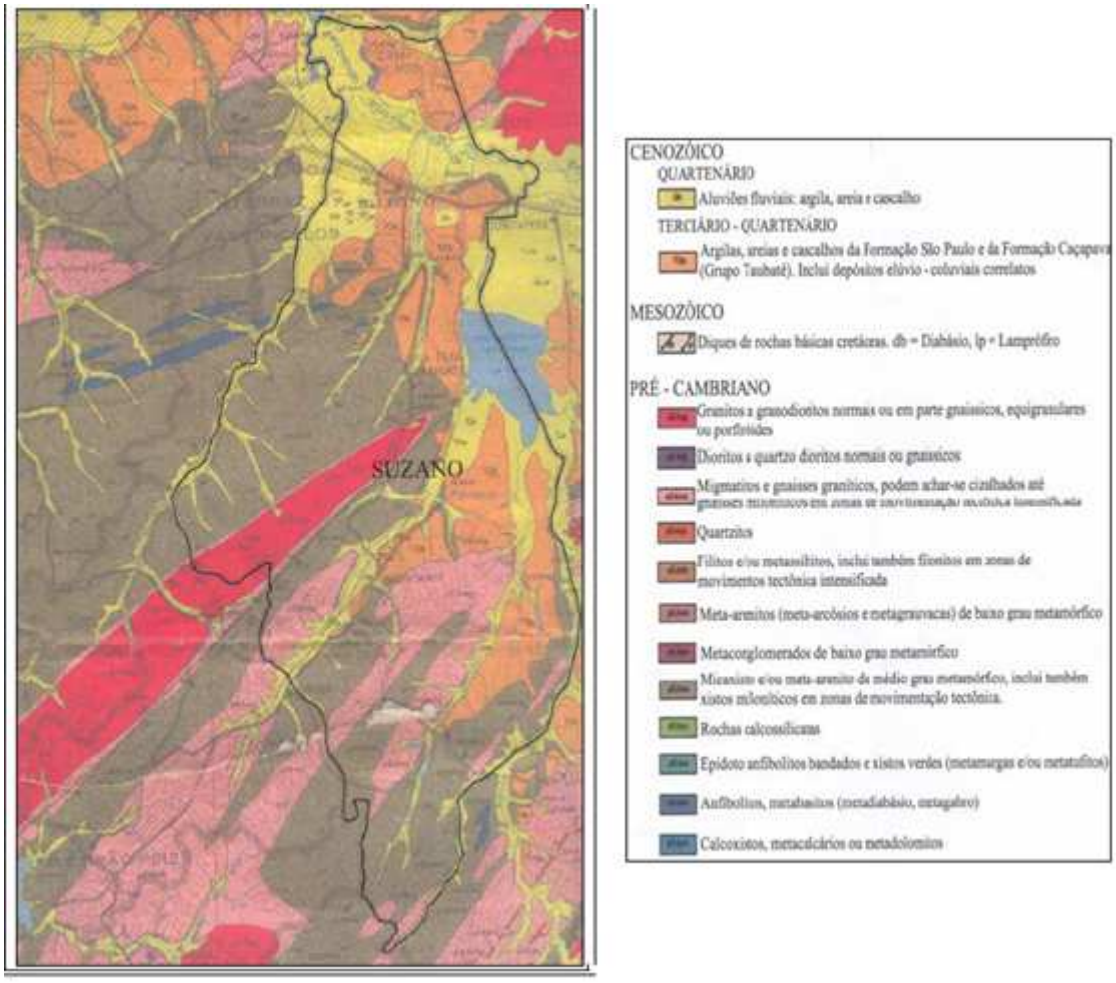


Figura 12– Carta geológica do município de Suzano
Fonte: [19]

Foram identificadas algumas áreas contaminadas por produtos tóxicos oriundas de mineradoras, indústrias e postos de combustível.

4.3.2 Recursos minerais

Os principais recursos minerais extraídos no município estão localizados junto às bacias hidrográficas, são elas:

- Bacia do Guaió: granito ornamental;

- Bacia do Taiaçupeba: caulim e turfa;

- Bacia do Tietê Leste: areia, argila e turfa.

Em relação aos problemas inerentes à atividade de mineração, destacam-se:

- Alteração e assoreamento dos cursos d’água;

- Desaparecimento de córregos;

-Antiga extração de argila nas margens da represa Taiaçupeba, sem recuperação ambiental;

- Desmatamento e descaracterização do relevo;

- Formação de cavas de mineração e erosão;

- Depósito sem controle de resíduos sólidos no solo;

- Insalubridade das condições de trabalho.

4.3.3 Contaminação do solo

Na tabela 9 podemos verificar uma relação de registros de contaminações verificados no município de Suzano. Podemos notar que mais da metade dos casos são causados pelas indústrias.

Tabela 9 – Áreas contaminadas no município de Suzano

Áreas Contaminadas no município de Suzano				
Responsável	Atividade	Fonte de Contaminação	Contaminantes	Meios Impactados
Auto Posto Kimura Ltda.	Posto de Combustível	Armazenagem	Combustível líquido	Subsolo Águas Subterrâneas
Auto Posto São Marco Ltda.	Posto de Combustível	Armazenagem Manutenção	Solventes Aromáticos, PAHs	Águas Subterrâneas
Auto Posto Suzano	Posto de Combustível	Armazenagem	Solventes Aromáticos PAHs	Águas Subterrâneas
Produquimica Industria e Comercio Ltda.	Indústria	Armazenagem Produção	Metais	Águas Subterrâneas
Clariant S/A	Indústria	Descarte disposição Produção	Metais, solventes halogenados, solventes aromáticos, fenóis halogenados, biocidas	Solo Superficial Subsolo Águas subterrâneas
Komatsu do Brasil Ltda.	Indústria	Descarte disposição	Metais, Fenóis halogenados	Solo Superficial Subsolo Águas subterrâneas
Mixmicro Indústria e Comercio de Produtos Químicos Ltda.	Indústria	Descarte disposição Produção	Metais	Solo Superficial Subsolo Águas subterrâneas
Produquimica Indústria e Comercio Ltda.	Indústria	Armazenagem Produção	Metais	Solo Superficial Subsolo Águas subterrâneas

Fonte: [25][2010]

4.3.4 Gestão de resíduos sólidos urbanos

O município de Suzano possui 82% de atendimento em coleta da carga orgânica doméstica, um valor baixo em comparação com o município de São Paulo (93%). Na tabela 10 podemos ver a carga orgânica doméstica na UGRHI 6.

Tabela 10 – Carga Orgânica Doméstica

		População SEAD 2006		Atendimento (%)		Carga Poluidora (kg DBO/dia)		Corpo Receptor
Município	Concessão	Total	Urbana	Coleta	Tratam.	Potencial	Remanesc.	
São Bernardo do Campo	DAE	780.512	767.712	84	3	41.456	40.621	Rib. Do Meninos e Res. Billings
São Caetano do Sul	SAEE	137.277	137.277	100	0	7.413	7.413	Rio Tamanduateí
São Paulo	Sabesp	10.834.244	9.975.563	93	66	538.680	274.167	Rio Tietê, Rio Pinheiros e Rio Tamanduateí
Suzano	Sabesp	278.911	271.241	82	70	14.647	7.921	Rio Tietê
Taboão da Serra	Sabesp	224.643	224.643	69	0	12.131	12.131	Rio Tietê
Total UGRHI		19.190.390	18.264.719	81	37	986.295	691.943	

Fonte: [34][2007]

Na tabela 11 podemos verificar a disposição final de resíduos sólidos domésticos na UGRHI 6.

Tabela 11 – Disposição final de resíduos sólidos domésticos

UGRHI 6 - ALTO TIETÊ

MUNICÍPIO		AGÊNCIA CETESB	UGRHI	Lixo (t/dia)	INVENTÁRIO																ENQUADRAMENTO E OBSERVAÇÃO
					1997		1999		2001		2003		2005		2007		2008		2009		2010		
					IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	IQR	IQC	
RIO GRANDE DA SERRA		ABC I	6	17,6	8,2		8,4		9,7		9,8		9,2		9,5		9,4		9,7		9,4		A D - Mauá - A.P.
SALESOPOLIS	*	Mogi das Cruzes	6	4,0	5,8		4,8		6,5		6,2		6,6		6,7		6,5		7,9		8,2		A D - Itaquaquecetuba - A.P.
SANTANA DE PARNAIBA		Osasco	6	54,4	3,3		3,2		3,8		3,8		9,8		6,5		5,2		6,2		4,9		I
SANTO ANDRE	*	ABC I	6	471,7	8,2		8,9		9,3		9,3		9,3		9,3		8,9		6,1		9,4		A D - Mauá - A.P.
SAO BERNARDO DO CAMPO		ABC II	6	526,7	7,0		8,4		9,7		9,8		9,2		9,5		9,4		9,7		9,4		A D - Mauá - A.P.
SÃO CAETANO DO SUL	*	ABC I	6	74,8	7,0		8,4		9,7		9,8		9,2		9,5		9,4		9,7		9,4		A D - Mauá - A.P.
SÃO PAULO		Tatuapé	6	6.000,0	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		9,3		A D - São Paulo - A.P.
SÃO PAULO		Osasco	6	5.000,0	0,0		8,5		9,0		0,0		9,6		9,6		9,6		9,5		8,2		A D - Caieiras - A.P.
SUZANO	§	Mogi das Cruzes	6	152,0	5,6		8,2		7,8		6,3		6,2		7,1		8,0		7,9		8,2		A D - Itaquaquecetuba - A.P.
TABOAO DA SERRA		Embu	6	146,8	7,3		8,6		9,0		8,8		9,1		9,6		9,6		9,5		8,2		A D - Caieiras - A.P.

Fonte: [37][2011]

Pela figura 13, podemos notar que a qualidade de aterro do município de Suzano é adequada.

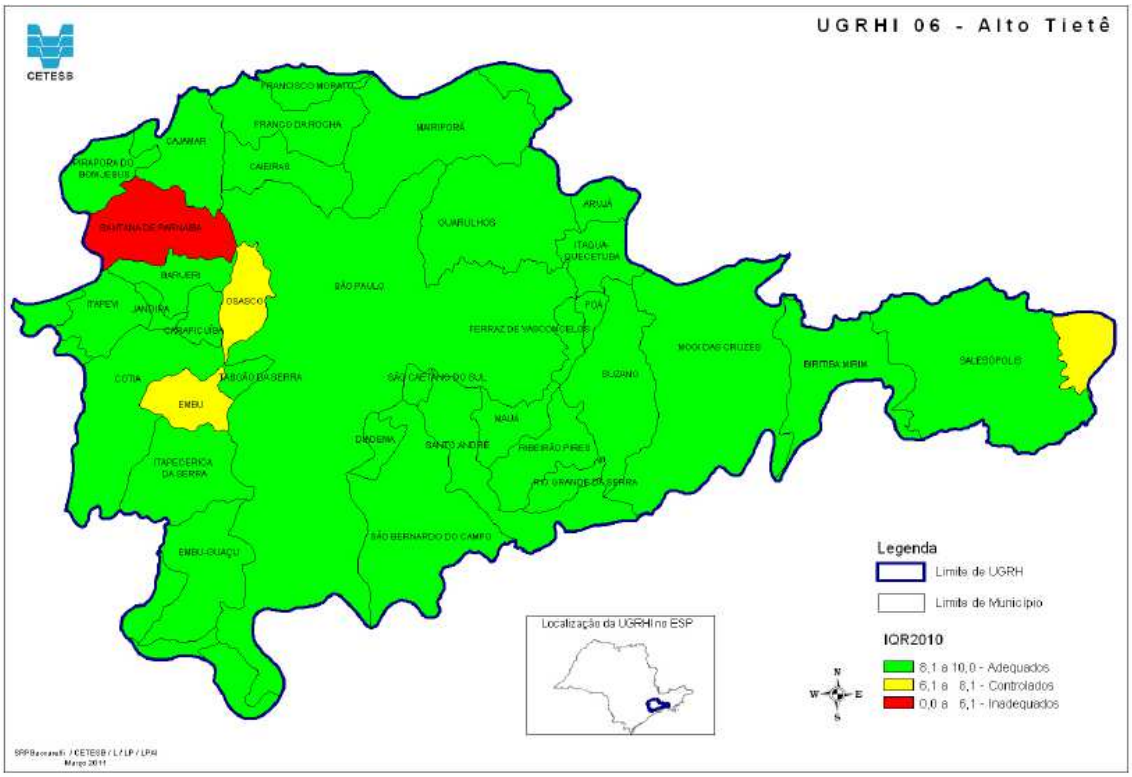


Figura 13 – Mapa da UGRHI 6 – Índice de qualidade de aterro resíduos

O município de Suzano não assinou o Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta (TCAC), no qual são consignados os compromisso dos

municípios para a regularização ou o encerramento de aterros irregulares e lixões e adoção de uma solução técnica definitiva e regularmente implantada.

4.3.5 Erosão

A região do município de Suzano possui uma criticidade média com relação à erosão do solo.

4.3.6 Vegetação remanescente

De um total 3.188 hectares, o município de Suzano possui 17,2% (tabela 12) da sua vegetação natural remanescente. Essa vegetação é constituída basicamente de mata e vegetação capoeira (vegetação secundária constituída por gramíneas e arbustos).(figura 14)

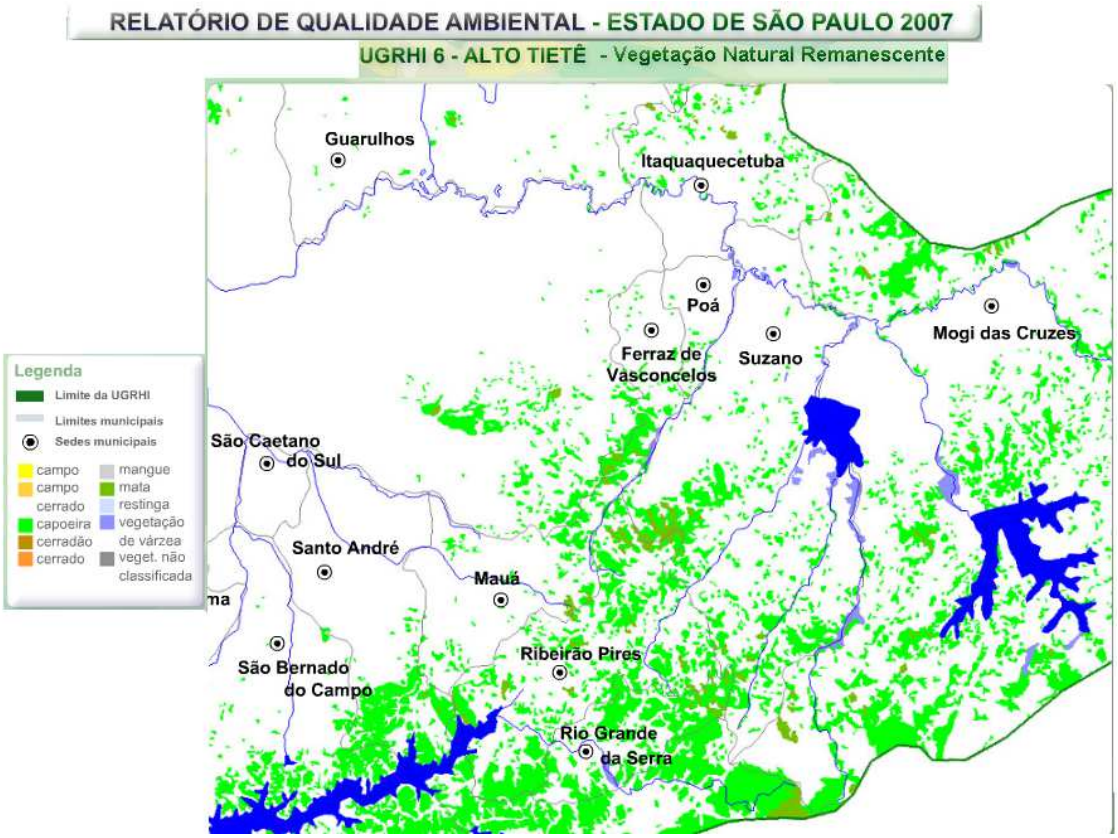


Figura 14 – Vegetação remanescente

Fonte: [34]

Tabela 12 – Vegetação remanescente

Município	Área (ha)	Vegetação Natural Remanescente (ha)	%
Suzano	18.500	3.188	17,2

Fonte: [34] [2007]

4.4 Inventário do meio aquático

O município de Suzano é banhada pela bacia hidrográfica do Alto Tietê-Cabeceiras, subdivididas pelas bacias do Taiaçupeba, do Guaió e do Tietê Leste. Seus principais cursos de água são: rio Tietê, rio Guaió, rio Taiaçupeba, ribeirão do Uma, rio Jaguari e córrego Balainho.

A bacia do Tietê Leste (com 62,2 km^2), em Suzano, subdivide-se em [18]:

- Sub-bacia do Ribeirão Jaguari;
- Sub-bacia dos tributários do Tietê Leste I;
- Sub-bacia dos tributários do Tietê Leste II;
- Sub-bacia dos tributários do Tietê Leste III;
- Sub-bacia do ribeirão Varginha;
- Sub-bacia do Guaió;
- Sub-bacia do Taiaçupeba II.

A bacia do Taiaçupeba, com 108,1 km², divide-se em:

- Sub-bacia do rio Taiaçupeba I;
- Sub-bacia do ribeirão Balainho;
- Sub-bacia do rio Taiaçupeba-Mirim.

A bacia do Guaió tem 26,2 km².

O abastecimento do município é realizado pelo distribuidor principal do

Sistema Alto Tietê e Alça Suzano/Bráz Cubas e possui uma reserva com capacidade de 10.000m^3[15].

O município de Suzano está inserido no sistema integrado de tratamento de esgotos da região metropolitana de São Paulo e conta com a Estação de Tratamento de Esgoto de Suzano desde 1982. A coleta de esgotos em 2009 foi de 82% [16].

No caso da fábrica em questão, a água utilizada no processo é tratada em Estações de Tratamento de Água (ETA) próprias. Em 2009, o consumo de água foi de 24.108.936m^3[17], correspondendo a uma retirada de água de 3,03% do rio Tietê.

O tratamento de efluentes é realizado na própria fábrica em Estações de Tratamento de Efluentes (ETE). Em 2009 foram gerados 24.952.374m^3 [15] de efluentes.

O município de Suzano pertence ao UGRHI 6, composto de 34 municípios que concentram 47,4% da população do estado, sendo que 96% dos habitantes vivem em áreas urbanas.

Na figura 15 podemos verificar as sub-bacias que compõem a Bacia de Alto Tietê.

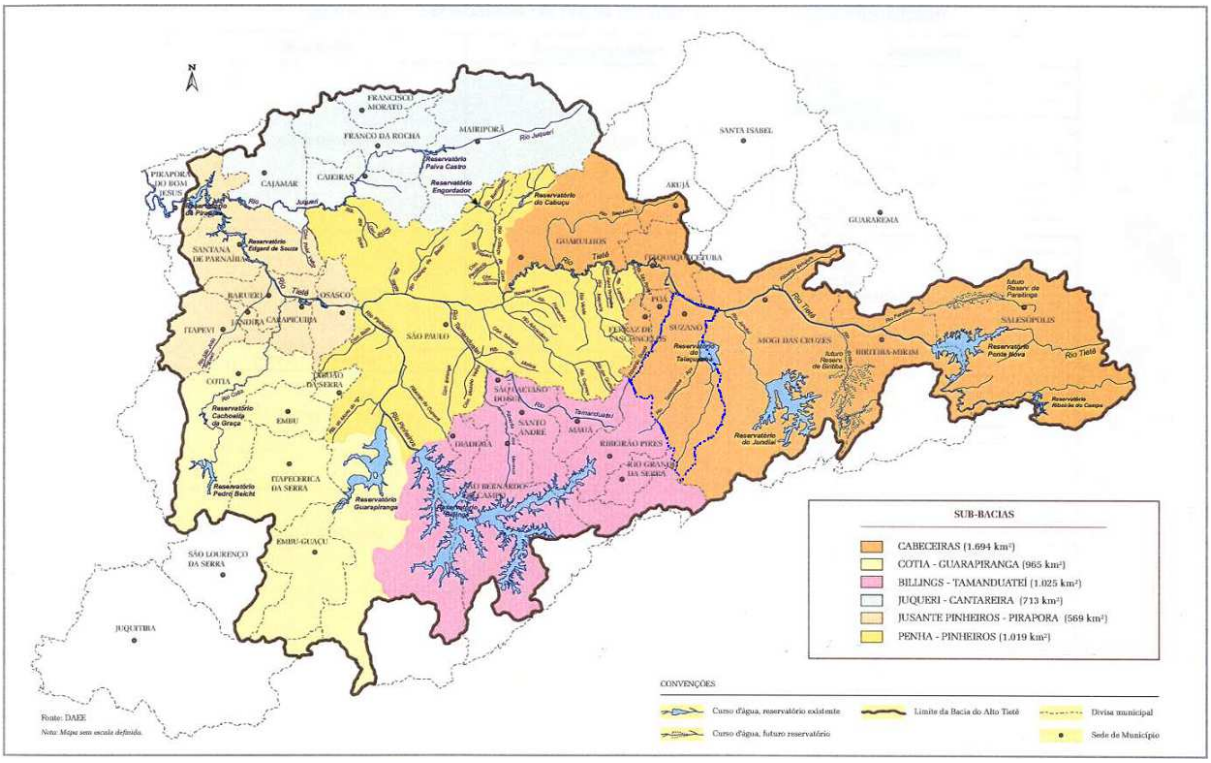


Figura 15 – Bacia do Alto Tietê

Fonte: [29]

4.4.1 Águas superficiais – qualidade

Na figura 16 podemos verificar a rede de monitoramento da rede básica da UGRHI 6. O município de Suzano possui quatro pontos de amostragem.

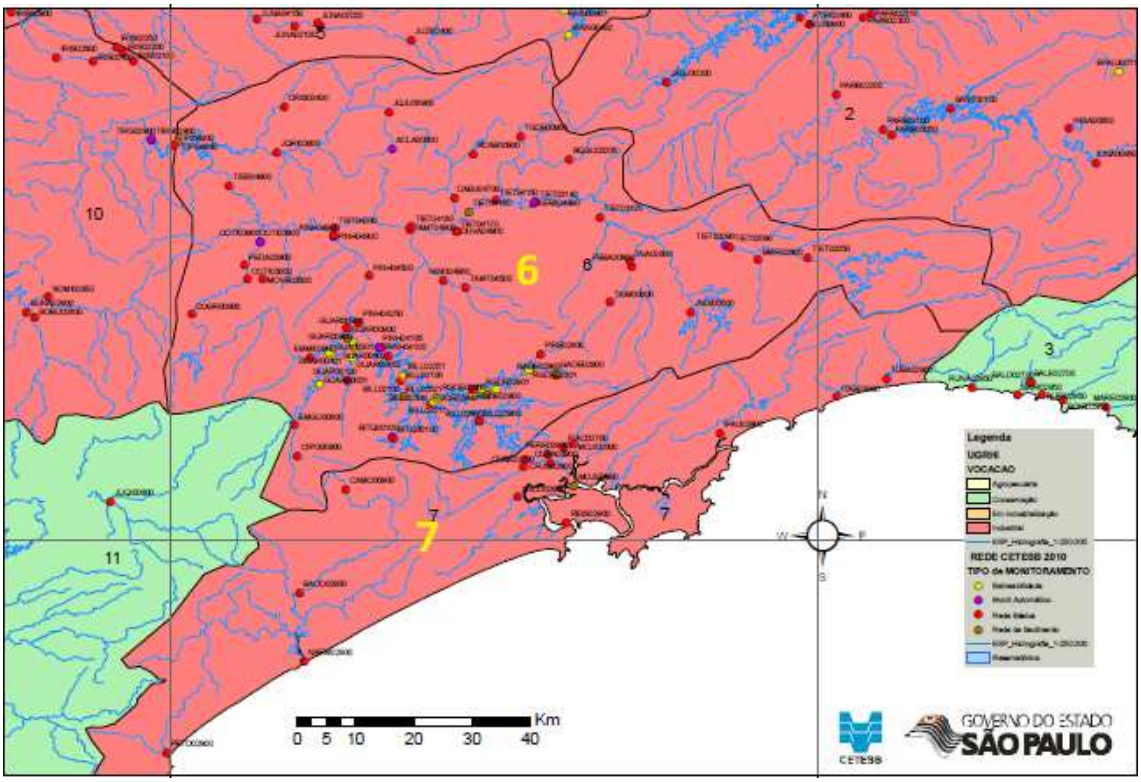


Figura 16 – Rede de monitoramento da rede básica UGRHI 6 e 7
Fonte: [36]

O IQA indica o impacto do lançamento de esgotos predominantemente domésticos no corpo d'água. Na Figura 17, é possível observar uma piora sensível no índice no trecho crítico (Suzano a Botucatu)(cores vermelho, lilás e amarelo. Também podemos verificar pela mesma figura que em Suzano houve uma pequena melhora em relação ao ano passado.(em cinza temos o histograma da média de 2010)

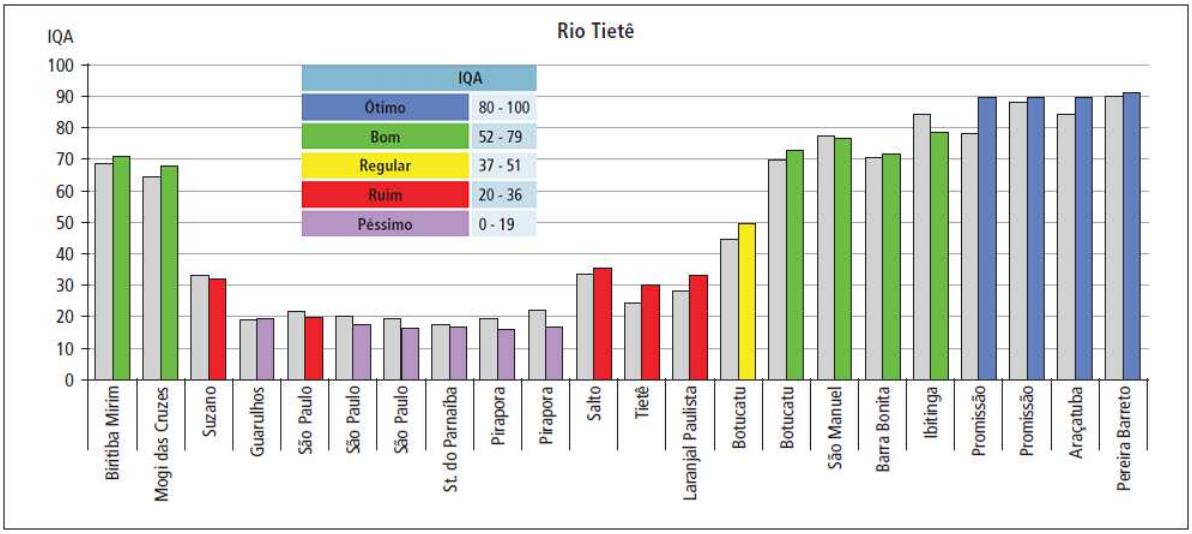


Figura 17 – Perfil do IQA ao longo do rio Tietê em 2011
Fonte: [36]

4.4.2 Águas subterrâneas – qualidade

A qualidade das águas subterrâneas é monitorada através de uma rede de monitoramento (figura 18). As águas subterrâneas representam um dos mais importantes recursos naturais devido à utilização para o atendimento atual e futuro de diversas demandas de uso. Deste modo é importante monitorar sua qualidade.

