

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ADMINISTRATIVAS**

**Rodrigo Latorre Ferreira**

**GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO: uma alternativa para o aproveitamento  
energético dos resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul**

**Porto Alegre  
2015**

**Rodrigo Latorre Ferreira**

**GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO: uma alternativa para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul**

Trabalho de conclusão de curso de graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Luis Felipe Machado do Nascimento

**Porto Alegre**

**2015**

**Rodrigo Latorre Ferreira**

**GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO: uma alternativa para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Ciências Administrativas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Luis Felipe Machado do Nascimento

Conceito final:

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2015.

**BANCA EXAMINADORA**

---

---

---

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, especialmente à minha mãe, Lelê.

*“Que os vossos esforços desafiem as  
impossibilidades, lembrai-vos de que as  
grandes coisas, do homem foram  
conquistadas do que parecia impossível”.*  
(CHARLES CHAPLIN).

## RESUMO

A destinação final de resíduos sólidos urbanos tem sido uma grande preocupação dos gestores municipais no Brasil. A expansão dos centros urbanos vem gerando aumento na produção de lixo. Em 2010, foi sancionada a Lei nº 12.305, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o qual estabelecia, entre outras importantes normativas, a extinção de lixões a céu aberto e aterros controlados, como destinação final de resíduos sólidos urbanos. Além disso, a geração de energia elétrica no país está cada vez mais incerta, em virtude das alterações climáticas. Tendo em vista isso, este trabalho de conclusão deseja apresentar a alternativa de implantação de usinas de gaseificação, para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, solucionando o problema da disposição final dos resíduos, e gerando energia alternativa para o país.

**Palavras-chave:** Geração de Energia. Resíduos Sólidos Urbanos. Gaseificação. Lixo. Lei nº 12.305. Destinação Final.

## ABSTRACT

The final disposal of municipal solid waste has been a major concern of city managers in Brazil. The expansion of urban centers has generated increased production of waste. In 2010 , Law No. 12,305 was enacted , the National Plan for Solid Waste, which established , among other important regulations , the extinction of open dumps and controlled landfills as disposal of municipal solid waste . In addition, the generation of electricity in the country is increasingly uncertain, because of climate change. In view of this, this final paper wants to present the alternative deployment gasification plants for energy utilization of municipal solid waste in the municipalities of Rio Grande do Sul state , solving the problem of final waste disposal, and generating energy alternative for the country.

**Keywords:** Power generation. Municipal Solid Waste. Gasification. Waste. Law No. 12,305. Final Destination.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo Gaseificação.....	15
Figura 2 – Modelo de processos de gaseificação .....	18
Figura 3 – Diagrama do Processo de uma Usina para tratamento de RSU .....	18
Figura 4 – Classificação e Tratamento RSU .....	19
Figura 5 – Reator de Gaseificação.....	19
Quadro 1 – Leis referidas .....	27
Quadro 2 – Taxas de geração de RSU por população.....	36
Gráfico 1 – Natureza jurídica do órgão municipal responsável pela gestão de RSU no RS .....	37
Quadro 3 – Estimativa dos 15 Municípios mais populosos do RS em 2014 .....	37
Figura 6 – Mesorregiões do RS e suas populações.....	39
Figura 7 – Estimativa de geração total RSU no RS em 2014.....	39
Quadro 4 – Estimativa de geração de RSU nas mesorregiões do RS .....	40
Quadro 5 – Consórcios públicos atuantes na gestão de resíduos sólidos urbanos no Estado do RS .....	42
Figura 8 – Consórcios públicos intermunicipais e suas sedes para gestão de RSU no RS .....	44
Gráfico 2 – Disposição Final de RSU por população e municípios .....	46
Figura 9 – Situação da disposição final de RSU nos municípios do RS.....	46
Figura 10 – Unidades de disposição final de RSU no RS em operação .....	47
Quadro 6 – Unidades de disposição final adequadas de RSU.....	48
Quadro 7 - Aterros sanitários compartilhados no RS .....	49
Figura 11 – Aterros sanitários compartilhados – localidades .....	50
Quadro 8 – Primeiro Caso: Receita com a venda de energia elétrica.....	51
Quadro 9 – Primeiro Caso: Receita com o tratamento do RSU / Materiais Reutilizáveis .....	52
Quadro 10 – Primeiro Caso: Projeções e Resultados .....	52
Quadro 11 – Segundo Caso: Receita com a venda de energia elétrica.....	53
Quadro 12 – Segundo Caso: Receita com o tratamento do RSU / Materiais Reutilizáveis .....	54
Quadro 13 – Segundo Caso - Projeções e Resultados.....	54



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	13
1.2	OBJETIVOS .....	13
1.2.1	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>14</b>
1.2.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>15</b>
2.1	TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	15
2.1.1	<b>Gaseificação por oxigênio</b> .....	<b>15</b>
2.1.2	<b>Aterro energético</b> .....	<b>20</b>
2.1.3	<b>Incineração</b> .....	<b>21</b>
2.1.4	<b>Digestão anaeróbica</b> .....	<b>21</b>
2.1.5	<b>Gaseificação por plasma</b> .....	<b>22</b>
2.2	MUNICÍPIOS OU REGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL COM POSSIBILIDADE DE INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU .....	23
2.2.1	<b>Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil</b> .....	<b>23</b>
2.2.2	<b>Resíduos sólidos urbanos</b> .....	<b>24</b>
2.2.3	<b>Lei Federal nº 12.305 / 2010</b> .....	<b>25</b>
2.2.4	<b>Lei Estadual nº 14.528 / 2014</b> .....	<b>27</b>
2.3	VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO NO RIO GRANDE DO SUL .....	28
2.3.1	<b>Venda de energia elétrica</b> .....	<b>28</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS</b> .....	<b>32</b>
4.1	TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	32
4.1.1	<b>Gaseificação e o aterro energético</b> .....	<b>32</b>
4.1.2	<b>Gaseificação e a incineração</b> .....	<b>33</b>
4.1.3	<b>Gaseificação e a digestão anaeróbica</b> .....	<b>34</b>
4.1.4	<b>Gaseificação e a plasma</b> .....	<b>34</b>

4.2	MUNICÍPIOS OU REGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL COM POSSIBILIDADE DE INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU.....	35
4.2.1	<b>Municípios do Rio Grande do Sul com possibilidade de instalação de usina de gaseificação.....</b>	<b>36</b>
4.2.2	<b>Mesorregiões do Rio Grande do Sul com possibilidade de instalação de usina de gaseificação.....</b>	<b>38</b>
4.2.3	<b>Consórcios públicos intermunicipais no Rio Grande do Sul com possibilidade de instalação de usina de gaseificação.....</b>	<b>41</b>
4.2.4	<b>Unidades de disposição final de RSU adequadas e inadequadas no Rio Grande do Sul.....</b>	<b>45</b>
4.3	VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO NO RIO GRANDE DO SUL.....	51
5	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>56</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A expansão desordenada dos grandes centros urbanos, ao longo do tempo, vem gerando a produção de grande quantidade de lixo em suas diversas modalidades. Conseqüentemente, o destino final deste lixo residual dá origem a uma das maiores preocupações contemporânea em todo o mundo e sua gestão faz-se imperativa aos administradores, tanto públicos quanto privados.

Na maioria dos municípios do Brasil, assim como no Estado do Rio Grande do Sul, a deposição dos resíduos sólidos urbanos é feita de maneira imprópria, sendo realizada em lixões e em aterros controlados. Os lixões, conforme propõe França e Ruaro (2009), tratam-se do método mais utilizado, em que os resíduos são jogados em terrenos dentro e/ou fora das cidades, onde não existe separação dos resíduos sólidos, o acondicionamento é precário, tendo em vista que são despejados a céu aberto, contaminando o ambiente e, normalmente, conta com a presença de pessoas e animais no local.

