

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E  
NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

**DANIELA QUAGLIUOLO MARINHEIRO**

**TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM GERAÇÃO  
DE ENERGIA NA REGIÃO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA  
REGIÃO SUDOESTE DE SÃO PAULO - CONISUD**

**SÃO PAULO  
2014**

DANIELA QUAGLIUOLO MARINHERO

TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM GERAÇÃO DE ENERGIA  
NA REGIÃO DO CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA REGIÃO SUDOESTE DE SÃO  
PAULO - CONISUD

Monografia para conclusão do Curso de  
Especialização em Gestão Ambiental e Negócios do  
Setor Energético do Instituto de Energia e Ambiente  
da Universidade de São Paulo.

Orientador: Dr<sup>a</sup>. Cristiane Lima Cortez

**SÃO PAULO**

**2014**

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

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Marinheiro, Daniela Quagliuolo.

Tratamento de resíduos sólidos urbanos com geração de energia na região do Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste de São Paulo - CONISUD. / Daniela Quagliuolo Marinheiro; orientadora Cristiane Lima Cortez. – São Paulo, 2014.

55 f. : il.; 30cm.

Monografia (Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético) Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo.

1. Resíduos sólidos urbanos – aspectos ambientais 2. Geração de energia 3. CONISUD 4. Biometanização I. Título.

*Agradecimentos:*

*Aos colegas e professores que estiveram comigo na especialização, pela amizade e troca de experiências.*

*A minha família, por todo apoio e estímulo para realização deste curso.*

*Aos amigos e colegas de trabalho do CONISUD que permanecem na luta para uma sociedade melhor e mais sustentável. Em especial para os membros da Câmara Técnica de Saneamento Básico e Drenagem; Câmara Técnica de Meio Ambiente e Agricultura; Paulo Oliveira; Helton Rodrigues e João Carlos Ramos Piscirilli.*

*Agradecimento a Fernando Fernandes Filho, Rogério Balzano e Arilson Romão, pela confiança e oportunidade de representar a Prefeitura de Taboão da Serra no CONISUD.*

*Especialmente agradeço a Beatriz Monteiro por todo apoio durante o curso e Cristiane Cortez por toda sua atenção, apoio, orientação e ajuda para elaboração do presente trabalho.*

## **RESUMO**

**MARINHEIRO, D.Q.;** **Tratamento de resíduos sólidos urbanos com geração de energia na região do Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste de São Paulo - CONISUD.** 2014. 59 f. Monografia de especialização – Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, 2014.

O presente estudo buscou identificar propostas de tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) com geração de energia, na região do Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste de São Paulo (CONISUD). Foi feita uma breve apresentação da biometanização, tecnologia proposta na Parceria Público Privada de algumas cidades deste consórcio. Em seguida a região foi apresentada com relação à importância ambiental, dados de manejo de resíduos sólidos urbanos, existência de propostas para tratamento de resíduos sólidos urbanos e a apresentação da parceria público privada para Resíduos Sólidos Urbanos da cidade de Embu das Artes, que faz parte do consórcio. Finalmente são fornecidas algumas considerações e sugestões acerca da tecnologia estudada e do planejamento na região em relação ao manejo de RSU.

**Palavras-chave:** Conisud. Resíduos Sólidos Urbanos. Geração de energia.

## ABSTRACT

MARINHEIRO, D. Q.; **Waste to energy proposals in the Inter-Cities Consortium of the Southwest Region of São Paulo – CONISUD**.2014. 59 f. Specialization monography – Environmental Management and Energy Sector Business of the Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

The present study aimed to identify waste to energy proposals as solutions for the treatment of Municipals solid waste (MSW) in the Inter-Cities Consortium of the Southwest Region of São Paulo (CONISUD). A brief presentation of biomethanization technology proposed by the Public Private Partnership in some of the CONISUD cities was done. Thereafter the region was presented considering its environmental relevance, MSW data management, existing proposals for treating the MSW and the existing public private partnership for MSW at Embu das Artes municipality, which is part of CONISUD. Finally, considerations and suggestions regarding the studied technology and MSW planning in the region were presented and discussed.

Key words: Conisud. Urban Solid Waste. Energy Generation.

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	8
2.	Metodologia.....	11
3.	Biometanização de Resíduos Sólidos Urbanos com Geração de Energia.....	12
3.1	A Biometanização de RSU.....	13
3.2	Geração de energia elétrica na Biometanização de RSU.....	17
3.3	Políticas Públicas favoráveis à Biometanização e Biogás.....	20
3.4	Vantagens e Desvantagens da Biometanização de RSU.....	23
3.5	Desvantagens e limitações da biometanização de RSU.....	24
4.	Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste de São Paulo – CONISUD.....	26
4.1	Importância ambiental da região.....	27
4.2	Atividades realizadas pela CT Drenagem, Saneamento e Resíduos Sólidos....	33
4.3	Dados de RSU.....	35
4.4	PPP de Resíduos Sólidos de Embu das Artes.....	38
5.	Considerações finais.....	41
	Referências bibliográficas.....	43
	Anexos.....	50

## 1. INTRODUÇÃO

Com a publicação da Lei nº 12.305 de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o poder público municipal passou a ser mais pressionado para adotar novas formas de manejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU). Entende-se por RSU os resíduos domiciliares originários de atividades domésticas em residências urbanas e os resíduos de limpeza urbana originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana. A política nacional induz a mobilização das cidades para o atendimento das propostas de seu conteúdo uma vez que colocou como pré-requisito para obtenção de recursos financeiros do governo federal para saneamento básico, a adequação das cidades com relação ao manejo dos RSU.

Cabe lembrar que o estado de São Paulo já possuía Política Estadual sobre o tema, aprovada pela Lei Estadual nº 12.300 de 2006, que sinalizava muitos dos itens abrangidos pela política nacional, inclusive a proibição do descarte de lixo a céu aberto, ou seja, lixões. Desde 2007 a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) vem determinando e acompanhando o encerramento dos lixões no estado de São Paulo. O Inventário de Resíduos Sólidos do Estado feito pela Companhia em 2012 indicou que 53 locais de disposição final de RSU estavam inadequados, sendo que houve uma grande melhora em comparação com o levantamento de 2011, quando 153 locais estavam indicados como inadequados (CETESB, 2012).

A PNRS colocou a seguinte ordem de prioridade para a gestão dos resíduos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Determinou ainda o prazo de agosto de 2014 para que as cidades façam a disposição final em aterros sanitários, ou seja de forma ambientalmente adequada, apenas de rejeitos. De acordo com esta Lei, rejeitos são os resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada, aquela que observa as normas específicas para evitar danos ou riscos à saúde pública, à segurança e minimiza os impactos ambientais adversos.

Com relação à geração de energia a partir de RSU, a política indica como um de seus objetivos o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão voltados ao reaproveitamento

dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético. Indica também que poderão ser utilizadas tecnologias de recuperação energética dos RSU, desde que comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos. Ainda, os planos nacional e estadual de resíduos sólidos devem indicar metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos.

O aproveitamento energético de RSU é uma alternativa promissora. Embora não apresente potencial suficiente para sustentar uma estratégia de expansão da oferta de energia elétrica do país no longo prazo, a geração de eletricidade a partir de RSU pode ser uma estratégia regional ou local (EPE, 2008).

Com relação a soluções consorciadas para gestão dos RSU, a política determina que terão prioridade no acesso a recursos da união, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, os municípios que optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos, incluída a elaboração e implementação de plano intermunicipal.

Diante do panorama exposto, o presente trabalho buscou selecionar uma sub-região da região metropolitana de São Paulo, que possua consórcio público, para identificar sua situação com relação à geração, disposição de resíduos sólidos urbanos e propostas de geração de energia a partir de RSU.

Os municípios da sub-região sudoeste da região metropolitana de São Paulo estão organizados por meio do Consórcio Intermunicipal de Região Sudoeste de São Paulo (CONISUD). A região foi escolhida para estudo por estar em área de relevante interesse ecológico uma vez que cerca de noventa por cento de sua área total está em área de proteção ambiental (APM).

Os mananciais de abastecimento público são fonte de água doce superficial ou subterrânea utilizadas para consumo humano e/ou desenvolvimento de atividades econômicas. Portanto, a preservação destas áreas, também por meio da correta destinação de resíduos sólidos urbanos, é de fundamental importância e interesse público uma vez que a destinação ambientalmente inadequada de resíduos pode comprometer a qualidade das águas disponíveis para o abastecimento.

A presente dissertação é composta de cinco capítulos (incluindo esta introdução, que contextualiza sobre a política nacional de resíduos sólidos urbanos e a região de estudo). O segundo indica a metodologia do trabalho. O terceiro apresenta revisão bibliográfica sobre a

biometanização de RSU como fonte de geração de energia, tecnologia adotada em algumas cidades do CONISUD; e o quarto traz informações sobre as cidades que compõem o Consórcio Intermunicipal da Região Sudoeste de São Paulo. As considerações finais do trabalho são apresentadas na sequência, no capítulo 5.

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em duas partes. A primeira se refere ao estudo do aproveitamento energético de RSU por meio da biometanização, realizado com base em pesquisa em literatura especializada sobre o tema.

A segunda parte se refere à apresentação de dados sobre a região de estudo, considerando aspectos ambientais e de manejo de resíduos sólidos urbanos. Para esta parte do trabalho utilizou-se, além de literatura especializada, o método de pesquisa - ação que de acordo com Baldissera (2001, p.6) possui as seguintes características:

“Uma pesquisa pode ser qualificada de pesquisa-ação quando houver realmente uma ação por parte das pessoas implicadas no processo investigativo, visto partir de um projeto de ação social ou da solução de problemas coletivos e estar centrada no agir participativo e na ideologia de ação coletiva.

A pesquisa-ação exige uma estrutura de relação entre os pesquisadores e pessoas envolvidas no estudo da realidade do tipo participativo/ coletivo. A participação dos pesquisadores é explicitada dentro do processo do “conhecer” com os “cuidados” necessários para que haja reciprocidade/complementariedade por parte das pessoas e grupos implicados, que têm algo a “dizer e a fazer”. Não se trata de um simples levantamento de dados.”

A pesquisa ação foi realizada no período de janeiro de 2013 a janeiro de 2014, por meio das atividades e reuniões desenvolvidas pela autora, que atua na coordenação da Câmara Técnica de Saneamento Básico e Drenagem do CONISUD. Outra fonte de informação foi o banco de dados da câmara técnica disponível na Prefeitura Municipal de Taboão da Serra, atualizado entre junho e novembro de 2013.

Previamente à conclusão deste estudo, as informações regionais foram submetidas a representantes das prefeituras na câmara específica para manifestação e sugestões.

### **3. BIOMETANIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM GERAÇÃO DE ENERGIA**

O aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos é feito principalmente por tratamento térmico ou tratamento biológico. Como principais tecnologias para tratamento térmico têm-se a incineração, a pirólise, a gaseificação, o plasma e o coprocessamento em forno de clínquer. Para tecnologias de tratamento biológico com geração de energia estão as tecnologias decorrentes da utilização do biogás procedente da biometanização de resíduos em reatores anaeróbios e a captura em aterros sanitários (FEAM, 2012).

Com relação às tecnologias de tratamento térmico descrevemos a incineração como um processo de combustão controlada onde o oxigênio reage com os componentes combustíveis do resíduo em temperatura superior a 800° C. Já a pirólise é um processo de decomposição térmica, na ausência de oxigênio, com uso de fonte externa de calor onde a matéria orgânica é convertida em subprodutos. Na gaseificação ocorre a conversão da matéria-prima sólida ou líquida em gás por meio de oxidação parcial, sob a aplicação de calor. Na tecnologia de plasma ocorre a incidência da tocha de plasma diretamente sobre os resíduos produzindo a dissociação das ligações moleculares em compostos mais simples tendo maior consumo energético ou pode ser feita incidência da tocha de plasma sobre os gases de síntese procedentes do processo de gaseificação do resíduo, sendo gerado gás mais limpo.

Notamos que nas quatro tecnologias citadas há em comum a formação de syngas responsável pela geração de energia; necessidade de sistema de tratamento dos gases gerados para reduzir o impacto de poluição; necessidade de segregação e seleção do material que será colocado no sistema de tratamento para aperfeiçoar a geração de energia.

Com relação à tecnologia de coprocessamento em forno de clínquer, mais informações podem ser obtidas em estudo, da FEAM , sobre a Análise Técnica e Ambiental da Utilização de Resíduos Sólidos Urbanos na Produção de Cimento (coprocessamento) (FEAM, 2010).

As tecnologias de tratamento biológico serão mais bem descritas em seguida. Mais detalhes sobre as tecnologias para tratamento térmico podem ser encontrados no Estudo Econômico-Financeiro para destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), realizado no ano 2012 para Secretaria Extraordinária de Estado de Gestão Metropolitana do estado de

Minas Gerais; o trabalho apresenta informações sobre incineração, plasma, gaseificação e pirólise (SEGEM, 2012).

Ainda para o tratamento térmico existe o estudo da FEAM sobre o Estado da Arte do Tratamento Térmico de Resíduos Sólidos Urbanos com Geração de Energia Elétrica, realizado em 2010. O estudo aborda a incineração, gaseificação, pirólise e tecnologia arco de plasma (FEAM, 2010).

### **3.1 A biometanização de RSU**

O processo de biometanização envolve a conversão de biomassa em metano sobre condições anaeróbias. É uma tecnologia geralmente empregada em plantas de tratamento mecânico biológico (TMB), onde os RSU passam por processos manuais e mecanizados de triagem para retirada do material reciclável e a fração orgânica é levada para o processo biológico de tratamento, isto é a biodigestão (ARCHER *et al*, 2005).