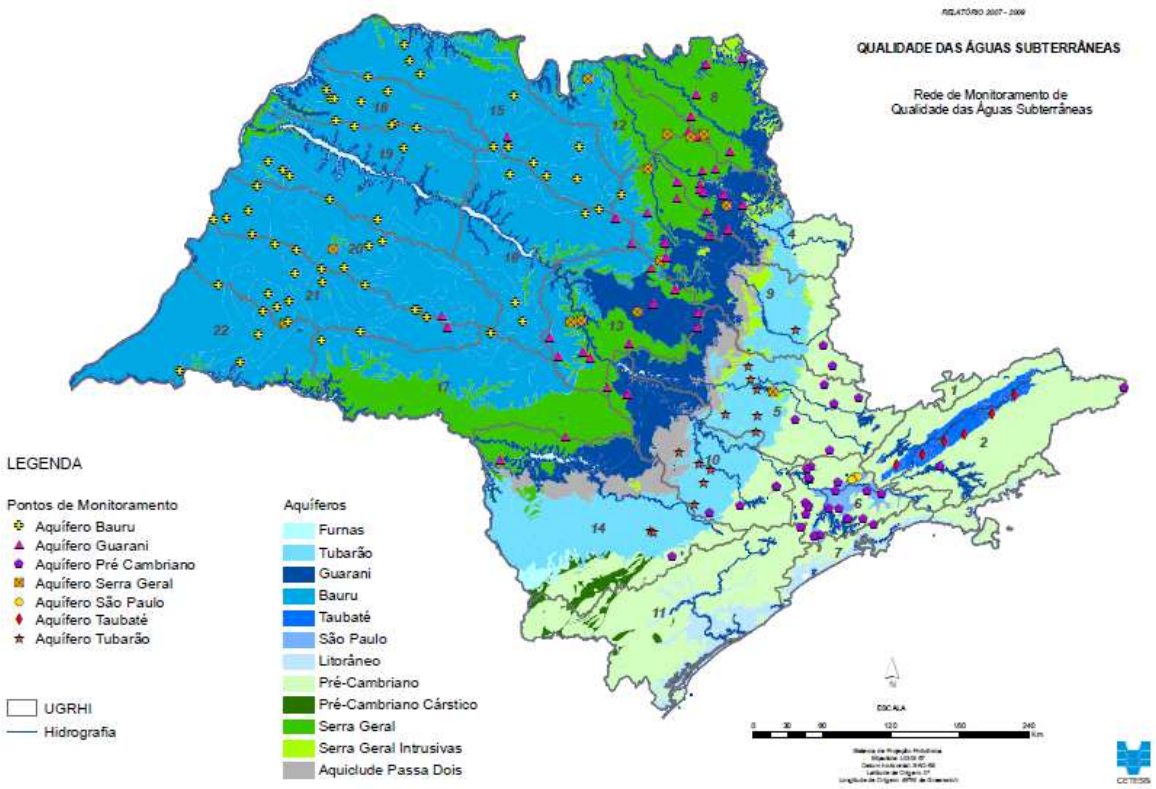


Figura 18 – Rede de monitoramento e seus aquíferos

Fonte: [35]

Na figura 19 podemos verificar vários dados relativos a qualidade de águas superficiais em Suzano.

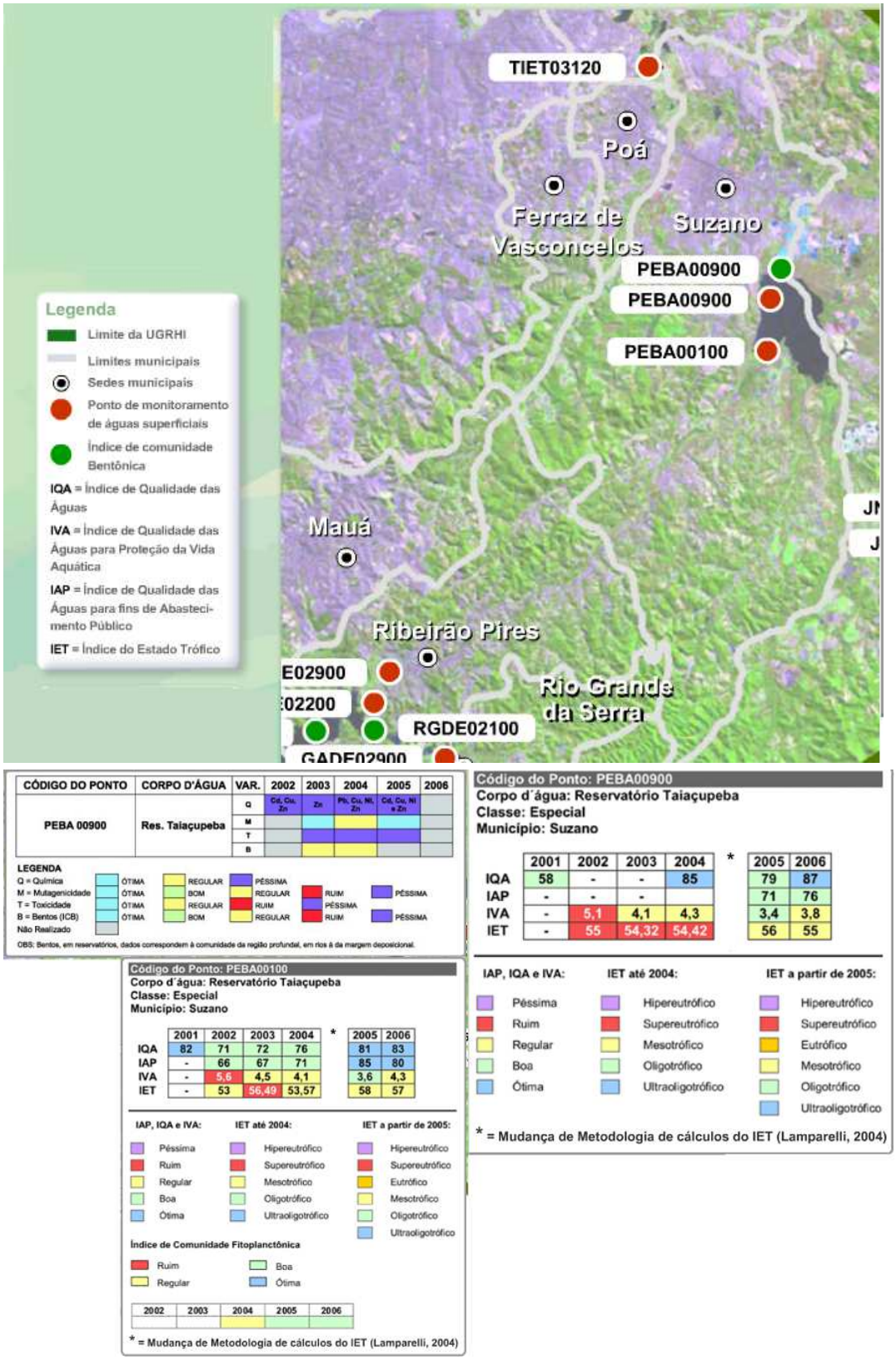


Figura 19 – Mapa de qualidade das águas superficiais em Suzano

Fonte: [34][2007]

Também se pode verificar a situação do uso das águas subterrâneas do estado de São Paulo na figura 20:

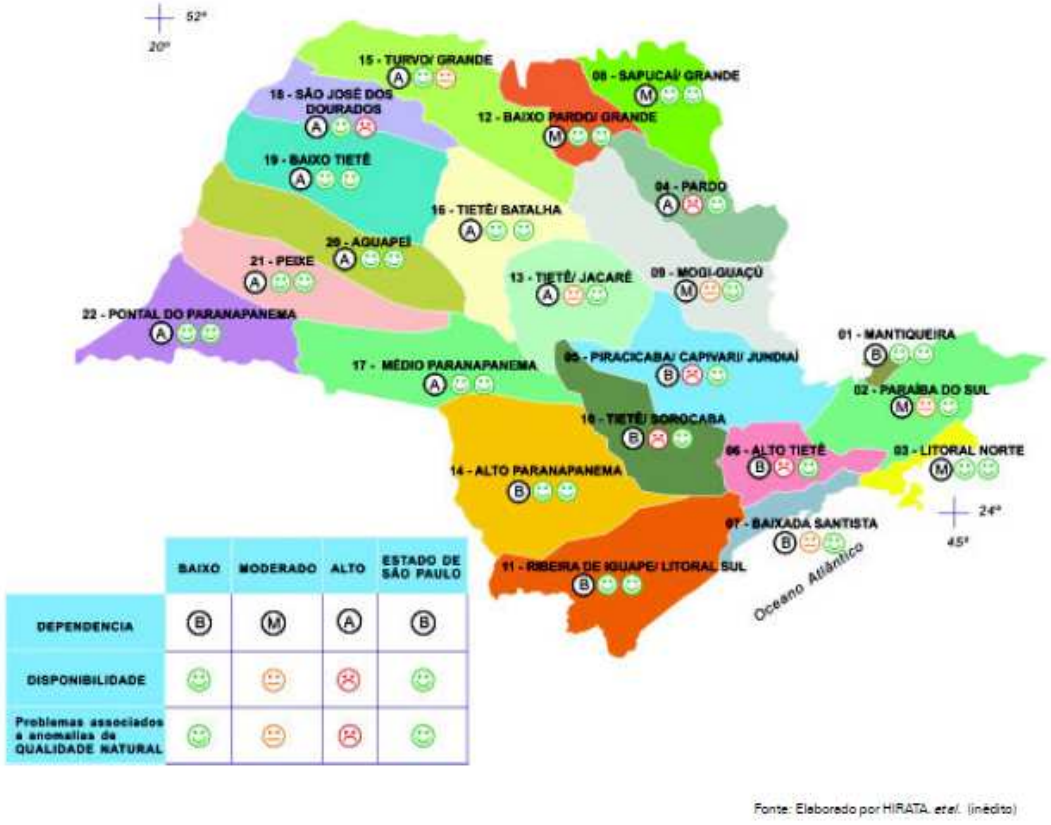


Figura 20 – Situação das águas subterrâneas
Fonte: [30][2005]

4.5 Inventário do meio antrópico

4.5.1 Histórico da região

A colonização no estado de São Paulo começou em 1532, quando Martim Afonso de Souza fundou a povoado que iria transformar-se na Vila de São Vicente. Dando continuidade à exploração, um grupo de jesuítas, do qual participaram José de Anchieta e Manoel da Nóbrega, escalou a Serra do Mar, chegando ao Planalto de Piratininga, onde fundaram um colégio em 25 de janeiro de 1554.

Na segunda metade do século XVII, começaram as viagens de reconhecimento ao interior do país pelos bandeirantes. Ao longo de todo o século XVIII, continuaram as expedições, contribuindo para a ampliação do território brasileiro a sul e sudoeste, além das linhas do Tratado de Tordesilhas.

Em 1815, a cidade se transformou em capital da Província de São Paulo. No final do século XIX São Paulo, tornou-se um importante centro econômico com a expansão da cafeicultura. Durante esse período e início do século XX, inicia-se a corrida para o oeste, em busca de terras férteis para as novas plantações de café.

Os primeiros registros sobre as terras que hoje constituem Suzano datam de 1874 ou 1875, quando foram implantados os trilhos da Estrada de Ferro São Paulo-Rio de Janeiro, levando indícios de civilização à região. Alguns anos mais tarde, em 1879, no desempenho de suas funções, Antonio Marques Figueira, feitor da Estrada de Ferro Central, estabeleceu-se na região.[19]

Em 1890 foi solicitada a elaboração da planta da cidade, trabalho executado pelo conde de Romariz, e, consolidando a implantação desse novo povoado, os irmãos Figueira construíram uma igreja, tendo a 20 de janeiro de 1897, data consagrada a São Sebastião, celebrado sua primeira missa. Daí então, a vila passou a ser conhecida por “São Sebastião do Guaió”. [19]

A Estrada de Ferro Central do Brasil foi inaugurada em 1875, ligava a cidade de São Paulo a Mogi das Cruzes e possuía somente as estações de Lajeado, atual Guaianases, e Parada Piedade. Com o aumento do fluxo migratório ao redor da ferrovia, surgiram novos bairros, como o Rio Abaixo e o Palmeiras, além dos que já existiam: Baruel e Guaió. Na década de 1890, com o advento da República no Brasil, os moradores da Vila do Guaió decidiram que a velha parada de reabastecimento fosse transformada em estação para embarque e desembarque de passageiros. O

trabalho de viabilização desse projeto ficou a cargo do senhor Joaquim Augusto Suzano Brandão, engenheiro residente da Estrada de Ferro Central do Brasil que concretizou a obra. Em dezembro de 1907, a Parada Piedade passou a chamar-se Estação Suzano, homenagem a seu idealizador, que acabou emprestando seu nome também à cidade. [19]

Devido aos constantes desenvolvimentos e aumento da população, justificou-se a elevação para a categoria de distrito, anexo ao município de Mogi das Cruzes, em 27 de dezembro de 1919, segundo determinação da Lei Estadual n º 1705, promulgada pelo então presidente do estado Dr. Altino Arantes.

Finalmente, a 8 de dezembro de 1948, foi promulgada a Lei 233 (que entrou em vigor em 1º de janeiro de 1949) pelo então governador do estado doutor Adhemar Pereira de Barros, pela qual, dentre outros municípios, Suzano atingiu a condição de município autônomo, com direito a dirigir a sua própria política, procurando o seu desenvolvimento. [19]

O aniversário do município é comemorado no dia 2 de abril, data que coincide com a posse do primeiro prefeito do município. [19]

4.5.2 Aspectos demográficos

As unidades territoriais de pesquisa adotadas são as definidas pelo IBGE, onde as menores unidades de dados são os Setores Censitários. Das unidades intermediárias que o IBGE adota, entre os setores censitários e o município, estão os distritos. Dessa forma, o município é dividido em três distritos: Centro, Boa Vista e Palmeiras (figura21).

Figura 21 – Divisão de distritos do município de Suzano segundo Censo de 2000
Fonte: [19]

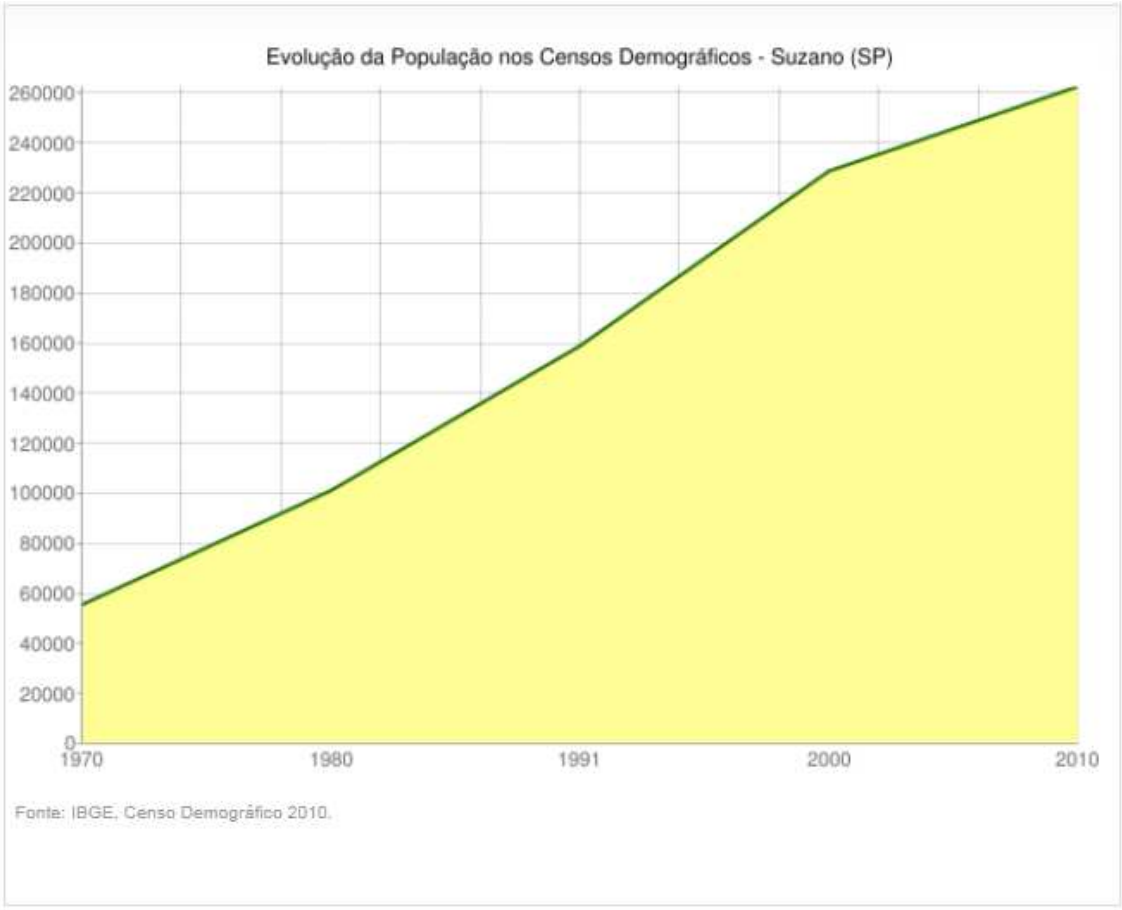


Figura 22 – Evolução da população de 1970 a 2010
Fonte: [14]

É um município na região metropolitana do estado de São Paulo. Sua população em 2011 [13] é de 265.687 habitantes e com área de 205,87 km^2, resultando numa densidade demográfica de 1.290,56 hab./km^2 (2011) e grau de urbanização de 96,48%. Possui uma taxa de crescimento populacional (2000-2011) de 1,40% ao ano e uma taxa de natalidade (por mil habitantes, em 2009) de 16,82. Na figura 22 acima podemos verificar um gráfico mostrando e evolução da polulação entre os anos de 1970 a 2010.

O gráfico a seguir (figura 23) mostra a pirâmide etária e sexo. Podemos verificar as diferenças entre os anos de 2000 e 2010 e comparar com os gráficos do estado de São Paulo. Através destes gráficos, pode-se verificar que o município de

Suzano se aproximou da distribuição do estado de São Paulo.

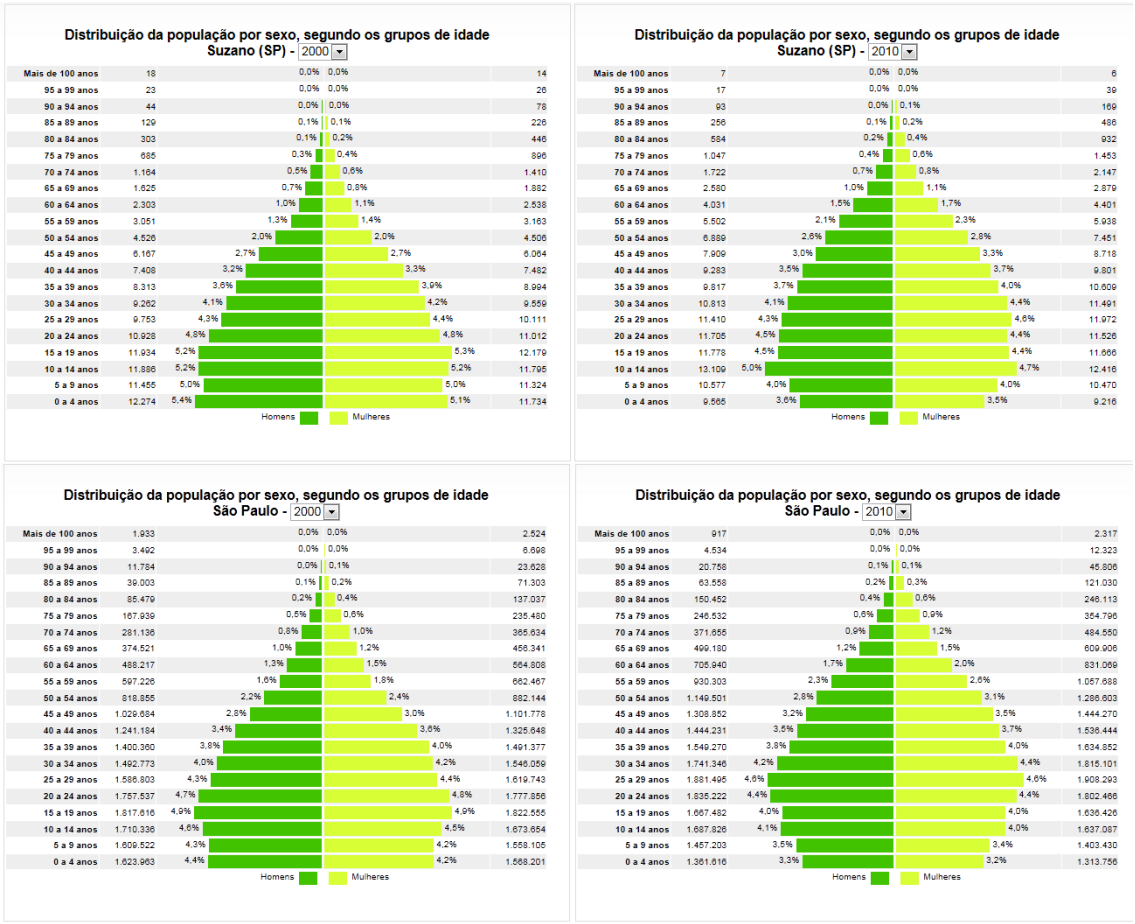


Figura 23 – Distribuição da população por sexo, município de Suzano, na parte superior, e estado de São Paulo, na parte inferior.

Fonte: [14]

A população de Suzano está distribuida em 3,5 % na área rural e 96,5 % na área urbana.(figura 24)

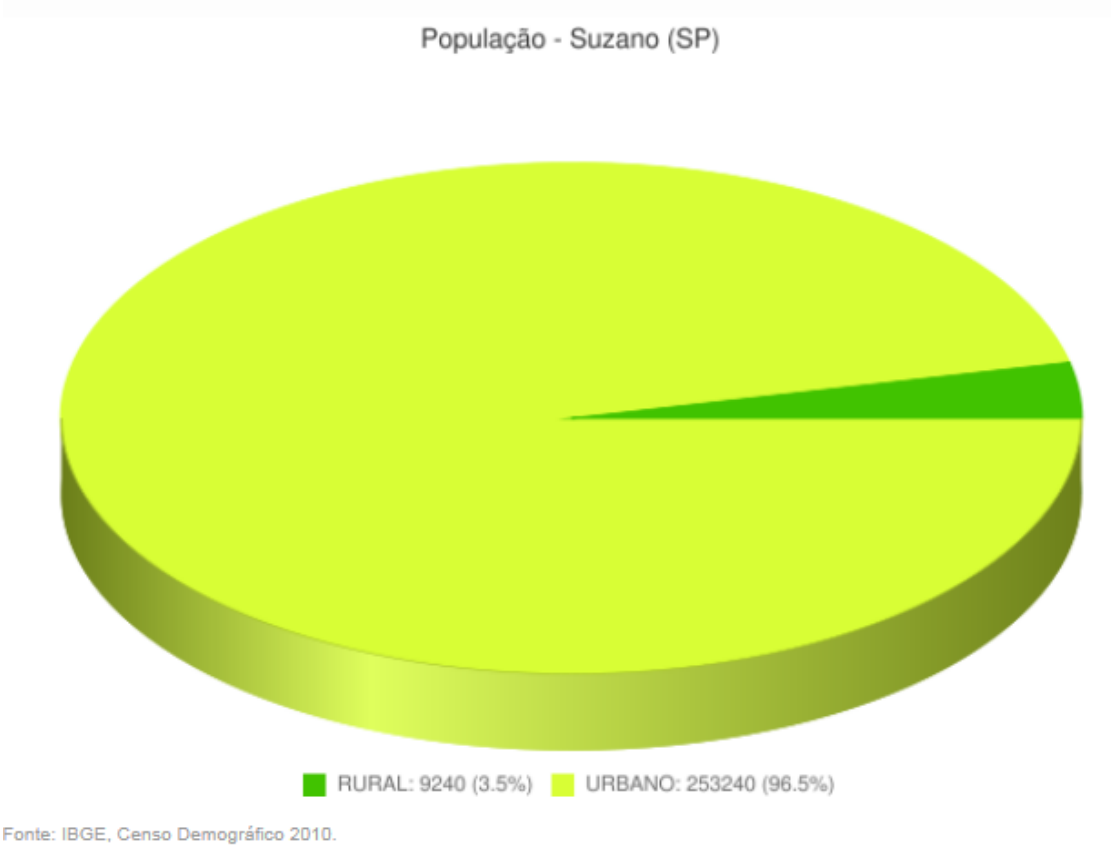


Figura 24 – Distribuição da população entre rural e urbano
Fonte: [14]

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH em 2000) era 0,775. O nível de atendimento de coleta de lixo atinge 97,21% (2000). A taxa de analfabetismo da população de 15 anos e acima é de 7,96% (2000). Suzano adquiriu a condição de município por meio de sua emancipação de Mogi das Cruzes em 8 de dezembro de 1948.

4.5.3 Aspectos econômicos

Seu PIB [14] em 2007 era de R$ 5.321,20 milhões, com PIB per capita de R$ 19.797,83. Sua região abriga 563 indústrias e 5.274 empresas. Dessas indústrias,

12 são de grande porte, que geram 10 mil empregos diretos e 3.327 indiretos, destacando a produção de medicamentos, papel e celulose, máquinas e rolamentos. Ela é umas das 20 cidades que mais arrecadam ICMS no estado de São Paulo.