Quando os lixões não estão a céu aberto, eles são cobertos por um material inerte, na esperança de que a natureza promova a decomposição natural, o que, não raro, demanda centenas de anos para se completar. Esses aterros controlados também não são considerados como solução tecnicamente adequada, já que são uma evolução dos “lixões”, possuindo como única diferença a cobertura de terra, que serve para impedir o contato de vetores mecânicos com os resíduos (BRAGA ET AL., 2002).

Esses métodos geram grande impacto ambiental. A Resolução 01/86 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- as atividades sociais e econômicas;
- a biota;
- as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- a qualidade dos recursos ambientais.

A partir disso, os lixões e os aterros controlados afetam o meio ambiente. Além dos gases produzidos pela decomposição da matéria orgânica, o chorume também é formado. O chorume, em função da grande umidade na composição orgânica, é um líquido poluente, tóxico, que contamina os lençóis freáticos subterrâneos (RAFAEL; ZMITROWICZ, 2006).

Por outro lado, alguns municípios, principalmente da região Sul e Sudeste, possuem aterros sanitários para depositar rejeitos. O aterro sanitário é a deposição controlada de resíduos sólidos no solo e sua posterior cobertura diária. Uma vez depositados, os resíduos sólidos se degradam naturalmente por via biológica até a mineração da matéria biodegradável, em condição fundamentalmente anaeróbia. O custo para efetivação desses aterros sanitários é bastante elevado, mas o custo ambiental e social que a deposição de resíduos em lixões a céu aberto provoca é muito mais grave, conforme a classificação proposta por França e Ruaro (2009).

D'Almeida e Vilhena (2000) apresentam alguns itens que são os grandes desafios a serem resolvidos, como:

- Encontrar soluções para o problema da grande quantidade de lixo nas cidades, de maneira ambientalmente aceita;
- Encontrar soluções para o problema do lixo em pequenos e médios municípios com poucos recursos financeiros.

Segundo o IBGE (2008), 50,8% dos municípios brasileiros despejam rejeitos em vazadouros a céu aberto, assim como 22,5% depositam em aterros controlados. Por região, os municípios dos estados do Nordeste representam mais de 55% dos que destinam resíduos a lixões.

Uma solução para o problema do lixo urbano está sendo procurada por todos os municípios brasileiros. São grandes as preocupações de como equacionar este problema no menor espaço de tempo e com menor custo possível. Segala (2006) analisa que as formas tradicionais, em geral isoladas, tratam de forma parcial o problema dos resíduos sólidos, sendo que se deve levar em conta a gestão de sistemas e manejo de plantas de tratamento e disposição final. Embora as pequenas soluções parciais já adotadas sejam boas, elas, também, são paliativas, pois somente transferem o problema da destinação final do lixo para um período posterior além de gerarem despesas elevadas.

Conforme Angelis Neto e Zmitrowicz (2000), esta realidade se deve à falta de recursos financeiros e à carência de recursos humanos especializados nos municípios, acarretando falta de conhecimento sobre alternativas viáveis para a disposição dos resíduos sólidos urbanos. Esta falta de informação tem afetado diretamente as decisões dos gestores públicos, que podem sofrer penalizações se não pararem de depositar seus rejeitos de forma irregular.

Segundo Bidone (2001), as maneiras de eliminar ou suprimir os resíduos são os submetidos a tratamentos biológicos, térmicos e físico-químicos. Dentre esses tratamentos, destacam-se:

- aterro sanitário (França e Ruaro, 2009);
- aterro energético: uma evolução dos aterros sanitários, pois empregam os mesmos métodos de engenharia, e utilizam os efluentes produzidos para gerar energia (Rafael e Zmitrowicz, 2006);
- digestão anaeróbica acelerada (Henriques, 2004);
- incineração com recuperação de energia (Henriques, 2004): emprega alta temperatura de fornos para queimar resíduos, embora seja bastante criticada pelo Greenpeace (Greenpeace, 2013);
- plasma térmico com recuperação energética (Daver, 1997);
- gaseificação por oxigênio com geração de energia (Conesa, 2012).

Além desse problema da disposição final dos resíduos, segundo Alves Filho (2003), o Brasil sofre com a crise energética em virtude da dependência que existe com as usinas hidrelétricas, já que 90% da energia produzida no país tem participação delas. Havendo algum tipo de hidrologia inversa, uma queda na vazão dos rios pela falta de chuvas, ocorre uma queda de geração de energia, ocasionando racionamentos e a necessidade de recorrer a energias com custo mais elevado, como as de termoelétricas, que, além de utilizar um combustível caro e não-renovável, é altamente agressor ao meio ambiente (STREET, 2015).

A geração de energia através de combustível renovável (como é o caso dos resíduos sólidos urbanos), segundo Alves Filho (2003) é uma alternativa para melhorar o cenário da geração de energia no Brasil, superando a crise energética. A gaseificação por oxigênio atinge esses requisitos, no que tange o aproveitamento

energético dos resíduos sólidos, automaticamente resolvendo a disposição final de lixo doméstico, sem prejudicar o meio-ambiente, como já ocorre na Espanha.

Um novo panorama, além da crise energética, se apresenta. O Presidente Luís Inácio Lula da Silva sancionou a Lei 12.305/2010, que disciplina a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei impõe obrigações, proibições e metas para serem promovidas pelas entidades físicas e jurídicas, de direito público e privado. A principal delas é a de proibir a destinação ou disposição final de resíduos sólidos *in natura* a céu aberto ou em aterros controlados.

Segundo IBGE (2008), 27,7% dos municípios brasileiros já destinavam seus resíduos a locais adequados. No entanto, o restante ainda se utilizava de vazadouro a céu aberto ou aterro controlado. A Lei 12.305/2010 entrou em vigor a partir de agosto de 2014, obrigando os gestores públicos a lançar mão de um plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos, que indique como o município pretende se enquadrar.

Dentro dessa perspectiva, o lixo doméstico, que é um problema para os municípios, pode ser uma solução para a crise energética. Muitos gestores dos municípios do Rio Grande do Sul não tem uma solução para a disposição final dos resíduos sólidos urbanos. A matriz energética brasileira depende basicamente da gestão dos estoques de água nos seus reservatórios para atender ao consumo de eletricidade, para não entrar em colapso. Então, a implantação de usinas que utilizem a tecnologia de gaseificação por oxigênio para obter um aproveitamento energético a partir dos resíduos sólidos urbanos é uma alternativa nos 497 municípios do Estado do Rio Grande do Sul?

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O cenário brasileiro sobre a disposição final de resíduos sólidos e a matriz energética necessita de alterações. No momento que entrou em vigor a lei nº 12.305/2010, os municípios tem a obrigação de destinar os resíduos de maneira adequada, extinguindo os lixões e aterros controlados.

Além disso, o Brasil passa por uma crise energética cuja principal causa é a dependência da geração de energia por hidrelétricas, em função de estiagens que ocasiona diminuição de volume de água nas represas. Como alternativa a isso, Ativam-se usinas termoelétricas, cujo custo por megawatt produzido é extremamente

caro, em função do biogás que é comprado de outros países. Se houvessem mais usinas de energia com fonte renovável (como RSU), a dependência de hidrelétricas seria menor, e, no momento de estiagem, não necessitaria acionar as termoelétricas (ALVES FILHO, 2003).

Dentro desse contexto, o presente estudo é uma análise do processo de implantação de usinas que utilizem a tecnologia de gaseificação por oxigênio para obter um aproveitamento energético a partir dos resíduos sólidos urbanos como uma alternativa nos 497 municípios do Estado do Rio Grande do Sul.

Com base nisso, busca-se um aprofundamento do tema, e, principalmente, propor esta alternativa como solução para os dois problemas graves citados anteriormente, sem que traga prejuízos financeiros aos municípios.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Propor a tecnologia de gaseificação por oxigênio como uma alternativa para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Analisar alternativas de tecnologia disponíveis de disposição final dos resíduos sólidos urbanos;
- Verificar quais os municípios ou regiões no Estado do Rio Grande do Sul que possuem quantidade de resíduo sólido urbano suficiente para a implantação de uma usina de gaseificação por oxigênio;
- Identificar se a implantação de uma usina de gaseificação é economicamente viável no Rio Grande do Sul;

## 2 REVISÃO TEÓRICA

No presente capítulo, será realizada uma revisão de literatura a qual servirá como embasamento para a realização do estudo proposto, tendo em vista os três objetivos específicos tratados anteriormente.