Segundo Austermann *et al.* (2007), as tecnologias de biometanização disponíveis envolvem a combinação das seguintes características:

- Teor de sólidos totais: os processos são classificados como via seca ou via úmida conforme o teor de sólidos totais; via úmida são aqueles que diluem o material a ser digerido com a adição de água ou efluente a um teor máximo de sólidos totais (ST) de 15%.
- Sistema de introdução/extração: conforme a forma de entrada e saída dos resíduos o processo pode ser classificado como de batelada ou fluxo contínuo. Os digestores de batelada operam sem diluição do material (via seca) e sem fluxo contínuo de introdução e extração de resíduos, desta forma a produção de biogás também não ocorre de forma contínua. Nos digestores de fluxo contínuo a introdução dos resíduos a serem tratados e a extração do material digerido ocorre continuamente, podendo operar em via seca ou úmida; produzem um fluxo de biogás mais constante permitindo a otimização dos sistemas de geração de energia. Os sistemas de batelada são mais simples e baratos, tendo como principais desvantagens a necessidade de uma maior área e uma menor produtividade de biogás. Por outro lado devido aos digestores serem completamente

esvaziados ao final de cada processo, esses modelos eliminam um dos principais problemas operacionais enfrentados que é o acúmulo de inertes no interior do digestor.

- **Temperatura do processo:** o processo pode ser feito através de bactérias mesofílicas ou termofílicas. As mesofílicas apresentam taxa máxima de crescimento por volta de 37°C, ao passo que para as termofílicas tem a taxa máxima de crescimento na faixa dos 55°C. As termofílicas possuem uma taxa de reprodução maior que as da faixa mesofílica, resultando em um maior rendimento do sistema e maior produção de biogás, porém o processo termofílico requer uma maior carga energética, demandando uma quantidade extra de vapor ou energia para aquecimento dos digestores.

- **Divisão das etapas de digestão:** o processo pode ocorrer em estágio simples ou multiestágio. Nos digestores de estágio simples todas as etapas do processo ocorrem simultaneamente em um único tanque de reação. Nos sistemas multiestágio geralmente possuem dois digestores sendo que no primeiro tanque de reação as etapas hidrolíticas, acidogênica e acetogênica são otimizadas e no segundo digestor, há otimização da etapa metanogênica. Os digestores multiestágio tendem a ter um ganho na produtividade de biogás e melhor desempenho do processo de digestão anaeróbia como um todo. Entretanto, a operação de dois ou mais digestores em série acarreta uma maior complexidade operacional para manutenção das condições ótimas em todos os digestores, além de investimento mais elevados.

No entanto, a principal característica para diferenciação das tecnologias de biometanização existentes é o teor de sólidos totais (ST) do material que será usado nos digestores (GOMES, 2010).

De acordo com Nichols (2004) apud Laufer (2008), na via úmida se opera com teor de sólidos menor do que 20% enquanto na via seca o teor é maior do que 20%. Em levantamento realizado por Pereira (2012), foi indicado que os processos pela via seca Valorga, Dranco, Kompogás e Bekon trabalham com teor de sólidos acima de 15%. De acordo com Baere e Mattheeuws (2013), a via úmida opera com teor de sólidos totais inferior a 15% enquanto a via seca opera com teor acima de 15%.

Nos últimos cinco anos a via seca tem sido responsável por 70% da capacidade instalada em plantas de biometanização. As tecnologias de via seca apresentam processos

biológicos mais estáveis, menor consumo de energia, menor geração de efluente líquido, menor demanda de água e reatores de menor tamanho. A via úmida é mais cara e complexa, uma vez que necessita de adição de líquidos ao material a ser digerido para adequar os resíduos as condições operacionais requeridas no digestor; exige também reator de tamanho maior (HENRIQUES, 2004; BAERE & MATTTHEEWS, 2013).

Desta forma priorizou-se buscar referências em estudos relacionados às tecnologias via seca, que têm como principais tecnologias comercialmente disponíveis os processos Dranco, Kompogás, Valorga, Laran (antigo Linde-BRV) todos com sistemas de alimentação fluxo contínuo; e o processo Bekon que possui sistema de alimentação de batelada (FEAM, 2009; PEREIRA, 2012).

Em estudo realizado por Gomes (2010), foram comparadas as tecnologias Dranco, Kompogás, Valorga e Laran, através de indicadores que consideraram o histórico das tecnologias, aspectos operacionais, dados do projeto e dados reais. Abaixo considerações sobre os indicadores utilizados pelo autor:

- Histórico de tecnologias: o objetivo foi avaliar a experiência acumulada das tecnologias, através de indicadores como tipos de resíduos tratados, capacidade instalada total e anos de experiência.
- Aspectos operacionais: o objetivo foi avaliar a realidade operacional das plantas e os problemas operacionais enfrentados, através de indicadores como sistema de introdução, sistema de extração, qualidade do composto produzido.
- Dados do projeto: objetivo de comparar as premissas utilizadas na elaboração dos projetos e a expectativa de desempenho das plantas em estudo, através de indicadores como produtividade de biogás e energia por tonelada de resíduos processado, custo de implantação em função da quantidade de resíduo tratado.
- Dados reais: objetivo de avaliar o desempenho real das plantas que fizeram parte do estudo, através de indicadores como quantidade de resíduos recebidos, energia produzida, rejeitos enviados ao aterro.

Na Tabela 1 estão apresentadas as notas de desempenho de cada tecnologia em cada um dos grupos de indicadores.

**Tabela 1 – Nota de desempenho das tecnologias avaliadas.**

Grupo de Indicadores	Peso	Dranco	Valorga	Kompogás	Laran
Histórico das Tecnologias	1,0	4,76	7,33	6,02	4,98
Aspectos Operacionais	2,5	10,00	8,75	7,5	10,00
Dados do Projeto	1,5	7,99	6,45	8,42	5,96
Dados Reais	4,0	21,48	39,80	35,87	40,81
Somatória das Notas		44,24	62,33	57,81	61,76

Fonte: Adaptada de Gomes, 2010.

Como resultado, como pode ser observado na Tabela 1, as tecnologias Valorga e Laran foram as que apresentaram melhor desempenho geral, considerando a soma ponderada das notas obtidas em cada grupo de indicadores.

Ainda neste estudo foi sugerido o desenvolvimento de novas pesquisas para avaliação das tecnologias de biometanização seca de batelada; tecnologia esta que tem como grande diferencial o completo esvaziamento dos digestores, evitando, portanto um dos principais problemas operacionais enfrentados nas plantas, que é a acumulação de inertes sedimentados. Para o novo estudo poderiam ser verificadas as tecnologias da Eggersmann, Bioferm e Bekon, principais fornecedores disponíveis.

Além do uso de RSU o processo de biometanização pode receber outros tipos de resíduos orgânicos a serem tratados em conjunto e desta forma o resultado pode ser um composto de maior qualidade e maior produção de biogás. A este processo que recebe a mistura de resíduos dá-se o nome de co-digestão. Estudo de Martin-Gonzales et al,(2010) apud PIRES (2013), indica que a co-digestão de RSU com lodo de esgoto na proporção 1:2 pode aumentar em até 72% a produção de biogás quando comparada a biodigestão de RSU isoladamente. Por outro lado, estudo realizado por Pecora et al (2013) que comparou, entre outras alternativas, TMB de RSU com e sem adição de 10% de lodo de esgoto, apresentou para o TMB com adição de lodo menor geração de energia elétrica excedente disponibilizada para rede de distribuição. Tal diferença nos estudos citados pode estar relacionada a quantidade e características do lodo de esgoto utilizada na mistura.

A biometanização ainda pode ser aliada a outros processos de tratamento de RSU, formando um *mix* tecnológico. O rejeito e resíduos que não podem ser reciclados e aproveitados nas plantas de biometanização podem ser enviados a planta de tratamento

térmico ao invés de ser feito o envio para disposição final em aterro sanitário. Como será visto mais a frente, o composto gerado na planta de biometanização deve atender a uma série de normas para que possa ser utilizado como fertilizante agrícola; em casos em que este produto não atenda às exigências, o envio ao tratamento térmico seria mais indicado do que ao aterro sanitário. Exemplo pode ser encontrado em proposta feita pela Prefeitura de São José dos Campos que contemplava junto à planta de biometanização a instalação de um incinerador (SEIXAS, 2013).

### 3.2 Geração de energia elétrica na biometanização de RSU

O Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030) considera a possibilidade de instalação de 5280 MW até 2030 para geração de energia elétrica a partir da digestão anaeróbia (biometanização) de resíduos urbanos. Na biometanização o produto de interesse energético é o gás gerado durante o processo anaeróbio de decomposição da matéria orgânica, chamado biogás. Geralmente é um gás saturado e composto majoritariamente por metano (55 a 70%) e dióxido de carbono (30 a 45%) e, devido à presença do hidrocarboneto metano, o biogás é um gás energético. A composição do biogás varia em função do substrato digerido (GOMES, 2010).

De acordo com Rise-At (1998), o potencial de produção de biogás em unidades de biometanização de RSU varia de 100 a 200 m<sup>3</sup> por tonelada de resíduo orgânico processado.

Para se calcular o potencial de geração de energia a partir do biogás gerado em usina de biometanização, ICLEI (2009) recomenda utilizar as fórmulas (1) e (2) abaixo:

$$Px = \frac{Qx \times PCI_{\text{metano}} \times n}{860.000} \quad (1)$$

$$E_{\text{assegurada}} = Px \times t \times k \quad (2)$$

Onde:

Px = Potência disponível (MW);

$Q_x$  = Vazão de Metano ( $m^3 CH_4$ /hora);

PCI metano =  $5.500 \text{ kcal}/m^3 CH_4$ ;

860000 = Fator de conversão de kcal/h para MW.

E assegurada = Energia assegurada (MWh/dia);

$\eta$  = eficiência elétrica do motor de cogeração (30%)

k = Fator de capacidade (88%)

t = Tempo de operação (h/dia)

Na produção de eletricidade a partir de biogás, a energia química contida em suas moléculas é convertida em energia mecânica por um processo de combustão controlada. Essa energia mecânica ativa um gerador que a converte em energia elétrica (COELHO *et al*, 2006).

Das tecnologias disponíveis para geração de energia elétrica utilizando o biogás destacam-se as turbinas a gás e os grupos geradores de combustão interna. Ambas têm o papel de transformar a energia química do gás em energia mecânica que impulsiona um alternador para conversão em energia elétrica (COSTA, 2006).

As turbinas a gás, que trabalham em ciclo termodinâmico a gás (Ciclo Brayton), são classificadas em relação à potência em Microturbinas (até 1 MW); Turbinas de médio e grande porte (maiores que 100 kW até 300 MW) e Turbinas a vapor (utilizam um sistema de co-geração para conversão de energia térmica em energia mecânica). Já os geradores de combustão interna podem ser classificados como Ciclo Diesel e Ciclo Otto; geram a energia elétrica pelo acoplamento de um gerador ao motor (SANTOS, 2009; COSTA, 2006; CAPSTONE, 2014).

Como se pode verificar na Tabela 2, estão cadastrados no banco de informações de geração da Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) vinte e dois empreendimentos de geração de energia elétrica através de biogás.

Com relação ao biogás proveniente de RSU existem seis empreendimentos cadastrados, todos relacionados ao aproveitamento do gás de aterro; desta forma ainda não tem empreendimento relacionado à geração de energia elétrica a partir de biogás proveniente de unidade de biometanização.

O uso do biogás com finalidades energéticas é uma realidade, podendo ser aproveitado para cocção, iluminação, geração de vapor, geração de calor e energia elétrica, como Gás Metano Veicular (GMV), em turbinas ou no lançamento nas redes de distribuição de gás natural (GOMES, 2010; HENRIQUES, 2004; ICLEI, 2009).

**Tabela 2 Empreendimentos produtores de energia elétrica, em operação, a partir do biogás.**

Usina	Potência (kW)	Proprietário	Município	Fonte
ETE Ouro Verde	20	Companhia de Saneamento do Paraná – Sanepar	Foz do Iguaçu – PR	ETE*
Energ-Biog	30	Biomass Users Network do Brasil	Barueri – SP	ETE
Unidade Industrial de Vegetais	40	Não identificado	Itaipulândia – PR	ALIMENTÍCIA
Granja São Pedro/Colombari	80	José Carlos Colombari	São Miguel do Iguaçu – PR	GRANJA
Granja Makena	80	Altair Olimpio de Oliveira	Patrocínio – MG	GRANJA
Ajuricaba	80	Prefeitura Municipal de Marechal Cândido Rondon	Marechal Cândido Rondon – PR	GRANJA
Fazenda Nossa Senhora do Carmo	80	Sérgio Elias Saraiva	Ituiutaba – MG	GRANJA
José Carlos Colombari	80	José Carlos Colombari	São Miguel do Iguaçu – PR	GRANJA
Fazenda Da Luz	90	Da Luz Energia Ltda.	Abelardo Luz – SC	GRANJA
Star Milk	110	Ibrahim Faiad	Céu Azul – PR	GRANJA
Unidade Industrial de Aves	160	Não identificado	Matelândia – PR	GRANJA
Granja São Roque	424	Não identificado	Videira – SC	GRANJA
Cogeração Bio Springer	848	Bio Springer do Brasil Indústria de Alimentos S.A.	Valinhos – SP	INDUSTRIAL
Cetrel Bioenergia JB	874	UTE Cetrel Bioenergia JB	Cachoeirinha – PE	VINHAÇA
Ambient	1.500	Ambient Serviços Ambientais de Ribeirão Preto S.A	Ribeirão Preto – SP	ETE
Arrudas	2.400	Companhia de Saneamento de Minas Gerais	Belo Horizonte – MG	ETE
Uberlândia	2.852	Energas Geração de Energia Ltda	Uberlândia – MG	ATERRO SANITÁRIO
Asja BH	4.278	Consortio Horizonte Asja	Belo Horizonte – MG	ATERRO SANITÁRIO
CTR Juiz de Fora	4.278	VALORGAS - ENERGIA E BIOGAS LTDA	Juiz de Fora – MG	ATERRO SANITÁRIO
Salvador	19.730	Termoverde Salvador S.A.	Salvador – BA	ATERRO SANITÁRIO
Bandeirante	20.000	70% para Biogeração Energia S/A e 30% para União de Bancos Brasileiros S.A.	São Paulo – SP	ATERRO SANITÁRIO
São João Biogás	21.560	São João Energia Ambiental S/A	São Paulo – SP	ATERRO SANITÁRIO

\*Estação de Tratamento de Esgoto. Fonte: Adaptado de Aneel - Big Banco Informação de Geração, 2014.