Tem localização próxima dos portos de Santos e São Sebastião, aeroportos de Congonhas e Cumbica, além de cidades e regiões economicamente fortes como Vale do Paraíba, Grande ABC, capital e Guarulhos. Possui duas ferrovias que contribuem para o desenvolvimento da região do Alto Tietê. Pode ser acessado por importantes rodovias, como Ayrton Senna da Silva, Índio Tibiriçá (SP-31) e Henrique Eroles (SP-66), e através de linha férrea pela Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM).

Pela figura 25 abaixo podemos verificar sua localização dentro da região metropolitana de São Paulo

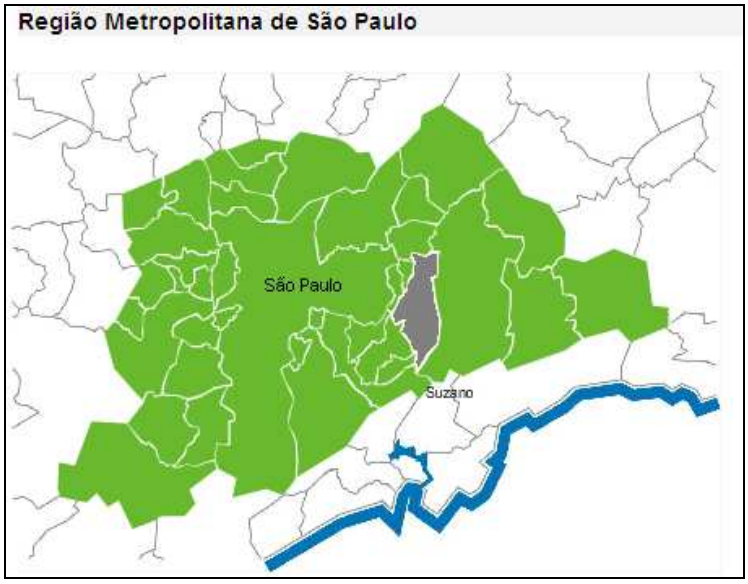


Figura 25 – Região metropolitana de São Paulo e o município de Suzano
Fonte: [26]

5. Listagem e seleção dos recursos

A listagem dos recursos energéticos visa identificar todos os que são passíveis de uso ao longo do horizonte de planejamento, independente de características tecnológica e econômica ou de sua aceitação pela sociedade ou especialistas. Para este trabalho, foram listados os Recursos Energéticos do Lado da Oferta – RELOs. Os RELOs são caracterizados, na metodologia do PIR, tanto a fonte como a tecnologia.

A energia utilizada numa indústria de celulose é gerada por diversas fontes, como podemos verificar pela figura 26 e tabela 13.

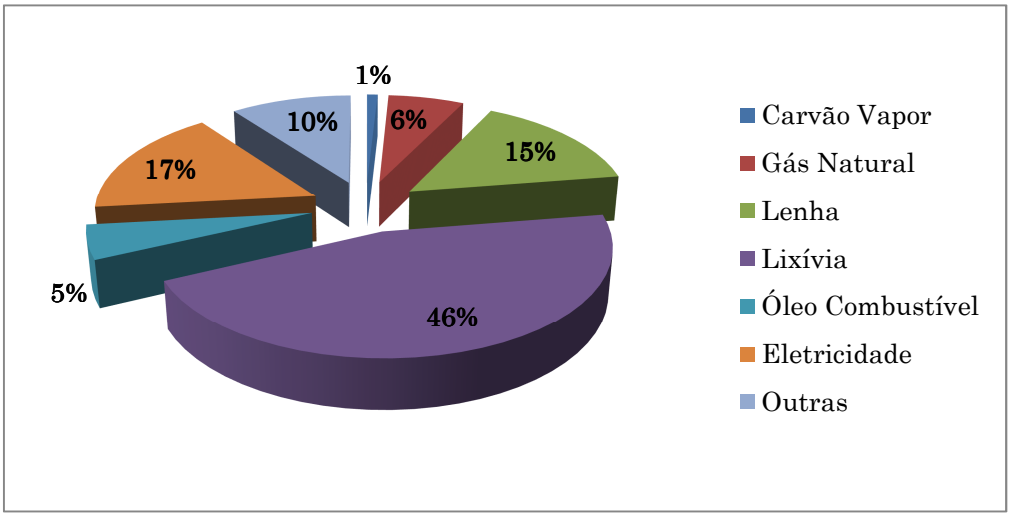


Figura 26 – Matriz energética do setor em 2009

Fonte: [11]

Tabela 13 – Consumo de energia direta e indireta (GJ) no setor de papel e celulose

Energia térmica não renovável	**2009**	**2010**
Gás natural	82.210.313,80	93.518.278,60
Óleo diesel	2.749.959,90	2.065.358,10
Carvão mineral	4.951.165,10	4.721.470,20
Óleos combustíveis	20.226.590,60	20.789.189,30
Subtotal térmica renovável	110.138.029,40	121.094.292,20

Energia térmica renovável	**2009**	**2010**
Licor Preto	201.639.651,10	216.622.133,90
Biomassa florestal	59.666.741,70	56.939.449,12
Tall oil	24.059,00	-
Lenha	2.756.434,40	2.387.872,40
Subtotal energia térmica renovável	264.084.886,20	275.949.455,40
Total de energia térmica	374.224.915,60	397.043.747,60
Energia elétrica gerada	21.184.103,80	22,846.554,9
De origem na queima de combustível renovável	89,40%	90,30%
De origem na queima de combustível não renovável	10,60%	9,70%
Energia elétrica consumida	34.902.006,20	37.210.352,20
Energia elétrica vendida	123.155,90	154.009,20
Total de energia elétrica comprada	13.717.902,40	14.363.797,20

Fonte: [40][2010]

Além das tecnologias tradicionais, tecnologias mais eficientes para produção de eletricidade a partir de biomassa vêm sendo desenvolvidas em vários países. Uma dessas tecnologias é a gaseificação de biomassa, que também é tema desta dissertação de mestrado.

5.1 Gaseificação de biomassa

Pode-se gerar eletricidade através da biomassa de três formas básicas: combustão direta, gaseificação e pirólise. Destas, as duas últimas são mais complexas, possuem maior rendimento e poluem menos. A gaseificação é a combustão parcial de resíduos sólidos para gerar um gás combustível que contenha monóxido de carbono, hidrogênio e hidrocarbonetos gasosos. Os gases produzidos

possuem muitas aplicações, tais como em motores de combustão interna, turbinas a gás, gás de síntese e, futuramente, células de combustível, o que o torna versátil quanto ao uso do combustível gerado.

É uma tecnologia conhecida há mais de um século, utilizada principalmente durante a Segunda Guerra Mundial, mas que caiu no esquecimento logo após o término da guerra devido ao baixo preço do petróleo. Só após a crise do petróleo seu interesse foi renovado, que sofreu novo golpe durante o final da década de 1980 e início de 1990 com a nova queda do preço do petróleo. No final da década 1990, devido, agora, a maior importância a questões ambientais, as pesquisas foram retomadas.

Existem diferentes tipos de gaseificadores baseados em seu formato e tipo de combustível. Gaseificadores portáteis são os mais indicados para veículos automotivos, enquanto que os estacionários são amplamente utilizados na área rural de países desenvolvidos. É uma tecnologia mais limpa, já que traz impactos positivos ao meio ambiente, das quais pode ser destacada a absorção do carbono da atmosfera, trazendo um balanço neutro do carbono durante o processo de produção de energia elétrica e contribuindo para a redução do efeito estufa.

5.1.1 Histórico

A história da gaseificação data por volta do século XVII. Desde a concepção da ideia, a gaseificação tem passado por várias fases de desenvolvimento. O cronograma do desenvolvimento da tecnologia segue abaixo:

1669 Thomas Shirley conduziu experiências rudimentares com hidrogênio carbonado.

1788 Robert Garder obteve a primeira patente com relação à gaseificação.

1792 Primeiro uso confirmado do gás. Mordoc usou o gás gerado do carvão para

iluminar os quartos de sua casa. Desde então, por vários anos o gás de carvão tem sido usado para cozinhar e aquecer.

1812 Desenvolvido o primeiro gaseificador usando óleo como combustível.

1840 Primeiro gaseificador comercial usado, produzido na França, por Ebelman.

1861 Grande salto tecnológico com a introdução do gaseificador da Siemens. Esse gaseificador foi considerado a primeira unidade a funcionar com êxito.

1900 Primeiro gaseificador de 600hp exibido em Paris. Depois, motores acima de 5400 hp foram postos em serviço.

1930 A Alemanha nazista acelerou os esforços para converter os veículos existentes em veículos movidos a gás (figura 27) como parte do plano nacional de segurança e independência dos óleos importados.

1930 Começa o desenvolvimento de pequenos carros e gaseificadores portáteis. A Grã-Bretanha e o governo francês sentiram que carros movidos a gás de carvão são mais vantajosos em suas colônias, onde o suprimento de gasolina era escasso e a madeira prontamente disponível poderia ser convertido em carvão.

Figura 27 – Automóvel movido a biomassa

1939 Mais de 25.0000 veículos foram registrados na Suécia, 90% deles foram convertidos em veículos movidos a gás. Quase todos os tratores eram operados a gás. 40% do combustível utilizado era madeira e restos de carvão.

Pós 1945 Depois do fim da Segunda Guerra Mundial, com abundância de gasolina e diesel disponível a baixos custos, a tecnologia de gaseificação perdeu sua glória e importância.

1950-1970	Durante essas décadas, a gaseificação se tornou “uma tecnologia esquecida”. Muitos governos na Europa sentiam que o consumo da madeira nas taxas atuais iria reduzir as florestas, criando severos problemas ambientais.
1973-1984	Mudanças da política comercial do petróleo fazem que sejam retomadas as pesquisa na área da gaseificação.
Pós 1984	Final da década de 1980 e início de 1990, devido à queda do preço do petróleo e às descobertas de novas reservas, as pesquisas sofrem um novo refluxo.
Pós 1990	Final da década de 1990 e começo do século XXI, problemas relativos à questão ambiental e maior preocupação incentivam a retomada da pesquisa em processos de gaseificação utilizando combustíveis renováveis.

5.1.2 Aspectos termodinâmicos e químicos da gaseificação

A gaseificação é um processo complexo, durante o qual o combustível passa pelas seguintes etapas:

- Oxidação da biomassa por um agente gaseificador, normalmente oxigênio ou ar;

C	+	O_2	$\rightarrow$	CO_2	exotérmica
2C	+	O_2	$\rightarrow$	2CO	exotérmica

- Aquecimento da biomassa e evaporação da umidade;

- Pirólise através do aumento da temperatura; neste processo resulta da transformação do alcatrão e produtos gasosos;

- Redução dos componentes gasosos produzidos durante as etapas anteriores; as principais reações seguem abaixo:

C	+	H_2O	$\rightarrow$	CO	+	H_2	endotérmica
C	+	CO_2	$\rightarrow$	2CO			endotérmica
C	+	$2H_2$	$\rightarrow$	CH_4			exotérmica
CO	+	H_2O	$\rightarrow$	CO_2	+	H_2	exotérmica

As reações exotérmicas fornecem energia para as reações endotérmicas na forma de calor. Quando um gaseificador está funcionando em pressão atmosférica com ar como oxidante, os produtos finais do processo de gaseificação são gases de baixo poder calorífico, que normalmente contêm 10% de CO_2, 20% de CO, 15% H_2 e 2% de CH_4, sendo o resto N_2, coque e componentes inertes, ácidos pirolenhosos (essa composição pode variar de acordo com o tipo de combustível e condições de operação, a figura 28 mostra um composição típica deste gás combustível).

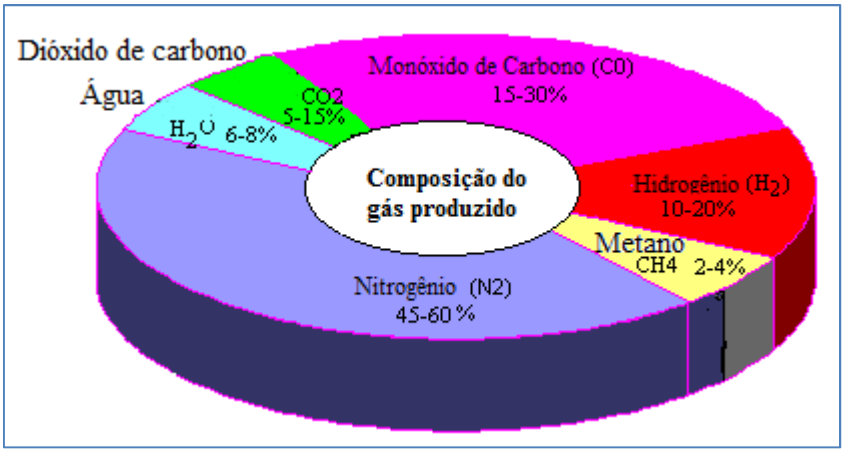


Figura 28 – Composição do gás combustível

Devido ao nitrogênio do ar de entrada, esse gás de baixo poder calórico tem um conteúdo energético de aproximadamente 5600 KJ/m³. O funcionamento dos gaseificadores refinados a ar é bastante estável, barato e seguro, produzindo uma quantidade de gás constante em uma ampla gama de taxas de ar de entrada. Quando se usa oxigênio puro como oxidante em vez do ar, pode-se produzir um gás com poder calorífico médio, com conteúdo energético de aproximadamente 11.200 KJ/m³.

A maneira usual de classificação dos diversos tipos disponíveis de gaseificadores é feita em função do comportamento do leito da matéria a ser gaseificada. Uma subdivisão pode ser feita em função do movimento relativo do insumo, do agente oxidante e dos gases produzidos.

A seguir, uma figura mostrando o range de aplicação para diferentes tipos de gaseificação.

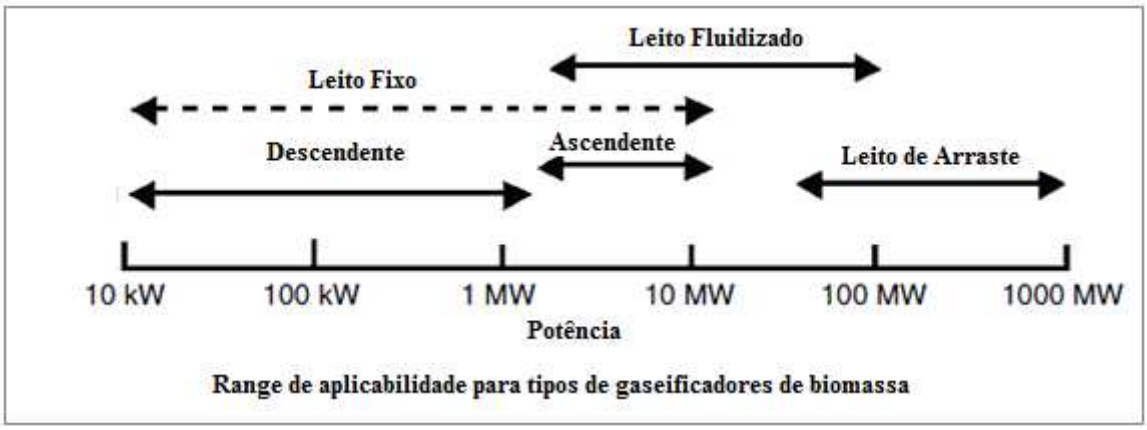


Figura 29 – Faixa de aplicação para diferentes tipos de gaseificadores de biomassa
Fonte: [8]adaptado

5.1.3 Gaseificação em leito fixo

A gaseificação em leito fixo, na qual a matéria a ser gaseificada só se move por ação da gravidade, é uma técnica adequada para a conversão de quantidades relativamente pequenas de biomassa. Esses gaseificadores são construídos em um leito fixo, onde todo combustível é suportado por uma grelha (também pode ser chamado de leito móvel, pois o combustível se move para baixo). Gaseificadores de leito fixo, de fluxo ascendente, poderiam, em princípio, ser desenvolvidos para maiores capacidades, mas essa não tem sido a tendência. É importante notar que a facilidade com que uma tecnologia pode ser desenvolvida em sua escala (scaling-up) é uma das questões de maior importância em todos os processos de conversão energética da biomassa. Na geração de energia elétrica, gaseificadores de leito fixo têm sido empregados na alimentação de motores de combustão interna, em sistemas de capacidade entre 100 kW e 10 MW.

5.1.3.1 Fluxo ascendente ou contracorrente (Updraft)

São gaseificadores de tecnologia antiga e relativamente simples. Gaseificadores de fluxo ascendente (o oxidante é introduzido por baixo e o gás produzido sai pela parte superior)(figura 30) produzem gases com pouco particulado, mas com altos teores de alcatrão (10 a 20%). No caso de aplicações em motores de combustão interna, turbinas ou para geração de gás de síntese, o alcatrão deverá ser removido. Rajadas de ar e vapor são injetadas para manter as cinzas abaixo da temperatura de fusão e facilitar a conversão de carvão. O gás produzido nesse processo tem baixas velocidade e temperatura. A baixa temperatura de operação cria uma quantidade considerável de óleo condensado e alcatrão no gás produzido. Entretanto, o efeito filtrante do leito e a baixa velocidade de vapor produzem um gás com baixa concentração de partículas sólidas. Requer uma grande, densa e quantidade uniforme de combustível.

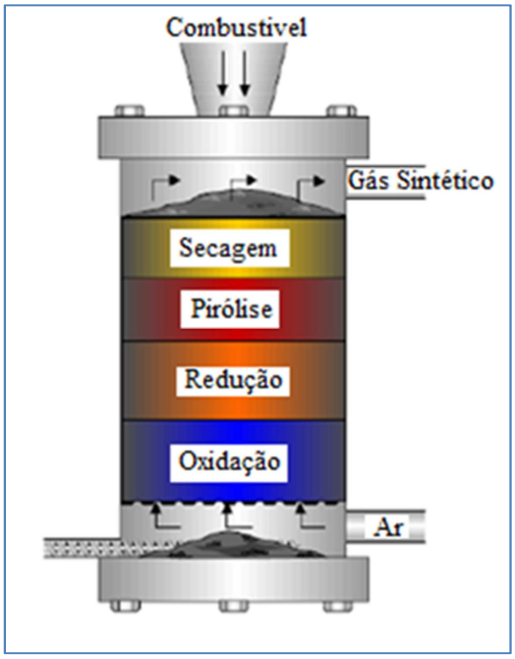


Figura 30 – Gaseificador fluxo ascendente

Fonte: [62] [2008]adaptado

5.1.3.2 Fluxo descendente ou co-correntes (Downdraft)

Gaseificadores de fluxo descendente (oxidante e gás produzido fluem para baixo) (figura 31) produzem gases com baixos teores de alcatrão e de material particulado; exigem combustíveis com baixa umidade. O baixo rendimento, a dificuldade de manuseio e as cinzas geradas são problemas comuns em pequenos gaseificadores descendentes. Produzem gases com temperaturas elevadas, caso esse calor não seja aproveitado ele é perdido. É mais indicado para motores a combustão interna do que gaseificadores ascendentes. Ele foi largamente utilizado durante a Segunda Guerra Mundial em veículos automotivos.

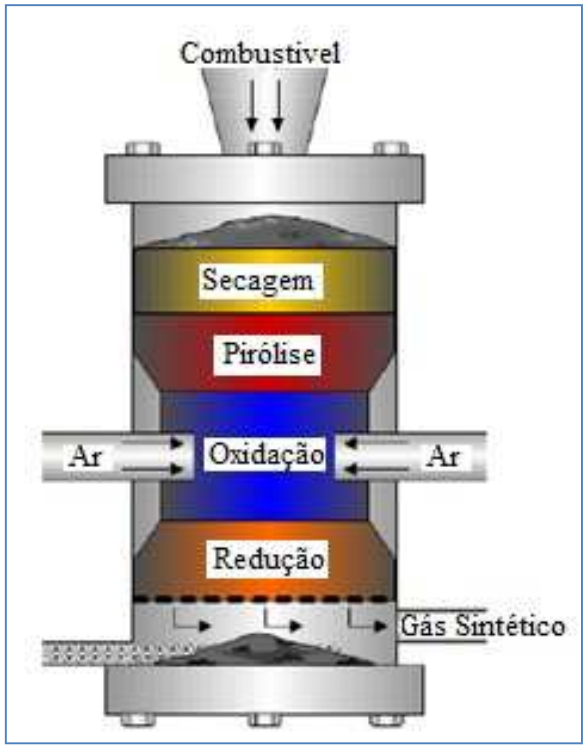


Figura 31 – Gaseificador leito descendente
Fonte: [62] [2008] adaptado

5.1.4 Gaseificação de leito fluidizado (Circulating fluidesed bed-CFB)

Gaseificadores de leito fluidizado têm sido utilizados na conversão termoquímica da turfa já há muitos anos, mas ainda não existe muita experiência na conversão da biomassa, pelo menos em grande escala. Nos equipamentos desse tipo, emprega-se um material como meio fluidizante (figura 32), que arrasta consigo a biomassa, aumentando o contato desta com o elemento oxidante e, consequentemente, aumentando as taxas de reação.

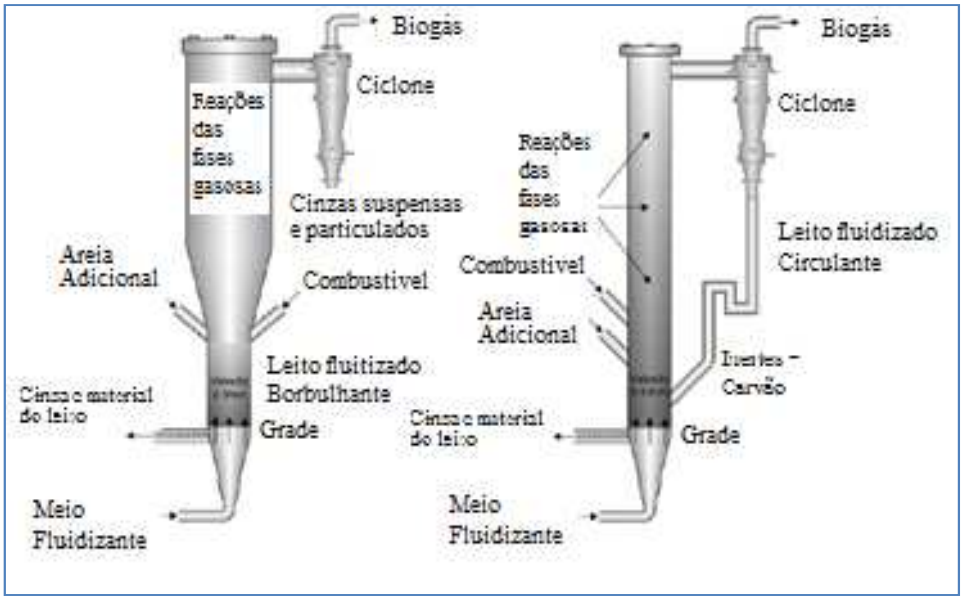


Figura 32 – Gaseificador leito fluidizado
Fonte: [62][2008]adaptado

Gaseificadores de leito fluidizado são mais adequados à conversão de uma maior quantidade de biomassa; sistemas com capacidade entre 10 e 20 toneladas de biomassa por hora já são operacionais.

São também mais flexíveis quanto as características do insumo, podendo ser empregados na conversão de biomassa com mínimas necessidades de processamento anterior à alimentação. Em função dessas vantagens (além do controle mais fácil), é o princípio que tem sido empregado em quase todos os

projetos de desenvolvimento de sistemas IGCC (sigla em inglês para “gaseificação integrada a ciclos combinados”). Por outro lado, além dos maiores custos operacionais, os problemas de adequação dos gases quanto a sua qualidade tendem a ser maiores. Em função da própria natureza do processo, a quantidade de material particulado arrastada tende a ser maior; um segundo aspecto é que a maior temperatura de saída dos gases permite que os álcalis saiam ainda na fase gasosa, impondo dificuldades adicionais à limpeza.

Há dois modos de fornecer calor: direto e indireto. No fornecimento de calor direto, o calor requerido para a gaseificação vem da combustão do carvão no reator. No modo indireto, o carvão removido do gaseificador é queimado num recipiente separado. A vantagem é que os subprodutos da queima do carvão não se misturam com os produtos da gaseificação.

5.1.5 Gaseificação de leito de arraste (Entrained Flow)

Nos gaseificadores de leito de arraste(figura 33), a biomassa seca (ou líquida) é injetada junto com uma quantidade relativamente alta de oxigênio e/ou vapor pressurizado. Esses tipos de gaseificadores foram desenvolvidos para carvão e poucos testes foram realizados com biomassa, sendo que o custo elevado para preparar o combustível e a vida útil do refratário é umas das principais razões [2]. Uma chama turbulenta no topo do gaseificador queima alguma biomassa, provendo grande quantidade de calor, à alta temperatura (1.200 a 1.500 °C), para rápida conversão da biomassa para um gás de alta qualidade. A cinza funde nas paredes do gaseificador e é eliminada como escória fundida.

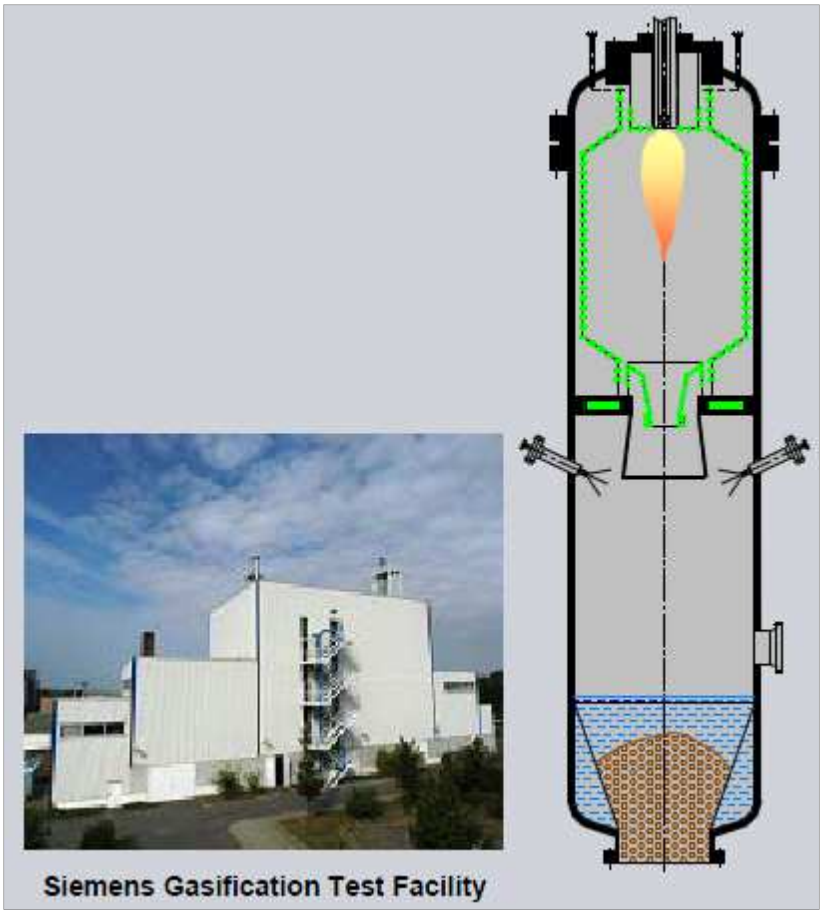


Figura 33 – Gaseificador leito de arraste

Fonte: [4]

5.1.6 Gaseificação do licor negro

Gaseificadores de licor negro vêm sendo desenvolvidos como tecnologia em substituição às caldeiras Tomlinson (tecnologia que vem sendo utilizada nas caldeiras de recuperação tradicionais existentes), e vários conceitos têm sido propostos. Sérios esforços para a comercialização de dois desses conceitos estão sendo empregados através de iniciativas tipo joint entre indústrias e governos. Os dois são distintos em relação aos conceitos de sua temperatura de operação [1].