### 2.1 TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

#### 2.1.1 Gaseificação por oxigênio

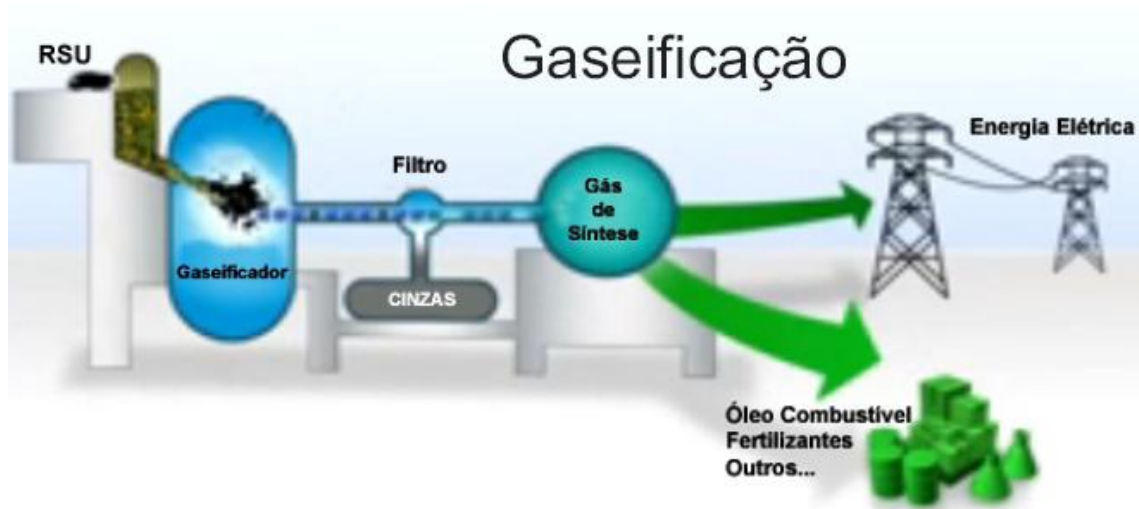


Figura 1 – Modelo Gaseificação  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

Segundo Belgiorno (2003), a gaseificação é um processo de conversão térmica com o intuito de produzir gás combustível ou um gás de síntese para posterior utilização. No processo, podem ser usados diferentes tipos de agentes de gaseificação, entre eles, ar, oxigênio e vapor de água. O uso desta mistura aumenta a concentração de hidrogênio no gás combustível. Esse gás pode ser usado para a produção de energia, em turbinas a gás, motores de cogeração, enquanto que o gás de síntese pode ser utilizado na produção de diversos produtos, como metanol e amônia.

A gaseificação direta ocorre quando o agente de gaseificação é utilizado para oxidar parcialmente o material, fornecendo energia para manter a temperatura do processo estável. A indireta ocorre quando o processo é conduzido com agentes de



gaseificação isentos de oxigênio. Neste tipo, é necessário fornecer calor através de uma fonte externa. Já a pirólise é um tipo de gaseificação indireta, cujo processo é conduzido em atmosfera inerte. Os produtos gerados em todos os casos são um gás combustível, alcatrão e cinzas inertes.

Segundo Conesa (2012), a gaseificação normalmente trabalha com 25% a 30% de oxigênio necessário para a oxidação completa. Esta característica é a que distingue a gaseificação de outros processos termoquímicos, como a combustão (oxidação completa, geralmente com excesso de oxigênio) e a pirólise (decomposição térmica em ausência de oxigênio).

A gaseificação feita com ar produz um gás pobre, com um poder calorífico superior entre 950 a 1.600 kcal/Nm<sup>3</sup>. A gaseificação por oxigênio produz um gás de melhor qualidade, com um poder calorífico entre 2.400 a 4.300 kcal/Nm<sup>3</sup>.

A gaseificação de resíduos orgânicos ocorre em três etapas:

1. Secagem: evaporação da umidade constante no sólido;
2. Pirólise: decomposição térmica em ausência de oxigênio. Ocorre entre 300°C a 500°C. Desprendem-se os componentes voláteis. Devido à quantidade de oxigênio no interior do reator ser insuficiente, alguns destes componentes voláteis não se podem queimar.
3. Gaseificação propriamente dita: Oxidação parcial do carbono que se acumulou pela pirólise. Ocorre entre 600°C e 1100°C.

Esse processo de gaseificação é endotérmico, porque se necessita aportar energia ao sistema. Isso pode ser feito de duas formas: um mediante a uma fonte externa e outro mediante a combustão de uma parte do resíduo sólido a gaseificar. Neste último caso, no interior do reator, ocorrem reações tanto endotérmicas como exotérmicas, sendo de extrema importância controlar a combinação combustível/comburente para conseguir que o calor necessário seja igual ao invertido nas outras, mantendo-se a temperatura do reator constante. Este processo recebe o nome de autotérmico.

De acordo com Conesa (2012), na gaseificação, a energia química contida no resíduo é convertida em energia química contida no gás. Este gás pode ser utilizado de forma mais flexível, como matéria-prima de processos químicos ou como combustível em motores de cogeração de energia elétrica. As cinzas podem ser

valorizadas, utilizando-se na construção civil, como fertilizantes, na fabricação de vidro.

Tendo em vista isso, a gaseificação se apresenta como uma técnica energeticamente eficaz para reduzir o volume dos resíduos sólidos urbanos e recupera a energia.

A conversão térmica é a decomposição da matéria em temperaturas suficientes para volatilizar ou gaseificar material orgânico, em ausência de oxigênio. O produto principal desse processo, o gás de síntese (também conhecido internacionalmente como Syngas), tem alto poder calorífico comparado ao seu custo de produção. Pode ser utilizado como fonte térmica para qualquer processo que necessite desse tipo de energia (CONESA, 2012).

Em aplicações normais, o gás produzido dispensa o uso de lavagem e pode ser distribuído, ainda quente, por tubulações devidamente isoladas, em distâncias de até 50 metros. A operação de carga e alimentação do equipamento é feita através de um sistema com esteira automática de carga, sem perturbação do funcionamento do gaseificador, que é projetado para operação contínua 24 horas por dia. Trata-se de um processo automatizado.

Segundo Conesa (2012), esse tipo de tecnologia é inovador em sua eficiência e no aspecto de processamento de resíduos urbanos que é um substrato não homogêneo. Além disso, a eficiência energética do processo de conversão pode chegar a 92%. A energia contida no gás pode ser usada diretamente nos processos de combustão direta (fornos, caldeiras, chillers de absorção).

Para a alternativa de cogeração de energia elétrica a eficiência total do sistema varia de 26% a 46% dependendo do sistema de geração adotado (de motor de combustão interna à turbina a gás com ciclo combinado).

Considerando-se o poder calorífico inferior médio (PCI) contido no resíduo sólido urbano (RSU) sem os inertes e a umidade primária com 10% remanescente (3.330 Kcal/Kg), obtemos energia elétrica de 0,9 a 1,6 MW/h para cada tonelada (CONESA, 2012).

Muitas das novas tecnologias no campo da reciclagem surgiram com o advento do aumento dos produtos petrolíferos e a preocupação com o aquecimento global.