### 3.3 Políticas Públicas favoráveis à biometanização e biogás.

A versão preliminar do plano nacional de resíduos sólidos, que deve ser aprovado por decreto até o final de 2014, exige a redução de RSU úmido disposto em aterros sanitários, além de exigir o tratamento e recuperação de gases em aterros sanitários. Para isso indica estratégias, das quais destacam-se as seguintes:

- Implementar melhorias na segregação da parcela úmida dos RSU (domiciliares e comerciais, feiras, grandes geradores e outros), de forma a propiciar a obtenção de uma fração orgânica de melhor qualidade, otimizando o seu aproveitamento quer seja para utilização de composto para fins agrícolas e de jardinagem ou para fins de geração de energia.
- Implementar medidas para aproveitamento do potencial dos materiais provenientes de capinação e poda de árvores, integrando ao processo de compostagem, com vistas à melhoria do atual gerenciamento dos resíduos gerados e a consequente obtenção de um composto orgânico de alta qualidade.
- Disponibilizar recursos financeiros e incentivos fiscais especificamente voltados para a implantação de novas unidades de compostagem e biodigestão ou modernização/ampliação das existentes.
- Disponibilizar recursos especificamente voltados para a realização de estudos de viabilidade técnica, ambiental e econômica de unidades de biodigestão e sistema de captação de gases em aterros sanitários existentes ou novos.
- Promover o desenvolvimento tecnológico visando à otimização e o aumento da eficiência dos processos de biodigestão com aproveitamento energético dos resíduos orgânicos, considerando-se as especificidades regionais.
- Articular os entes federativos para o envolvimento e incentivo do setor produtivo e de mercado que deve ser partícipe e corresponsável no fomento ao uso de compostos orgânicos como nutrientes para a silvicultura, após consulta ao Ministério da

Agricultura, inclusive na utilização como substrato para produção de mudas, desenvolvendo logísticas que viabilizem tal utilização, sempre livre de compostos com conteúdos químicos tóxicos e patogênicos.

O plano nacional ainda coloca metas para redução de resíduos úmidos dispostos em aterro, conforme indicado na Tabela 3.

**Tabela 3. Redução do percentual de resíduos úmidos disposto em aterros:**

	2015	2019	2023	2027	2031
<b>Brasil</b>	19	28	38	46	53
<b>Região Norte</b>	10	20	30	40	50
<b>Região Nordeste</b>	15	20	30	40	50
<b>Região Sul</b>	30	40	50	55	60
<b>Região Sudeste</b>	25	35	45	50	55
<b>Região Centro-oeste</b>	15	25	35	45	50

Fonte: Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Versão preliminar, 2012)

Desta forma o plano nacional de gerenciamento de RSU estimula o uso e desenvolvimento de tecnologias que promovam o aproveitamento da fração orgânica do RSU, estimulando indiretamente a biometanização como alternativa para tratamento. Em geral, a ampliação na utilização de processos anaeróbios é influenciada principalmente pelas restrições ambientais para a disposição de matéria orgânica em aterros sanitários e as dificuldades na implantação de novos aterros ou na expansão dos existentes.

Já com relação à geração de energia a partir de biogás proveniente de RSU, pode-se citar o apoio do governo por meio da Lei nº 10.438 de 2002 que criou o Programa de Incentivo a Fontes de Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA). Desta forma, fontes alternativas de energia como, por exemplo, as provenientes de biomassa passaram a ser mais atrativas para o mercado. (PECORA, 2006)

No Plano Anual do Proinfa de 2013, a energia contratada proveniente de empreendimentos de biomassa foi de 1.193.859,00 MWh, no entanto, os empreendimentos não estão relacionados a biomassa proveniente de RSU. (PAP, 2013)

Outro estímulo ao setor veio por meio da Resolução Normativa ANEEL nº 271 de 2007, para empreendimentos geradores de energia a partir de RSU cuja potência injetada nos sistemas de transmissão ou distribuição seja menor ou igual a 30.000 (trinta mil) kW. Trata-se de resolução que oferece 100% (cem por cento) de redução às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada também pelos empreendimentos que utilizem como insumo energético, no

mínimo, 50% (cinquenta por cento) de biomassa composta de resíduos sólidos urbanos e/ou biogás de aterro sanitário ou biodigestores de resíduos vegetais ou animais, assim como lodo de estações de tratamento de esgoto.

Ainda cabe citar para o Estado de São Paulo, o Programa Paulista de Biogás, instituído pelo Decreto Estadual nº 58.659 de 4 de dezembro de 2012, que dentre outras, direciona que deve ser estabelecido percentual mínimo de biometano a ser adicionado ao gás canalizado e comercializado no estado de São Paulo. Para isso o biometano deverá seguir a composição exigida pela Resolução nº 16 de 17 de junho de 2008 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Em 2013 aconteceu o leilão de Compra de Energia Elétrica Proveniente de Novos Empreendimentos de Geração, denominado Leilão "A-3", de 2013; no qual pela primeira vez puderam participar também os empreendimentos de geração que utilizam como combustível principal biomassa composta de resíduos sólidos urbanos. No entanto, não houve participação de nenhum empreendimento vinculado à geração de energia a partir de RSU (MME, 2013).

Com relação a linhas de crédito, há o Programa de Resíduos Sólidos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) que oferece recursos para municípios com até 50000 habitantes ou consórcios com maioria simples composta por municípios com população até 50000 habitantes; fora de região metropolitana ou região integrada de desenvolvimento (FUNASA, 2014).

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) possui linha de apoio a investimentos envolvendo saneamento básico. No ano de 2013 liberou recursos por meio da linha BNDES FUNTEC para construção de planta piloto de biometanização, no Rio de Janeiro, em projeto que busca desenvolver tecnologia nacional para tratamento e aproveitamento energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos (FORSU). A planta será abrigada em estação de tratamento da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) do Rio de Janeiro nas instalações da estação de transbordo do Caju e o BNDES apoiará com R\$ 10,5 milhões ; os recursos, não reembolsáveis, correspondem a 90% do valor total do projeto. São parceiros no projeto a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (Fundep), a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Methanum Engenharia Ambiental, empresa especializada na tecnologia de metanização. (BNDS, 2013).

Existe ainda a Caixa Econômica Federal, agente financeiro do Programa Resíduos Sólidos Urbanos do governo federal que é gerido pelo Ministério das Cidades, que oferece

recursos para municípios com mais de 250.000 habitantes, ou integrantes de região metropolitana ou região integrada de desenvolvimento (CEF, 2013).

### **3.4 Vantagens da biometanização de RSU**

Sendo um processo que usa como matéria-prima a fração orgânica dos RSU, a biometanização reduz o volume de resíduos enviado ao aterro, prolongando o tempo de vida útil deste e atendendo a proposta das políticas estadual e nacional de RSU. Cerca de 50% do lixo é composto por matéria orgânica, de acordo com a composição gravimétrica média do RSU no Brasil (PNRS, 2012).

A biometanização oferece ainda uma rota para recuperação de nutrientes da fração orgânica de RSU, mostrando-se sustentável uma vez que através da geração de composto orgânico a ser usado na agricultura, reduz a necessidade de fertilizantes químicos que tem elevado gasto energético para produção.

Comparada à compostagem aeróbia de RSU, a biometanização tem a vantagem de gerar energia produzindo 75-150 kWh de energia elétrica por tonelada de RSU, enquanto a compostagem convencional é um processo que consome energia, entre 50-75 kWh de energia elétrica por tonelada de RSU que entra para compostagem (VERMA, 2002).

É um processo que permite a coleta de todo biogás, sem ocorrer perda para a atmosfera; vantagem em relação, por exemplo, à geração de energia por biogás de aterro que tem índice de recuperação de 60 a 70% do biogás (PECORA *et al.* 2012).

Do ponto de vista energético, a tecnologia de biometanização é fonte de energia renovável já que promove o aproveitamento do biogás. Sua aplicação permite a redução dos gases causadores do efeito estufa e contribui com o combate à poluição do solo e dos lençóis freáticos, pois o biogás é obtido da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos, no caso deste trabalho, e também da biomassa contida em dejetos e em esgoto (ANEEL, 2008).

O processo de biometanização em plantas de tratamento mecânico biológico, quando aliado à disposição final de seus resíduos em aterro sanitário que também faça o aproveitamento energético de biogás gerado, apresenta maior produção de energia elétrica excedente fornecida para rede de distribuição de energia, quando comparado a disposição total dos RSU em aterro sanitário com geração de energia a partir de biogás ou em envio dos RSU a incinerador. (PECORA *et al.*,2012)

Ainda, mesmo sem o aproveitamento energético do biogás gerado na planta de biometanização, esta pode contribuir com redução da geração de gases do efeito estufa através da implantação de um sistema de queima em *flares*, evitando a emissão de metano para a atmosfera. De acordo com Oliveira e De Higarashi (2006, p.15) “O biogás, por ser extremamente inflamável, pode ser simplesmente queimado para reduzir o efeito estufa (o metano apresenta um poder estufa cerca de 21 vezes maior que o CO<sub>2</sub>) ...”. A simples queima do biogás converte o CH<sub>4</sub> em CO<sub>2</sub> e minimiza o impacto, entretanto, é também um desperdício de potencial energético.

### **3.5 Desvantagens e limitações da biometanização de RSU**

A biometanização, diferente de outras tecnologias disponíveis para tratamento de RSU, usa apenas resíduos orgânicos como matéria-prima, desta forma os demais tipos de resíduos devem ser encaminhados para outra alternativa tecnológica seguindo a prioridade reciclagem, tratamento térmico e disposição final em aterros sanitários (PECORA *et al*, 2012).

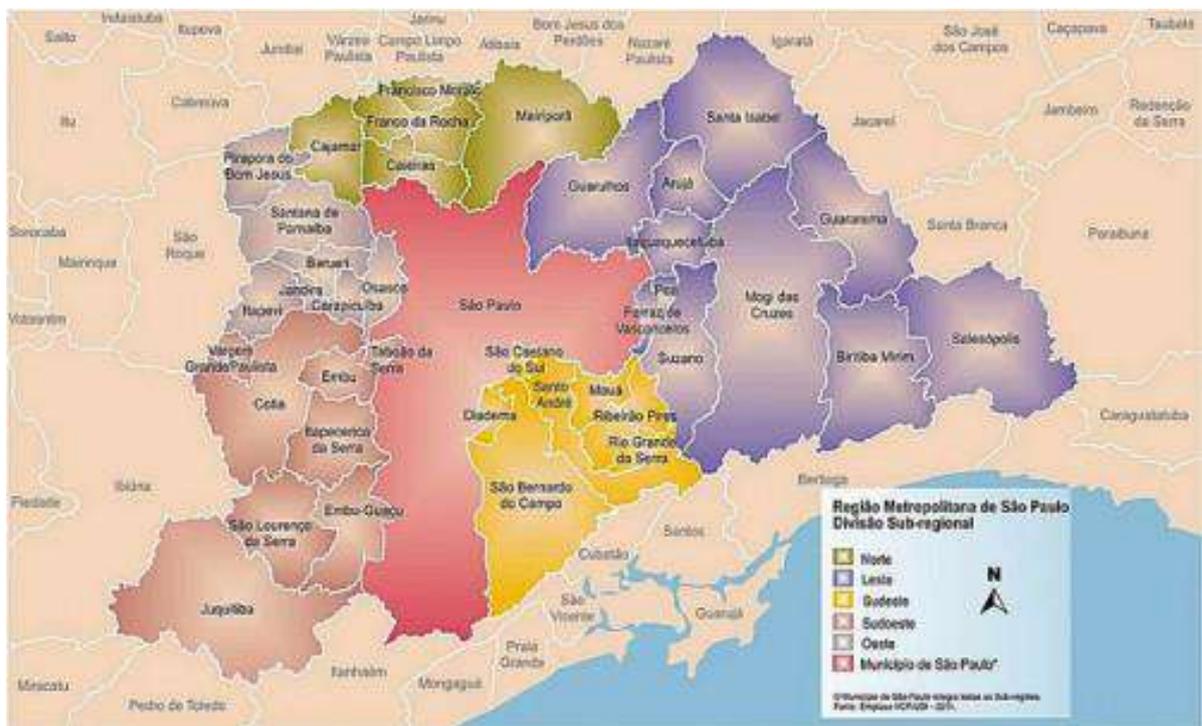
Deve-se ter bastante cautela com relação ao material utilizado como matéria prima, uma vez que pode haver presença de contaminantes como agentes patogênicos, compostos orgânicos persistentes, metais pesados que podem penetrar na cadeia alimentar e constituir risco a saúde pública. Nesse sentido, uma atenção especial deve ser dada caso a coleta de lixo não seja seletiva, pois os inorgânicos ou inertes (pedaços de vidros, plásticos, metais ferrosos, borracha, entre outros) devem ser devidamente separados, evitando-se sua entrada como matéria - prima do composto orgânico. Os inertes são conhecidas fontes de metais pesados, geralmente apresentam baixa degradabilidade e diminuem a operacionalidade do uso agrícola do composto (PEREIRA, 2014).