Gaseificação à alta temperatura, em desenvolvimento por uma empresa Sueca (Chemrec), possui uma tecnologia similar ao gaseificador de carvão tipo fluxo de arraste. Esse conceito opera sobre elevadas pressões com oxigênio usado como

oxidante parcial do licor negro. Devido à alta temperatura de operação (950 a 1.000 °C), o material inorgânico do licor negro sai como smelt (materia fundente resultante da queima do licor negro). O oxigênio utilizado seria proveniente da mesma fonte de outros processos da fabricação de celulose (como tratamento de efluentes, branqueamento etc.). Foi dado início a uma planta piloto, em 1994, na Suécia [1].

Gaseificação a baixa temperatura, próximas à pressão atmosférica, tem sido desenvolvida por uma empresa americana (Thermochem Recovery International). Esse conceito utiliza o aquecimento indireto do licor negro num gaseificador de leito fluidizado. O gás produzido por esse processo é mais rico em hidrogênio do que o processo à alta temperatura, além de possuir poder calorífero relativamente maior comparado com o processo à alta temperatura. Devido à temperatura moderada dentro do reator (aproximadamente 600 °C), o material sai mais sólido do que o smelt. Essa tecnológia vem sendo desenvolvida desde os meados da década de 1980 com suporte do Departamento de Energia dos EUA. Uma unidade piloto foi iniciada no começo dos anos 90[1]. Uma planta em escala comercial estava em processo de construção (2003) na planta de Gergia Pacific em Big Island, Virginia.

Com a gaseificação, o processo de recuperação foi modificado em relação ao convencional utilizado sobre o de caldeiras tipo Tomlinson. Essencialmente, todo sódio e enxofre saem junto com o smelt nas caldeiras tradicionais. Na gaseificação, entre 50% (alta temperatura) ou 90% (baixa temperatura) do enxofre sai na forma gasosa (H_2S), junto com o gás combustível gerado. Esse gás poderia ser reaproveitado na própria planta de celulose, baixando o custo de utilização de madeira. Uma consequência negativa de seu uso no processo seria o aumento da carga na caustificação e do forno de cal. No caso do processo à baixa temperatura,

seria necessário um aumento em torno de 44%, enquanto que no processo de alta temperatura, 16% [1].

A seguir, configuração típica de uma caldeira tradicional de sistema Tomlinson:

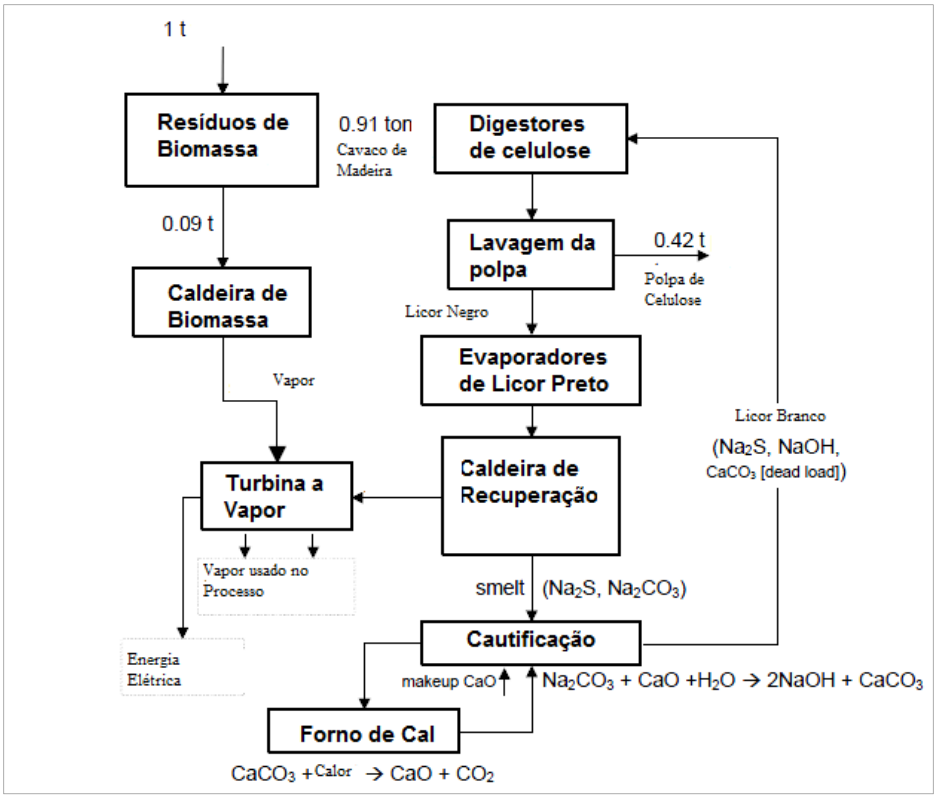


Figura 34 – Esquema simplificado do processo Kraft usado em um processo tradicional
Fonte: [1] 2003

E agora na figura abaixo, utilizando um gaseificador de licor negro:

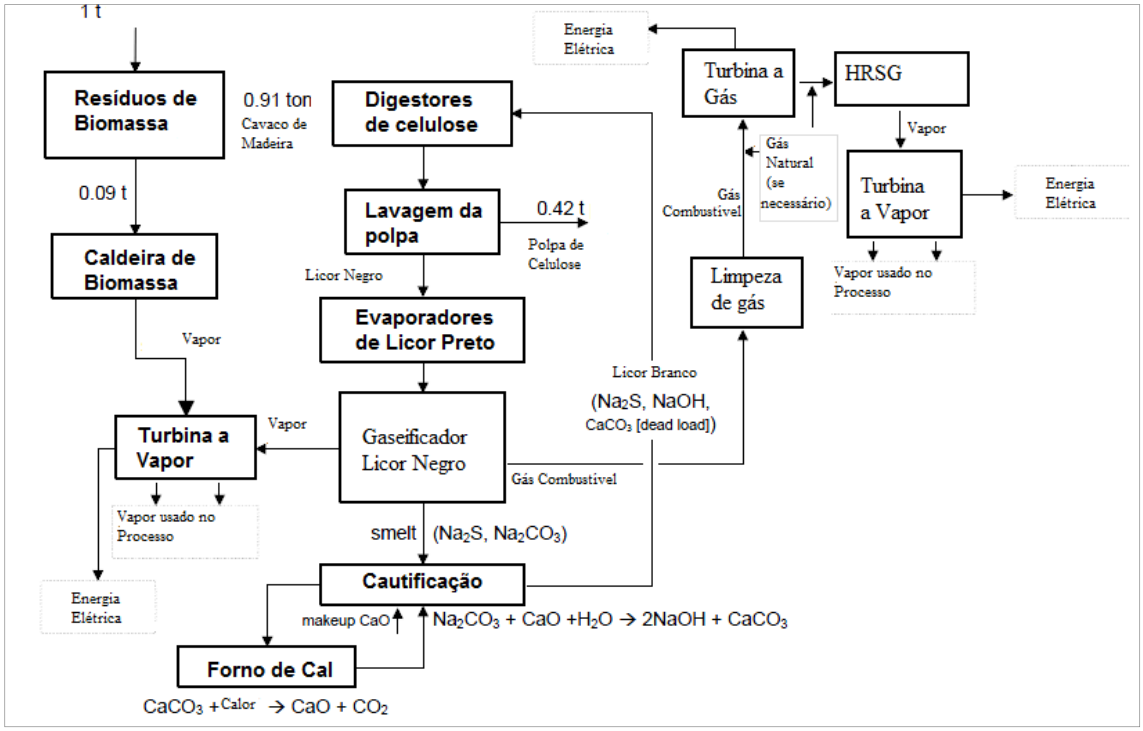


Figura 35 – Esquema de um BLGCC

A seguir (figura 36) são apresentados os custos de geração de eletricidade das configurações BLGCC, consideradas as mais eficientes:

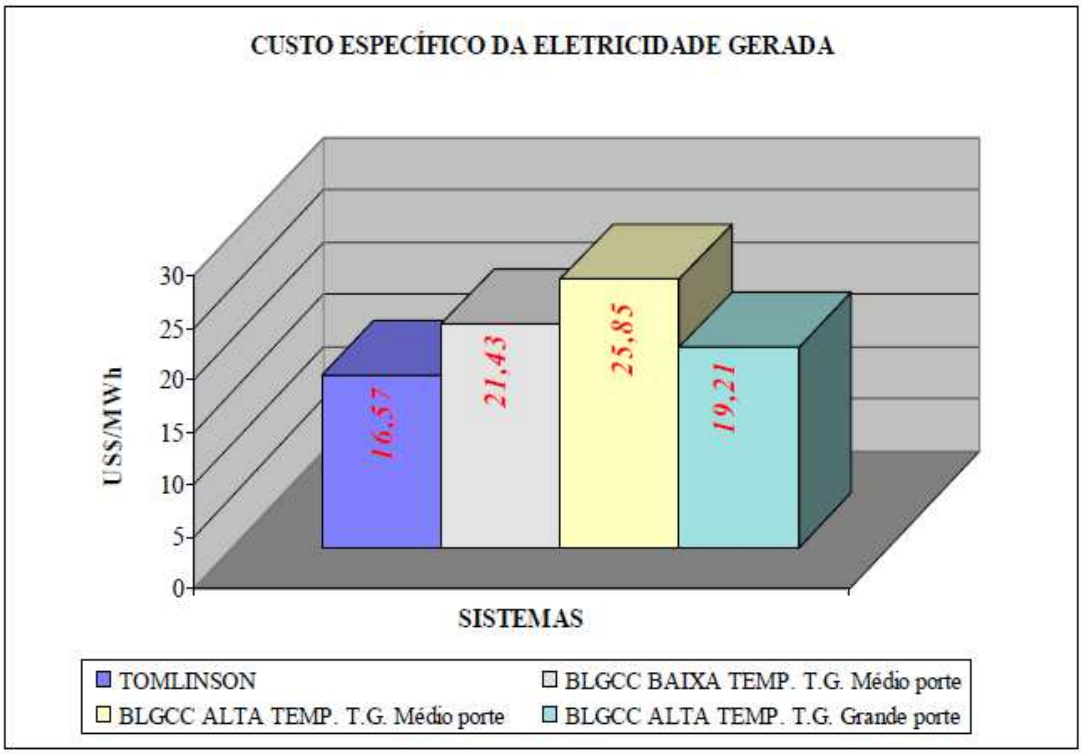


Figura 36 – Custos específicos de eletricidade

Fonte: [7]

A partir dos resultados apresentados na figura 36, pode-se observar que, a configuração BLGCC de Alta Temperatura com Turbina a Gás de Grande Porte apresenta custo de geração mais próximo ao da situação tradicional, usando sistema Tomlinson. Isso acontece porque o sistema BLGCC gera uma quantidade maior de eletricidade, embora apresente custo capital mais elevado.

Com relação às emissões atmosféricas, não há dados reais sobre as emissões em sistemas BLGCC. Para isso, foram feitas estimativas [7] baseadas em sistemas integrados de gaseificação de carvão em ciclo combinado a gás natural denominado Integrated Gasifier Systems/Combined Cycle (IGCC).Os resultados podem ser vistos na tabela 14 a seguir. Para efeito de comparação, as emissões consideradas são provenientes das emissões do forno de cal e caldeira de biomassa [7].

Tabela 14 – Emissões totais

Emissões Totais (lb/MWh)				
Poluentes	**Tomlinson**	**Baixa Temp. Turbina Médio Porte**	**Alta Temp. Turbina Médio Porte**	**Alta Temp. Turbina Grande Porte**
CO2	5879	3278	3258	1985
SO2	0,81	0,25	0,27	0,11
NOx	4,92	1,00	1,80	1,14
CO	4,51	94,00	2,16	0,90
VOC	0,37	2,19	0,07	0,03
MP	1,34	0,07	0,24	0,12
TRS (S reduzido)	0,09	0,26	0,01	0,00

Fonte: [7][2006]

5.1.7 Situação atual da gaseificação no mundo

Atualmente, há mais plantas de gaseificação de biomassa para geração de biocombustíveis do que para geração de energia elétrica [21].

Unidades de gaseificação em leito fluidizado pressurizado interromperam a operação [7] como a de Maui, Havaí. Temos também a planta de Värnamo, Suécia, que foi a primeira no mundo a operar em ciclo BIG-GTCC, com capacidade de gerar 6 MWe e 9 MWth; operou entre 1996 e 2000. Atualmente, a União Europeia usa para pesquisas na produção de combustível líquido a partir de biomassa [22].

Entre as plantas que continuam em operação, há [7]:

- Zetweg, Austrália – Capacidade de 10 MWth em operação desde 1997;

- Kymijärvi in Lahti, Finlândia – Capacidade entre 40 a 70 MWth (dependendo da composição e da umidade do combustível em operação desde 1998. É alimentada com biomassa e combustível reciclado (misturados).

- Ruien, Bélgica – Capacidade de 86 MWth. Sua dona é a Electrobel (que participou do projeto Zeltweb). É alimentada com madeira.

- Amer, St. Geertruidenberg, Países Baixos – Capacidade de 83 MW. É alimentada por resíduos de madeira.

- Gussing, Áustria – Capacidade de 2,3 MWe. Iniciou operação em 2001. É alimentada por lascas de madeira.

- Skive, Dinamarca – Capacidade de 20 MWth. Iniciou operação em 2009. É alimentada por lascas de madeira. Utilizada tecnologia da Choren.

Para a geração de biocombustível, há [23]:

- Para a gaseificação de leito de arraste, há dois fabricantes que estão com pesquisas em estágios mais avançados e que têm recebido incentivos significantes dos governos e investidores, com participação de parceiros industriais. Esses fabricantes têm construído plantas de demonstração:

CHOREN: Uma planta de 3 odt/dia está em operação desde 2003 e outra de 200 odt/dia está em fase de testes. Possuem ambição de fazer um scale-up para 3040

odt/dia entre 2012 e 2013, com grande desenvolvimento na Alemanha. Possui como parceiros Shell, Volkswagen e Daimler.

Range Fuel: Construiu uma planta piloto de 5 odt/dia em 2008, em Denver, e uma de 125 odt/dia na Geórgia para produção de etanol e alcoóis misturados em 2010. Tem planos para construir plantas comerciais de 1.250 otd/dia.

Além disso, existem outros três desenvolvedores de tecnologia concentrados em produzir biocombustível, mas que atualmente estão em estado menos avançado, tais como Person, FZK/KIT e Mitsubishi Heavy Industries. Person e Mitsubishi têm plantas pilotos de menos de 5 odt/dia.

- Para a gaseificação em leito fluidizado, há:

Carbona/Andritz Skive CHP, uma planta que entrou em operação em meados de 2008, usando 100-150 odt/dia de madeira. Há planos para desenvolver tecnologia para a construção de uma planta de 1440 otd/dia que produza biodiesel.

Enerkem’s BioSys tem uma planta de 30 otd/dia, em Westbury, que está sendo comissionada e uma planta de 228 odt/dia em construção em Edmonton desde 2009 (ambos no Canadá).

No Brasil, há o projeto WBP SIGAME, que tem a finalidade de demonstrar a viabilidade comercial da produção de eletricidade com tecnologia BIG-GTCC, utilizando biomassa de madeira. Teve início em 1991. Outras unidades de testes foram desenvolvidas por universidades e algumas em pequena escala foram desenvolvidas para gerar energia elétrica para as pequenas comunidades isoladas.

Para os gaseificadores de lixívia, há os seguintes históricos, iniciando à baixa temperatura:

- VTT, Centro de Pesquisa Técnica da Finlândia (final dos anos 1980 e início

dos anos 1990); testes finalizados em 1992 por problemas econômicos;

- ABB – Asea Brown Boveri (início dos anos 1990), sistema de gaseificação seco; testes finalizados devido a problemas técnicos;

- B&W – Babcock & Wilcox (meados dos anos 1990), sistema de gaseificador de leito fluidizante;

- MTCI – Manufacturing and Technology Conversion International (meados dos anos 1980), sistema de gaseificador de leito fluidizante. Após testes em plantas de demonstração, foram construídos dois sistemas em escala industrial na Geógia e em Virgínia;

- KBR – Kellog, Brown & Root (entre 1998 e 2003), sistema de gaseificador de leito fluidizante. Suspensos devido à mudança de prioridade corporativa.

Para os gaseficadores de alta temperatura, há [7]:

- AST (Atomization suspension technique) Paprican (décadas de 1950 e 1960);

- UCPGC (The University of California pyrolysis-gasification-combustion) - Universidade da Califórnia (meados dos anos 1960);

- NTS – gaseificador ciclone sueco (anos 1970);

- Champion-Rockwell – Sistema de gaseificação de sal fundido; testes em escala de laboratório e piloto;

- SKF Steel – planta piloto construída em 1987;

- Ahlstron – planta piloto foi construída (final dos anos 1980 e início dos anos 1990);

- Noell – KRC – sistema pressurizado (meados dos anos 1990);

- Chemrec – em 1991 foi construída a primeira planta industrial em Frovi, na Suécia. Cinco anos mais tarde, outra planta similar foi construída na planta de

Weyerhaeuser, na Carolina do Norte. Desenvolvido um sistema de maior capacidade e menor pressão que foi instalado, em 2005, na empresa Kappa Kraftliner, em Pitea.

5.2 Caldeira de recuperação

A principal fonte geradora de energia, produzida no próprio processo de fabricação da celulose, é resultante da queima do licor negro na caldeira de recuperação. Ela é responsável pela combustão da matéria orgânica do licor preto com maior eficiência térmica possível; fornece calor para produção de vapor. Ao mesmo tempo ocorrem reações de redução dos compostos de enxofre a sulfeto de sódio, e outros sais de sódio se transformam em carbonato de sódio, gerando o Smelt que, ao ser dissolvido com licor branco, forma o licor verde, usado na caustificação.

O licor negro é injetado na fornalha por meio de bicos queimadores situados nas paredes laterais da caldeira.

O calor gerado produz vapor, que serve para diversos outros usos em seu processo produtivo; uma parte alimenta uma turbina a vapor que gera energia elétrica.

Os gases resultantes da queima arrastam partículas de sulfato de sódio e outras partículas; para minimizar perdas e poluição, utilizam-se precipitadores eletrostáticos, nos quais as placas carregadas eletricamente retêm essas partículas.

As caldeiras de recuperação atuais são baseadas na configuração criada por George Tomlinson e foram patenteadas nos anos 1970. A caldeira Tomlinson é o equipamento mais importante e complexo da planta, além de ser o maior, tanto em tamanho quanto em investimento, em uma fábrica de celulose. Ela opera em pressões e temperaturas elevadas, que são valores comuns, na prática, para

minimizar a corrosão na fornalha e no superaquecedor. São comercializadas e testadas no mundo todo, sendo que várias delas são antigas e tem sua vida útil praticamente chegando ao fim. Na figura 37 podemos ver uma foto de uma caldeira de recuperação.

Figura 37 – Caldeira de recuperação
Fonte: [27]

São tecnologias comerciais e utilizadas em várias plantas ao redor do mundo.

5.3 Caldeira de biomassa

Uma segunda fonte de energia, também associada ao processo de produção, consiste na queima de resíduos florestais (cascas e galhos de eucalipto) em uma caldeira auxiliar. Trata-se de uma caldeira aquatubular pressurizada ou de tiragem balanceada que utiliza a queima direta do combustível para gerar vapor. Pode utilizar grelha rotativa ou fixa. São tecnologias comerciais e utilizadas em várias plantas ao redor do mundo. Abaixo temos uma foto de uma caldeira de biomassa.

Figura 38 – Caldeira de biomassa
Fonte: [27]

As cinzas resultantes da queima de biomassa podem ser utilizadas como adubo na plantação de árvores.

5.4 Caldeira a Óleo/Gás Natural

Outra fonte de energia são as caldeiras a óleo ou gás natural. Tradicionalmente, utilizava-se o óleo combustível, mas, com o desenvolvimento de redes de transporte de gás natural (gasodutos), oportunidades de utilizar esse combustível têm aparecido.

O uso de gás natural traz as seguintes vantagens [41]:

- Não é necessário manipulações ou preparação antes da combustão;
- É facilmente miscível ao ar, reduzindo o excesso de ar necessário para

assegurar a combustão completa;

- O controle da atmosfera da fornalha é simples;

- Facilidade para deslocamento e manipulação, bastando uma válvula para regular com precisão as vazões de ar e gás.

- Praticamente não contêm impurezas. Seus produtos de combustão têm baixos níveis de poluição, com teor de enxofre inferior ao de carvões e óleos combustíveis. Por não depositar resíduos, simplifica e diminui os custos operacionais e de manutenção;

- Seu estado gasoso permite várias configurações e tipos de queimadores, além de grande flexibilidade no seu funcionamento.

Como desvantagem podem ser citadas [41]:

- Sua densidade é muito menor que a dos combustíveis sólidos e líquidos, levando a dificuldades de armazenamento e de transporte;

- Seus produtos de combustão possuem grande quantidade de vapor d'água, sendo assim, o calor específico dos produtos é alto, as temperaturas de combustão são mais baixas e apresenta problemas devido à condensação do vapor;

- É muito sensível à variação de consumo de ar e combustível, permitindo modificar a carga da fornalha instantaneamente. Entretanto, uma interrupção da alimentação provoca a extinção da chama, aumentando o perigo de explosão ao recomeçar a alimentação.

Elas são caldeiras do tipo aquatubular, tecnologia comercial e utilizada em várias plantas ao redor do mundo.Na figura a seguir temos uma foto de uma caldeira tradicional de óleo/gás.

Figura 39 – Caldeira de tradicional (óleo/gás)
Fonte: [27]

5.5 Hidrelétrica

Outra fonte de energia vem do complexo formado pelas usinas hidroelétricas Amador Aguiar I e II (figura 40), através do sistema interligado brasileiro. Essas usinas são controladas pelo Consórcio Capim Branco Energia (CCBE), formado pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), com 48,42%, pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), com 21,05 %, pela Suzano Papel e Celulose (17,89%) e pela Votorantim Metais (12,63%) [51].

O complexo formado por duas usinas se localizam no rio Araguari, entre os municípios de Indianópolis, Araguari e Uberlândia.

Figura 40 – Usinas Amador Aguiar I (superior) e Amador Aguiar II (inferior)
Fonte: [51]

A demanda da Suzano Papel e Celulose fica em torno 49 MW. Essa energia passa por transformadores de 88/11 kV, 12.500 kVA e por um transformador de 88/11 kV, 20.000 kVA. Além disso, há na estação um transformador de 88/11 kV, 10.000 kVA. Essa energia é distribuída na fábrica com uma tensão de 11 kV [50].

Abaixo podemos ver o esquema elétrico mostrando de onde se origina a energia consumida no processo.

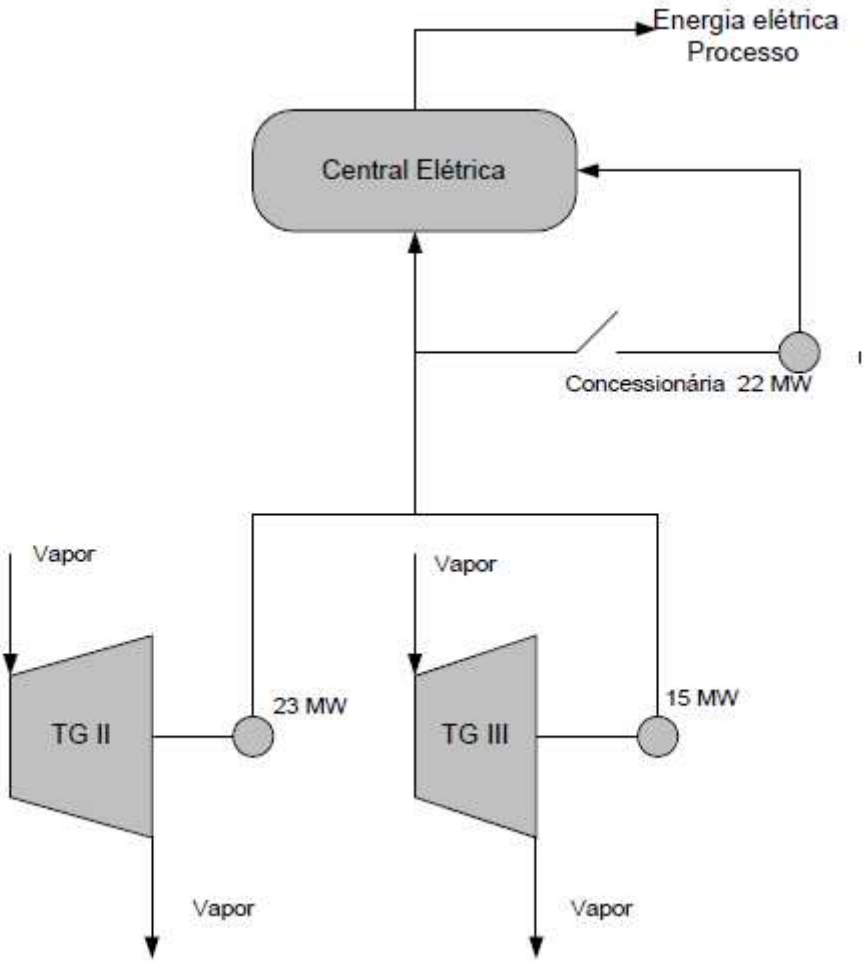


Figura 41 – Processo de geração e distribuição de energia elétrica

Fonte: [50]

6. Cômputo e Valoração do Potencial Completo (CVPC)

Neste capítulo, será identificado, dentro de cada dimensão analisada, o comportamento de cada um dos recursos energéticos. Valoração nada mais é do que dar “valores” aos atributos e subatributos de cada dimensão, que podem ser numéricos ou uma descrição.