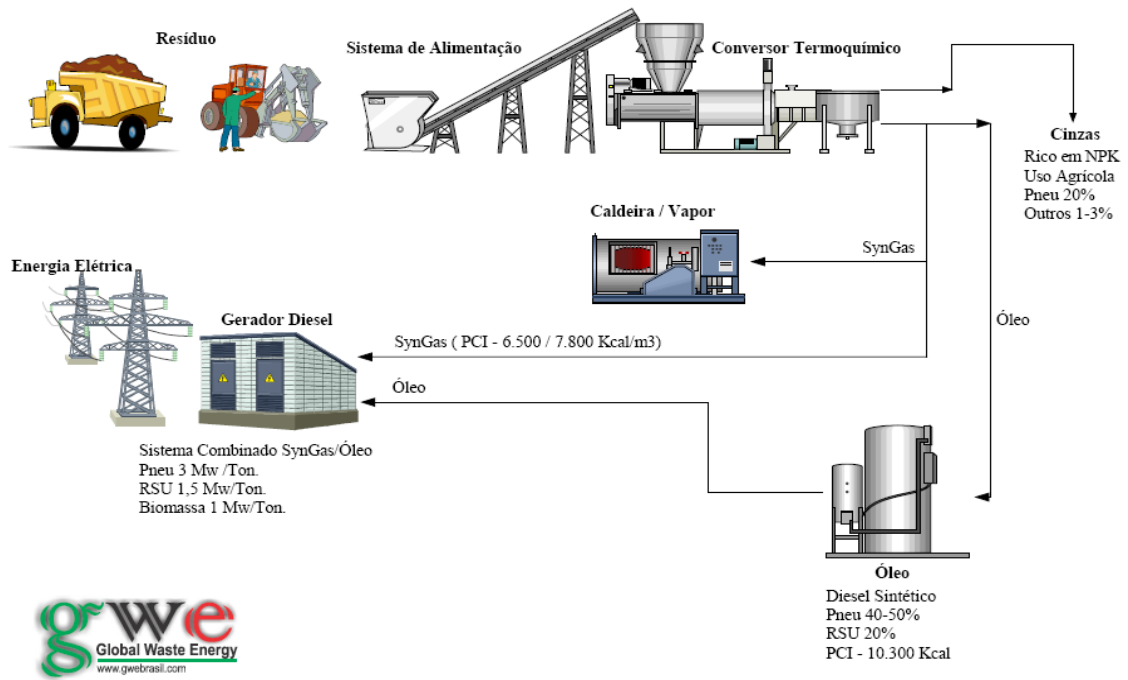


Figura 2 – Modelo de processos de gaseificação  
Fonte: Global Waste Energy (2014)

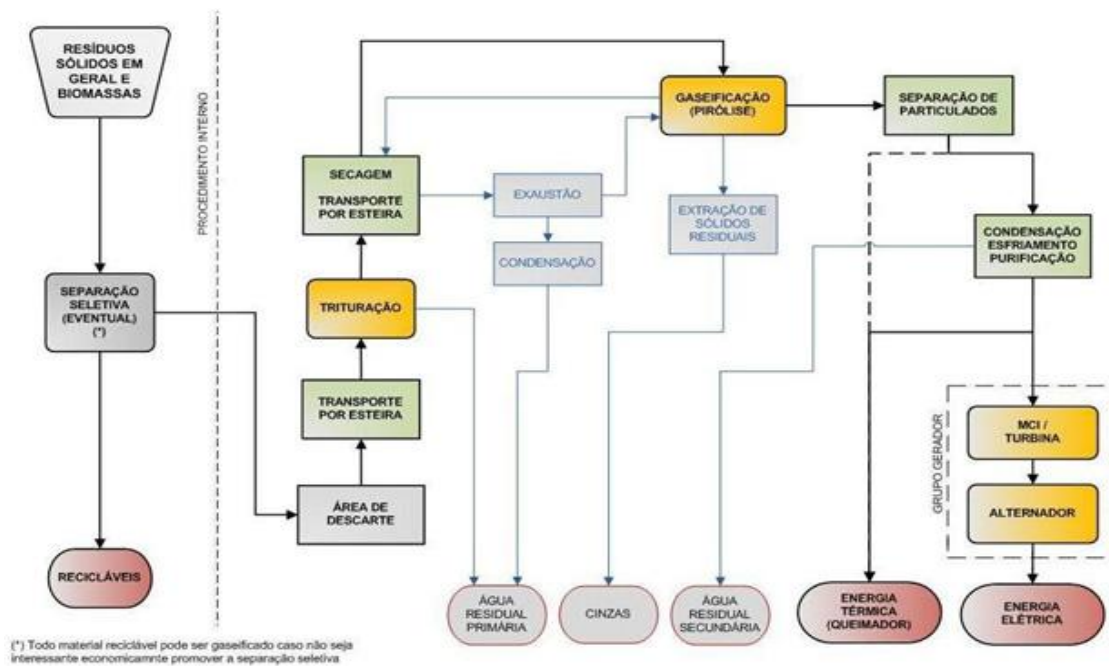


Figura 3 – Diagrama do Processo de uma Usina para tratamento de RSU  
Fonte: Empresa Alpha (2014)



Figura 4 – Classificação e Tratamento RSU  
Fonte: Empresa Alpha (2015)



Figura 5 – Reator de Gaseificação  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

### 2.1.2 Aterro energético

O aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos que permite um confinamento seguro, minimizando ao máximo os riscos ao meio ambiente e à saúde pública. Nestes são utilizados critério de engenharia e normas operacionais específicas.

Um projeto de aterro sanitário atende ao fato de ele se manter com, no mínimo, dez anos de vida útil. O que ocasiona a variação de tempo é a quantidade de lixo gerado, que é medida periodicamente.

Quando resíduos são despejados nos aterros, eles são compactados, na tentativa de diminuir o seu volume. A partir disso, uma decomposição anaeróbica se inicia e então surge o gás de lixo. Esse gás é composto de, basicamente, de metano e gás carbônico (LEONE, 2003).

Nesses aterros, a extração do gás se realiza através de tubos verticais perfurados. Esta é a forma mais simples de retirar o gás do aterro, quando este já foi estabelecido. Em aterros construídos posteriormente às normas já vigentes, consta uma tubulação horizontal, que propicia a coleta do gás. Esse processo de coleta começa no momento em que uma célula do aterro é fechada.

Segundo Muylaert (2000), o gás é conduzido por pressão, através de compressores, que também pode ser utilizado para comprimir o gás antes de entrar no sistema de recuperação energética. Após essa fase, o gás deve ir para o sistema de tratamento de condensado. Nesse momento, o gás, ainda quente, passa por um sistema de coleta, no qual é resfriado, formando um condensado. Esse deve ser recolhido, para que ele não tranque o sistema de coleta e a recuperação energética.

Os aterros energéticos possuem um flare, um dispositivo simples para a ignição e queima do gás. Eles são componentes de recuperação de energia porque ele pode ser necessário na queima do excesso de gás ou para uso de manutenção do sistema (WILLUMSEN, 2001). O flare pode ser aberto, com a chama visível, ou enclausurado.

Os lixiviados de aterros sanitários, também chamado de chorume, podem ser definidos como o líquido proveniente da umidade natural e da água de constituição presente na matéria orgânica dos resíduos, dos produtos da degradação biológica dos materiais orgânicos e da água de infiltração na camada de cobertura e interior das células de aterramento, somado a materiais dissolvidos ou suspensos que fora

extraídos da massa de resíduos. Possui uma cor escura, mau cheiro, e é altamente tóxico. A falta de tratamento ou o tratamento inadequado do chorume é um grave problema para o meio ambiente, principalmente, na contaminação do lençol freático.

### **2.1.3 Incineração**

Esta tecnologia tem sido utilizada para tratar resíduos desde o início do século. No Brasil, não tem sido diferente. Com o passar do tempo, em função das regulamentações ambientais atuais, a maior parte das incineradoras instaladas foram desativadas, por causa das emissões bastante elevadas.

A incineração de resíduos sólidos usa altas temperaturas de fornos para queimar elementos, que entram na combustão completa, que garantem o tratamento sanitário e a destruição de componentes orgânicos, minimizando a presença de resíduos combustíveis nas cinzas resultantes (TOLMASQUIM, 2003).