Portanto, para que o composto orgânico, gerado como subproduto da biometanização de RSU, tenha uma boa qualidade é necessário um pré-tratamento visando à separação do material que irá para o processo de digestão anaeróbica. Esta etapa deve ser cuidadosamente realizada também para que o produto final atenda aos padrões de qualidade exigidos nas normas vigentes sobre fertilizantes orgânicos; sendo elas a Instrução Normativa nº 35 de 2006 e Instrução Normativa nº 25 de 2009 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e o Decreto Federal nº 4.954 de 2004.

Existe ainda a necessidade de tratamento de efluentes para o lodo biológico que é gerado no processo (GOMES, 2010). No entanto, tal situação se apresenta se não for feito o uso como fertilizante líquido.

#### 4 CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DA REGIÃO SUDOESTE DE SÃO PAULO (CONISUD)

Inaugurado em 2001, o CONISUD atua em defesa dos interesses da região sudoeste da Grande São Paulo, abrange uma população de quase um milhão de habitantes; é composto pelas cidades de Cotia, Embu das Artes, Embu Guaçu, Itapeverica da Serra, Juquitiba, São Lourenço da Serra, Taboão da Serra e Vargem Grande Paulista, mesmas cidades que compõem o desenho da sub-região sudoeste da região metropolitana de São Paulo (RMSP). As cidades de Cotia e Vargem Grande Paulista passaram a integrar o consórcio apenas a partir do ano de 2012. A Figura 1 mostra as sub-regiões da RMSP.



**Figura 1.** Sub-regiões da região metropolitana de São Paulo.

Fonte: Emplasa, 2011.

É um consórcio que possui a singularidade de ter cerca de noventa por cento de seu território situado em áreas de proteção de mananciais (APM), fato que influencia no planejamento do desenvolvimento da região, inclusive com relação a ações para atender a PNRS. Atualmente o CONISUD trabalha organizado em Câmaras Técnicas (CT) separadas por tema e cada câmara é coordenada por uma cidade, como apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4. Câmaras Técnicas do CONISUD**

Município Coordenador	Câmara Técnica
Cotia	Câmara Técnica de Transporte e Mobilidade
Embu	Câmara Técnica de Habitação
Embu-Guaçu	Câmara Técnica de Educação, Esporte e Cultura
Itapecerica da Serra	Câmara Técnica de Saúde
Juquitiba	Câmara Técnica de Meio Ambiente e Agricultura
São Lourenço da Serra	Câmara Técnica de Desenvolvimento Econômico
Taboão da Serra	Câmara Técnica de Saneamento Básico e Drenagem
Vargem Grande Paulista	Câmara Técnica de Segurança

Fonte: Informação pessoal, 2014.<sup>1</sup>

Cada câmara é composta por no mínimo um representante de cada cidade do consórcio, com objetivo de analisar, propor e realizar estudos técnicos em sua área de competência a fim de subsidiar as decisões governamentais na região. Inicialmente o tema Resíduos Sólidos era discutido pela CT – Meio Ambiente, no entanto em 2012 o CONISUD optou por separar este tema em uma câmara específica que passou trabalhar o tema saneamento básico na região.

#### 4.1 Importância ambiental da região

Manancial de abastecimento público é a fonte de água doce superficial ou subterrânea utilizada para consumo humano ou desenvolvimento de atividades econômicas. As áreas contendo os mananciais devem ser alvo de atenção específica para preservação (SABESP, 2013). A região apresenta três mananciais, o do Guarapiranga, do Rio Juquiá e do Rio Cotia. Com exceção de Taboão da Serra, as demais cidades possuem APRM, conforme indicado na Tabela 5.

A política de mananciais, definida na Lei Estadual nº 9.866/97 considerou que a área de uma ou mais sub-bacias hidrográficas dos mananciais com interesse regional para abastecimento público é Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM). Cada APRM será criada por uma Lei Específica com regramento próprio e de interesse regional

<sup>1</sup>CONISUD, mensagem recebida de helton@embudasartes.sp.gov.br em 27 fev 2014.

Atualmente a RMSP possui duas Leis Específicas – Guarapiranga e Billings; as áreas de mananciais que ainda não possuem Lei específica permanecem sujeitas as disposições das Leis Estaduais 898/75 e 1172/76 que tratam de APM. Ainda conforme determinado na política, cada APRM deverá aprovar um Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental (PDPA-G, 2006).

**Tabela 5. % da área das cidades em APM e APRM**

Município	*APRM Guarapiranga	**APRM do Alto Juquiá –São Lourenço	***APRM Rio Cotia*	Fora de APM/APRM
Cotia	7%	---	79%	14%
Embu das Artes	58%	---	7%	35%
Embu-Guaçu	100%	---	---	0%
Itapecerica da Serra	100%	---	---	0%
Juquitiba	1,50%	98,50%	---	0%
São Lourenço da Serra	18%	82%	---	0%
Taboão da Serra	---	---	---	100%
Vargem Grande Paulista	---	---	1%	99%

Fontes: \*PDPA-G, 2006; \*\* Vitae Civilis, 2010, a ser aprovada; \*\*\*, PDPA Rio Cotia, 2009, a ser aprovada.

O manancial da Guarapiranga é protegido pela Lei Específica da Guarapiranga (Lei Estadual nº 12.233/2006), que define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga (APRM-G), sua área de influência nos municípios é indicada na Figura 2 e no Gráfico 1.

A legislação específica do Guarapiranga apresenta diversas exigências com relação ao tratamento e disposição de RSU na região, dentre elas destacamos:

- A implantação de sistema coletivo de tratamento e disposição de resíduos sólidos domésticos na APRM-G será permitida apenas se for comprovada a inviabilidade econômica ou de localização para implantação em áreas fora da APRM-G; os projetos devem atender às normas existentes na legislação e considerar a implantação de programas integrados de gestão de resíduos sólidos que incluam, entre outros, a minimização dos resíduos, a coleta seletiva e a reciclagem, com definição de metas quantitativas.



**Figura 2. Limite da APRM-G**  
Fonte: SIGAM, 2013.

**Gráfico 1. Área de cada município na APRM-G %**



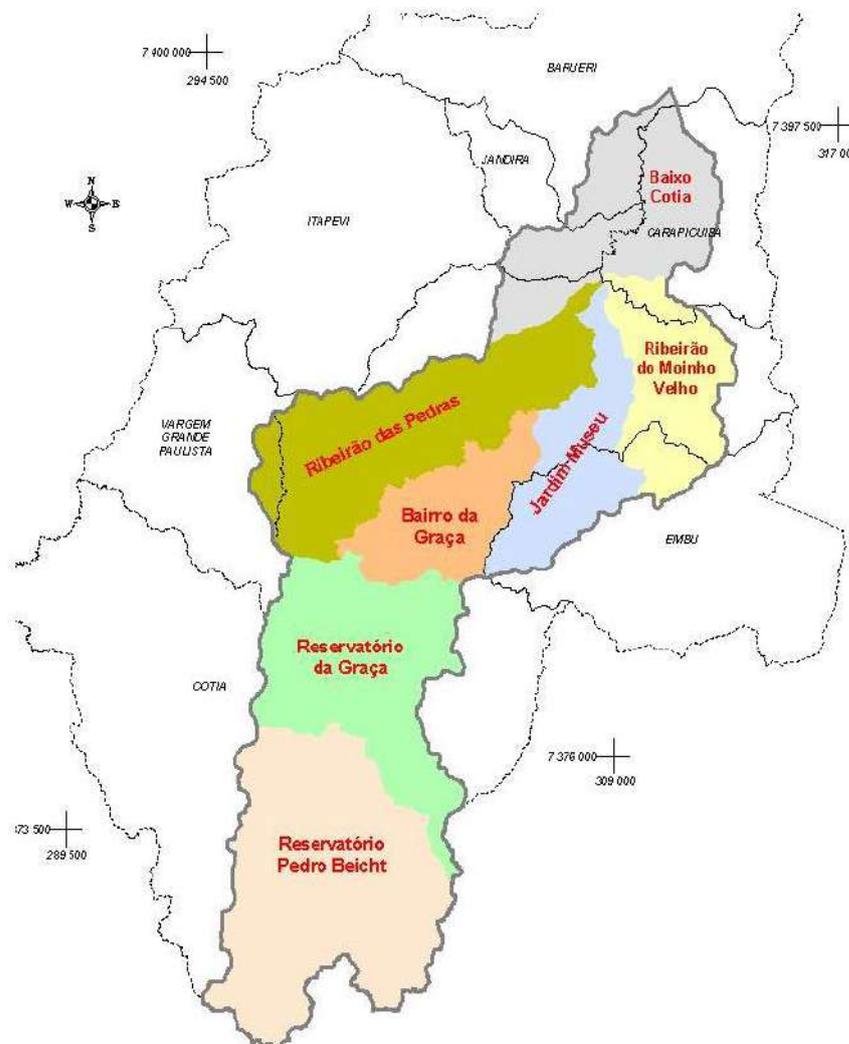
Fonte: Adaptado da Atualização do PDPA da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga, publicado pela COBRAPE, 2006

Fonte: SIGAM, 2013

- É vedada, na APRM-G, a disposição de resíduos sólidos domésticos provenientes de fora desta área, excetuada a disposição em aterro sanitário municipal já instalado até a data de publicação da lei específica, desde que sua regularização seja promovida pelo Poder Público e observado o limite de sua vida útil

- Os resíduos sólidos decorrentes de processos industriais, que não tenham as mesmas características de resíduos domésticos ou sejam incompatíveis para disposição em aterro sanitário, deverão ser removidos da APRM-G, conforme critérios estabelecidos pelo órgão ambiental estadual competente.

Na Figura 3 segue a delimitação da APRM do Rio Cotia, conforme citada na proposta de elaboração de Lei Específica. Como sua APRM ainda não foi aprovada, a área segue o regime de legislação indicado para APM.



**Figura 3 – Sub-bacia e compartimentos que formam a APRM do Rio Cotia**  
Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2010.

Na tabela 6, estão indicadas as cidades que fazem parte e a porcentagem de seus territórios dentro da APRM.

**Tabela 6. Municípios com área na sub-bacia do Rio Cotia.**

<b>Município</b>	<b>Área do Município (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área do Município na Sub-Bacia (km<sup>2</sup>)</b>	<b>% do Município na Sub-bacia</b>
Barueri	66,38	7,06	2,77
Carapicuíba	34,09	17,59	6,91
Cotia	325,38	202,03	79,38
Embu	70,50	17,68	6,95
Jandira	17,35	7,13	2,80
Vargem Grande Paulista	42,47	2,97	1,17
<b>TOTAL</b>	<b>556,2</b>	<b>254,5</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2010.

Com relação ao manancial do Rio Juquiá, este também permanece sob o regime de proteção de leis de APM, uma vez que ainda não possui a Lei Específica que cria a APRM. O manancial está presente nas cidades de Jujutiba e São Lourenço da Serra. Conforme Deliberação do Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul - CBH-RB- nº 4/1999, o manancial terá a Área de Proteção e Recuperação de Mananciais - APRM da sub-bacia do Alto Juquiá / São Lourenço (SABESP, 2009).

É importante destacar que neste manancial está o Sistema Produtor São Lourenço (SPSL) que consiste em um conjunto de instalações para captação de água no Reservatório Cachoeira do França, e posterior recalque, adução de água bruta, tratamento e adução de água tratada para reforço do sistema público de abastecimento de água na zona oeste da RMSP (EIA SISTEMA PRODUTOR SÃO LOURENÇO, 2011).

O Governo do Estado de São Paulo, por meio da Sabesp, iniciou a Parceria Público Privada do **Sistema Produtor de Água São Lourenço**, que aumentará a oferta de água para a Grande São Paulo. O novo sistema tratará 4.700 litros por segundo e abastecerá **1,5 milhão de moradores** de Barueri, Carapicuíba, Cotia, Itapevi, Jandira, Santana de Parnaíba e Vargem Grande Paulista. A obra vai garantir a **segurança no abastecimento da região por 15 anos**.



Figura 4 – Sistema Produtor de Água São Lourenço.

Fonte: SABESP, 2014.

#### 4.2 Atividades realizadas pela CT- Drenagem, Saneamento e Resíduos Sólidos

A Câmara Técnica de Drenagem, Saneamento e Resíduos Sólidos do CONISUD trabalha o tema RSU, através da organização de eventos, encontros técnicos, elaboração de planejamento para atividades de âmbito regional, elaboração e manutenção de banco de dados regionais, além de elaboração de propostas aos prefeitos visando adequar a região à PNRS através de práticas sustentáveis.<sup>2</sup>

De acordo com as informações levantadas junto à câmara, os eventos relevantes realizados nos últimos anos em relação ao tema foram:

- Seminário “Saneamento Básico - Desafios e Perspectivas para a Região Sudoeste”, o evento realizado em 2011 na cidade de Juquitiba, contou com palestras feitas pelo Professor Doutor Pedro Jacob da Universidade de São Paulo, pela Organização Não Governamental - Vitae Civilis e pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Na ocasião tratou-se também do tema RSU.
- Seminário Resíduos Sólidos – “Desafios e Perspectivas para a Região Sudoeste”, realizado em Embu das Artes no ano de 2011. O evento contou com palestras proferidas por técnico da consultoria Ziguia Engenharia que falou sobre a biometanização de RSU a ser adotada em Embu das Artes; pelo técnico Elcires Pimenta, responsável pelos Planos de Saneamento e Resíduos Sólidos da cidade de São Bernardo e por representante do Ministério do Meio Ambiente, Carlos Henrique Andrade de Oliveira, que atuou na estruturação da PNRS. O seminário forneceu espaço para discussão sobre possibilidades e alternativas tecnológicas para manejo e tratamento de RSU em âmbito regional, contemplando a geração de energia.