Segue uma descrição dos subatributos baseados na dissertação de doutorado de Ricardo Lacerda Baitelo [6]. Entretanto, para este trabalho, a valoração foi baseada em planilhas anteriores a esta dissertação de mestrado.

6.1 Dimensão técnico-econômica

A valoração nesta dimensão vale-se de diferentes índices técnicos relacionados a equipamentos e empreendimentos energéticos, que podem estar disponíveis ou que podem ser obtidos por cálculos de diferentes metodologias. O objetivo principal é o cálculo de potenciais energéticos completos dos recursos analisados, utilizando diferentes parâmetros, dentre eles: custos de instalação, de manutenção e operação, vida útil, fator de potência, entre outros. Esses atributos cobrem as três principais áreas desta análise, que são: economicidade, capacidade energética e fatores técnicos – como é possível visualizar na figura a seguir.

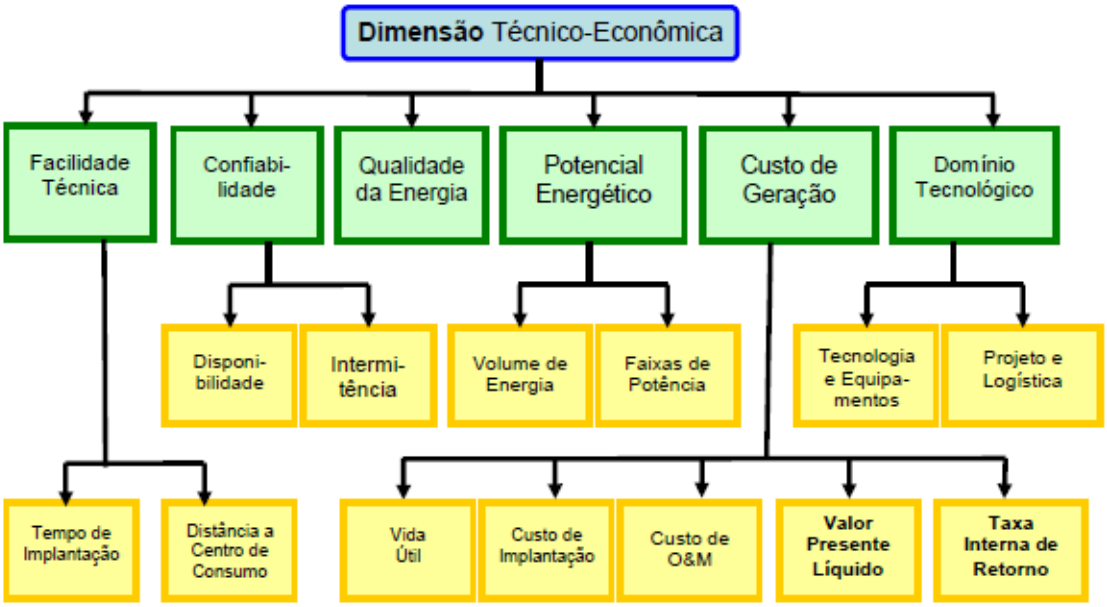


Figura 42 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão técnico-econômica
Fonte: [41]

6.1.1 Custo de geração

Para o custo de geração, serão analisados seus subatributos.

O **Valor Presente Líquido** (VPL) é uma técnica para mensurar a lucratividade de um projeto. Esse método poder ser aplicado em diferentes situações com base na previsão de fluxos de caixa futuros do investimento. A lucratividade é proporcional ao seu VPL.

A **Taxa Interna de Retorno** (TIR) é aquela que desconta os fluxos de caixa líquidos e iguala sua rentabilidade ao custo de oportunidade do capital, igualando o VPL desse investimento a zero.

Na tabela a seguir podemos verificar o TIR e o VPL de caldeiras de recuperação e de gaseficadores de licor negro.

Tabela 15 – TIR e VPL de caldeira da recuperação e gaseificadores de licor negro

	TIR (*) (%aa)	VPL (MM US$)
Caldeira de Recuperação	14,22	28
Gaseificador Baixa Temp. Turbina Médio porte	11,61	21,9
Gaseificador Alta Temp. Turbina Médio porte	16,14	72,8
Gaseificador Alta Temp. Turbina Grande porte	17,53	111,1

(*) As TIR são resultados da análise financeira dos autores para a situação dos EUA

Fonte:[1] e [7][2003] e [2006]

O **custo de instalação** (tabela 16), medido em função do kW instalado, inclui a contabilização das despesas de todo o ciclo de construção de um empreendimento.

Tabela 16 – Custo de instalação

Recurso	R$/KW
Caldeira de Biomassa	2400,00
Caldeira de Recuperação	3897,00
Caldeira à Gás Natural/Óleo	2100,00
Hidroeletricidade	2900,00
Gaseificador de Licor Negro	7734,00

Fonte: Elaboração própria

Os **custos operacionais** (tabela 17) abrangem custos de operação e manutenção, administrativos, de combustível, seguros, entre outros. Eles também compreendem ações de caráter preventivo e corretivo ao longo da operação do empreendimento energético. Possuem uma componente fixa que depende da potência instalada e é dada por unidades monetárias (R$)/kW instalado.

Tabela 17 – Custo de O&M

Recurso	R$/KW
Caldeira de Biomassa	25,00
Caldeira de Recuperação	26,00
Caldeira à Gás Natural/Óleo	40,00
Hidroeletricidade	55,00
Gaseificador de Licor Negro	42,00

Fonte: Elaboração própria

A **vida útil** de um projeto é o período em que conjunto, empreendimento e equipamentos funcionam em condições-padrão de rendimento de conversão e geração de energia. Sua estimativa fundamenta-se na probabilidade de degradação dos componentes e materiais utilizados.

A vida útil média de caldeira de biomassa, recuperação, gás natural/óleo, hidroeletricidade e gaseificador são respectivamente: 25, 20, 25, 30 e 20 anos.

6.1.2 Domínio tecnológico

Ele representa o índice de nacionalização de um empreendimento energético em função dos equipamentos e serviços envolvidos, podendo ser totalmente nacionais, mistos ou inteiramente importados. É uma informação particular de cada empreendimento e sua evolução não depende da disponibilidade de uma fonte energética, mas sim do estágio de desenvolvimento tecnológico e do aprendizado em pesquisas referentes às tecnologias utilizadas para cada fonte. Também está sujeito às restrições para a fabricação dos componentes tecnológicos.

No caso das caldeiras de biomassa, gás/óleo e recuperação, o Brasil possui empresas que utilizam tecnologia importada ou sob licença, que já atuam há vários anos e têm experiência em sua fabricação. Já os gaseificadores de licor negro ainda estão numa fase inicial. Existem poucas plantas que os operam em caráter experimental, todas no exterior. As usinas hidroelétricas são de domínio praticamente nacional.

6.1.3 Facilidade técnica

Com relação ao atributo facilidade técnica, há:

O **tempo de implantação**, item fundamental, é variável de acordo com as condições de financiamento, a tecnologia empregada, a qualidade do projeto e a capacitação dos serviços contratados, dependendo do porte e da localização do empreendimento. Ela também é particular a cada empreendimento.

É a **distância do recurso energético ao centro de consumo** que determina o custo de transmissão e distribuição para o transporte da energia gerada ao consumidor final. O tempo de implantação de uma caldeira de biomassa é de aproximadamente oito meses; a caldeira de recuperação, 24 meses; caldeiras de gás natural/óleo, 36 meses; e gaseificadores de licor, 30 meses. Para todas as caldeiras, a distância é zero, pois elas se encontram instaladas dentro das fábricas.

6.1.4 Confiabilidade

A confiabilidade varia de acordo com a faixa de potência e é resultante de fatores como a intermitência de alguns recursos e a indisponibilidade de combustíveis ou equipamentos.

O fator de capacidade para a caldeira de biomassa é de 0,8; caldeiras de recuperação e gaseificadores de licor, 0,98; caldeiras de gás/óleo 0,9; e hidroeletricidade, 0,55.

6.1.5 Potencial energético

O volume de energia varia de acordo com a potência e o fator de capacidade de cada recurso, sua valoração é dividida por faixas de potências. O uso de faixas de potência facilita a análise de recursos. No caso das caldeiras de biomassa, gás/óleo e recuperação, ela se encontra na faixa de 2 a 30 MW, enquanto que a hidroeletricidade e o gaseificador, na faixa de 30 a 200 MW.

6.2 Dimensão política

Esta dimensão analisa um conjunto de fatores capazes de orientar e avaliar a inclusão de um determinado recurso energético. É dividida em atributos que quantificam, para cada recurso energético, os seguintes aspectos:

- a origem e a posse de fontes energéticas;

- a política de integração energética regional;

- o apoio político à implementação de um empreendimento ou da expansão estratégica de um recurso.

- a análise da interação entre os envolvidos e interessados nas problemáticas energéticas.

Foi reduzido o grau de subjetividade no processo de valoração por meio da proposição de indicadores híbridos, capazes de mensurar satisfatoriamente o potencial de conversão desses esforços políticos na implementação dos recursos energéticos. A valoração procurou quantificar a intensidade ou o volume de apoio em função de metas numéricas de implementação, previstas e/ou alcançadas ao longo do tempo. A posse e o potencial de utilização são medidos pelo grau de nacionalização de empreendimentos.

Na Figura abaixo, há a estrutura da árvore da dimensão política, com os

respectivos atributos e subatributos utilizados como indicadores de valoração no PIR.

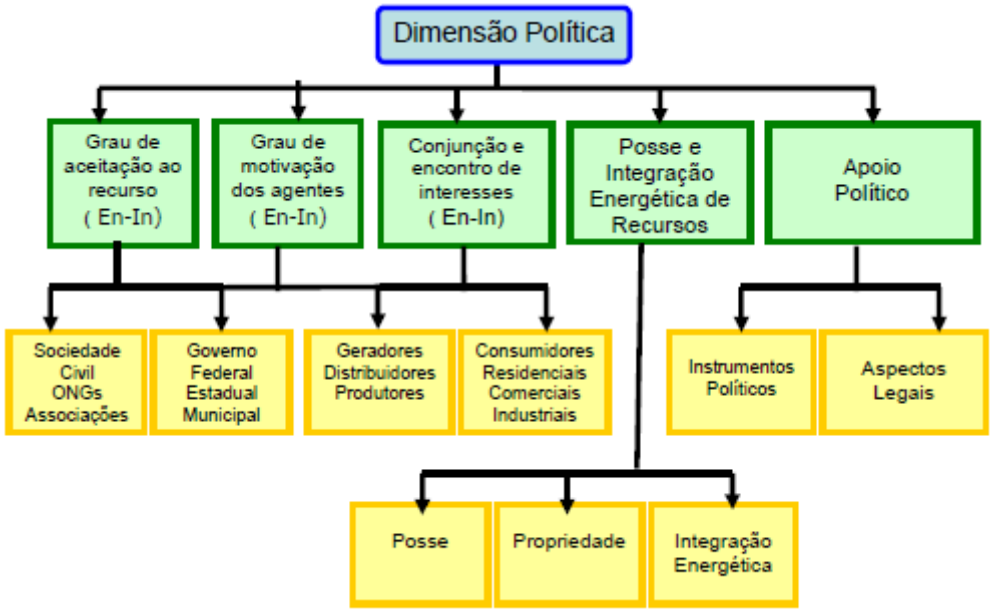


Figura 43 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão política
Fonte: [41]

6.2.1 Apoio político

Na sequência estão os principais instrumentos políticos de incentivo para geração de energia. São incentivos como estes que podem levar as energias alternativas ao sucesso:

- Tarifas Feed-in: valor especial pago pelas concessionárias de energia por eletricidade oriunda de fontes renováveis.

- Sistemas de Cotas e Certificados Verdes: política que estabelece um mínimo de contratação da demanda das concessionárias em energias renováveis.

- Sistema de licitação e leilão: utilizado para fomentar investimentos em recursos energéticos e capaz de apoiar geradores.

- Subsídios e medidas fiscais: representados por taxas de retorno especiais acima de superar o alto custo inicial de investimento em empreendimentos menos econômicos.

Dentre os programas de incentivo para os recursos de biomassa, existe o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica. No caso da gaseificação de licor negro, pode-se utilizar o programa do Banco Nacional de Desenvolvimento BNDS – PSI inovação [54].

6.2.2 Posse de fonte energética e integração transfronteiriça

Analisa a origem e a posse de fontes energéticas, considerando sua disponibilidade e o prolongamento da utilização. A análise da propriedade é fundamental para a viabilidade da exploração de uma fonte energética e sua implementação em determinado local.

O conceito de posse ou propriedade mostra diferentes possibilidades e características para acordos de exploração e utilização das fontes, cujo uso é classificado como livre ou público, de propriedade da união ou estatal ou ainda particulares ou privados. No caso analisado, os recursos são de posse privada.

A integração energética entre regiões e países é fundamental para permitir o acesso às fontes, que se mostram distribuídas não uniformemente ao redor do mundo, podendo ser por meio de transporte de combustíveis, pelo compartilhamento de usinas hidroelétricas ou indiretamente, através da construção de linhas de transmissão, permitindo o envio de energia das fontes geradoras até o mercado consumidor.

Neste trabalho, somente o recurso de hidroeletricidade se utiliza da integração energética, pois ela é produzida em Minas Gerais e é consumida em São Paulo. No caso dos outros recursos analisados, a energia é produzida localmente, dentro da fábrica.

6.2.3 Envolvidos e Interessados (En-In)

En-In é uma terminologia utilizada pelo grupo de estudos do PIRnaUSP para caracterizar os diferentes atores ou stakeholders em diferentes graus de envolvimento em problemáticas energéticas locais ou regionais, unindo assim empreendedores e geradores de um dado recurso, populações impactadas (positiva ou negativamente por um dado empreendimento), associações que defendem interesses de ambas as partes. Todos são determinantes em maior ou menor escala para a implantação (ou não) de recursos energéticos.

De forma sintética, os principais En-In para os recursos energéticos do lado da oferta são:

- Governo, representado por diferentes ministérios e secretarias;

- Agências reguladoras de eletricidade e energéticos;

- Empresas do setor elétrico e coordenação de atividades (geração, transmissão e distribuição);

- Mídia (jornais, revistas, televisão etc.);

- Sociedade em geral (cidadãos).

Estes serão os agentes determinantes para a implantação de recursos energéticos, com estratégias e ações que se diferem para cada grupo e com eficácia diferenciada.

6.3 Dimensão social

O atributo dimensão social relaciona as consequências dos diferentes impactos sobre a sociedade. Ele analisa também a interferência de empreendimentos sobre habitantes, considerando tanto casos extremos, como o deslocamento de populações, quanto alterações da percepção de conforto, como poluição sonora,

visual, entre outras. Além disso, analisam os impactos sobre o desenvolvimento de uma região, medindo parâmetros como geração de empregos locais, influências sobre a saúde ocupacional, entre outros.

A valoração desse atributo é um processo heterogêneo quanto à produção é cálculos de indicadores. A valoração de impactos ambientais ao meio social é medida por índices que quantificam a população afetada. A valoração de impactos sobre o desenvolvimento humano e saúde ocupacional pode ser estimada por indicadores econômicos e projeções desses parâmetros para cada recurso energético.

As maiores dificuldades recaem no atributo que analisa a alteração de percepção de conforto. O teor subjetivo desses elementos dificulta sua formatação em parâmetros numéricos ou técnicos. Na figura abaixo temos uma árvore com os atributos e subatributos deste dimensão.

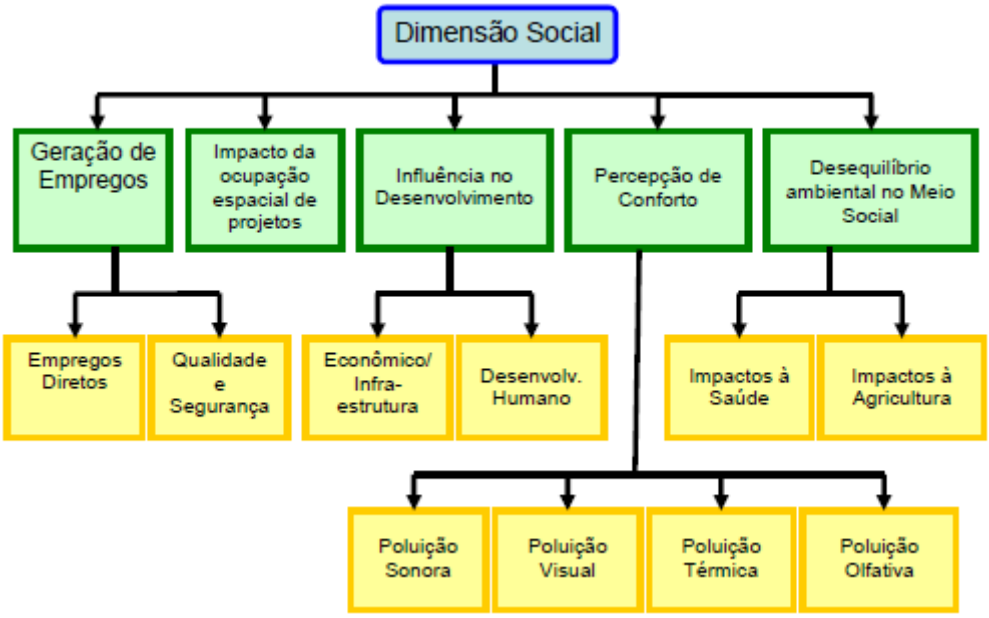


Figura 44 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão social
Fonte: [41]

6.3.1 Quantidade de empregos

É um subatributo que mede a geração de empregos decorrente de um empreendimento energético. Este é um impacto positivo, que interfere na qualidade de vida da população, representado pela reversão da geração de riqueza em ganhos de saúde, educação e infraestrutura. Ele também aumenta a renda, reduzindo a pobreza e trazendo os benefícios do crescimento econômico.

Sua valoração é iniciada pela discriminação dos potenciais postos de trabalho nas diferentes etapas da cadeia energética envolvida no recurso analisado, resultando em duas componentes: a multiplicação da capacidade instalada de cada recurso pela correção das taxas de emprego de cada etapa produtiva; e a geração de empregos indiretos, estimada pela produção de setores provedores da cadeia energética analisada.

Para este trabalho, devido à falta de informação detalhada, a valoração foi simplificada. Foram considerados basicamente os impactos de geração de empregos durante e após sua implementação.

Durante a fase de implementação, os impactos dos recursos de caldeira de biomassa, gás natural/óleo e gaseificador de licor são relativamente baixos e os de recuperação são maiores. O recurso de hidroeletricidade é o que gera maior quantidade de empregos.

6.3.2 Impactos de desequilíbrio ambiental no meio social

A valoração deste atributo mensura danos à saúde humana resultantes da contaminação ambiental dos meios e suas implicações sobre o cultivo de alimentos, provisão de água e qualidade do ar. Ela se vale do uso de indicadores disponíveis na

literatura, levantados por diferentes pesquisas nacionais e internacionais. Pode ser dividida em três meios principais: aéreo, terrestre e aquático.

Dentre os recursos selecionados, todos com exceção da hidroeletricidade, podem gerar impactos à saúde pública, pois eles geram poluentes atmosféricos, mesmo que mínimos. Os impactos devido ao uso da água são baixos, pois a fábrica possui uma estação de tratamento de efluentes, que os trata antes de devolver a água consumida.

6.3.3 Impacto humano decorrente da ocupação espacial de projetos

Ele avalia a interferência de empreendimentos sobre o espaço ocupado, com consequências sobre habitantes dos meios urbano e rural. Outro impacto é a pressão sobre a infraestrutura urbana, no caso, da migração temporária de trabalhadores. Há também os impactos relacionados a perdas estéticas culturais e históricas de territórios, desde a transformação de rios e montanhas até a ocupação e danificação de sítios arqueológicos.

No caso dos recursos selecionados, com exceção da hidroeletricidade, os impactos gerados são principalmente durante a construção, devido ao aumento de trabalhadores temporários; os outros impactos são menores.

No caso da hidroeletricidade, os impactos são maiores, pois, além do aumento de trabalhadores temporários, pode ocorrer migração de parte da população onde for implementado o recurso, devido ao alagamento para formação da lagoa e perda de áreas cultiváveis ou de agropecuária; também pode ocorrer a perda de sítios arqueológicos.

6.3.4 Influência no desenvolvimento local

O desenvolvimento reflete na sociedade sob três perspectivas: econômica, estrutural e humana.

Pode-se medi-lo por diferentes fatores, como variação do produto interno bruto, receita oriunda de impostos, entre outros. Ela indica a perspectiva de aprimoramento da infraestrutura da região, se o aumento de PIB pode se reverter em melhorias de planejamento e condições de serviços públicos.

No caso dos recursos selecionados, como eles fazem parte de um todo que é uma fábrica de papel e celulose, é difícil verificar o impacto individualmente, com a exceção da hidreeletricidade, que gera royalties onde for instalada.

6.3.5 Alteração de percepção de conforto

Este atributo analisa fatores de impactos particulares a um indivíduo ou uma comunidade. Eles consideram diferentes tipos de poluição que retratam alterações de conforto associadas a recursos. Os tipos de poluição valoradas são visual, olfativa e térmica.

A valoração desses diferentes tipos de poluição segue uma metodologia de medição local. A quantificação de conforto é a diferença percentual entre valores calculados e valores máximos permitidos por legislação para cada caso ou local estudado.

No caso das indústrias de papel e celulose, uma das características marcantes é o odor gerado durante o processo, devido à presença de enxofre (S). Entre os recursos selecionados, os que podem gerar compostos com enxofre são a caldeira de recuperação e o gaseificador de licor negro, sendo que a segunda opção gera uma porcentagem menor.

6.4 Dimensão ambiental

A dimensão ambiental relaciona os diferentes impactos gerados pelos empreendimentos energéticos sobre o meio ambiente. As alterações sobre o meio ambiente interferem diretamente sobre a qualidade de vida de toda sociedade. O meio ambiente é composto de um conjunto de fatores que afetam e determinam o comportamento e a sobrevivência dos seres vivos que o habitam, sendo assim, dividi-lo em atributos e organizar a análise das perturbações das atividades energéticas sobre estes meios têm total sentido (figura 45).

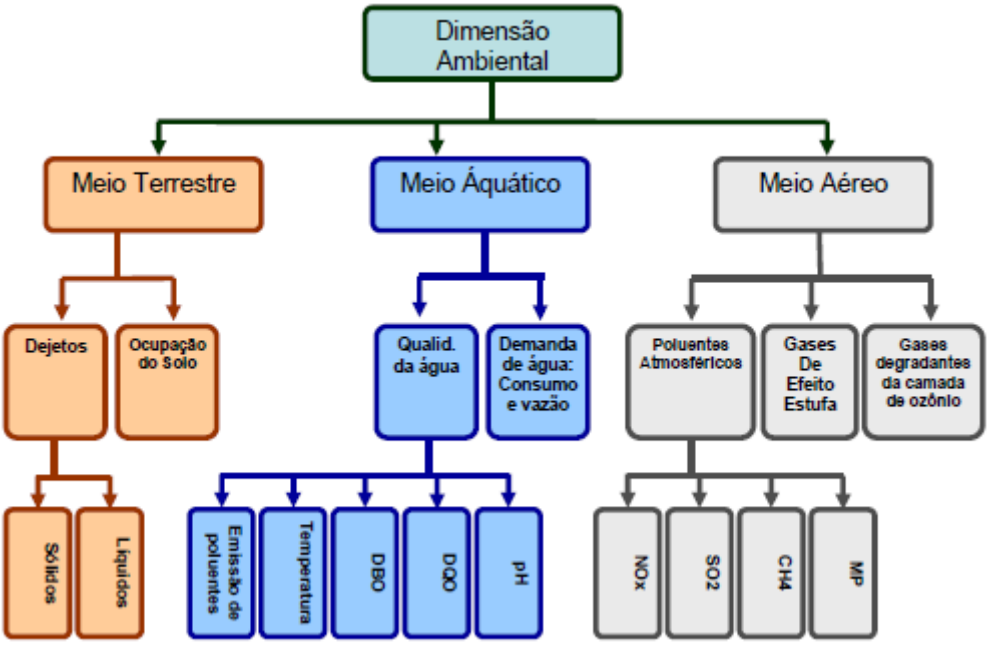


Figura 45 – Árvore de atributos e subatributos da dimensão ambiental
Fonte: [6]

A alteração da qualidade dos parâmetros ambientais e a transformação desses recursos acontecem em diferentes etapas, desde a extração até seu uso final em diferentes setores.

A valoração de impactos ambientais é extremamente complexa. A seguir, comentários sobre os principais atributos.

Os impactos no meio aéreo consideram a variação da concentração de diferentes substâncias poluentes na atmosfera. Os impactos ao meio terrestre incluem a deposição de poluentes aéreos no solo, a geração de resíduos sólidos tóxicos e o uso e a degradação do solo. No meio aquático, os impactos podem ser divididos em dois grupos principais: a demanda de recursos hídricos e a geração de efluentes líquidos.

A demanda de recursos hídricos é avaliada em função de sua captação e seu consumo para fins energéticos. A geração de efluentes líquidos considera condicionantes de emissão em corpos d'água e alteração de parâmetros de qualidade das águas.

6.4.1 Poluição atmosférica

Mudanças climáticas decorrentes da poluição atmosférica pela emissão de gases de efeito estufa são umas das principais ameaças à vida. Este atributo trata do acréscimo de emissões de poluentes à atmosfera resultante das atividades da cadeia energética, na forma de diferentes substâncias químicas, material particulado e outras. Os impactos ambientais resultantes dessas substâncias podem ser globais, como efeito estufa, ou locais, como chuva ácida e smog.

O atributo poluição atmosférica computa as emissões de todas as etapas da cadeia energética. O uso energético nessas etapas provoca emissões por fontes móveis e estacionárias. A essas emissões soma-se a produção de poluentes secundários formados por transformações químicas de poluentes diretos na atmosfera. Na tabela 18 podemos verificar as emissões típicas de uma caldeira de recuperação.