O atual processo de incineração consiste em dois estágios. O primeiro, o resíduo é queimado na câmara primária, que é a receptora direta do lixo, em temperaturas que variam de 500°C e 900°C. O nível de oxigênio é controlado, com o intuito de evitar a volatilização de grandes quantidades de metais presentes no lixo.

A fase gasosa gerada na câmara primária é encaminhada para a câmara secundária. Com uma atmosfera altamente oxidante, com temperaturas que variam entre 750°C a 1250°C. Os gases oriundos dessa etapa passam por uma limpeza, antes de serem encaminhadas para a atmosfera por uma chaminé. A parte sólida é tirada da grelha, atingindo de 12% a 30% de massa do material original, com aspecto cinza, esterilizado, podendo ser aterrado ou aplicado na construção civil.

Evidentemente que não se pode deixar de levar em consideração o fato de que o processo de incineração tem que estar diretamente conectado a um sistema com tecnologia avançada para a depuração dos gases, antes de serem expelidos na atmosfera.

### **2.1.4 Digestão anaeróbica**

A digestão anaeróbica para RSU é amplamente usada por todo o mundo, sendo que também é uma das mais antigas tecnologias. Relatos mostram que o

biogás era utilizado para aquecer a água de banho na Assíria (10 a.C.) e na Pérsia (século XVI).

O processo de digestão anaeróbica oferece uma possibilidade de recuperação de nutrientes, já que consiste na degradação do material orgânico na ausência de oxigênio. Isto produz, principalmente, metano e dióxido de carbono (VERMA, 2002).

O projeto de digestão anaeróbica favorece o desenvolvimento mais equilibrado entre o homem a natureza, já que ela recupera a energia, diminuindo a demanda por combustíveis fósseis e emissão de gases na atmosfera.

O processo da biodigestão é dividido em quatro estágios: pré-tratamento, digestão de resíduo, recuperação de gás e tratamento de resíduos. O pré-tratamento serve para manter uma carga homogênea. A separação que é realizada serve para a remoção de materiais recicláveis, como vidros, metais, pedras e etc. Após essa separação, já dentro do digestor, a carga é diluída. É utilizado um trocador de calor, para manter a temperatura. A partir disso, o biogás obtido é filtrado, para poder passar nos dutos.

A utilização de biogás é o uso energético mais simples dos resíduos sólidos urbanos. A conversão em energia elétrica pode começar assim que a rede coletora esteja conectada ao motor de cogeração. Este deve ser adequado para a utilização de gás com qualidade pobre de metano (biogás). A obtenção de energia é vantajosa porque produz valor agregado para o biogás. A cogeração de eletricidade e energia térmica a partir do biogás pode ser ainda mais vantajosa, resolvendo o problema das emissões de metano decorrente da decomposição natural do lixo em biogás.

### **2.1.5 Gaseificação por plasma**

O termo plasma foi empregado na física, para um gás parcialmente ionizado, pelo cientista americano Irving Langmuir em 1929. O estado de plasma, porém, é frequentemente designado como o quarto estado da matéria, pois estima-se que mais de 99% da matéria conhecida do universo encontra-se em nesse estado (KETTANI; HOYAUX, 1973).

O plasma térmico é empregado para descrever os gases que se apresentam parcialmente a altas temperaturas. Ele pode ser gerado através do fornecimento de energia térmica ou elétrica a uma quantidade de gás, tendo como mecanismos

básicos o aquecimento e a ionização do gás, o que provoca a liberação de elétrons dos átomos ou moléculas.

As usinas de plasma podem atingir 10.000°C por meio da passagem de uma forte corrente elétrica através de um gás inerte, como o argônio. O plasma é constituído por uma mistura de elétrons e íons positivos, incluindo núcleos, e pode decompor compostos com sucesso, produzindo emissões muito menores do que os incineradores tradicionais.

Através dos gases liberados durante a queima dos resíduos sólidos, como monóxido de carbono e hidrogênio, que irão movimentar as turbinas acopladas ao reator, para produzir energia.

## 2.2 MUNICÍPIOS OU REGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL COM POSSIBILIDADE DE INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU

### 2.2.1 Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil

Segundo o IBGE (2008), 50,8% dos municípios brasileiros despejam rejeitos em vazadouros a céu aberto, assim como 22,5% depositam em aterros controlados. Por região, os municípios dos estados do Nordeste representam mais de 55% dos que destinam resíduos a lixões. A partir deste cenário, os municípios têm a importante missão social de transformar suas práticas ambientais, e o prefeito é o principal agente dessa mudança, com a oportunidade de elevar sua cidade a novos patamares na gestão de resíduos e com diversas obrigações a serem cumpridas.

São grandes as preocupações de como equacionar este problema no menor espaço de tempo e custo possível. Segala (2006) analisa que as formas tradicionais, em geral, isoladas, tratam de forma parcial o problema dos resíduos sólidos, sendo que se deve levar em conta a gestão de sistemas e manejo de plantas de tratamento e disposição final. Embora as pequenas soluções parciais já adotadas sejam boas, elas, também, são paliativas, pois somente transferem o problema da destinação final do lixo para um período posterior, além de gerarem despesas elevadas.

A gestão de resíduos sólidos é um crescente desafio para a sociedade atual, especialmente para a administração pública, em razão da quantidade e da diversidade de resíduos, do crescimento populacional e do consumo, da expansão



de áreas urbanas e da cultura histórica de aplicação de recursos insuficientes para a gestão adequada de resíduos ambientalmente, conforme Angelis Neto e Zmitrowicz (2000). Essa realidade se deve à falta de recursos financeiros e à carência de recursos humanos especializados nos municípios, acarretando falta de conhecimento sobre alternativas viáveis para a disposição dos resíduos sólidos urbanos. Essa falta de informação tem afetado diretamente as decisões dos gestores públicos, que podem sofrer penalizações se não pararem de depositar seus rejeitos de forma irregular.

### 2.2.2 Resíduos sólidos urbanos

Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos Urbanos, os resíduos sólidos têm a seguinte classificação:

#### **I – Quanto à origem:**

- a) Resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- b) Resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- c) Resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;
- d) Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- e) Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;
- f) Resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- g) Resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- h) Resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes de preparação e escavação de terrenos para obras civis;
- i) Resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e na silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
- j) Resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
- k) Resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

#### **II- Quanto à periculosidade:**

- a) Resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;
- b) Resíduos perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”;

A norma NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), classifica os resíduos sólidos em três categorias:

- a) Resíduos Classe I - Perigosos: aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, possa causar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e/ou possam causar risco ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada ou apresentem uma dessas características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Exemplos: solventes, borras de tinta, lodos de ETE, soluções galvanoplásticas, pós e fibras de amianto, lâmpadas, óleo lubrificante usado ou contaminado, fluido e óleo hidráulico usado, cinza provenientes de incineração;
- b) Resíduos Classe II-A - Não Inerte: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II-B, nos termos da norma. Estes resíduos podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade, ou solubilidade em água. Exemplos: resíduos de restaurante (restos de alimento), sucata de metais ferrosos, sucata de metais não-ferrosos, resíduos de papéis e papelões e resíduos de plástico polimerizados;
- c) Resíduos Classe II-B - quaisquer resíduos, que quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Exemplos: resíduos de madeira, resíduos de entulho, rochas, tijolos, vidros, e certos plásticos e borrachas que não são decompostos prontamente;

### **2.2.3 Lei Federal nº 12.305 / 2010**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei nº 12.305, de dois de agosto de 2010, foi instituída como resultado de extensas discussões e com maior entendimento sobre os desafios e as temáticas relacionados ao manejo de resíduos sólidos.