---

<sup>2</sup> As informações disponibilizadas nesta parte do estudo foram obtidas integralmente por informação pessoal obtida junto à Câmara Técnica de Drenagem, Saneamento e Resíduos Sólidos do CONISUD, exceto as que estão acompanhadas por citação específica.

- 1ª Conferência Regional de Meio Ambiente, realizada em 2013 na cidade de Itapeçerica da Serra. O evento contou com palestra de Carlos Silva Filho, diretor presidente da ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais) a fim de discutir a Política Nacional de Resíduos Sólidos; bem como com exposição feita pela coordenação da Câmara Técnica de Drenagem, Saneamento e Resíduos Sólidos do CONISUD, sobre a situação das cidades do consórcio em relação à PNRS.

Demais atividades realizadas no período de levantamento de dados:

- Criação de banco de dados contendo informações sobre RSU de cada cidade; bem como os planos municipais já elaborados. O banco conta também com informações sobre drenagem e demais itens referentes a saneamento básico.
- Reuniões e troca de informações com empresas visando conhecer alternativas para tratamento de RSU a fim de auxiliar as cidades na escolha do tipo de tratamento a que o lixo será submetido. Há exemplo das alternativas estudadas, a câmara recebeu as seguintes propostas:
  - Gaseificação assistida por plasma, oferecida pela empresa Hannover Projetos.
  - Pirólise, oferecida pela empresa Lixo Verde.
  - Biometanização, oferecida pela empresa Kuttner
- Reunião com a diretoria da Empresa Essencis, unidade de Caieiras, visando discutir possibilidades de parceria para tratamento de RSU antes da disposição final. A câmara contatou a empresa considerando que atualmente seu aterro é o destino da maior parte dos resíduos da região.
- Reunião de trabalho junto ao Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), para discutir, entre outros temas, as possibilidades de trabalho conjunto em relação ao gerenciamento dos resíduos agrossilvopastoris.

Como resultados das atividades acima descritas, destacam-se o aumento do conhecimento dos técnicos da região que irão apoiar nas decisões municipais e nas decisões do consórcio; aumento da articulação entre as cidades ampliando o conhecimento da realidade de cada município entre os membros da câmara; busca por propostas que contemplem solução conjunta de problemas; apoio técnico aos prefeitos da região para tomada de decisão em relação ao tratamento de RSU.

### **4.3 Dados sobre RSU**

Com relação à coleta seletiva, a região conta com cooperativa de catadores em todas as cidades exceto em São Lourenço da Serra onde é feita a coleta seletiva com apoio da prefeitura e o material é enviado a Cooperativa de Itapeçerica da Serra. As cooperativas recebem o material proveniente da coleta seletiva do município e contam com apoio do governo municipal na forma de cessão de terreno, fornecimento de equipamentos, caminhões; assessoria técnica e jurídica, entre outros.<sup>3</sup>

A Tabela 7 mostra a situação de cada município do consórcio com relação a existência dos planos de Saneamento Básico, Resíduos Sólidos e Cooperativas de Reciclagem.

Em relação aos Planos Municipais de Resíduos Sólidos, nenhum município possui o plano adequado à PNRS, no entanto, todos estão elaborando ou adequando planos existentes que precisam ser compatibilizados com as exigências desta Lei. A expectativa é de que até o final do ano de 2014 todas as cidades tenham seus planos de resíduos aprovados e com indicação de tecnologias para tratamento

---

<sup>3</sup>As informações disponibilizadas nesta parte do estudo foram obtidas integralmente por informação pessoal obtida junto à Câmara Técnica de Drenagem, Saneamento e Resíduos Sólidos do CONISUD durante o período do estudo, exceto as que estão acompanhadas por citação específica.

**Tabela 7. Existência de Planos Municipais e Cooperativas de Reciclagem.**

<b>Município</b>	<b>Cooperativa de reciclagem</b>	<b>Plano de Saneamento Básico</b>	<b>Plano Municipal de Resíduos Sólidos adequado à PNRS</b>
<b>Cotia</b>	Coopernova Cotia	Sim	Não
<b>Embu das Artes</b>	Coopermape	Sim	Não
<b>Embu Guaçu</b>	Cooperativa de Embu Guaçu	Sim	Não
<b>Juquitiba</b>	Cooperjuqui	Sim	Não
<b>Itapecerica da Serra</b>	Cooperativa de reciclagem de Itapecerica da Serra	Sim	Não
<b>São Lourenço da Serra</b>		Sim	Não
<b>Taboão da Serra</b>	Cooperzagati	Sim	Não
<b>Vargem Grande Paulista</b>	Cooperciclável	Sim	Não

Fonte: Informação pessoal.

A Lei Federal nº 11.445 de 2007 definiu que todas as prefeituras têm obrigação de elaborar seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), conforme o decreto federal nº 8211 de 2014, o prazo máximo para elaboração é dezembro de 2015 e sem o plano as Prefeituras não poderão receber recursos federais para projetos de saneamento básico. A Lei define que depois de elaborado, o PMSB deve ser levado a audiência pública e aprovado pela câmara de vereadores. Os Planos de Saneamento Básico, que também contemplam informações sobre RSU, estão sendo feitos em todas as cidades; no entanto, em algumas falta a aprovação na câmara de vereadores.

Conforme indicado na Tabela 8, a região produz cerca de 895 toneladas de RSU por dia, que são enviados a aterro. Cabe destacar que conforme as informações levantadas, nesse montante de lixo estão misturados também entulhos de pequenas obras e que acabam sendo descartados junto aos resíduos domiciliares. Algumas cidades possuíam lixão em seus territórios, porém estes foram desativados e as áreas estão em fase de recuperação e monitoramento. A região possui apenas um aterro controlado, na cidade de Embu das Artes, que continua em funcionamento recebendo os resíduos da cidade; este deverá encerrar as atividades até o final de 2014.

Tabela 8. Dados regionais

Cidade	População <sup>1</sup>	Possui Aterro controlado ou lixão <sup>2</sup>	t/mês enviadas a reciclagem	t/dia enviadas para aterro <sup>2</sup>	Destinação do RSU <sup>2</sup>
Cotia	201.050	Sim	412	230	Aterro sanitário de Itapevi
Embu das Artes	242.730	Sim	187	200	Aterro controlado municipal
Embu Guaçu	62.769	Sim	12	24,78 <sup>3</sup>	Aterro sanitário Essencis
Juquitiba	28.912	Sim	14	16,6	Aterro sanitário Essencis
Itapecerica da Serra	154.374	Sim	80	140	Aterro sanitário Essencis
São Lourenço da Serra	16.121	Não	30	8,0	Aterro sanitário Essencis
Taboão da Serra	248.128	Não	60	300	Aterro sanitário Essencis
Vargem Grande Paulista	43.789	Não	12	32,0 <sup>4</sup>	Aterro sanitário de Itapevi
<b>Total</b>	997.873		807	894,6	

Fonte: <sup>1</sup>IBGE, 2007; <sup>2</sup> Informação pessoal,2013;<sup>3</sup>Cetesb,2012; <sup>4</sup>Fonte:SINIS,2011.

Considerando a realidade no país, a região está avançada uma vez que seus lixões estão fechados e em fase de recuperação. Apesar de não ser o previsto para adequação à PNRS, para o momento presente a região está enviando seus RSU a locais devidamente licenciados pelo órgão ambiental e adequados.

Cabe acrescentar que as cidades de Juquitiba e São Lourenço da Serra, que fazem parte também do Consórcio de Desenvolvimento Intermunicipal do Vale do Ribeira (CODIVAR), participaram de projeto de gestão integrada de resíduos sólidos para a região deste consórcio, no entanto, neste contemplou-se apenas a instalação de aterros sanitários e áreas de transbordo e triagem regionais, sem proposta para tratamento de resíduos antes da disposição final. O projeto em questão encontra-se parado uma vez que os municípios não possuem seus planos municipais de resíduos sólidos e, portanto não puderam obter recursos para implantação do projeto.

Com relação à definição de tecnologia para tratamento do lixo antes da disposição final, Cotia e Embu das Artes possuem proposta. Ambas as cidades firmaram parceria público - privada (PPP) referente à Prestação dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. Em Cotia a prestadora do serviço é a empresa Cotia Ambiental S/A e em Embu das Artes é a Embu Ecológica e Ambiental Sociedade Anônima. Nas duas PPP está prevista uma central de tratamento de resíduos (CTR) contemplando a biometanização da

fração orgânica de RSU. Com propostas similares em relação à CTR, optou-se em aprofundar o estudo na PPP de Embu das Artes.

#### **4.4 PPP de Resíduos Sólidos de Embu das Artes**

As informações disponibilizadas nesta parte do estudo foram obtidas, por informação pessoal<sup>4</sup>, junto à AMLURB - Agência Municipal Reguladora e Fiscalizadora dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos na Estância Turística de Embu, durante o período do estudo, exceto as que estão acompanhadas por citação específica.

De acordo com a lei federal nº 11.079/04, a parceria público-privada (PPP) é definida como o contrato administrativo de concessão, na modalidade patrocinada ou administrativa; sendo que sua contratação deverá ser precedida de licitação na modalidade concorrência. Na PPP o Estado se torna parceiro de uma empresa ou um grupo de empresas privadas para a execução de obras que sozinho não teria condições de arcar com os custos. O empreendimento após implantado pertence ao Estado, mas a empresa que construiu tem o direito de explorá-lo durante o tempo de concessão definido no contrato. Ao final do período de concessão o empreendimento fica nas mãos do Estado.

Em Embu das Artes, o contrato da PPP possui vigência de trinta anos e engloba os seguintes itens:

- Coleta manual e containerizada, e transporte, até o destino final, de resíduos domiciliares, comerciais, provenientes da limpeza pública de toda a área do município, inclusive de difícil acesso, de sub-moradias (favelas) e resultantes de feiras livres e da varrição manual;
- Coleta, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos sépticos;
- Coleta e transporte de materiais recicláveis;
- Varrição manual de vias e logradouros públicos;
- Varrição mecanizada de meio fio;
- Limpeza, lavagem e desinfecção de vias após as feiras livres;

---

<sup>4</sup> AMLURB, Secretário João Ramos, Contato: [amlurb@embudasartes.sp.gov.br](mailto:amlurb@embudasartes.sp.gov.br).

- Fornecimento de equipes para serviços gerais;
- Operação Centro, que trata das ações integradas relacionadas aos serviços de limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos na região do Centro Histórico de Embu das Artes, tais como varrição, lavagem de vias e passeios, limpeza de monumentos, coleta de resíduos, entre outros;
- Execução das obras de recuperação e encerramento do aterro atual;
- Implantação, operação e manutenção da CTR, que englobará (i) a implantação, operação e manutenção do novo aterro; (ii) a implantação, operação e manutenção da unidade de triagem e reciclagem de resíduos de construção civil; (iii) a implantação, operação e manutenção de unidade de tratamento de resíduos domiciliares; (iv) a implantação, operação e manutenção de unidade de tratamento de resíduos sépticos, (v) a implantação, operação e manutenção de unidade de triagem de materiais recicláveis.

A capacidade de processamento de resíduos, na implantação da Central de Tratamento de Resíduos (CTR), foi determinada pela prefeitura que colocou como exigência a instalação de sistema de processamento com capacidade mínima de 250 toneladas por dia, desta forma pretende prolongar a vida útil do novo aterro que deverá ficar em atividade por 35 anos.

Com relação à tecnologia de tratamento que deverá ser adotada foram estabelecidos como condicionantes o uso de processo que permita o máximo aproveitamento dos resíduos reduzindo progressivamente a dependência de aterro sanitário; a valorização do resíduo de maneira que permita o aproveitamento dos seus componentes; o aproveitamento dos materiais presentes em resíduos domiciliares em processos como reciclagem, produção de composto e uso como insumo energético; a agregação de valor econômico aos produtos resultantes dos processos de aproveitamento a fim de reduzir os custos de tratamento e disposição final de resíduos e por último a mitigação da geração de passivos ambientais.

Ainda pelo contrato, em relação à unidade de tratamento de resíduos domiciliares, item de interesse da presente monografia, a PPP define que caberá à empresa a implantação e operação de um sistema de tratamento que propicie a redução de volume dos resíduos domiciliares.

O contrato coloca como condição o uso de processo que comprovadamente esteja em operação em plantas de capacidade semelhantes. Também direciona a tecnologia a ser adotada ao impor que as tecnologias propostas deverão levar em conta a segregação e triagem dos materiais recicláveis, bem como o aproveitamento da matéria orgânica na produção de

composto orgânico, mediante processo anaeróbio, de forma a possibilitar a geração de gás metano, para eventual utilização como matriz energética. O direito à exploração e comercialização do composto e do biogás foi concedido à empresa.

O valor do contrato da PPP é de R\$ 728.541.059,20 (setecentos e vinte e oito milhões, quinhentos e quarenta e um mil, cinquenta e nove reais e vinte centavos), correspondente à somatória das receitas que serão obtidas pela empresa em decorrência da exploração dos serviços, tendo sido utilizados, para efeito de cálculo, os valores previstos na proposta comercial que foi apresentada.