Tabela 18 – Emissões atmosféricas típicas de caldeiras de recuperação

	Unidade	SO_2 (S)	Material particulado	NOx (NO2)	TRS (S)
Caldeira de recuperação					
Sem lavador de gases	mg/Nm^3	100 a 800	10 a 200	100 a 260	< 10
– 63 a 65% sólidos no	mg/MJ	60 a 250		50 a 80	
licor negro	kg/ADT	1 a 4	0,1 a 1,8	0,6 a 1,8	< 0,05
Com lavador de gases	mg/Nm^3	20 a 80	10 a 200	100 a 260	< 10
– 63 a 65% sólidos no	mg/MJ	10 a 25		50 a 80	
licor negro	kg/ADT	0,1 a 0,4	0,1 a 1,8	0,6 a 1,8	< 0,05
Sem lavador de gases	mg/Nm^3	10 a 100	10 a 200	100 a 260	< 10
– 72 a 80% sólidos no	mg/MJ	12 a 30		50 a 80	
licor negro	kg/ADT	0,2 a 0,5	0,1 a 1,8	0,6 a 1,8	< 0,05

Fonte: [52][2003]

No caso das caldeiras de biomassa, há a emissão entre 70 e 100 mgNOx/MJ e de material particulado(MP), entre 20 e 40 mgMP/Nm^3.

6.4.2 Gases de efeito estufa

Neste atributo quantifica-se a emissão de gases de efeito estufa. Ainda que a emissão seja quantificada no atributo de poluição atmosférica, a contabilização se justifica pelo nível de criticidade e urgência com a qual esse assunto é tratado atualmente em fóruns nacionais e internacionais.

O aumento das emissões de CO_2 tem sido provocado pelo uso cada vez mais intenso de combustíveis fósseis no setor de transportes, no aquecimento e na refrigeração. As emissões de NO_2 também são resultantes do uso de combustíveis fósseis. As emissões de metano derivam de fugas durante extração, transporte e

distribuição de petróleo e gás natural, além dos processamentos desses recursos energéticos. Na tabela 19 temos um comparativo entre as emissões das caldeiras de recuperação tradicionais e gaseificadores de licor negro.

Tabela 19 – Emissões de poluentes, caldeiras de recuperação e gaseificadores

	Emissões Totais (lb/MWh)			
Poluentes	**Tomlinson**	**Baixa Temp. Turbina Médio Porte**	**Alta Temp. Turbina Médio Porte**	**Alta Temp. Turbina Grande Porte**
CO2	5879	3278	3258	1985
SO2	0,81	0,25	0,27	0,11
NOx	4,92	1,00	1,80	1,14
CO	4,51	94,00	2,16	0,90
VOC	0,37	2,19	0,07	0,03
MP	1,34	0,07	0,24	0,12
TRS (S reduzido)	0,09	0,26	0,01	0,00

Fonte: [7][2006]

6.4.3 Ocupação do solo

A ocupação do solo constitui um dos principais impactos ao meio ambiente recorrente de empreendimentos energéticos. A avaliação é medida pela relação entre a capacidade instalada, ou a energia produzida pelo sistema, e a área ocupada, considerando as diferentes etapas da cadeia energética.

A valoração considera a razão entre a capacidade instalada do empreendimento e a área ocupada pela cadeia energética local do recurso. A razão entre a capacidade gerada e a área ocupada em um sistema energético é particular para cada recurso energético.

No caso das caldeira de gás e óleo, foram consideradas duas caldeiras com área ocupada de 100 m^2 cada, a caldeira de biomassa ocupando 500 m^2 e as duas caldeiras de recuperação ocupando 500 m^2 cada (informação pessoal). As usinas

hidroelétricas de Amador Aguiar I e II ocupam em conjunto 64 km^2.

6.4.4 Poluição e degradação do solo

Fazem parte do atributo meio terrestre e incluem a deposição de poluentes ou dejetos no solo e em vegetais. Eles provocam desequilíbrios em ecossistemas naturais e urbano. Esse efeito é propagado quando a transferência de poluentes por cursos d'água ou lençóis freáticos amplia a área contaminada, ameaçando a fauna, a flora e as comunidades próximas e podendo tornar o solo impróprio temporariamente ou permanentemente em casos extremos.

A medição de impactos de poluentes é função do peso ou volume líquido dos dejetos ou resíduos produzidos em proporção à energia gerada por eles. A valoração se faz de acordo com a massa desse resíduo em função da energia ou eletricidade produzida no processo.

As caldeiras de gás e óleo praticamente não causam impacto no solo. As caldeiras de biomassa geram cinzas que podem ser reaproveitadas como adubo. As caldeiras de recuperação em si também não causam impacto ao solo, as cinzas geradas são reaproveitadas dentro do processo. As duas usinas hidroelétricas não geram resíduos sólidos.

6.4.5 Consumo de recursos hídricos

Faz parte do atributo de meio aquático. Nos empreendimentos energéticos, tem participação em todas as etapas de sua cadeia energética. A avaliação é organizada em função de seu uso e sua qualidade do recurso devolvido aos corpos d'água e mananciais.

Este atributo avalia a demanda de recursos hídricos em relação a sua captação e seu consumo para fins energéticos.

As duas caldeiras de recuperação consomem em média 25,6 t/MWh; a caldeira de biomassa, 12,6 t/MWh; as caldeiras a gás/óleo, 25,3 t/MWh [50]; e o gaseificador de licor negro, 0,6 t/MWh [7]. As usinas hidroelétricas não consomem água,pois a água utilizada para gerar energia é devolvida ao curso do rio.

6.4.6 Qualidade da água

A análise da qualidade da água devolvida aos corpos d´água, mananciais ou rios é um fator de grande importância. Ela implica na manutenção de suas condições originais de temperatura, acidez e outras variáveis; sua alteração pode implicar diferentes desequilíbrios ecológicos e impactos à sociedade.

A valoração deste atributo baseia-se na medição de alteração dos parâmetros de acidez (pH), temperatura (graus Celsius), demanda de oxigênio (DBO e DQO) e concentração de poluentes químicos (gramas por litro).

O algoritmo pondera as características do efluente líquido em função do volume total de efluente produzido na aplicação do potencial de geração do recurso analisado.

No caso das caldeiras, todo efluente vai para uma estação de tratamento dentro da fábrica e é devolvido ao rio dentro dos limites legalmente estabelecidos. No caso das usinas hidroelétricas, a variação de qualidade da água é pequena.

As emissões de efluentes das caldeiras de recuperação giram em torno de 1 a 2 m^3/tsa. Os valores típicos de DBO5 são de 0,5 a 1,0 kg/tsa [53].

Os efluentes gerados pelas caldeiras têm características de pH alcalino.

7. Ranqueamento

Para realizar esta etapa, utiliza-se a Análise dos Custos Completos (ACC), que prioriza elementos de acordo com um ranqueamento numérico provindo da caracterização realizado no capítulo anterior. Para auxiliar no tratamento de dados, utilizou-se a ferramenta chamada Processo de Análise Hierárquica – PAH (ou Analytic Hierarchy Process – AHP), que é um método de tomada de decisão que auxilia na determinação de prioridades e também identifica a melhor opção dentro de várias alternativas possíveis, levando em conta tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos. O PAH se originou de trabalhos do professor Thomas L. Saaty, na década de 1970, para analisar o conflito militar no Oriente Médio. Entretanto, esses trabalhos iniciais não consideravam aspectos importantes por não ser quantificável. Mais tarde, baseando-se em conceitos de Álgebra Linear, pesquisa operacional e psicologia, o professor Saaty desenvolveu o PAH.

No PIRnaUSP se utilizou de uma técnica de auxílio de tomada de decisão através da criação de rankings das alternativas, numa comparação par a par entre os critérios, seguida da comparação entre os subcritérios, dentro de cada um dos critérios, gerando assim dois ranqueamentos: o Determinístico (provindo de dados da valoração) e o Holístico (provindo de dados dos especialistas e En-In).

O Ranqueamento total considera a médias entre os dois ranqueamentos. O resultado final é demonstrado na forma ordenada, do mais indicado para o menos indicado. [61]

A seguir, é possível ver o resultado do ranqueamento determinístico oriundo da utilização de escalas (ratings):

Tabela 20 – Resultado ranqueamento determinístico

Recurso	Média
Hidroeletricidade	0,67
Caldeira de Biomassa	0,59
Caldeira à Gás Natural/Óleo	0,56
Caldeira de Recuperação	0,37
Gaseificador de Licor Negro	0,31

Abaixo, o resultado do ranqueamento holístico:

Tabela 21 – Resultado ranqueamento

Recurso	Média
Hidroeletricidade	0,68
Caldeira à Gás Natural/Óleo	0,52
Caldeira de Recuperação	0,50
Caldeira de Biomassa	0,48
Gaseificador de Licor Negro	0,30

Fazendo-se a média entre os dois ranqueamentos, há o ranqueamento final abaixo:

Tabela 22 – Ranqueamento final

Recurso	Ranking
Hidroeletricidade	1º
Caldeira de Biomassa	2º
Caldeira à Gás Natural/Óleo	3º
Caldeira de Recuperação	4º
Gaseificador de Licor Negro	5º

O resultado mostra que o recurso, hidroeletricidade, é a melhor opção energética, seguido dos outros recursos, estes resultados ajudam o tomador de decisão, qual recurso deve atuar primeiro em relação ao outros recursos.

As planilhas determinísticas e holísticas do RELOs podem ser visualizadas nos apêndices A e B.

8. Mapeamento regional

Este mapeamento contém os indicadores ambientais que podem influenciar o tomador de decisões em novas alternativas e projetos com relação às questões energéticas. Deste modo, o mapeamento poderá explicitar a situação atual e compará-la com os parâmetros identificados na legislação e normas referentes, determinando alternativas que poderão ser planejadas sem extrapolar esses limites.

Ela produz o retrato instantâneo dos parâmetros medidos, inferidos ou analisados. A importância desse retrato reside em considerar esses limites e concentrações quando da inclusão do recurso ranqueado para atender a demanda prevista em determinado cenário. Caso ele não atenda os limites estabelecidos, este recurso poderá ser desconsiderado.

Com o objetivo de simplificar a assimilação pelos usuários. Para facilitar e ordenar a apresentação dos indicadores, eles foram divididos em quatro diferente meios:

- Meio antropogênico
- Meio aéreo
- Meio aquático
- Meio terrestre

8.1 Caracterização do meio antrópico

Indicadores demográficos como crescimento populacional, concentração, entre outros possibilitam o estudo sobre a sociedade brasileira. Esses dados são fontes de referência sobre a situação da vida da população nos municípios.

Dados relacionados sobre a saúde e a educação também permitem verificar o

estado de desenvolvimento social. Dados de empregos e rendimentos, assim como aspectos gerais da economia, foram relacionados nas tabelas seguintes.

Tabela 23 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Território e População

	(2011*)	(2011*)	(2011*)	(2011*)	(2011*)	(2011*)	(2011*)	(2011*)	(2000-2010*)
localidade	população	área	densidade	grau de urbanização	Indice de envelhecimento	População com 60 anos ou mais	População com menos de 15 anos	Razão de sexos	Taxa geométrica de crescimento anual da população
	hab	km2	hab/km2	(em %)	(em %)	(em %)	(em %)	(em %)	(em % a.a.)
Suzano	256.687	205,85	1.290,56	96,48%	34,96	8,7	24,9	96,21	1,4

Fonte: [13]

Tabela 24 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Condições de vida

	(2000*)	(2000*)	(2008*)				(2000*)					
			IPRS				IPVS					
localidade	IDHM	Ranking	IPR8	Longevidade	Riqueza	Escolaridade	Grupo 1 (em %)	Grupo 2 (em %)	Grupo 3 (em % a.a.)	Grupo 4 (em %)	Grupo 6 (em %)	Grupo 8 (em % a.a.)
Suzano	1	355	Grupo 2	68	51	68	0,83	10,27	22,71	33,73	13,71	18,75

Fonte: [13]

Tabela 25 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Economia

localidade	agropecuária	industrial	serviços	administração publica	PIB	PIB per capita	% no PIB do Estado	Participação nas exportações do Estado
	(em %)	(em %)	(em %)	(em %)	(em milhões de reais correntes)	(em reais correntes)	(em %)	(em %)
Suzano	0,3	54,1	45,6	10,9	5.559,88	19.551,52	0,51	0,965407

(2009*)

Fonte: [13]

Tabela 26 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Educação

	(2000*)	(2000*)	(2000*)	(2000*)	(2009*)
localidade	Média de anos de estudos da população de 15 a 64 anos	População de 18 a 24 anos com ensino médio completo	População de 25 anos e mais com menos de 8 anos de estudo	Analfabetismo da população de 15 anos e mais	Despesas Municipais
		(em %)	(em %)	(em %)	(em reais correntes)
Suzano	7,1	40,59	61,51	7,83	101.063.396,00

Fonte: [13]

Tabela 27 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Habitação e Infraestrutura

	Habitação				Saneamento			
	(2000*)	(2003*)	(2003*)	(2000*)	(2000*)	(2003*)	(2003*)	(2003*)
Localidade	Domicílios com espaço suficiente	Existência de áreas de riscos com moradias	Número de áreas de risco ocupadas por moradias	Domicílios com infra-estrutura interna urbana adequada	Abastecimento de água - nível de atendimento	Domicílios urbanos abastecidos com rede pública de distribuição de água	Economias residenciais ligadas ao sistema de abastecimento de água	Orgão ou empresa operadora do sitema de abastecimento de água
	(em %)			(em %)	(em %)	(em %)		
Suzano	71,1	Sim	19	74,54	87,62	84,00	55,94	Sabesp

Fonte: [13]

Tabela 28 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Empregos e Rendimentos

	Participação dos vínculos empregatícios (2005*)					Rendimento médio (2010*)					
localidade	Agropecuaria no total de vinculos	Construção civil no total de vínculos	Indústria no total de vinculos	Comércio no total de vinculos	Serviços no total de vínculos	Total de Vínculos empregatícios	Vínculos empregatícios na agropecuária	Vinculos Empregaticios na Construção Civil	Vinculos Empregatícios na Indústria	Vinculos Empregatícios no comércio	Vínculos Empregatícios nos Serviços
	(em %)	(em %)	(em %)	(em %)	(em %)	(Em reais correntes)	(Em reais correntes)	(Em reais correntes)	(Em reais correntes)	(Em reais correntes)	(Em reais correntes)
Suzano	1,79	2	47,61	19,98	28,62	1.819,01	733,3	1.119,12	2.550,59	1.052,14	1.617,44

Fonte: [13]

Tabela 29 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Saúde

	Finanças Publicas Municipais (2007*)	População e estatísticas vitais(2010*)				Saúde (2007*)			
localidade	Total de despesas municipais-saúde	Taxa de Fecundidade geral	Taxa de mortalidade infantil	Taxa de natalidade	Taxa de Natimortalidade	Leitos SUS	Mães adolescentes	Nascimentos de baixo peso,com menos de 2,5kg	Unidades de atenção básica de saúde
	(em reais)	(por mil mulheres entre 15 e 49 anos)	(por mil nascidos vivos)	(por mil habitantes)	(por mil nascidos vivos ou mortos)	(Coeficiente por mil habitantes)	(com menos de 18 anos)(em%)	(em %)	unidade
Suzano	70.066.422	55,53	11,2	16,03	11,50	0,83	7,66	8,14	16

Fonte: [13]

Tabela 30 – Dados primários relativos ao meio antropogênico – Meio Ambiente e Política Urbana

	Meio Ambiente (2003*)			Política urbana (2003*)										
localidade	Existência de unidades de conservação ambiental municipais	Total de unidades de conservação ambiental municipais	Existência de conselho municipal de desenvolvimento urbano	Existência de lei de parcelamento do solo	Existência de lei de perímetro urbano	Existência de lei de plano diretor	Existencia de lei de zoneamento	Existência de lei de zoneamento especial de interesse ambiental	Existência de lei de zoneamento especial de interesse cultural	Existência de lei de zoneamento especial de interesse social	Existência de leis específicas para proteção ou controle ambiental	Existência de ocupação urbana em área rural	Loteamento urbanos aprovados por lei especial em área rural	Loteamentos urbanos sem aprovação em área rural
Suzano	Não	-	Não	-	-	-	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	-	-

Fonte: [13]

8.2 Caracterização do meio aéreo

O meio aéreo se relaciona com uma infinidade de variáveis complexas, como relevo, clima, vegetação e fenômenos atmosféricos.

Os parâmetros de qualidade ambiental podem ser definidos pelo monitoramento de variáveis consideradas principais, as quais são classificadas em dois grandes grupos de indicadores:

- Poluentes: dióxido de enxofre (SO_2), material particulado, óxidos de nitrogênio (NOx), ozônio (O_3) e oxidantes fotoquímicos, monóxido de carbono.

- Gases de efeito estufa (GEE): monóxido de carbono (emissivo), dióxido de carbono (CO_2), hidrocarbonetos (HCs), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), substâncias destruidoras da camada de ozônio.

Em seguida, uma tabela com padrões nacionais de qualidade do ar fixados na Resolução CONAMA Nº03, de 28/06/90:

Tabela 31 – Padrões nacionais de qualidade do ar

Poluente	Tempo de Amostragem	Padrão Primário µg/m³	Padrão Secundário µg/m³	Método de Medição
partículas totais em suspensão	24 horas[1]	240	150	amostrador de grandes volumes
	MGA[2]	80	60	
partículas inaláveis	24 horas[1]	150	150	separação inercial/filtração
	MAA[3]	50	50	
fumaça	24 horas[1]	150	100	refletância
	MAA[3]	60	40	
dióxido de enxofre	24 horas[1]	365	100	pararosanilina
	MAA[3]	80	40	
dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	quimiluminescência
	MAA[3]	100	100	
monóxido de carbono	1 hora[1]	40.000	40.000	infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
	8 horas[1]	10.000	10.000	
		9 ppm	9 ppm	
ozônio	1 hora[1]	160	160	quimiluminescência

1 - Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.
2 - Média geométrica anual.
3 - Média aritmética anual.

Fonte: [44][2011]

A CETESB publica também a qualidade do ar medido através de suas estações de monitoramento, onde se classifica a qualidade do ar através de um cálculo de índice de qualidade do ar (figura 46).

Qualidade	Índice	MP_{10} (µg/m³)	O_3 (µg/m³)	CO (ppm)	NO_2 (µg/m³)	SO_2 (µg/m³)	Fumaça (µg/m³)	PTS (µg/m³)	Significado
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80	0 - 60	0 - 80	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51 - 100	> 50 - 150	> 80 - 160	> 4,5 - 9	> 100 - 320	> 80 - 365	> 60 - 150	> 80 - 240	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101 - 199	> 150 e < 250	> 160 e < 200	> 9 e < 15	> 320 e < 1130	> 365 e < 800	> 150 e < 250	> 240 e < 375	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200 - 299	≥ 250 e < 420	≥ 200 e < 800	≥ 15 e < 30	≥ 1130 e < 2260	≥ 800 e < 1600	≥ 250 e < 420	≥ 375 e < 625	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares)
Péssima	≥ 300	≥ 420	≥ 800	≥ 30	≥ 2260	≥ 1600	≥ 420	≥ 625	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Figura 46 – Índice geral de qualidade do ar
Fonte: [44] [2011]

No caso específico da região de estudo, a CETESB não dispõe de estações de medição da qualidade do ar. Como no município vizinho há estações manuais que disponibilizam dados relativos a fumaça e SO_2, os dados dessas estações podem ser usados.(Obs.: medição de fumaça – o monitoramento foi interrompido devido à mudança de local, e a de SO_2 foi desativada em 2009.) Seus resultados podem ser verificados nas tabelas 32 e 33.

Tabela 32 – Fumaça (FMC)

Vocacional	UGRHI	Repres.	N	Média Aritm.ug/m3	Máximas 24h 1º ug/cm3	2º ug/cm3	Nº ultrapassagens PQAr	AT	Ano
Industrial	6	R	58	18	58	49	0	0	2007
		R	59	15	58	41	0	0	2008
		R	53	12	35	29	0	0	2009
		NR	16	15	31	24	0	0	2010

Repres.=Indica se monitoramento foi representativo no ano (R) ou não (NR)
N=Número de dias válidos
Pqar=Padrão Nacional de qualidade do ar

Fonte: [44] [2011]

Tabela 33 – SO2

Vocacional	UGRHI	Repres.	N	Média Aritm.ug/m3	Máximas 24h 1º ug/cm3	2º ug/cm3	Ano
Industrial	6	R	12	3	5	3	2007
		R	12	3	3	3	2008
		R	12	3	3	3	2009

Repres.=Indica se monitoramento foi representativo no ano (R) ou não (NR)
N=Número de dias válidos

Fonte: [44]

Há também as medições realizadas pela própria fábrica, que são disponibilizadas nos relatórios anuais, no site da empresa. Abaixo, os dados coletados de alguns relatórios:

Tabela 34 – Emissões de poluentes

	Emissões de poluentes					
Ano/(toneladas)	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SOx(total)	201	202	264	131	159,62	161,46
NOx(total)	-	-	506	729	1980,55	2070,88*
Material particulado(total)	310	309	281	322	236,87	256,89**
TRS(total)	1,75	1,82	1,79	2,18	2,59	1,75

*Foram incluídas novas caldeiras no sistema de amostragem
**Estimativa feita a partir da amostragem da CB3 de 2009 em razão de questionamentos em relação ao dado apurado em 2010

Com relação aos gases de efeito estufa, não há dados específicos para o município de Suzano. Existem apenas os dados relativos ao estado de São Paulo e

os dados setoriais industriais, que podem ser visto na figura 47.

Setor	Ano	unidade	CO_2	CH_4	N_2O	HFC-134a	SF_6	CFC-11	CFC-12	CFC-113	HCFC-22	HCFC-141b	CO	NOx	VOC
Energia	1990	Gg	56.395	16	1								571	369	219
	1994		64.795	19	2								637	427	284
	2000		80.161	22	2								802	541	372
	2005		78.584	30	3								804	514	345
	2008		85.335	35	3								867	549	353
	Var. 90/00	%	42	40	70								40	46	70
	Var. 90/05		39	88	130								41	39	57
	Var. 90/08		51	124	182								52	48	61
Processos Industriais	1990	Gg	3.396	1,1	10,5	NE	0,0013	0,6660	0,1058	0,2562	0,6620	NE	3,54	0,95	59
	1994		3.268	1,0	16,2	NE	0,0013	1,2400	0,2090	0,0869	0,9150	NE	0,95	2,40	84
	2000		4.577	1,5	19,8	0,2568	0,0016	1,3914	0,2429	0,0163	1,7860	NE	11,15	3,04	146
	2005		12.685	1,5	22,8	0,6068	0,0020	0,0317	0,1813	NE	2,0880	0,8170	17,11	4,58	185
	2008		12.218	NE	NE	0,9471	0,0022	0,0441	0,1782	NE	2,9730	1,0850	20,21	5,41	214
	Var. 90/00	%	35	36	88	NA	23	109	130	-94	170	NA	221	220	146
	Var. 90/05		NA	36	116	NA	54	NA	71	NA	215	NA	383	382	212
	Var. 90/08		NA	NA	NA	NA	69	NA	68	NA	349	NA	471	469	260
Agropecuária	1990	Gg	933	734	31								1,29	0,11	
	1994		2.009	770	34								1,63	0,14	
	2000		1.462	782	35								1,07	0,09	
	2005		1.476	792	38								1,48	0,13	
	2008		1.462	678	38								1,58	0,13	
	Var. 90/00	%	57	7	13								-17	-17	
	Var. 90/05		58	8	23								15	15	
	Var. 90/08		57	-8	23								23	21	
Uso da Terra, Mudança e Uso da Terras Florestais	1990	Gg	NE												
	1994		NE												
	2000		-1.333												
	2005		-3.938												
	2008		-3.282												
	Var. 90/00	%	NA												
	Var. 90/05		NA												
	Var. 90/08		NA												
Resíduos	1990	Gg	0,01	278	—										
	1994		12,70	307	0,001										
	2000		19,04	365	0,001										
	2005		16,92	445	0,001										
	2008		19,69	430	0,001										
	Var. 90/00	%	NA	31	NA										
	Var. 90/05		NA	60	NA										
	Var. 90/08		NA	58	NA										
Total Líquido	1990	Gg	60.722	1.028	42	NE	0,001	0,7	0,1	0,26	0,7	NE	576	371	278
	1994		70.085	1.091	53	NE	0,001	1,2	0,2	0,09	0,9	NE	648	429	368
	2000		84.886	1.171	56	0,3	0,002	1,4	0,2	0,02	1,8	NE	814	544	518
	2005		88.844	1.268	63	0,6	0,002	0,03	0,2	NE	2,1	0,8	823	519	530
	2008		95.752	1.152	41	0,9	0,002	0,04	0,2	NE	3,0	1,1	889	554	567
	Var. 90/00	%	40	14	33	NA	23	109	130	-94	170	NA	41	47	86
	Var. 90/05		46	23	49	NA	54	NA	71	NA	215	NA	43	80	90
	Var. 90/08		58	12	-3	NA	69	NA	68	NA	349	NA	54	50	104

Figura 47 – Emissões e remoções de GEE do estado de São Paulo

Fonte: [45] [2011]

A seguir temos um tabela das emissões de CO_2 pelas indústrias de papel e celulose:

Tabela 35 – Emissões da indústria de papel e celulose de São Paulo

Ano	CO2 (Ggco2)
1990	815
1991	880
1992	904
1993	1.011
1994	1.044
1995	1.427
1996	1.781
1997	1.690
1998	1.683
1999	1.719
2000	1.057
2001	1.116
2002	1.234
2003	1.297
2004	1.342
2005	1.415
2006	1.508
2007	1.620
2008	1.491

Fonte: [45] [2011]

Além disso a Suzano Papel e Celulose foi a primeira empresa no mundo a quantificar a Pegada Carbono em um dos seus produtos, obtendo o certificado de “Carbon Reduction Label”. A Pegada Carbono é uma terminologia designada para quantificar as emissões de GEE ocorridas ao longo do ciclo de vida de seus produtos, desde a matéria-prima até sua disposição final. Sendo assim, a empresa deve possuir dados relativos às emissões de GEE da unidade do município de Suzano, embora esses dados não tenham sido encontrados nos relatórios disponibilizados.

8.3 Caracterização do meio aquático

O meio aquático é um sistema afetado não somente pelas interações no próprio meio, mas devido a influências do meio terrestre adjacente e ações antropogênicas.