Esta política reúne os princípios, as diretrizes, os objetivos, os instrumentos, as metas e as ações a serem adotados pela União isoladamente ou em parceria com os estados, o Distrito Federal, os municípios e os entes privados, visando à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. A PNRS foi regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de dois de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos e criou o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa; e pelo Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010, que instituiu o Programa Pró-Catador, denominou o Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais

Reutilizáveis e Recicláveis e o Comitê Interministerial da Inclusão Social de Catadores de Lixo criado pelo Decreto de 11 de setembro de 2003, bem como dispôs sobre sua organização e funcionamento.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos traz alguns conceitos que, até o momento, eram pouco definidos, por exemplo, sustentabilidade operacional e financeira, logística reversa, acordo setorial, integração de catadores, padrões sustentáveis de produção e consumo, visando, entre outros aspectos, à proteção da saúde pública e da qualidade ambiental e à disposição final ambientalmente adequada.

Os objetivos da PNRS são:

- Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- Desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- Incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- Gestão integrada de resíduos sólidos;
- Articulação entre as diferentes esferas do poder público e destas com o setor empresarial com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- Capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos.

Por ser de competência dos municípios a gestão local dos resíduos sólidos, a PNRS determinou que os municípios devessem estabelecer seus próprios planos de gestão de resíduos sólidos, denominado PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, nos quais será contemplado o conteúdo mínimo descrito na PNRS.

Os municípios tinham até o mês de agosto de 2012 para entregar os seus Planos de Adequação e, a partir do mês de agosto de 2014, todos os lixões e aterros controlados deveriam estar desativados em todo o Território Nacional, sob pena de sanções por parte do Governo Federal.

## 2.2.4 Lei Estadual nº 14.528 / 2014

Em virtude da Lei Federal 12.305 / 2010, foi instituída a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Rio Grande do Sul, através da Lei Estadual nº 14.528 / 2014, com os princípios e diretrizes acerca da gestão e responsabilidades dos resíduos sólidos. Essa lei vem para consolidar, e complementar, de maneira unitária, leis já regulamentadas vigentes no Estado. No quadro 1, encontram-se as leis referidas, assim como normativas FEPAM/SEMA e resoluções do CONSEMA.

LEGISLAÇÃO ESTADUAL	ASSUNTO/ SÚMULA
Lei Estadual nº 9.493/1992	Considera, no estado do Rio Grande do Sul, a coleta seletiva e a reciclagem de lixo (resíduos sólidos) como atividades ecológicas, de relevância social e de interesse público.
Lei Estadual nº 11.019/1997	Dispõe sobre descarte de pilhas, baterias e lâmpadas contendo metais pesados. Exige cadastro das empresas fabricantes junto ao órgão ambiental do Estado. Responsabiliza o fabricante ou o representante comercial pelo recolhimento, reciclagem e destinação final dos materiais usados.
Lei Estadual nº 11.187/1998	Alteração Lei Estadual nº 11.019/1997. Normas sobre descarte de pilhas, baterias e lâmpadas contendo metais pesados.
Lei Estadual nº 12.114/2004	Proíbe a comercialização de pneus usados importados no Estado e dá outras providências.
Lei Estadual nº 12.381/2005	Altera o art. 1º da Lei nº 12.114/2004, que proíbe a comercialização de pneus usados importados no Estado e dá outras providências.
Lei Estadual nº 12.733/2007	Obrigatoriedade de estabelecimentos comerciais com área superior a 1.000 m <sup>2</sup> de área de vendas, localizados em cidades com coleta seletiva, que utilizam sacolas plásticas, a imprimir informativo referente à coleta seletiva de lixo.
Decreto Estadual nº 45.554/2008	Regulamenta Lei Estadual nº 11.019/1997.
Lei Estadual nº 13.272/2009	Proíbe a disponibilização de sacolas plásticas por supermercados e outras casas de comércio do mesmo gênero, com mais de 4 caixas registradoras, fora das especificações estabelecidas pela norma nº 14.937 da ABNT.
Lei Estadual nº 13.306/2009	Altera Lei nº 11019/1997. Dispõe sobre descarte de pilhas, baterias e lâmpadas contendo metais. Acrescenta parágrafos que dizem respeito ao recolhimento individualizado, recipientes e locais de acondicionamento e a destinação final dos resíduos especiais.

Quadro 1 – Leis referidas (continua)  
 Fonte: PERS – RS (2014)

LEGISLAÇÃO ESTADUAL	ASSUNTO/ SÚMULA
Lei Estadual nº 13.336/2009	Institui o Dia do Reciclador e da Reciclagem no estado do Rio Grande do Sul a ser comemorado, anualmente, no dia 9 de outubro.
Resolução CONSEMA nº 073/2004	Dispõe sobre a co-disposição de resíduos sólidos industriais em aterros de resíduos sólidos urbanos no estado do Rio Grande do Sul.
Portaria Conjunta SEMA/FEPAM nº 013/2007	Determina a divulgação de empreendimentos que têm por objetivo social a atividade de reciclagem de resíduos sólidos no estado do Rio Grande do Sul em situação de licenciamento ambiental regular junto à FEPAM, nos portais eletrônicos da SEMA e da FEPAM.

Quadro 1 – Leis referidas (conclusão)  
Fonte: PERS – RS (2014)

## 2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO NO RIO GRANDE DO SUL

### 2.3.1 Venda de energia elétrica

A venda de energia elétrica no mercado cativo é feita por leilões, dos quais as distribuidoras de energia só podem participar como compradoras. Segundo Da Costa e Pierobon (2012), o modelo regulatório atual contém dois ambientes de contratação: Ambiente de Contratação Regulado e Ambiente de Contratação Livre. O primeiro inclui o mercado cativo de energia das distribuidoras e estas estão obrigadas a comprar energia de todas as geradoras participantes dos leilões com contratos de longo prazo. O segundo é o mercado de curto prazo, de que podem participar consumidores livres e comercializadores aptos a escolher seu fornecedor de energia elétrica. Consumidores cuja demanda seja maior ou igual a 3MW podem comprar energia de qualquer agente de geração ou comercialização de energia. Os consumidores com carga acima de 0,5MW podem realizar negócios de âmbito ACL, desde que sejam atendidos por pequenas centrais hidrelétricas, geração a biomassa, RSU, usinas eólicas e sistemas de cogeração qualificada.

Nos leilões de energia nova, os empreendimentos hídricos são cotratados sob regime de concessão por 30 anos e os térmicos de 15 anos. O leilão é do tipo reverso, no qual os lances de preços são decrescentes. O lance inicial do leilão é o menor valor entre o preço-teto, divulgado pelo Ministério de Minas e Energia e o preço de referência, divulgado pelo EPE. Os leilões são divididos em duas etapas. A primeira fase do leilão é o que somente comercializa projetos hídricos. Na segunda,

tem a etapa hídrica e a dos projetos térmicos. Leilões específicos para fontes alternativas, como o realizado a partir de 2007. (DA COSTA; PIEROBON, 2012).

O mercado spot de energia elétrica é uma nova forma de comercialização, que permite maior flexibilidade de transações da indústria da eletricidade. Além disso, permite ajustes entre a energia contratada e a energia gerada, servindo como referência para contratos de longo prazo. Tendo em vista isso, é um importante mecanismo de ajuste entre demandantes e ofertantes (NEWBERRY, 1998). Sendo mais instantânea, a entrega da energia é imediata e a energia é vendida à vista. Por isso contrasta com os mercados futuros e mercados a termo, em prazos de pagamentos que variam de dois dias a dois anos após a negociação.

### 3 MÉTODO

O presente capítulo visa a expor os procedimentos metodológicos usados para análise e investigação de cada um dos objetivos específicos. Primeiramente, foram abordados conceitos de metodologia.

Segundo Gil (2002), a análise de conteúdo desenvolve-se em três fases. A primeira refere-se à pré-análise, em que se procede a escolha dos documentos, a formulação de hipóteses e a preparação do material para análise. A segunda é a exploração do material, que envolve a escolha das unidades, a enumeração e a classificação. A terceira etapa, por fim, é constituída pelo tratamento, inferência e interpretação dos dados. Para se elaborar a pesquisa acerca dos dois primeiros objetivos específicos, tanto para o que aborda as alternativas de tecnologias disponíveis de disposição final dos resíduos sólidos urbanos quanto o que verifica a possibilidade de implantação de usina de gaseificação nos municípios e regiões no Estado do Rio Grande do Sul, foi utilizado um procedimento técnico de coleta e análise de dados com base em fontes de papel. Dessa forma, abordou-se um delineamento de pesquisa bibliográfica.