Desta forma, fica demonstrado que o governo local se preocupou em se adequar as políticas estadual e nacional de resíduos sólidos urbanos; buscando o aproveitamento máximo dos resíduos e enviando ao aterro sanitário apenas rejeitos. A definição das tecnologias de tratamento e destinação final dos resíduos ficou a cargo da empresa contratada, que apresentou proposta técnica para ser aprovada pela prefeitura.

Por ser a única tecnologia com representante comercial no Brasil na época da implantação da parceria público-privada, no ano de 2010, em Cotia e Embu das Artes, a tecnologia Kompogas foi a sugerida pelas empresas responsáveis pela PPP (GOMES, 2010; KUTTNER, 2014).

O contrato da parceria indica a intenção de gerar energia a partir do biogás, porém este poderá ser destinado para queima em *flares*, conforme indicado na proposta comercial da empresa Kuttner que foi há época indicada como a fornecedora da tecnologia para a central de tratamento de RSU das cidades de Cotia e Embu das Artes (KUTTNER, 2014).

A análise da PPP baseou-se exclusivamente no contrato de prestação de serviços uma vez que não foi iniciada a implantação dos itens previstos, bem como a prefeitura ainda está estudando e buscando viabilizar o local para construção da central de tratamento de resíduos.

Dados como layout, fluxograma da CTR, preço de implantação e operação não estão disponíveis uma vez que a Prefeitura de Embu das Artes ainda está estudando o local de implantação e a tecnologia de tratamento a ser implantada.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A biometanização de resíduos sólidos urbanos aparece como alternativa consolidada no mercado internacional para tratamento de resíduos sólidos urbanos, além disso vai de acordo com as metas do governo brasileiro para estímulo de geração de energia a partir de fontes renováveis atendendo as metas da PNRS referentes à redução de resíduos úmidos em aterro sanitário.

O processo Kompogas, sugerido para as cidades de Embu das Artes e Cotia não é o que apresenta melhor desempenho conforme os estudos consultados, no entanto, está entre as melhores tecnologias disponíveis tecnicamente e comercialmente no Brasil.

Considerando as exigências e dificuldades com relação ao composto orgânico gerado nas plantas de biometanização, seria interessante o consórcio estabelecer uma política junto aos agricultores da região para incentivar o seu uso, bem como otimizar o programa de coleta seletiva visando obter uma matéria prima mais homogênea e de melhor qualidade.

Já com relação a região do estudo, restou demonstrado que é uma área de relevante interesse ambiental e deve ser prioridade em políticas públicas que estimulem e ajudem os municípios na preservação de seus recursos hídricos; inclusas para este fim as políticas que garantam adequada gestão e gerenciamento de RSU.

O trabalho regional para solução de questões de resíduos sólidos atrai mais investidores e propostas tecnológicas uma vez que é um volume maior de resíduos, fortalecendo cidades de menor população como Juquitiba e São Lourenço da Serra, confirmando a importância do consórcio.

A câmara técnica do consórcio é um importante instrumento para auxiliar nas tomadas de decisão que deverão ocorrer nos próximos anos, uma vez que estimula o intercâmbio entre diversos parceiros, dentre eles estado, governo federal, municípios e empresas.

Apenas 25% das cidades já indicou o tipo de tratamento a ser dado aos RSU e com relação à existência de plano de resíduos sólidos municipais conforme à PNRS, até a presente data, nenhuma cidade está adequada. Desta forma, apesar de ser uma região que faz a disposição final adequada dos resíduos e está buscando se adequar as exigências da política, é possível notar um atraso com relação à tomada de decisões e atendimento aos prazos da PNRS. A recente troca de governo nos municípios pode ser uma justificativa para esta

situação, uma vez que com a alternância de gestores alguns projetos são reavaliados, outros são paralisados até sua compreensão por parte de quem assume a gestão.

Visando à uma boa gestão dos resíduos na região, sugere-se que as seis cidades que ainda não definiram o tratamento de RSU a ser adotado busquem alternativa de tratamento térmico visando complementar a biometanização a ser realizada em Cotia e Embu das Artes e assim formar um *mix* tecnológico na região. Os governos de Cotia e Embu das Artes por sua vez, ampliem a capacidade de biometanização em suas CTR para atender mais cidades da região.

Do ponto de vista ambiental, considerando as restrições impostas pela legislação de proteção aos mananciais, Taboão da Serra está fora de APM e Vargem Grande Paulista está quase totalmente fora de APM, portanto estas cidades seriam mais indicadas para sediar centrais de tratamento de RSU regionais.

Para viabilizar as sugestões acima seria indicada a elaboração de um estudo para verificar a melhor localização de uma CTR regional considerando também as limitações logísticas e econômicas.

Com a elaboração e revisão dos planos municipais de gestão de resíduos sólidos acontecendo em todas as cidades neste ano de 2014, o momento é oportuno para que os municípios planejem as possibilidades consorciadas para manejo de RSU e estipulem como objetivo o uso de soluções que contemplem o aproveitamento energético.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 16 de 18 de junho de 2008.** Disponível em: < <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=109588>>. Acesso em: 15 jan 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 271, de 3 de julho de 2007.** Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2007271.pdf> >. Acesso em: 15 jan 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Banco de dados da ANEEL.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 17 dez 2013.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica.** 3ª edição.2008.

ARCHER, E.; BADDELEY, A.; KLEIN, A.; SCHWAGER, J.; WHITING, K. **Mechanical-biological-treatment: a guide for decision makers processes, policies & markets.** Londres, Juniper Consultancy Services Ltd, v. 1. 2005.

AUSTERMANN, S.; ARCHER, E.; WHITING, K. J. **Comercial Assessment - Anaerobic Digestion Technology for Biomass Projects, Juniper for Renewables East.** Juniper for Renewable East, 2007. Disponível em: <[http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF\\_LIB\\_RE S/PUBLICATIONS/RENEWABLES%20EAST%20-20ANAEROBIC%20DIGESTION%20\(FULL%20REPORT\).PDF](http://www.biomassenergycentre.org.uk/pls/portal/docs/PAGE/RESOURCES/REF_LIB_RE S/PUBLICATIONS/RENEWABLES%20EAST%20-20ANAEROBIC%20DIGESTION%20(FULL%20REPORT).PDF)>. Acesso em: 10 jan 2014.

BALDISSERA, A. **Pesquisa Ação: Uma Metodologia do “Conhecer” e do “Agir” Coletivo in:** Sociedade em Debate, Pelotas, 7(2):5-25, Agosto de 2001. Disponível em: <http://revistas.ucpel.tche.br/index.php/rsd/article/view/570/510>. Acesso em: 10 jan 2014.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **BNDES apoia desenvolvimento de tecnologia nacional para tratamento de resíduos sólidos.** Disponível em:<[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Sala\\_de\\_Imprensa/N oticias/2013/saneamento/20131121\\_fundep.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/N oticias/2013/saneamento/20131121_fundep.html)>. Acesso em 08 dez 2013.

CAPSTONE TURBINE CORPORATION. **Produtos.** Disponível em < <http://www.capstoneturbine.com/prodsol/products/> >. Acesso em 16 mai 2014.

CBH-RB - Comitê da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul. **Deliberação CBH-RB nº 4, de 1999 “Área de Proteção e Recuperação de Mananciais - APRM da sub-bacia do Alto Juquiá / São Lourenço”**. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/detalhes.asp?Id=2984>>. Acesso em: 20 out 2013.

CEF – Caixa Econômica Federal. **Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/programa\\_des\\_urbano/saneamento\\_ambiental/residuos\\_sol\\_urb/index.asp](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/saneamento_ambiental/residuos_sol_urb/index.asp)>. Acesso em: 08 dez 2013.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos**. 114f.;2012.

COELHO, S.T.; VELÁZQUEZ, S.M.S.G.; MARTINS, O.S.; ABREU, F.C. **A conversão da fonte renovável biogás em energia**. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 5, 2006, Brasília.

COSTA, David Freire da. **Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto**. 2006. 194f. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia da Universidade de São Paulo - PIPGE/USP, São Paulo, 2006.

DE BAERE, L.; MATTHEEUWS, B. **Anaerobic Digestion of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste in Europe – Status, Experience and Prospects**. 10f.; 2013. Disponível em: < <http://www.ows.be/wp-content/uploads/2013/02/Anaerobic-digestion-of-the-organic-fraction-of-MSW-in-Europe.pdf> >. Acesso em: 20/12/2013.

EIA SISTEMA PRODUTOR SÃO LOURENÇO - **Estudo de Impacto Ambiental do Sistema Produtor São Lourenço**, 2011. Disponível em:<<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=485>>. Acesso em 07 dez 2013.

EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. **Por Dentro da Região Metropolitana de São Paulo – RMSP**, 2011. Disponível em < <http://www.emplasa.sp.gov.br/emplasa/RMSP/rmsp.pdf>>. Acesso em 07 dez 2013.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS**. In: SÉRIE RECURSOS ENERGÉTICOS, NOTA TÉCNICA 06/08. 2008. Disponível em: < [http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf)>. Acesso em 13 jan 2014.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: guia de orientação para governos municipais de Minas Gerais.** 163 f.; 2012.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no estado de Minas Gerais.** 174 f.; 2010. Disponível em: <  
<http://www.feam.br/images/stories/fean/relatorio%201%20%20estado%20da%20arte%20do%20tratamento%20termico.pdf>>. Acesso em 20/10/2013.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Análise Técnica e Ambiental da Utilização de Resíduos Sólidos Urbanos na Produção de Cimento (coprocessamento).** 43 f.; 2010. Disponível em: <  
<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/novos2012/coprocessamento.pdf>>. Acesso em 20/10/2013.

FEAM. Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Projeto Conceitual de um Modelo de Reator Anaeróbio para a Biometanização da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos e de Resíduos Industriais no Estado de Minas Gerais.** 86f.; 2009.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Programa de Resíduos Sólidos.** Disponível em: [http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files\\_mf/manual\\_rsu2.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/manual_rsu2.pdf). Acesso em 13 jan 2014.

GOMES, Felipe Correia de Souza Pereira. **Biometanização seca de RSU – Estado da Arte e Análise Crítica das Principais Tecnologias.** 2010. 199f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental) – Programa de Pós Graduação em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiente da Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético de Resíduos Sólidos Urbanos: uma abordagem tecnológica.** 2004. 190f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético)– Programa de Pós Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio, Rio de Janeiro, 2004.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Contagem da População 2007.** Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem\\_final/tabela1\\_1\\_20.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1_20.pdf). Acesso em: 10 fev 2014.

ICLEI. International Council for Local Environmental Initiatives **Manual para aproveitamento do biogás: volume 1 - Aterros Sanitários. Governos Locais pela Sustentabilidade,** Secretariado para América Latina e Caribe, Escritório de projetos no Brasil, São Paulo, 2009.

KUTTNER. **Solução no tratamento de resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: <[http://www.kuttner.com.br/Files/Filer/Downloads/pt/kuttner\\_apr\\_beneficiamento\\_lixo\\_urban\\_o.pdf](http://www.kuttner.com.br/Files/Filer/Downloads/pt/kuttner_apr_beneficiamento_lixo_urban_o.pdf)>. Acesso em 13 jan 2014.

KUTTNER. **Contratos**. Disponível em: <<http://www.kuttner.com.br/Defaultc917.html?ID=64>>. Acesso em 15 jan 2014.

LAUFER, Angela. **Avaliação de processo alternativo de biodigestão para tratamento de resíduos sólidos orgânicos domésticos**. 2008. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2008.

MARTIN GONZALES,L.; COLTURATO,L.F.;FONT,X.;VICENT,T. **Anaerobic co-digerstion of the organic fraction of municipal solid wastw with FOG waste from a sewage treatment plant: recovering a wasted methane potential and enhancing the biogas yield**.In:Waste Manage,30.2010.f.1845-1895.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Versão preliminar para consulta pública 2012**. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em 13 dez 2013.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**, 2007. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas\\_publicacoes.html](http://www.mme.gov.br/mme/menu/todas_publicacoes.html)> Acesso em 05 jun 2011.  
MME – Ministério de Minas e Energia. **Portaria MME Nº 226, 2013**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/prt2013226mme.pdf>>. Acesso em 15 nov 2013.

NICHOLS,C.E. **Overview of anaerobic digestion Technologies in Europe**. In: Biocycle,v.45, n.1,p.47-53,2004

OLIVEIRA, P.A.V; DE HIGARASHI, M.M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2006. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/856124/1/doc115.pdf>>. Acesso em 13 dez 2013.

PAP 2013. **Plano anual do PROINFA**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/cedoc/areh20121385\\_2.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/areh20121385_2.pdf)>. Acesso em 05 jan 2014.

PDPA-G - **Plano de Desenvolvimento e Proteção da Bacia Guarapiranga**. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/pactodasaguas/files/2011/12/PDPA-Guarapiranga.pdf>>. Acesso em: 20 ou 2013.

PECORA,V.; GRISOLI,R.; CORTEZ,C.L.; POVEDA,M.M.R.; BRAUNE,A.V.; LIMA,A.; COELHO,S.T.; NOGUEIRA,A.; FERNANDES,L.E.; SILVA,G.A.; SCHOTT,A.K.E.B.S. **Comparação do desempenho ambiental de alternativas para a destinação de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético.** In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida de Produtos e Serviços, 3, 2012, Maringá. Disponível em: < <http://cenbio.iee.usp.br/espanol/publicaciones.htm> >. Acesso em 05 set.2013.