O município de Suzano faz parte da UGRHI 6, que compreende 34 municípios e constitui-se em um dos maiores polos de riqueza nacional, além de responder por cerca de 15% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. O setor de serviços é o mais expressivo e mostra uma grande complementariedade com sua indústria. Na figura a seguir a demanda por setor na UGRHI 6.

População (Projeção SEADE 2007)	19.452.375 habitantes		
Disponibilidade Hídrica (PERH 2004-2007)	Área de drenagem (km²)	Vazão média (m³/s)	Vazão mínima (m³/s)
	5.868	84	20
Principais rios e reservatórios	Rios Tietê, Claro, Paraitinga, Biritiba-Mirim, Jundiaí, Taiaçupeba-Mirim, Embu-Guaçu, Embu-Mirim, Cotia, Baquirivu-Guaçu, Tamanduateí, Pinheiros, Juqueri e córregos Aricanduva e Cabuçu de Baixo. Reservatórios: Billings, Rio Grande, Rio das Pedras, Ribeirão do Campo, Ponte Nova, Paraitinga, Biritiba, Jundiaí, Taiaçupeba, Pedro Beicht, Cachoeira da Graça, Juqueri ou Paiva Castro, Edgard de Souza, Pirapora, Águas Claras e Guarapiranga.		
Usos da água (PERH 2004-2007)	Categoria de uso	Demanda (m³/s)	
	Urbano	68,5	
	Industrial	14,33	
	Irrigação	3,59	
	Total	86,42	

Figura 48 – Características da UGRHI
Fonte: [48][2008]

Os índices de qualidade de água, que são possíveis de obter através de relatórios da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), são importante fonte de dados. Neles, estão disponíveis índices como:

- IAP: Índice de qualidade de água bruta para fins de abastecimento público;
- IQA: Índice de qualidade de água;
- IVA: Índice de qualidade de água para a proteção da vida aquática.

Estes indicadores são mostrados nas figuras 49,50 e 51.

Abaixo (tabela 36 e 37) temos os dados sobre o saneamento e pontos de monitoração do município de Suzano.

Tabela 36 – Dados de saneamento básico do município de Suzano

UGRHI	Município	Concessão	População IBGE 210		Atendimento (%)		Eficiência	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
			População Total	População Urbana	Coleta	Tratamento	(%)	Potencial	Remanesc.		
6	Suzano	SABESP	265.074	255.746	82	70	94	13.810	6.359	5,99	Rio Tietê

Fonte: [46]

Tabela 37 – Pontos de medição do município de Suzano

Corpo Hídrico	Cód.CETESB	Topo.Mon	Local de Amostragem	Lat. S	Long.W
Res.Taiaçupeba	PEBA 00900	RB	Na captação da SABESP	23 34 45	46 17 18
Rio Taiaçubeba-Mirim	TAIA 02800	RB	A jusante do vertedouro do Reservatório de Taiaçubeba e montante da Indústria de papel e celulose Suzano	23 34 18	46 17 27
Rio Taiaçubeba-Açu	TAIM 00800	RB	Ponte na estrada Pau a Pique com Estrada Boraceia, próximo de EEE Jardim Planalto	23 38 04	46 19 17
Rio Tietê	TIET 03120	RB	A jusante da ETE de Suzano	23 30 11	46 20 13

Fonte: [36]

Corpo Hídrico	Ponto	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Reservatório Taiaçupeba	PEBA00900	87	87	88	80	81	85
Rio Taiaçupeba-Açu	TAIA02800				77	78	79
Rio Taiaçupeba-Mirim	TAIM00800				42	46	42
Rio Tietê	TIET03120	25	30	24	28	33	32

Legenda: Ótima Boa Regular Ruim Péssima

Figura 49 – Índice IQA

Fonte: [46]

Corpo Hídrico	Ponto	2006	2009	2010	IAP 2011
Reservatório Taiaçupeba	PEBA00900			54	71

Legenda: Ótima Boa Regular Ruim Péssima

Figura 50 – Índice IAP

Fonte: [46]

Corpo Hídrico	Ponto	2006	2007	2008	2009	2010	IVA 2011
Reservatório Taiaçupeba	PEBA00900						4,5
Rio Taiaçupeba-Mirim	TAIM00800						4,4

Legenda: Ótima Boa Regular Ruim Péssima

Figura 51 – Índice IVA

Fonte: [46]

Também existem informações sobre a interferência desta indústria no corpo hídrico do município, que podem ser vistos na tabelas 38 e 39.

Tabela 38 – Consumo de água do rio Tietê

Consumo de Água	
Ano	(m^3)
2005	25.993.000
2006	26.739.928
2007	28.780.680
2008	27.950.700
2009	24.108.936
2010	24.342.846**

**Inclui Taiaçupeba

Fonte: [47] [2011]

Tabela 39 – Efeito do consumo de água na vazão do rio

Ano	Vazão do Rio m^3/h	Consumo de Água m^3/h	% de retirada %
2006	43.200	3.060	7,08
2007	38.106	3.050	7,99
2008	41.400	3.190	7,71
2009	91.067	2.752	3,03
2010	114.000	2.770	2,44

Fonte: [47] [2011]

E, na demanda de água por UGRHI, pode-se notar(figura 52) que a situação nos municípios que compõem a UGRHI 6 é crítica. (Cor vermelha significa crítico,amarela é estado de atenção e verde é estado bom).

UGRHI	Disponibilidade hídrica total (m³/s)	Demanda total (m³/s)		Demanda/ Disponibilidade (%)	
		2007	2008	2007	2008
01 – Mantiqueira	10	0,68	0,68	6,77	6,77
02 – Paraíba do Sul	93	12,79	14,02	13,75	15,07
03 – Litoral Norte	39	0,68	1,40	1,74	3,59
04 – Pardo	44	10,56	13,53	23,99	30,75
05 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí	65	78,94	81,10	121,44	124,77
06 – Alto Tietê	31	49,10	54,63	158,37	176,23
07– Baixada Santista	58	18,17	18,21	31,33	31,40
08 – Sapucaí/Grande	46	4,80	5,10	10,43	11,10
09 – Mogi-Guaçu	72	18,87	18,86	26,21	26,20
10 – Sorocaba/Médio Tietê	39	10,47	12,39	26,84	31,76
11 – Ribeira de Iguape/Litoral Sul	229	1,95	3,13	0,85	1,37
12 – Baixo Pardo/Grande	31	11,52	12,32	37,16	39,76
13 – Tietê/Jacaré	50	16,19	24,23	32,38	48,46
14 – Alto Paranapanema	114	6,78	9,96	5,94	8,74
15 – Turvo/Grande	39	14,89	16,72	38,18	42,86
16 – Tietê/Batalha	40	7,97	8,47	19,93	21,17
17 – Médio Paranapanema	82	6,26	8,02	7,63	9,77
18 – São José dos Dourados	16	4,99	5,16	31,20	32,23
19 – Baixo Tietê	36	3,12	4,30	8,66	11,95
20 – Aguapeí	41	3,35	3,40	8,16	8,30
21 – Peixe	38	1,61	2,18	4,24	5,74
22 – Pontal do Paranapanema	47	0,83	1,37	1,77	2,91
ESTADO DE SÃO PAULO	1259	284,50	319,18	22,60	25,35

Figura 52 – Balanço hídrico por UGRHI

Fonte: SMA/CRHi (2010), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

Tabela 40 – Carga orgânica poluidora – Doméstica

Concessão	População IBGE 2008		Atendimento (%)		Eficiencia	Carga Poluidora (kg DBO/dia)		ICTEM	Corpo Receptor
	Total	Urbana	Coleta	Tratam.	%	Potencial	Remanesc.		
Sabesp	279.394	270.516	82	70	81	14.608	7.816	5,5	Rio tietê

Fonte: [48][2008]

Para o caso das águas subterrâneas em 2009, foi instituído o Indicador de Portabilidade das Águas Subterrâneas (IPAS), que representa o percentual das amostras coletadas em conformidade com os padrões de potabilidade e de aceitação

ao consumo humano, de acordo com a Portaria do Ministério de Saúde nº 518/04.

Tabela 41 – Indicador de potabilidade das águas subterrâneas

UGRHI	2007 IPAS(%)	2007 Parâmentros em não conformidade	2008 IPAS(%)	2008 Parâmentros em não conformidade	2009 IPAS(%)	2009 Parâmentros em não conformidade
6-Alto Tiete	62,3	alumínio, crômio, ferro, fluoreto,manganês, nitrato, coliformes totais,bactérias heterotróficas	56,3	alumínio, chumbo, ferro,fluoreto,manganês, nitrato, bactérias,heterotróficas e coliformes totais	79,5	alumínio, ferro, fluoreto, manganês, nitrato, bactérias heterotróficas, coliformes totais

Fonte: CETESB (2010a), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

8.4 Caracterização do meio terrestre

Considera-se como meio terrestre todo o espaço da superfície e do subsolo. É composto de formações geomorfológicas que constituem o solo, formações vegetais, espécies de animais naturais, além de seu uso em divisões políticas e estratégias, culturas agrícolas e mineração.

A seguir, pode-se ver a área de vegetação nativa da UGRHI 6. Essas variações se devem ao fato de que o inventário de 2008/2009 foi produzido com imagens de satélite de alta resolução, que resultou na descoberta de novos fragmentos florestais que não estavam contabilizadas no mapeamento anterior.

Tabela 42– Área de vegetação nativa por UGRHI em 2005 e 2008/2009

UGRHI	Ano 2005 Área (ha)	2005 %	2008/2009 Área (ha)	2008/2009 %	Variação (ha)
06-Alto Tiete	181.149	27,25	220.658	39,1	39.509

Fonte: Kronka et al (2005) e IF (2010), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

O indicador a seguir é constituído pela porcentagem da área de mata ciliar em relação às áreas totais dos proprietários em que se localizam a mata. Esses dados

fornecerão subsídios para a elaboração de projetos de recuperação florestal.

Tabela 43 – Área de mata ciliar declarada no estado de São Paulo por UGRHI até 2010

UGRH	Número de Áreas	Áreas das propriedades (ha)	Área ciliar declarada (ha)	%
06-Alto Tiete	20	21.571,19	3.991,77	18,50%

Fonte: SMA/PAE Mata Ciliar (2010), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

Os contaminantes são caracterizados por serem todos os compostos químicos que podem ser encontrados no solo, decorrentes das atividades humanas ou por efeitos de fenômenos da natureza (por exemplo, vulcões). Pode-se verificar que ano a ano a quantidade de áreas contaminadas vem crescendo (tabela 44), o que torna o monitoramento desse indicador importante. Além disso, há riscos de contaminação do lençol freático, entre outros efeitos negativos.

Tabela 44 – Número de áreas contaminadas cadastradas no estado de São Paulo

UGRHI	Número de Áreas Contaminadas				
	nov/05	nov/06	nov/07	nov/08	nov/09
06-Alto Tiete	820	961	1175	1260	1335

Fonte: CETESB (2010f), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

Pode-se notar que a grande quantidade de áreas contaminadas está relacionada a postos de combustíveis (tabela 45). Isto se deve em grande parte à resolução COANMA nº 237/00, que estabeleceu a obrigatoriedade de licenciamento para essa atividade, permitindo melhor monitoramento.

Tabela 45 – Número de áreas contaminadas cadastradas no estado de São Paulo e por tipo de atividade em 2009

UHRHI	Atividade					
	Comercial	Industrial	Resíduos	Postos de Combustíveis	Acidentes/ Desconhecida	Total
06-Alto Tiete	55	189	41	1043	7	1335

Fonte: CETESB (2010f), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

Com o objetivo de melhorar e facilitar o gerenciamento das áreas contaminadas,

a CETESB as classificou em quatro tipos em função do nível de informação ou dos riscos existentes em cada uma. Esses índices mostram uma melhora significativa nos números do estado de São Paulo, de 7,2%, em 2008, para 34,8%, em 2009.

Tabela 46 – Índice de reabilitação e classificação das áreas contaminadas em 2009

UGRHI	Classificação					Indice de
	AI	AC	AMR	AR	Total	Reabilitação (%)
06-Alto Tiete	194	676	403	62	1335	34,8

Legenda: AI: área contaminada sob investigação; AC: área contaminada;
AMR: área em processo de monitoramento para reabilitação;
AR: área reabilitadapara o uso declarado; Índice de Reabilitação = (AMR + AR) /total de áreas) *100

Fonte: CETESB (2010f), elaborado por SMA/CPLA (2010) [49]

Em 2010, houve a maior concentração de óbitos na UGRHI 6, com 23 mortes (tabela 47), num total de 42 do estado de São Paulo.

Tabela 47 – Distribuição dos acidentes relacionados a desastres naturais por tipo e consequência em 2010

UGRHI	Tipo de acidente					F	Tipo de dano			
	A	B	C	D	E		G	H	I	J
06-Alto Tiete	88	32	60	0	43	135	23	1188	1988	3176

Legenda: A: número de atendimentos; B: escorregamento, erosão; C: enchente, inundação, transbordamento, alagamento; D: raios; E: outros (chuvas fortes,vendavais, desabamentos de casas e muros, quedas de árvores e muros, situação de emergência, mortes, remoções, etc); F: nº total de acidentes; G: óbitos;H: desabrigados; I: desalojados; J: pessoas afetadas (desabrigados + desalojados)

Fonte: Cedec (2010) [49]

9. Previsão de demanda e cenário

O objetivo é de construir um cenário energético, dentro do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos, e validar o Plano Preferencial de Recursos Energéticos, modelando as demandas, impactos ambientais, sociais e econômicos resultantes do planejamento proposto (GIMENES, 2004).

Com ele, é possível analisar a consistência do planejamento ao longo de seu horizonte de tempo, verificando se os recursos energéticos atendem às necessidades ao longo do tempo. Um cenário energético está intimamente ligado a um cenário socioeconômico, podendo satisfazer a demanda de diferentes maneiras, fontes e usos finais. Ela não é simplesmente uma extrapolação de dados em tempos passados.

O horizonte de planejamento deve considerar um prazo superior a 15 anos (longo prazo), para que não se torne apenas um trabalho descritivo. Existem três tipos de cenários [42]:

- Cenário tendencial: são aqueles que utilizam índices e dados históricos para construção do ano base e seus prolongamentos na linha do tempo.

- Cenário preditivos: são aqueles em que há possibilidade de analisar a interferência de uma ou mais ações que devem ser tomadas ao longo do planejamento.

- Cenários exploratórios: são aqueles em que há a possibilidade de modificar a relação entre as variáveis que compõem o sistema e verificar os resultados devido a essas mudanças.

Para este trabalho, considera-se o cenário tendencial, uma vez que este é o que mais se aproxima das necessidades de um ambiente corporativo.

9.1 Cenário tendencial

Para este cenário, necessita-se de dados estatísticos para construir as projeções. Também serão utilizados dados econômicos do setor de papel e celulose, de modo que as tendências não sejam fruto de meras projeções de dados históricos.

Durante o período de 2008 a 2010, o Brasil foi o único país em que a produção de celulose cresceu, com uma elevação de 5,6% em relação a 2009, chegando a 14,1 milhões de toneladas anuais, e uma elevação de 3,9% do volume de produção de papel [40]. Em 2011, a produção de celulose se manteve estável. Em 2012 há incertezas devido ao momento negativo da economia europeia e aos sinais de desaceleração na China, os dois maiores mercados globais para a celulose brasileira.

Segundo avaliação da consultoria Pöiry, a demanda mundial de celulose deve crescer em torno de 3% ao ano até o ano de 2023, enquanto a demanda por papel deve aumentar em torno de 1,5% [40].

Abaixo temos uma figura que mostra a expectativa de crescimento de demanda de celulose(figura 53) e por produto (figura 54).

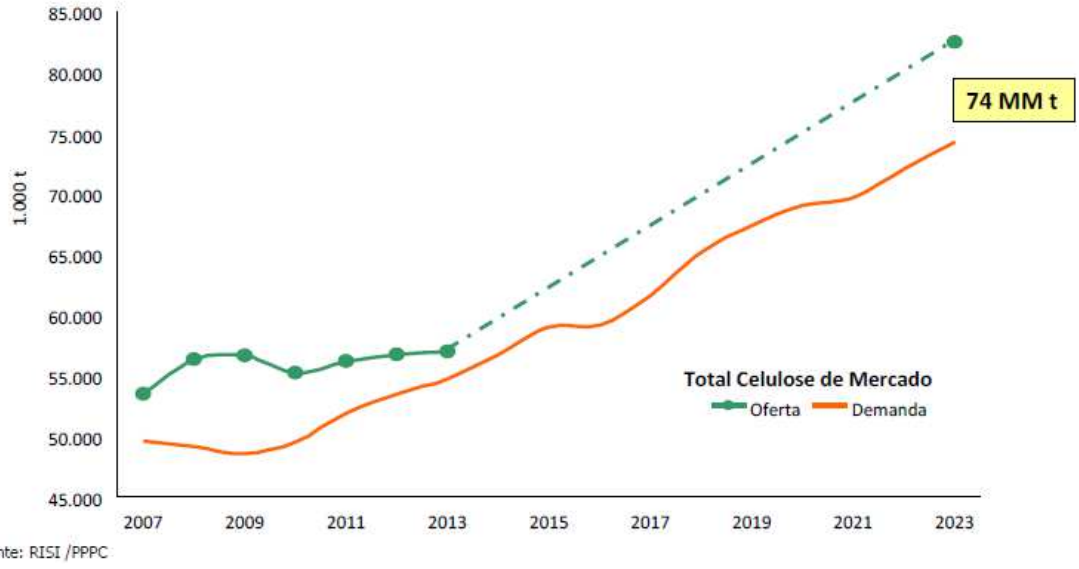


Figura 53 – Expectativa de crescimento de demanda de celulose

Fonte: [43]

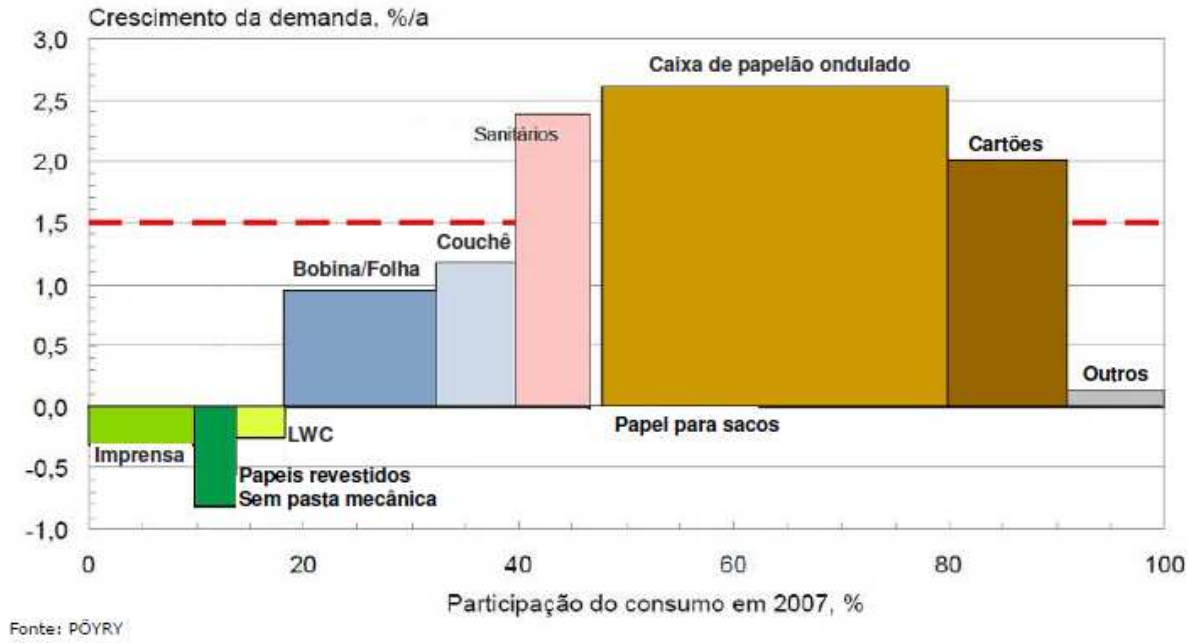


Figura 54 – Perspectiva de crescimento por produto

Fonte: [43]

As operações industriais na Suzano Papel e Celulose são geridas visando a redução do consumo de energia e a autossuficiência com relação à geração de energia. Em outra unidade do mesmo grupo, em torno de 98% da energia consumida é produzida internamente. Melhorias e novas tecnologias no processo produtivo também colaboram para a redução do consumo de energia.

Na figura 55 podemos verificar um gráfico motrando o consumo de energia na unidade de Suzano.

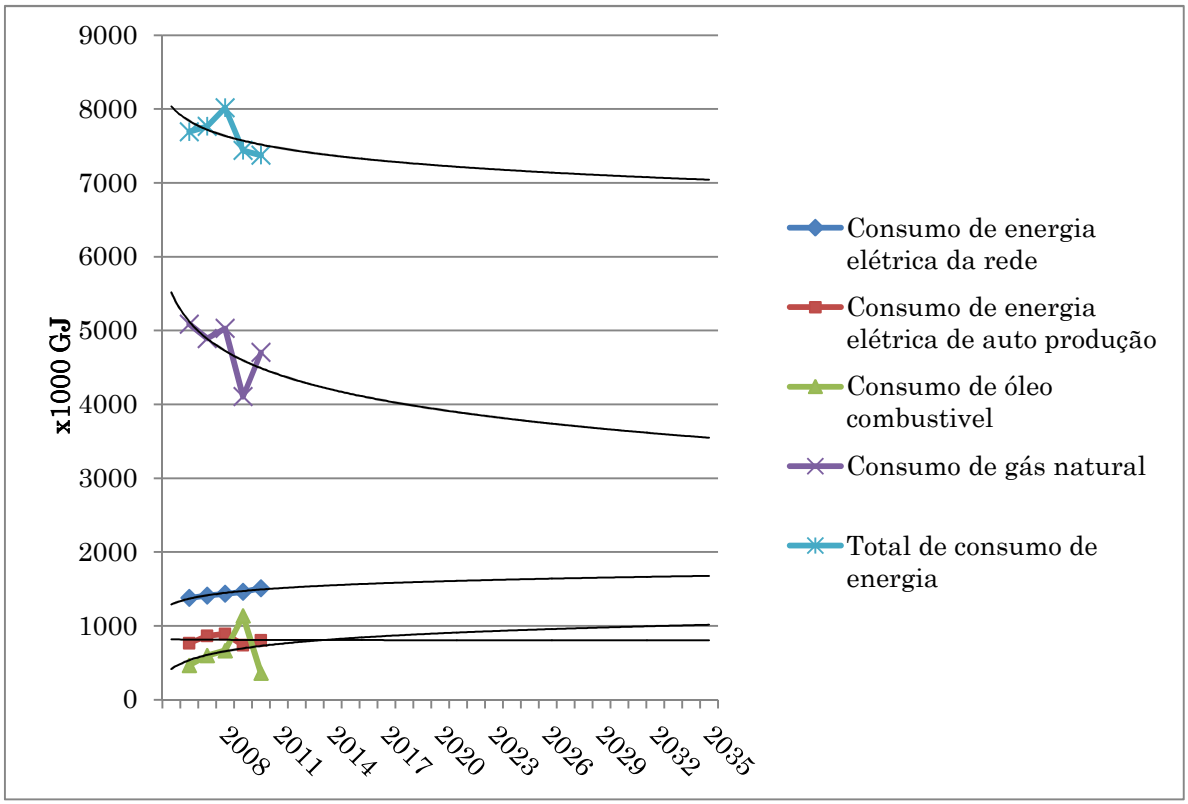


Figura 55 – Gráfico de consumo de energia na unidade de Suzano e suas projeções

Fonte: Elaboração própria, a partir de relatórios

Graças a essas medidas e devido ao fato que a análise se foca em uma unidade específica, com capacidade de produção limitada, embora haja um crescimento da demanda de celulose, a previsão de consumo total de energia tem uma tendência a estabilização a longo prazo(figura 55). A limitação também se deve ao fato de que a demanda de energia é planejada de acordo com a capacidade de produção da fábrica. Se não houver um aumento de capacidade não irá ocorrer uma aumento significativo no consumo de energia elétrica.

Para maior precisão da previsão de demanda de energia elétrica seria necessário uma melhor estratificação das informações. Devido à falta de informações mais detalhadas, isto não foi possível.

A seguir, pode-se ver a previsão de consumo em MWh.

Tabela 48 – Consumo de energia elétrica

Ano	Consumo (MWh)
2006	594.862
2008	645.487
2010	642.320
2012	644.000
2014	650.000
2016	657.000
2018	662.000
2020	666.000
2022	670.000
2024	673.000
2026	676.000
2028	680.000
2030	682.000
2032	685.000
2034	687.000
2035	688.000

Fonte: Elaboração própria

10. Plano Preferencial Integrado dos Recursos Energéticos

10.1 Atendimento da demanda

Nesta etapa, procura-se distribuir os recursos ao longo do horizonte de planejamento de acordo com o menor custo completo. Os recursos são alocados ao longo do período planejado conforme as capacidades de energia realizáveis em seu respectivo setor e potencial no ano, respeitando-se a classificação dos recursos obtida no Ranqueamento e no cenário energético elaborado (tabela 49). Nenhum recurso deve ser descartado, pois no PIR são consideradas ainda variáveis temporárias, geográficas, políticas e a disponibilidade do recurso, podendo ocorrer que um recurso que no início do planejamento se encontrava em um ranking menor se torne viável num outro determinado tempo devido às outras variáveis.

Na tabela a seguir podemos verificar que para a demanda do ano de 2006 foram utilizados os recursos de hidroeletricidade à caldeira de recuperação, conforme a classificação obtida no ranqueamento. Para o atendimento do incremento da demanda para os anos seguintes, somente a caldeira de recuperação foi utilizada.

Tabela 49 – Recursos de oferta x Incremento da demanda (MWh)

	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2022	2026	2030	2035
Incremento da demanda	594.862	50.625	-3.167	1.680	6.000	7.000	5.000	8.000	6.000	6.000	6.000
Hidroelétrica	387.630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas Natural/Óleo	96.184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caldeira de Biomassa	51.158	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caldeira de recuperação	59.890	50.625	-3.167	1.680	6.000	7.000	5.000	8.000	6.000	6.000	6.000
Gaseificador Licor Negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria

10.2 Indicadores de restrição (vigilantes)

Para que a distribuição dos recursos seja realizada de forma eficiente e adequada, são necessários indicadores de restrições. Esses indicadores poderão definir a

entrada ou não do recurso. Para este trabalho, os indicadores foram os seguintes:

- Disponibilidade hídrica: este vigilante corresponde ao consumo de água que cada recurso consome.