De acordo com Gil (2002), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, sendo uma pesquisa exclusivamente a partir de fontes bibliográficas.

A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente. Essa vantagem torna-se particularmente importante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço. Por exemplo, seria impossível a um pesquisador percorrer todo o território brasileiro em busca de dados sobre população ou renda *per capita*; todavia, se tem a sua disposição uma bibliografia adequada, não terá maiores obstáculos para contar com as informações requeridas (GIL, 2002, p.45).

Tendo em vista o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho, inicialmente, foi feita uma revisão teórica que norteia o assunto. Em um segundo plano, os dados coletados foram analisados sob a ótica da proposição do tema de estudo e seus objetivos. Em virtude da quantidade de dados estatísticos colhidos, sua natureza, conduz-se a uma análise quantitativa destas estatísticas.

Para se elaborar a pesquisa do terceiro e último objetivo específico, que aborda a viabilidade econômica de implantação de uma usina de gaseificação no

Rio Grande do Sul, valeu-se de documentos e relatórios de empresas, assumindo um delineamento de pesquisa documental.

Segundo Gil (2002), a pesquisa documental é muito semelhante à pesquisa bibliográfica, diferindo-se principalmente de suas fontes. Enquanto a pesquisa bibliográfica utiliza, basicamente, materiais já elaborados, principalmente livros e artigos científicos, a pesquisa documental vale-se de materiais que não receberam, ainda, um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados.

O desenvolvimento dos primeiros passos do planejamento da pesquisa documental é muito semelhante ao da pesquisa bibliográfica. Algumas diferenças, contudo, podem ser assinaladas:

- a) A pesquisa bibliográfica costuma ser desenvolvida como parte de uma pesquisa mais ampla, visando identificar o conhecimento disponível sobre o assunto, a melhor formulação do problema ou a construção de hipóteses. Já a pesquisa documental, de modo geral, constitui um fim em si mesma, com objetivos bem mais específicos, que envolvem, muitas vezes, teste de hipóteses;
- b) A pesquisa bibliográfica realiza-se, quase exclusivamente, com material disponível em bibliotecas. Já a pesquisa documental pode exigir a consulta aos mais diversos tipos de arquivos públicos e particulares;
- c) O material utilizado para o fornecimento de dados nas pesquisas bibliográficas é constituído basicamente por livros e revistas impressos em papel ou veiculados por meio eletrônico. Já o material utilizado nas pesquisas documentais pode aparecer sob os mais diversos formatos, tais como fichas, mapas, formulários, cadernetas, documentos pessoais, cartas, bilhetes, fotografias, fitas de vídeo e discos (GIL, 2002, p.88).

A pesquisa documental é entendida por Severino (2007, p.122) como:

[...] fonte de documentos no sentido amplo, ou seja, não só de documentos impressos, mas, sobretudo de outros tipos de documentos, tais como jornais, fotos, filmes, gravações, documentos legais. Nestes casos, os conteúdos dos textos ainda não tiveram nenhum tratamento analítico, são ainda matéria-prima, a partir da qual o pesquisador vai desenvolver sua investigação e análise.

O presente trabalho lança mão de dois tipos de pesquisas, bibliográfica e documental, pois, com o intuito de se analisar cada um dos objetivos específicos, cujas fontes são distintas, necessita um delineamento de pesquisa diferente.

Em função disso, foram realizadas diversas análises, reflexões e conclusões acerca do tema central, principalmente no que tange à possibilidade de implantação deste novo tipo de tecnologia para a disposição final de resíduos sólidos no Rio Grande do Sul.



## **4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE DADOS**

Neste capítulo, serão apresentadas as análises dos insumos obtidos através da pesquisa realizada, principalmente no que se refere nos dados coletados, tanto em nível de dados estatísticos dos municípios do Estado do Rio Grande do Sul, quanto acerca da tecnologia da gaseificação.

Primeiramente, foram coletados dados através da revisão bibliográfica, documentos de empresas e autarquias públicas sobre o assunto. A partir disso, foi analisado o funcionamento e necessidade de investimento de implantação da usina, tendo em vista que com tais informações, é o suficiente para transcrever e concluir sobre a viabilidade de utilizar as usinas de gaseificação como destinação final dos resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul.

### **4.1 TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

#### **4.1.1 Gaseificação e o aterro energético**

A tecnologia de gaseificação por oxigênio apresenta algumas diferenças, quando comparada com outras tecnologias, para tratamento com aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos.

Fazendo uma análise inicial comparativa entre a gaseificação e os aterros energéticos, fica evidente, ao primeiro contato, uma grande diferença no que tange a área a ser instalada. Enquanto uma usina de aproveitamento energético por gaseificação, com equipamentos instalados para atender uma demanda de 250 toneladas de resíduos sólidos urbanos, necessita de uma área de 30.000 m<sup>2</sup>, um aterro sanitário necessita de até 10 vezes mais essas dimensões, para atender a mesma demanda. Além disso, por melhor que seja o tratamento na chegada dos resíduos no aterro sanitário, até a sua colocação nas células e fazendo o respectivo selamento das mesmas, a quantidade de animais e insetos que são atraídos é muito grande, o que continua a ser um vetor de doenças para a sociedade.

O aterro sanitário que possui coletores para o gás do lixo, tem um aproveitamento energético muito aquém do que pode ser aproveitado por uma

usina, utilizando a totalidade dos resíduos, não somente os orgânicos como ocorrem nos aterros.

Os aterros energéticos oferecem como benefícios ambientais o fato de tratar o gás do lixo, já que ele contém diversos compostos voláteis, que são os principais contribuintes para a queda do nível da camada de ozônio e efeito estufa. No entanto esses benefícios podem ser visualizados quando comparados com aterros sanitários, que não possuem nenhum tipo de aproveitamento energético dos resíduos que ali constam.

Além do exposto, outra diferença que existem é quanto o tratamento do chorume. Esse lixiviado é altamente tóxico, podendo contaminar o meio ambiente se não for tratado corretamente no aterro energético. Na gaseificação o chorume não se forma, em função dos processos de secagem que os resíduos sólidos urbanos são submetidos.

#### **4.1.2 Gaseificação e a incineração**

O processo de gaseificação é completamente diferente da incineração. A incineração promove a combustão ou queima dos materiais, sendo que lês são os combustíveis e o comburente é o oxigênio. Já a gaseificação não envolve combustão. Destrói materiais pelo calor, mas sem arder, sem combustão. Ocorre na gaseificação uma desintegração ou conversão térmica dos materiais em nível molecular.

Outra diferença que também existe é que a incineração destrói os materiais e gera gases não combustíveis, não inflamáveis, e poluentes, pois são derivados de reações que ocorreram com oxigênio. Os gases oriundos da incineração não são úteis, e sim nocivos. Já os gases da gaseificação têm diversas aplicações energéticas e são inertes. Esse gás de síntese, de composição variável, conforme os materiais que entrarem no gaseificador, pode ser usado diretamente como fonte de energia térmica, para a geração de energia elétrica, ou pode ser purificado, transformando-o em gás natural.

Dessa maneira, o rendimento elétrico da gaseificação atinge em torno de 50%, enquanto o da incineração é de 18% no ciclo Rankine. Além das usinas de gaseificação serem menores, o aproveitamento energético é maior.

No entanto, a maior diferença está contida na reação pública acerca da incineração. Em virtude dos gases que saem das chaminés dessas usinas, é necessária a instalação de filtros, para diminuir a quantidade de dioxinas e furanos que são jogados no meio ambiente. No entanto, esses filtros são muito caros, inviabilizando sua instalação. Na gaseificação, essas emissões chegam a ser 1.000 vezes menores.

Na Europa, esta tecnologia está em pleno desuso.