PEREIRA, A.M.J.F. **Enquadramento técnico científico dos processos de tratamento biológico de RSU.** Universidade de Aveiro – Portugal. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/25509255/Enquadramento-tecnico-cientifico-dos-processos-de-tratamento-biologico-de-RSU>>. Acesso em 10 jan 2014.

PEREIRA, Maycon. **Análise do potencial para recuperação energética dos resíduos orgânicos do município de São Bernardo do Campo utilizando tecnologias de biodigestão anaeróbia.** 2012. 70f. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental e Negócios Energéticos) – Instituto de Energia e Ambiente, São Paulo, 2012.

PERS – Política Estadual de Resíduos Sólidos. Lei Estadual nº 12300 de 16 de março de 2006. **Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e defini princípios e diretrizes.** Disponível em: < [http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2012/09/2006\\_Lei\\_12300.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/files/2012/09/2006_Lei_12300.pdf) >. Acesso em 15 dez 2013.

PIRES, Caio Souza. **O tratamento dos resíduos orgânicos como cumprimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos:** Análise dos planos municipais da bacia do Alto Tietê. 2013.104f.Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Engenharia Hidráulica e Saneamento, São Carlos,2013.

PNRS – **Plano Nacional de Resíduos Sólidos.** Versão Preliminar 2012. Disponível em:< [http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS\\_consultaspublicas.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/reuniao/dir1529/PNRS_consultaspublicas.pdf)>. Acesso em: 01 jun 2013.

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei Federal nº 12305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) >. Acesso em 12 dez 2013.

PMEA - PREFEITURA DE EMBU DAS ARTES. **Contrato de Parceria Público-Privada de Prestação dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos,** Embu das Artes, SP, 2010. Disponível na AMLURB – Agência Municipal Reguladora e Fiscalizadora dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo Sólidos na Estância Turística de Embu. < [amlurb@embudasartes.sp.gov.br](mailto:amlurb@embudasartes.sp.gov.br) >

\_\_\_\_\_. **Edital de Concorrência da Parceria Público-Privada de Prestação dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. Anexo II – Elementos do Projeto Básico.** Embu das Artes, SP, 2010. Disponível em: < [http://www.embudasartes.sp.gov.br/e-gov/public/arquivos/2010/02/PPP/Anexo\\_II.pdf](http://www.embudasartes.sp.gov.br/e-gov/public/arquivos/2010/02/PPP/Anexo_II.pdf)>. Acesso em 06 dez 2013.

\_\_\_\_\_. **Edital de Concorrência da Parceria Público-Privada de Prestação dos Serviços Públicos de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos. Anexo III – Diretrizes Ambientais.** Embu das Artes, SP, 2010. Disponível em: < [http://www.embudasartes.sp.gov.br/e-gov/public/arquivos/2010/02/PPP/Anexo\\_III.pdf](http://www.embudasartes.sp.gov.br/e-gov/public/arquivos/2010/02/PPP/Anexo_III.pdf)>. Acesso em 06 dez 2013.

\_\_\_\_\_. **Palestra sobre Parceria público-privada dos serviços de limpeza urbana de Embu das Artes.** Embu das Artes, SP, 2011. Disponível no Banco de Dados do CONISUD, Prefeitura Municipal de Taboão da Serra.

RISE-AT - Regional Information Service Center for South East Asia on Appropriate Technology. **Review of Current Status of Anaerobic Digestion Technology for Treatment of Municipal Solid Waste.** Institute of Science and Technology Research and Development. Chiang Mai University. 1998. Disponível em: <<http://www.ist.cmu.ac.th/riseat/documents/adreview.pdf>>. Acesso em 10 nov 2013.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Minuta do Descritivo: Saneamento Ambiental dos Municípios de São Lourenço da Serra e Juquitiba/Ibiuna no Projeto do Sistema Produtor São Lourenço (Alto Juquiá)2009.** Disponível em: <[http://site.sabesp.com.br/uploads/file/ppp\\_sao\\_lourenco/minuta\\_descritivo\\_SES\\_SAA\\_SLS\\_JQTB.pdf](http://site.sabesp.com.br/uploads/file/ppp_sao_lourenco/minuta_descritivo_SES_SAA_SLS_JQTB.pdf)>. Acesso em: 15 nov 2013.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Começam as obras do Sistema Produtor São Lourenço.** Disponível em: < <http://site.sabesp.com.br/imprensa/noticias-detalle.aspx?secaoId=65&id=6203> >. Acesso em: 20 fev 2014.

SANTOS, Neila Santana dos. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás produzido na Estação de Tratamento de Esgotos de Madre de Deus – Bahia.** 2009.64f. Dissertação (Mestrado profissional em Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia) – Curso de Mestrado Profissional Tecnologias Aplicáveis à Bioenergia. Salvador, 2009.

SÃO PAULO (Estado). Decreto Estadual nº 58.659 de 04 de dezembro de 2012. **Institui o Programa Paulista de Biogás.** Disponível em: < <http://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/1034518/decreto-59038-13>>. Acesso em: 10 jan 2014.

SÃO PAULO (Estado). Lei Estadual nº 12.233, de 16 de janeiro de 2006. **Define a Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais da Bacia Hidrográfica do Guarapiranga, e dá outras providências correlatas.** Disponível em: <  
[http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/repositorio/259/documentos/12233\\_2006.pdf](http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/repositorio/259/documentos/12233_2006.pdf)>. Acesso em 10 jan 2013.

SEGEM – Secretaria de Estado Extraordinária de Gestão Metropolitana. **Estudo Econômico-Financeiro para destinação final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).** 2012. Disponível em:<  
<http://www.ppp.mg.gov.br/projetos-ppp/projetos-em-elaboracao/residuos-solidos/arquivo-para-download/Estudo%20Bain%20-%20Company.pdf>>. Acesso em: 01 dez 2013.

SEIXAS, B. Resenha de Sustentabilidade: **O Projeto de PPP de RSU de São José dos Campos.** Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/FundacaoDomCabral/resenha-de-sustentabilidade-o-projeto-de-ppp>>. Acesso em: 07 dez 2013.

SIGAM- Sistema Integrado de Gestão Ambiental. **Saiba Mais sobre a Guarapiranga.** Disponível em:<  
<http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Default.aspx?idPagina=7756>>. Acesso em 06 dez 2013.

SINIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** 998f.;2011.

PDPA-COTIA. **Plano de Desenvolvimento e Proteção Ambiental da Sub-Bacia do Rio Cotia: Indicação de Áreas de Intervenção e Diretrizes Ambientais e Urbanísticas,** 2009. Disponível em:  
 <[http://xa.yimg.com/kq/groups/25179050/410604787/name/Relat%C3%B3rio2\\_APRMCotia\\_INST\\_PLA\\_GES\\_FINAL\\_completo.pdf](http://xa.yimg.com/kq/groups/25179050/410604787/name/Relat%C3%B3rio2_APRMCotia_INST_PLA_GES_FINAL_completo.pdf)>. Acesso em: 06 dez 2013.

VERMA, S. **Anaerobic Digestion of Biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes. Department of Earth & Environmental Engineering.** Columbia University. 2002. Disponível em:  
[http://www.compost.org/CCC\\_Science\\_Web\\_Site/pdf/Biogas/anaerobic%20Digestion%20of%20Biodegradable%20Organics%20in%20MSW.pdf](http://www.compost.org/CCC_Science_Web_Site/pdf/Biogas/anaerobic%20Digestion%20of%20Biodegradable%20Organics%20in%20MSW.pdf)>. Acesso em 10 jan 2014.

VITAE CIVILIS. **Diagnóstico e Delimitação da Área de Proteção e Recuperação de Mananciais da sub-bacia dos rios São Lourenço e Juquiá. (Relatório Final-Versão Preliminar),** 2010. Disponível em:<  
<http://www.vitaecivilis.org.br/index.php/programas/aguas-cidades-e-diversidade/aprm-sls-juquia>>. Acesso em: 07 jun 2013.

**ANEXOS**

**ANEXO A – Resolução ANP nº 16 de 17 de junho de 2008**

*Estabelece a especificação do gás natural, nacional ou importador, a ser comercializado em todo território nacional.*

O DIRETOR-GERAL da AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP, no uso de suas atribuições, tendo em vista o disposto nos incisos I e XVIII, do art. 8º, da Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, alterada pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro 2005 e com base na Resolução de Diretoria nº 404, de 11 de junho de 2008,

Considerando a atribuição legal da ANP de estabelecer ações que contribuam para a proteção dos interesses dos consumidores quanto a preço, qualidade e oferta de produtos;

Considerando que cabe à ANP estabelecer as especificações dos derivados de petróleo, do gás natural e seus derivados e dos biocombustíveis;

Considerando a existência de recursos energéticos no País distribuídos mediante autorização temporária;

Considerando a Resolução nº 4 de 21 de novembro de 2006 do Conselho Nacional de Política Energética estabelecendo diretrizes recomendações para a importação de gás natural liquefeito de forma garantir suprimento confiável, seguro e diversificado de gás natural visando a garantia do abastecimento;

Considerando que a introdução do gás natural liquefeito demanda a necessidade de revisão da especificação; e

Considerando que o conceito de intercambiabilidade já vem sendo utilizado em vários países, por garantir a operacionalidade das aplicações de gás natural de forma segura, Resolve:

**Art. 1º** Fica estabelecida no Regulamento Técnico ANP parte integrante desta Resolução, a especificação do gás natural, nacional ou importado, a ser comercializado em todo o território nacional.

**Art. 2º** Empresas ou consórcios de empresas que exerçam as atividades de comercialização e transporte de gás natural no País, isto é, carregadores e transportadores bem como as empresas distribuidoras deverão observar o disposto no Regulamento Técnico em anexo.

Parágrafo único. A comercialização e o transporte de gás natural de especificações diversas daquela indicada pelo Regulamento Técnico em anexo são permitidos, desde que respeitadas as condições de entrega acordadas entre todas as partes envolvidas e os limites de emissão de poluentes fixados pelo órgão ambiental ao qual caiba tal atribuição.

**Art. 3º** Para os fins desta Resolução, ficam estabelecidas as seguintes definições:

I - Carregador: pessoa jurídica que contrata o transportador para o serviço de transporte de gás natural especificado;

II - Transportador: pessoa jurídica autorizada pela ANP a operar as instalações de transporte;

III - Gás Natural Processado: é o gás natural nacional ou importado que, após processamento, atende à especificação do Regulamento Técnico ANP parte integrante desta Resolução;

IV - Gás Natural Liquefeito: é o gás natural no estado líquido obtido mediante processo de criogenia a que foi submetido e armazenado em pressões próximas à atmosférica;

V - Instalações de Transporte: dutos de transporte de gás natural, suas estações de compressão ou de redução de pressão, bem como as instalações de armazenagem necessárias para a operação do sistema;

VI - Ponto de Recepção: ponto no qual o gás natural especificado é entregue pelo carregador ou quem este autorize ao transportador;

VII - Ponto de Entrega: ponto no qual o gás natural especificado é entregue pelo transportador ao carregador ou quem este autorize;

**Art. 4º** A presente Resolução aplica-se ao gás natural a ser utilizado como combustível para fins industriais, residenciais, comerciais, automotivos e de geração de energia.

Parágrafo único. Para utilização como matéria-prima em processos químicos, a qualidade deverá ser objeto de acordo entre as partes.

**Art. 5º** O carregador fica obrigado a realizar as análises do gás natural nos pontos de recepção, no intervalo máximo de 24 horas, a partir do primeiro fornecimento e encaminhar o resultado ao transportador por meio de Certificado da Qualidade, o qual deverá conter o resultado da análise de todas as características, os limites da especificação e os métodos empregados, comprovando que o produto atende à especificação constante do Regulamento Técnico.

§ 1º O Certificado da Qualidade deverá ser firmado pelo químico responsável pelas análises laboratoriais efetuadas, com indicação legível de seu nome e número de inscrição no respectivo órgão de classe.

§ 2º No caso de cópia emitida eletronicamente, deverão estar indicados, na cópia, o nome e o número da inscrição no órgão de classe do químico pelas análises laboratoriais efetuadas.

§ 3º O carregador deverá enviar à ANP, até o 15º (décimo quinto) dia do mês subsequente àquele a que se referirem os dados enviados, um sumário estatístico dos Certificados da Qualidade, em formato eletrônico, seguindo o modelo disponível no sítio da ANP, para o endereço eletrônico [carregadorgn@anp.gov.br](mailto:carregadorgn@anp.gov.br).

**Art. 6º** O transportador fica obrigado a realizar a análise do produto e a emitir o Boletim de Conformidade com os resultados da análise e os limites da especificação das seguintes características: poder calorífico superior; índice de Wobbe; teores de metano, etano, propano, butano e mais pesados; inertes (N<sub>2</sub>+CO<sub>2</sub>); dióxido de carbono e oxigênio; nos seguintes pontos:

I - em todos os pontos de recepção após a homogeneização da mistura entre o gás entrante e o gás passante no intervalo máximo de 24 horas a partir do primeiro recebimento;

II - em todos os pontos de entrega com incidência de inversão de fluxo no duto de transporte e vazão superior a 400 mil m<sup>3</sup>/d no intervalo máximo de 24 horas a partir da primeira entrega.

§ 1º Nos pontos de recepção, em caso de inexistência de mistura de produtos distintos, o transportador poderá não realizar a análise, no entanto, deverá preencher o Boletim de Conformidade com os dados enviados pelo carregador, constantes no Certificado da Qualidade, tornando-se responsável pelos dados da qualidade informados.