- Impactos na economia: este vigilante verifica o impacto que determinado recurso impões à região onde será implementado.

- Impacto no processo produtivo: este vigilante verifica se o recurso tem algum impacto no processo produtivo. Ele é muito importante, pois se o recurso impactar de alguma forma o processo produtivo, o investimento empresarial pode se tornar inviável.

- Emissões de GEE: verifica as emissões que determinado recurso pode gerar.

- Crescimento populacional: verifica o impacto de determinado recurso na população local.

- Grau de urbanização: verifica os impactos na infraestrutura na região estudada

- Material particulado: verifica as emissões de material particulado que cada recurso emite.

10.3 Integração dos Recursos Energéticos

A Figura a seguir mostra o alocamento de recursos em função do incremento de demanda de energia já com a atuação dos vigilantes.

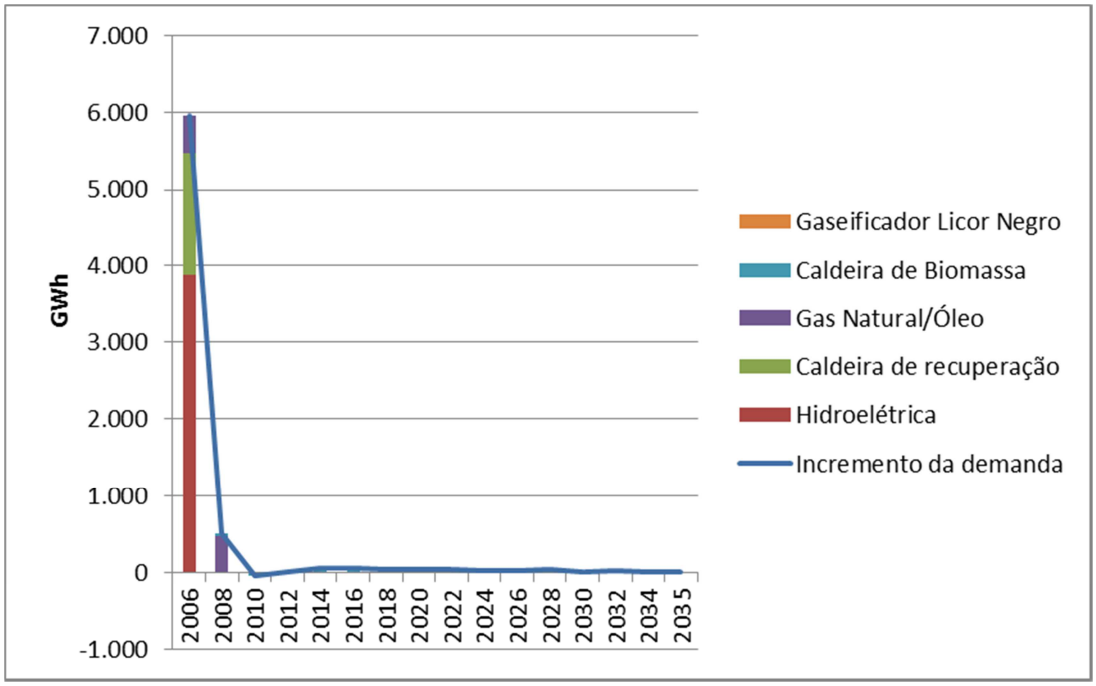


Figura 56 – Gráfico dos recursos da oferta para atendimento do incremento de demanda energética (GWh)

Considera-se que a planta irá iniciar as operações em 2006. Neste primeiro ano, utilizaram-se toda capacidade dos recursos de hidroeletricidade, caldeira de recuperação e parte da caldeira de gás/óleo. A caldeira de recuperação, embora tenha sido classificada em terceiro no ranqueamento, está entrando como segundo recurso devido à atuação dos vigilantes (impacto no processo produtivo). Numa empresa de papel e celulose, é essencial a operação dessa caldeira para o funcionamento do processo produtivo como um todo.

No ano de 2010, pode-se verificar uma queda na demanda energética (tabela 50). Isto resultou na “devolução”(valores negativos) de parte dos recursos energéticos.

A partir de 2008, verifica-se que o recurso caldeira de biomassa atende aos crescimentos posteriores de demanda energética até o final do tempo de estudo.

Verifica-se pela tabela 50 seguinte que ocorreu a concorrência entre os

recursos. A caldeira de recuperação utiliza a mesma fonte (licor negro) que o gaseificador de licor. Dessa forma, enquanto utilizou-se a caldeira de recuperação como recurso, o gaseificador de licor não poderá ser utilizado. Pode-se ver também que mesmo após a vida útil das caldeiras, elas continuam sendo utilizadas, isto ocorre porque, na prática, de tempos em tempos, as caldeiras sofrem upgrade e recuperação, aumentando assim sua vida útil.

Tabela 50 – Recursos da oferta x Incremento da demanda (MWh)

	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2022	2026	2030	2035
Incremento da demanda	594.862	50.625	-3.167	1.680	6.000	7.000	5.000	8.000	6.000	6.000	6.000
Hidroelétrica	387.630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caldeira de recuperação	159.677	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas Natural/Óleo	47.555	48.629	-1.171	509	0	0	0	0	0	0	0
Caldeira de Biomassa	0	1.996	-1.996	1.171	6.000	7.000	5.000	8.000	6.000	6.000	6.000
Gaseificador Licor Negro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Elaboração própria

10.4 Plano preferencial

Os recursos energéticos analisados em 2006 destinados ao atendimento da demanda energética estão listados na tabela 51 a seguir:

Tabela 51 – Tabela preferencial de recursos

Ano	Plano de Recursos Energéticos (RELO)
2006	HID, CR, GNO
2008	GNO,CB
2018	CB
2022	CB
2026	CB
2030	CB
2035	CB

Legenda: HID - Hidroelétrica, CR - Caldeira de Recuperação,
GNO - Caldeira de Gás natural/óleo, CB - Caldeira de Biomassa

No primeiro ano de funcionamento, é possível atender a demanda somente com energia hidroelétrica, caldeira de recuperação e caldeira a gás/óleo. A partir de 2008 foi incluído o recurso de caldeira de biomassa, que irá atender toda demanda até o final do período de Planejamento em 2036.

11. Conclusão

Pode-se verificar que praticamente todos os recursos são utilizados nos primeiros anos de operação e que, durante o período avaliado, não foi necessária a inclusão de novo recurso pois o acrescimo de demanda foi atendida com os recursos já alocados. Com isso no planejamento não foi utilizado o recurso “gaseificador de licor negro”.

Para o cenário e vigilantes escolhidos para esta dissertação, o recurso “gaseificador de licor negro” não se mostrou viável. Mas se alterássemos as variáveis, por exemplo um cenário mais ecológico, ou se incluíssemos novos vigilantes, como por exemplo um tomador de decisão que aposte em inovações tecnológicas, que determine a entrada do gaseificador de licor o planejamento poderia ser outro.

Neste trabalho somente analisamos os Recursos Energéticos do Lado a Oferta (RELOs), mas para uma aplicação completa em um ambiente empresarial, seria interessante analisamos também os Recursos Energético do Lado da Demanda (RELDs). Isto devido que cada vez mais as empresas buscam a diminuir o consumo de energia elétrica através de medidas de eficiência energética, diminuindo os desperdícios no processo produtivo e administrativo. Tornado o PIR uma ferramenta interessante para o planejamento energético de uma empresa visando um desenvolvimento sustentável.

12. Referências Bibliográficas

[1] Larson, E.D.; Consonni, S. S.; Katofsky, R.E. **A Cost-Benefit Assessment of Biomass Gasification Power Generation in the Pulp and Paper Industry (Final Report).** Princeton: Princeton University, 2003.

[2] Larson, E.D.; R.E. Katofsky. **Production of Hydrogen and Methanol from Biomass.** Princeton: Princeton University, 1992.

[3] The UK's National Centre for Biorenewable Energy, Fuels and Materials. **Review of Technologies for Gasification of Biomass and Wastes**, 2009.

[4] Morehead, H. **Siemens Gasification and IGCC Update.** Flórida, 2008.

[5] Biague, M.F. **Modelagem da Carteira dos Recursos Energéticos do PIR**: Validação do Modelo no PIR de Araçatuba. 2010. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

[6] Baitelo, R.L. **Modelo de Valoração e Cômputo de Potenciais Completos de Recursos Energéticos para o PIR.** 2009. Tese de Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

[7] Velázquez, S.M.S.G. **Perspectivas para a geração de excedentes de energia elétrica no segmento de papel e celulose com a utilização de sistemas de gaseificação/turbina a gás.** 2006. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

[8] Basu, P. **Biomass Gasification and Pyrolysis**. Academic Press, 2010, 376p.

[9] BRASIL. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Capacidade Instalada por Tipo de Geração.** Disponível em: http://www.ons.org.br/download/biblioteca_virtual/publicacoes/dados_relevantes_2009/07-Capacidade-Instalada-por-Tipo-de-Geracao-MW.html. Acesso em 25 ab. 2011.

[10] BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: http://www.aneel.gov.br. Acessos em 2011/2012.

[11] BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2010 ano base 2009.** Disponível em https://ben.epe.gov.br. Acesso em 26 fev. 2012.

[12] Nagai, S. **Trilhas de Sustentabilidade do Setor de Celulose e Papel.** Bracelpa: São Paulo, Junho, 2009.

[13] SÃO PAULO (Estado). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. Banco de dados. Disponível em http://www.seade.gov.br. Acessos em 2011/2012.

[14] BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de dados. Disponível em http://www.ibge.gov.br. Acessos em 2011/2012.

[15] Suzano (Município). Disponível em http://www.suzano.sp.gov.br. Acesso em abril 2011.

[16] SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em http://site.sabesp.com.br/site/interna/Municipio.aspx?secaoId=18&id=120. Acesso em abril 2011.

[17] Suzano Papel e Celulose. **Relatório de Sustentabilidade 2009**. Relatório. Suzano, 2010. 136p.

[18] Ferreira, P.R.P. **Caracterização das Leis Hídricas do Brazil**. Campinas, 2003.

[19] Suzano (Município). **Revisão do Plano Diretor de Suzano 2006 – 2016**. Plano Diretor. Suzano, 2007. 102p.

[20] Suzano (Município). **Elaboração de Plano de Redução de Riscos no Município de Suzano (SP).** Relatório Suzano: Prefeitura de Suzano, 2006. 36p.

[21] Pfeiffer, E.; Ven M.V. **Developments in Fluid Bed Combustion and Gasification**. In: Workshop IEA task 32, Hamburg, 2009.

[22] Schuck, S. **Submission for Inquiry into Growing Australizan Forestry.** Publicação eletrônica. Mensagem recebida por arff.reps@aph.gov.au, em 25 de mar. 2011.

[23] NNFCC. **Review of Technologies for Gasification of Biomass and Wastes**. Relatório Técnico. Inglaterra, 2009.

[24] SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório do inventário estadual de fontes fixas emissões de CO_2 – fontes industriais – combustíveis fósseis**. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2008.

[25] SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2010. 237p.

[26] SÃO PAULO (Estado). Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. Mapa da Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em http://www.emplasa.sp.gov.br. Acesso em 15 jun. 2011.

[27] CBC Indústrias Pesadas S/A. Disponível em: http://www.cbcsa.com.br/caldeiraqui.asp. Acesso em 20 jun. 2011.

[28] Juliano, R. A. P.; Iwamoto F. **Análise da Bioenegia do Oeste Paulista Através do Planejamento Integrado de Recursos Energéticos.** 2009. Projeto de formatura Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

[29] SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. Disponível em http://www.rededasaguas.org.br/nucleo/alto_tiete.htm. Acesso em jul. 2011.

[30] SÃO PAULO (Estado). Departamento de Águas e Energia Elétrica. **Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. Nota explicativa, 2005.

[31] BRASIL. Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em http://www.denatran.gov.br. Acesso em 2011.

[32] SÃO PAULO (Estado). Centro de Monitoramento e Mitigação da Seca e

Adversidades Hidrometeorologicas. Disponível em http://www.infoseca.sp.gov.br. Acesso em 2011.

[33] Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito**. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, 2001. Disponível em http://www.cresesb.cepel.br/atlas_eolico. Acesso em 2011.

[34] SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade Ambiental**. Relatório. São Paulo: SMA, 2007.

[35] SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo 2007-2009**. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2010. 260p.

[36] _____. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo 2010.** Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2011. 300p.

[37] _____. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares.** Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2011. 186p.

[38] EDP Bandeirante. **Área de concessão.** Disponível em http://www.bandeirante.com.br. Acesso em 2012.

[39] Suzano Papel e Celulose. **O Processo de Produção de Celulose e do Papel**. Disponível em http://ri.suzano.com.br/ .Acesso em 2011

[40] Associação Brasileira de Papel e Celulose. **Relatório de Sustentabilidade 2010**. Relatório: Relatório. São Paulo: Bracelpa, 46p.

[41] Bracelpa Associação Brasileira de Papel e Celulose. **Relatório Estatístico 2010/2011.** Relatório. São Paulo: Bracelpa, 49p.

[42] _____. **Dados do setor – Março de 2012**. Relatório.São Paulo: Bracelpa, 28p.

[43] _____. **Resultados de 2010 e Perspectivas.** São Paulo, 2010. Disponível em http://www.bracelpa.org.br. Acesso em 2012.

[44] SÃO PAULO (Estado). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Qualidade do Ar no Estado de São Paulo.** Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2011. 124p.

[45] _____. **1º Inventário de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Diretos e Indiretos do Estado de São Paulo**. Relatório Técnico. São Paulo: CETESB, 2011. 195p.

[46] SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais.** São Paulo: Série Relatórios: SABESP, 2011. 342p.

[47] Suzano Papel e Celulose. **Relatório de Sustentabilidade 2011**. Relatório. Suzano, 2012. 108p.

[48] SÃO PAULO (Estado). Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: Série Relatórios: SABESP, 2008. 531p.

[49] SÃO PAULO (ESTADO). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade Ambiental**. São Paulo: Série Relatórios: SMA, 2011. 258p

[50] Silva, J. **Análise Termoeconômico do Processo de Geração de Vapor e Potência do Segmento de Celulose e Papel.** 2002. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Itajubá, Minas Gerais, 2002.

[51] Consórcio Capim Branco Energia. Disponível em http://www.ccbe.com.br/home. Acesso em jun. 2012.

[52] Piotto, Z. C. **Eco-eficiência na Indústria de Celulose e Papel – Estudo de caso**. 2003. 379f. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

[53] Mieli, J. C. de A. **Sistemas de Avaliação Ambiental na Indústria de Celulose e Papel**. 2007. 111 f. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

[54] Berni, M.D.; Pagliardi O.; Bordoni, O.F. **Mecanismos de Incentivo à Eficiência Energética no Setor de Celulose e Papel para Economia de Baixo Carbono**. In: 43º Congresso e Esposição Internacional de Celulose e Papel. Apresentação. São Paulo, 2010. 49p

[55] Udaeta, M. E. M. et al. **Relatório Técnico Científico de Inventário Energo-Ambiental da Região Administrativa de Araçatuba, nos meios Antrópico, Aéreo, Aquático e Terrestre, definidos no PIR, visando os impactos globais dos empreendimentos energéticos**. Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2009.

[56] _____. **Relatório Técnico Científico de Mapeamento Energo-Ambiental de Indicadores Para o PIR da RAA**. Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2009.

[57] _____. **Relatório Técnico Científico de Plano Preferencial Integrado de Recursos Energéticos (RELOs e RELDs) no PIR da RAA.** Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2010.

[58] _____. **Relatório Técnico Científico de Cenários Socioeconômicos Visando a Previsão de Demanda no Contexto do PIR para a RAA.** Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2009.

[59] _____. **Relatório Técnico Científico de Aplicação de ACC Completa dentro do PIR da RAA.** Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2009.

[60] _____. **Relatório Técnico Científico de Efeitos Regionais na Saúde Humana devido ao Uso dos Recursos Energéticos dentro do PIR para a RAA/SP.** Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2009.

[61] _____. **Relatório Técnico Científico de Análise do Ranqueamento Final dos Recursos Energéticos de Oferta e Demanda do PIR.** Relatório Técnico Científico. FAPESP nº 03/06441-7. São Paulo: FAPESP/USP, 2009.

[62] Obernberger I., **Thek G. Combustion and Gasification of Solid Biomass for Heat and Power Production in Europe – State of the art and Relevant Future Developments**. Relatório Técnico Científico. Portugal: 2008

13. Apêndices

No apêndice A temos a planilha do RELO´s determinística e no apêndice B temos a planilha dos RELO´s holística. Sem estas planilhas não é possilvel realizar o ranqueamento dos recursos.

Como explicado no capítulo 7 a planilha determinística é provinda de dados de valoração resultantes do capítulo 6 enquanto que o holítico e provindo de dados dos especialista e En-In.

Nestas planilhas todos os recursos são valorados em suas dimensões (técnico-econômica, ambiental, social e política) com seus respectivos atributos e subatributos.

Os valores destas planilhas já passaram por um processo de “rating” [61], sendo normalizado para valores entre 0 e 1. Isto deve ser feito para poder comparar subatributos de escalas diferentes (Ex: comparar vida útil em anos, e custo de operação e manutenção em R$/MWh).

APÊNDICE A

Tabela 52 – Planilha dos RELOs (Deteminística)

			Técnico-econômica											
				Técnico					Capacidade		Econômico			
			Fator de Capacidade	Dominio Tecnológico		Facilidade Técnica			Volume de Energia	Potência	Custo de Implantação	Tempo de retorno	Custo O&M	Vida útil
Faixa	Recursos	Fonte		Tecnologia	Equipamentos e materiais	Tempo de Implantação	Disponibilidade de fornecimento	Qualificação da mão-de-obra						
2 a 30MW	queima Zanini	biomassa	0,80	nacional	nacional	8	encomenda	especializada	51158,4	com a tu	2400	5	25	25
	biocom| Recuperação CBC/G	licor negro	0,98	importada	mista	24	encomenda	especializada	159677,28	rios tipos	3897	10	26	20
2 a 30MW	Caldeira de Biomassa	biomassa	0,22	1	1	1,00	0	0	0,00	1	0,95	1,00	1,00	0,50
	Caldeira de Recuperação	biomassa	1,00	0	0,5	0,60	0	0	0,07	1	0,68	0,50	0,97	0,00
	Caldeira à Gás Natural/Óleo	gás natural	0,65	0	1	0,30	0	0	0,03	1	1,00	0,50	0,50	0,50
30 a 200MW	Hidroeletricidade	biomassa	0,00	1	1	0,00	0	0	0,20	1	0,86	0,00	0,00	1,00
	Gaseificador de Licor Negro	biomassa	1,00	0	0,5	0,45	0	0	1,00	0,5	0,00	0,50	0,43	0,00

Ambiental													
Meio Terrestre				Meio Aquático						Meio Aéreo			
Dejetos		Ocupação do Solo	Consumo de água	Qualidade da água					Variação da velocidade de escoamento	Poluentes Atmosféricos		GEE	Gases degradantes ozônio
Sólidos	Líquidos			Emissão de Poluentes	Nível de Oxigênio		Variação da temperatura	Variação do ph		Gasosos	MP		
					DQO	DBO							
0,25	0,5	1,00	0,52	0	0	0	0	0	1	0	0,25	0,25	1
0,25	0,25	0,99	0,00	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,50	0,25	1
0,75	0,75	1,00	0,00	0,5	0	0	0	0	0,5	0,75	0,75	0,50	1
1	0,75	0,00	1,00	1	1	1	1	1	0	1	1,00	1,00	1
0,25	0,25	1,00	0,95	0,5	0	0	0	0	0,5	0,75	0,50	0,50	1

(Continua pág. seguinte)

Tabela 53 – Planilha dos RELOs (Deteminística)

Social										
Geração de Empregos		Percepção de conforto	Influência no desenvolvimento		Impacto humano decorrento do espaço ocupado		Desequilibrio ambiental no meio social			
Durante construção	Durante operação		atividades econômicas	infra-estrutura	pessoas deslocadas ou lesadas	existência de sitios arqueológicos / histórico	poluição sonora	impactos na saúde pública	impactos na agricultura	impactos nas edificações
0	0,25	0,5	0	0	0,5	0,5	0,5	0	1	1
0,5	0,5	0	0	0	0,5	0,5	1	0	1	0
0,25	0,5	0,5	0	0,25	0,5	0,5	1	0	1	0
1	0	0,5	1	1	0	0	0,5	1	0	1
0,75	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0	1	1

Político																
Aceitação do recurso					Motivação dos agentes						Apoio Governamental		Propriedade do recurso			Conjunção e encontro de interesses
consumidores	Investidores	Orgão Ambientais	ONG's	População	consumidores	Investidores	Orgão Ambientais	ONG's	Sociedade Organizada	Governo	Apoio político	Incentivos fiscais	Fonte	Variação Cambial	Tecnologia	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0,75	0,75	0,75
0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0,5	0,5	0,5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	1	0,5
1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0	0,5	1	1	0,5	1	0,5	1	1
0	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0,25

Fonte: Elaboração própria

APÊNDICE B

Tabela 54 – Planilha RELOs (Holística)

		Técnico-Econômico									
		Técnico						Econômico			
			Domínio Tecnológico		Facilidade Técnica						
		Fator de Capacidade	Domínio da Tecnologia	Domínio sobre equipamentos e materiais	Tempo de Implantação	Disponibilidade de Fornecimento	Qualificação da mão-de-obra	Custo de Implantação	Tempo de Retorno	Custo de O&M	Vida Útil
1	Hidrogeração [2MW a 30MW]	0,018375	0,0289	0,02	0,00235	0,0088	0,00983	0,033	0,04684	0,01091	0,00825
2	{Gas Natural} Caldeira CBC I/II [2MW a 30MW]	0,01575	0,0192667	0,011666667	0,00705	0,0064	0,00983	0,012	0,01703	0,00468	0,022
3	{Biocombustível} Caldeira de Recuperação [2MW a 30MW]	0,023625	0,0264917	0,016666667	0,00705	0,0096	0,00983	0,021	0,02981	0,00779	0,0165
4	{Queima Direta} Biomassa [2MW a 30MW]	0,013125	0,0240833	0,016666667	0,00783	0,008	0,00983	0,012	0,01703	0,01091	0,0275
5	{Biocombustível} Gaseificador de Licor [30MW a 200MW]	0,01575	0,0024083	0,005	0,00235	0,0008	0,00688	0,018	0,02129	0,00156	0,0055

	Ambiental												
	Meio Terrestre			Meio Aquático						Meio Aéreo			
	Dejetos			Qualidade da Água						Poluentes Atmosféricos			
	Sólidos	Líquidos	Ocupação do Solo	Consumo de Água	Emissão de Poluentes	Demanda de DQO (Demanda Química de Oxigênio)	Demanda de DBO (Demanda Biológica de Oxigênio)	Variação da Temperatura	Variação do pH	Variação da Vazão de Escoamento	Gasosos	Material Particulado	Gases do Efeito Estufa (GEE)	Gases degradantes do ozônio
1	0,01655	0,02374	0,0294	0,030158	0,023008	0,00088	0,0067	0,01008	0,00942	0,01883333	0,0045	0,00358	0	0,00827
2	0,01103	0,02374	0,01715	0,01645	0,01255	0,00309	0,00168	0,00733	0,00565	0,0113	0,0015	0,00143	0,0063	0,0062
3	0,01103	0,01696	0,01715	0,008225	0,008367	0,00353	0,00335	0,0055	0,00659	0,01318333	0,0015	0,00143	0,0072	0,0031
4	0,01655	0,02713	0,01225	0,013708	0,010458	0,00309	0,00279	0,00367	0,00659	0,01318333	0,00188	0,00179	0,0072	0,0031
5	0,00276	0,01018	0,01225	0,008225	0,008367	0,00265	0,00168	0,00275	0,00377	0,00753333	0,00075	0,00072	0,0045	0,00103

(Continua pág. seguinte)

Tabela 55 – Planilha RELOs (Holística)

Social										
Geração de Empregos			Influência no Desenvolvimento		Impacto humano decorrente do espaço		Desequilíbrio Ambiental no meio Social			
Durante a Construção	Durante a Operação	Percepção de Conforto	Influência nas atividades econômicas	Influência na infra-estrutura	Pessoas deslocadas ou lesadas	Existências de sítios arqueológicos / históricos	Poluição Sonora	Impactos na Saúde Pública	Impactos na Agricultura	Impactos nas Edificações
0,0224	0,043467	0,01852	0,0297	0,0054	0,0186083	0,008175	0,0036	0,00413	0	0,0066667
0,00933	0,027167	0,01347	0,0198	0,0072	0,0118417	0,00545	0,00225	0,02067	0,007867	0,002
0,00933	0,0163	0,01347	0,0231	0,0072	0,0067667	0,004542	0,0018	0,02067	0,00885	0,0033333
0,00373	0,0163	0,01347	0,0165	0,009	0,0067667	0,002725	0,00135	0,02067	0,00885	0,002
0,00747	0,0163	0,01178	0,0132	0,0054	0,005075	0,001817	0,0009	0,01447	0,0059	0,002

Político															
Aceitação do Recurso					Motivação dos Agentes						Apoio Governamental		Propriedade do Recurso		
Consumidores	Investidores	Orgão Ambientais	Aceitação das ONG's	Aceitação da População	Consumidores	Investidores	Orgão Ambientais	Motivação das ONG's	Motivação da Sociedade Organizada	Motivação do Governo	Apoio Político	Incentivos Fiscais	Propriedade de Fonte	Variação Cambial	Propriedade da Tecnologia
0,013	0,00408	0,0059	0,003417	0,01223	0,00546	0,00265	0,0058	0,003525	0,006167	0,0038	0,0074	0,034942	0,0165	0,00889	0,0105833
0,0078	0,00572	0,0079	0,003075	0,01494	0,00764	0,00442	0,0068	0,001958	0,004317	0,0076	0,0148	0,034942	0,009	0,00566	0,0042333
0,0065	0,00408	0,0079	0,003758	0,00951	0,00437	0,00353	0,0058	0,003133	0,006783	0,0038	0,0074	0,019967	0,015	0,00485	0,0052917
0,0052	0,00408	0,0089	0,002733	0,01358	0,00437	0,00353	0,0039	0,00235	0,00555	0,005067	0,01233	0,014975	0,009	0,00485	0,0052917
0,0052	0,00245	0,0059	0,00205	0,00951	0,00218	0,00353	0,0029	0,001567	0,0037	0,0038	0,0074	0,009983	0,006	0,00162	0,0021167

Fonte: Elaboração própria