§ 2º O transportador deverá encaminhar ao carregador, a cada intervalo de até 24 horas, cópia do Boletim de Conformidade, comprovando a qualidade do gás, firmado pelo químico responsável pelas análises laboratoriais efetuadas, com indicação legível de seu nome e número de inscrição no órgão de classe.

§ 3º No caso de cópia emitida eletronicamente, deverão estar indicados, na cópia, o nome e o número da inscrição no órgão de classe do químico pelas análises laboratoriais efetivadas.

§ 4º O transportador, se solicitado pelo distribuidor a que estiver ligado por ponto de entrega comum, deverá disponibilizar cópia do respectivo Boletim de Conformidade a cada intervalo de até 24 horas.

**Art. 7º** Para efeito de identificação de carregador, transportador, ponto de recepção e instalação de análise, em atendimento ao disposto nos arts. 5º e 6º, deverão ser utilizados os códigos que permanecerão atualizados na página da ANP no endereço eletrônico [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br).

**Art. 8º** A ANP poderá, a qualquer tempo, submeter os agentes responsáveis pela emissão do Certificado da Qualidade e do Boletim de Conformidade a auditoria de qualidade, a ser executada por entidades credenciadas pelo INMETRO, sobre procedimentos e equipamentos de medição que tenham impacto sobre a qualidade e a confiabilidade dos serviços de que trata esta Resolução e seu Regulamento Técnico.

**Art. 9º** O carregador e o transportador deverão manter sob sua guarda os Certificados da Qualidade e os Boletins de Conformidade, respectivamente, pelo prazo mínimo 12 (doze) meses a contar da data de emissão, e torná-los disponíveis à ANP sempre que solicitados.

**Art. 10.** A odoração do gás natural deverá ser realizada no transporte de acordo com as exigências previstas durante o processo de licenciamento ambiental.

**Art. 11.** O gás natural deverá ser odorado na distribuição, atendendo às exigências específicas de cada agência reguladora estadual.

Parágrafo único. A dispensa de odoração do gás natural em dutos de distribuição cujo destino não recomende a utilização de odorante e passe somente por área não urbanizada deve ser solicitada ao órgão estadual competente para sua análise e autorização.

**Art. 12.** Os agentes mencionados pelo art. 2º disporão do prazo de 240 dias para atender aos limites de especificação constantes do Regulamento Técnico em anexo, período no qual, em

todo o caso, observarão, no mínimo, as especificações já constantes da Portaria ANP nº 104, de 8 de julho de 2002.

**Art. 13.** O não atendimento ao disposto nesta Resolução sujeita o infrator às sanções administrativas previstas na Lei nº 9.847 de 26 de outubro de 1999, alterada pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005, e no Decreto nº 2.953, de 28 de janeiro de 1999, sem prejuízo das penalidades de natureza civil e penal.

**Art. 14.** Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

**Art. 15.** Revoga-se a Portaria ANP nº 104 de 8 de julho de 2002, observados os termos do art. 12 desta Resolução.

HAROLDO BORGES RODRIGUES LIMA

REGULAMENTO TÉCNICO ANP Nº 2/2008

1. Objetivo Este Regulamento Técnico aplica-se ao gás natural processado, de origem nacional ou importado, a ser comercializado em todo o território nacional.

1.1. Nota explicativa O gás natural objeto desta especificação permanece no estado gasoso sob condições de temperatura e pressão ambientes. É produzido a partir de gás extraído de reservatório, consistindo de uma mistura de hidrocarbonetos, que contém principalmente metano, etano, propano e, e em menores quantidades hidrocarbonetos superiores, podendo ainda apresentar componentes inertes do ponto de vista da aplicação, tais como nitrogênio e dióxido de carbono, bem como traços de outros constituintes.

O gás natural deve apresentar concentrações limitadas de componentes potencialmente corrosivos de modo que a segurança e a integridade dos equipamentos sejam preservadas. Esses componentes são sulfeto de hidrogênio, dióxido de carbono e água.

2. Sistema de Unidades O sistema de unidades a ser empregado no Regulamento Técnico é o SI de acordo com a norma brasileira NBR/ISO 1000.

Desta forma, a unidade de energia é o J, e seus múltiplos, ou o kWh, a unidade de pressão é o Pa e seus múltiplos e a unidade de temperatura o K (Kelvin) ou o °C (grau Celsius).

3. Condição de referência A condição de temperatura, pressão e umidade de referência requerida para o cálculo das características de poder calorífico e de índice de Wobbe especificadas neste Regulamento Técnico são 293,15K e 101,325kPa e base seca.

4. Normas Aplicáveis A determinação das características do produto far-se-á mediante o emprego de normas da American Society for Testing and Materials (ASTM), da International Organization for Standardization (ISO) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Os dados de incerteza, repetitividade e reprodutibilidade, fornecidos nos métodos relacionados neste Regulamento, devem ser usados somente como guia para aceitação das determinações em duplicata de ensaio e não devem ser considerados como tolerância aplicada aos limites especificados.

A análise do produto deverá ser realizada em amostra representativa do mesmo obtido segundo método ISO 10715 - Natural Gas: Sampling Guidelines.

As características incluídas no Quadro

I - Tabela de especificação do Gás Natural - deverão ser determinadas de acordo com a publicação mais recente dos seguintes métodos de ensaio:

#### 4.1 Normas ABNT

MÉTODO	TÍTULO
NBR/ISO 1000	Unidades SI e recomendações para o uso dos seus múltiplos e de algumas outras unidades
NBR 14903	Gás natural - Determinação da composição por cromatografia gasosa
NBR 15213	Cálculo do poder calorífico, densidade, densidade relativa e índice de Wobbe de combustíveis gasosos a partir da composição

#### 4.2 Normas ASTM

MÉTODO	TÍTULO
ASTM D 1945	STM for analysis of natural gas by gas chromatography
ASTM D 3588	Standard practice for calculating heat value, compressibility factor, and relative density (specific gravity) of gaseous fuels
ASTM D 5454	STM for water vapor content of gaseous fuels using electronic moisture analyzers
ASTM D 5504	STM for determination of sulfur compounds in natural gas and gaseous fuels by gas chromatography and chemiluminescence
ASTM D 6228	STM for determination of sulfur compounds in natural gas and gaseous fuels by gas chromatography and flame photometric detection
MÉTODO	TÍTULO
ISO 6326-1	Natural gas - Determination of sulfur compounds, Part 1: General introduction
ISO 6326-3	Natural gas - Determination of sulfur compounds, Part 3: Determination of hydrogen sulfide, mercaptan sulfur and carbonyl sulfide sulfur by potentiometry

ISO 6326-5	Natural gas - Determination of sulfur compounds, Part 5: Lingener combustion method
ISO 6327	Gas analysis - Determination of water dew point of natural gas - Cooled surface condensation hygrometers
ISO 6570	Natural gas - Determination of Potential Hydrocarbon Liquid Content
ISO 6974-1	Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 1: Guidelines for tailored analysis
ISO 6974-3	Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 3: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen, carbon dioxide, and hydrocarbons up to C8 using two packed columns
ISO 6974-5	Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 5: Determination of nitrogen, carbon dioxide and C1 to C5 and C6+ hydrocarbons for a laboratory and on-line measuring system using three columns
ISO 6974-6	Natural gas - Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography, Part 6: Determination of hydrogen, helium, oxygen, nitrogen, carbon dioxide and C1 to C8 hydrocarbons using three capillary columns
ISO 6975	Natural gas - Extended analysis - Gas chromatographic method
ISO 6976	Natural gas - Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition
ISO 6978-1	Natural gas - Determination of mercury, Part 1: Sampling of mercury by chemisorption on iodine
ISO 6978-2	Natural gas - Determination of mercury, Part 2: Sampling of mercury by amalgamation on gold/platinum alloy
ISO 10101-1	Natural gas - Determination of water by the Karl Fischer method - Part 1: Introduction
ISO 10101-2	Natural gas - Determination of water by the Karl Fischer method - Part 2: Titration procedure
ISO 10101-3	Natural gas - Determination of water by the Karl Fischer method - Part 3: Coulometric procedure

ISO 10715	Natural gas - Sampling Guidelines
ISO 11541	Natural gas - Determination of water content at high pressure
ISO 13686	Natural gas - Quality Designation
ISO 15403	Natural gas - Designation of the quality of natural gas for use as a compressed fuel for vehicles. Part 1 to 2.
ISO 18453	Natural gas - Correlation between water content and water dew point
ISO 19739	Natural gas - Determination of sulfur compounds using gas chromatography
ISO 23874	Natural gas - Gas chromatographic requirements for hydrocarbon dewpoint calculation

Quadro I: Tabela de especificação do Gás Natural (1)

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	LIMITE (2) (3)		MÉTODO			
		Nordeste	Centro-Oeste, Sudeste e Sul	NBR	ASTM D	ISO	
Norte							
Poder calorífico superior (4)	kJ/ m <sup>3</sup>	34.000 a 38.400	35.000 a 43.000	15213	3588	6976	
	kWh/m <sup>3</sup>	9,47 a 10,67	9,72 a 11,94				
Índice de Wobbe (5)	kJ/m <sup>3</sup>	40.500 a 45.000	46.500 a 53.500	15213	--	6976	
Número de metano, mín. (6)		anotar (3) (Célula alterada pela <u>Resolução ANP nº 7, de 16.04.2010</u> , DOU	65	--	--	15403	



							11541
Ponto de orvalho de hidrocarbonetos a 4,5 MPa, máx. (10)	°C	15	15	0	--	--	6570
Mercúrio, máx. (11)	µg/m <sup>3</sup>	anotar			--	--	6978-1
							6978-2

Observações:

- (1) O gás natural não deve conter traços visíveis de partículas sólidas ou líquidas.
- (2) Os limites especificados são valores referidos a 293,15K (20°C) e 101,325kPa (1atm) em base seca, exceto os pontos de orvalho de hidrocarbonetos e de água.
- (3) A aplicação veicular do gás natural de Urucu se destina exclusivamente a veículos dotados de motores ou sistemas de conversão de gás natural veicular que atendam à legislação ambiental específica. O revendedor deverá afixar em local visível de seu estabelecimento comercial o seguinte aviso: "GÁS NATURAL VEICULAR DE URUCU - EXCLUSIVO PARA VEÍCULOS ADAPTADOS AO SEU USO". (Redação dada à nota pela Resolução ANP nº 7, de 16.04.2010, DOU 19.04.2010)
- (4) O poder calorífico de referência de substância pura empregado neste Regulamento Técnico encontrase sob condições de temperatura e pressão equivalentes a 293,15K, 101,325 kPa, respectivamente em base seca.
- (5) O índice de Wobbe é calculado empregando o poder calorífico superior em base seca. Quando o método ASTM D 3588 for aplicado para a obtenção do poder calorífico superior, o índice de Wobbe deverá ser determinado de acordo com a seguinte fórmula:

$$IW = PCS / \sqrt{d}$$

onde: IW – índice de Wobbe

PCS – poder calorífico superior

d) densidade relativa

- (6) O número de metano deverá ser calculado de acordo com a última versão da norma ISO 15403-1. Na versão ISO 15403-1:2006(E), considera-se o método GRI do Anexo D. Calcula-se inicialmente o Número de Octano Motor – MON a partir da equação linear empírica, função da composição dos componentes discriminados. Em seguida com o valor determinado para o MON calcula-se o número de metano ou NM a partir da correlação linear entre NM e MON. Tais equações vêm descritas abaixo:

$$MON = (137,78 \times x_{\text{metano}}) + (29,948 \times x_{\text{etano}}) + (-18,193 \times x_{\text{propano}}) + (-167,062 \times x_{\text{butano}}) + (181,233 \times x_{\text{CO}_2}) + (26,994 \times x_{\text{N}_2})$$

onde x é a fração molar dos componentes metano, etano, propano, butano, CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>.

$$NM = 1,445 \times (MON) - 103,42$$

(7) Caso seja usado o método da norma ISO 6974, parte 5, o resultado da característica teor de oxigênio deverá ser preenchido com um traço (-).

(8) É o somatório dos compostos de enxofre presentes no gás natural. Admite-se o limite máximo de 150 mg/m<sup>3</sup> para o gás a ser introduzido no início da operação de redes novas ou então a trechos que em razão de manutenção venham a apresentar rápido decaimento no teor de odorante no início da retomada da operação.

(9) Caso a determinação seja em teor de água, a mesma deve ser convertida para (°C) conforme correlação da ISO 18453. Quando os pontos de recepção e de entrega estiverem em regiões distintas, observar o valor mais crítico dessa característica na especificação.

(10) Pode-se dispensar a determinação do ponto de orvalho de hidrocarbonetos – POH quando os teores de propano e de butanos e mais pesados forem ambos inferiores a 3 e 1,5 por cento molares respectivamente de acordo com o método NBR 14903 ou equivalente. Anotar nesse caso 'passa' no referido campo. Se um dos limites for superado, analisar o gás natural por cromatografia estendida para calcular o ponto de temperatura cricondentherm – PTC (definida como a máxima temperatura do envelope de fases) por meio de equações de estado conforme o método ISO 23874. Caso o PTC seja inferior ao POH especificado em mais que 5°C, reportar o POH como sendo esse valor. Quando o PTC não atender a esse requisito, determinar o POH pelo método ISO 6570. O POH corresponde à acumulação de condensado de 10 miligramas por metro cúbico de gás admitido ao ensaio. Quando os pontos de recepção e entrega estiverem em regiões distintas, observar o valor mais crítico dessa característica na especificação.

(11) Aplicável ao gás natural importado exceto o gás natural liquefeito, determinado semestralmente. O carregador deverá disponibilizar o resultado para o distribuidor sempre que solicitado.