#### **4.1.3 Gaseificação e a digestão anaeróbica**

A biodigestão ou digestão anaeróbica é uma tecnologia que não trata de compostos inorgânicos, funcionando muito bem em municípios que possuam uma coleta seletiva bem executada. Não é o caso do Rio Grande do Sul (assim como do Brasil). Em função do lixo doméstico, em sua maioria, não ser separada entre compostos orgânicos e recicláveis, não é possível destinar os resíduos sólidos urbanos em sua totalidade para um biodigestor.

A digestão anaeróbica é muito útil em resíduos que são muito úmidos. Tendo em vista isso, ela atinge um aproveitamento energético de até 20% dos resíduos enquanto a gaseificação tem um aproveitamento de até 90%.

Muitos analistas consideram a digestão anaeróbica como complementar à gaseificação, porque pode-se aproveitar o restante dos resíduos não aproveitados no biodigestor para a gaseificação.

A vantagem da tecnologia de digestão anaeróbica é que ela tem sido apoiada pela legislação internacional. Muitos países Europeus estão aguardando que o limite para disposição de resíduos em aterros sanitários não ultrapasse 5% do total coletado e por isso aumentam seus impostos para aterros. No entanto, isso ainda não ocorre no Brasil, de modo geral.

#### **4.1.4 Gaseificação e a plasma**

A tecnologia de plasma tem algumas vantagens no tratamento dos resíduos em geral, incluindo os da construção civil. Em função disso, as elevadas temperaturas causam rápida e completa secagem da matéria orgânica, permitindo fundir e vitrificar certos resíduos inorgânicos.

A diminuição do volume chega a atingir 99%, e os produtos vitrificados são similares a um mineral de alta dureza.

No entanto, algumas desvantagens são rapidamente identificáveis, principalmente no que tange ao investimento. Por ser uma técnica delicada, exigindo um grande volume de investimento, até porque somente pode ser rentabilizada quando acoplada a uma central termoelétrica, o custo-benefício ainda não é satisfatório.

O volume de gases inicialmente gerado é mais baixo do que na combustão convencional, mas depois da combustão dos gases produzidos, é idêntico ao de outras formas de incineração. No que diz respeito à produção de dioxinas e furanos, os sistemas estão dependentes das tecnologias de recuperação térmica utilizadas em conjunto, não sendo claro que se possa garantir inequivocamente uma vantagem nítida sobre as tecnologias de incineração mais avançadas, nem com as técnicas mais simples de gaseificação.

O sistema de plasma não dispensa um sofisticado sistema de lavagem de gases, tal como a incineração, para a retenção dos metais voláteis e dos gases ácidos. Para o tratamento de matéria orgânica em grandes quantidades, como é o caso da composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Rio Grande do Sul. Dessa maneira, os resíduos são incinerados de maneira indireta, sendo decompostos e depois eliminados por combustão.

Por atingir uma alta temperatura, a energia gerada com uma termoelétrica em jusante à tecnologia de plasma, acaba sendo utilizada em até 70%, tendo uma baixa amostragem de energia para venda.

#### 4.2 MUNICÍPIOS OU REGIÕES DO RIO GRANDE DO SUL COM POSSIBILIDADE DE INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO PARA APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DE RSU

Serão analisados todos os 497 municípios do Estado do Rio Grande do Sul, visando à possibilidade de implantação de usinas de gaseificação com uma quantidade mínima de 250 toneladas de resíduos sólidos urbanos sendo depositadas diariamente.

Para chegarmos a este volume diário de resíduos, podemos utilizar como parâmetro o seguinte quadro 2:

<b>Porte do município</b>	<b>Faixa Populacional (habitantes)</b>	<b>Nº de municípios</b>	<b>Geração per capita (kg/hab.dia)</b>
Pequeno Porte	Até 50.000	455	<b>0,65</b>
Médio Porte	De 50.001 a 300.000	38	<b>0,8</b>
Grande Porte I	De 300.001 a 1 milhão	3	<b>0,9</b>
Grande Porte II	Mais de 1 milhão	1	<b>1,1</b>

Quadro 2 – Taxas de geração de RSU por população  
Fonte: PERS – RS (2014)

A geração de RSU é diretamente proporcional às características de urbanização, econômicas e sociais do município. Quanto mais desenvolvido, consumista, for, maior a quantidade de lixo.

A partir desses parâmetros, que mostram uma média de geração de resíduos por habitante conforme o porte do município, pode-se fazer uma análise em nível municipal, regional e em consórcios públicos originados para realizar a disposição final dos resíduos sólidos urbanos de todos os municípios integrantes.

#### **4.2.1 Municípios do Rio Grande do Sul com possibilidade de instalação de usina de gaseificação**

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta 497 municípios com uma população estimada para 2014 em 11.207.274 pessoas (IBGE, 2014).

A responsabilidade sobre a destinação final dos resíduos sólidos urbanos é dos municípios. A predominância nessa gestão entre os 497 municípios do RS é direta (MCIDADES, 2013a). Segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos no Rio Grande do Sul, 54,1% do total de municípios têm a gestão realizada de forma direta, por órgãos da administração pública, tendo em vista que no restante, divide-se entre autarquias, empresas públicas, sociedade de economia mista com administração pública, como mostra o gráfico 1.

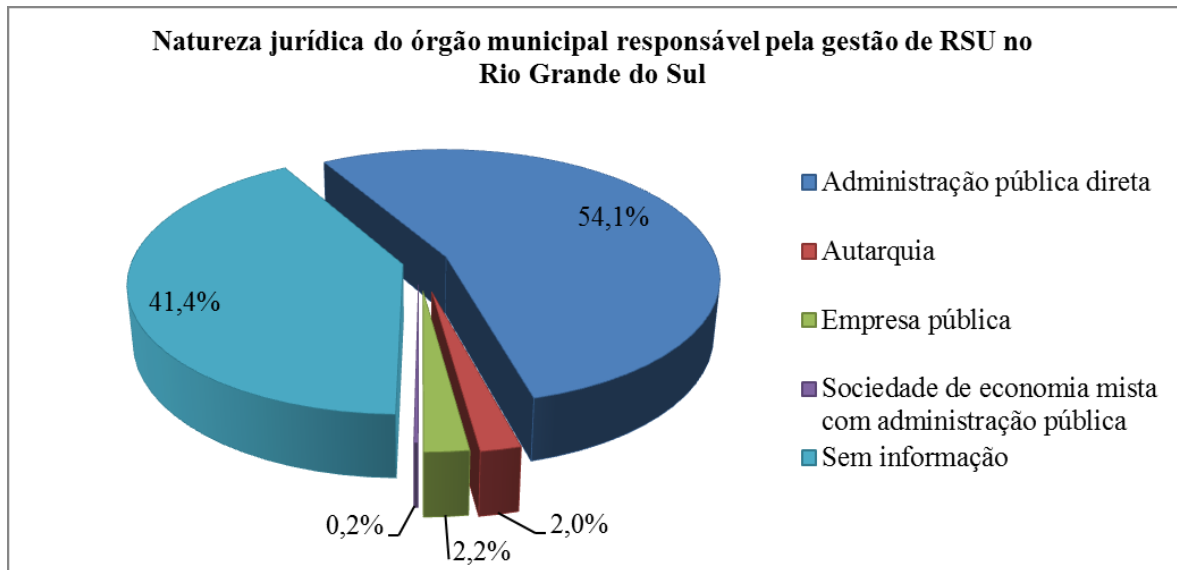


Gráfico 1 – Natureza jurídica do órgão municipal responsável pela gestão de RSU no RS  
Fonte: PERS – RS (2014)

No quadro 3, estão listados os 15 municípios mais populosos do Rio Grande do Sul, conforme estimativa 2014 (IBGE).

	<b>Cidade</b>	<b>Pop. Estimada 2014</b>
1	Porto Alegre	1.472.482
2	Caxias do Sul	470.223
3	Pelotas	342.053
4	Canoas	339.979
5	Santa Maria	274.838
6	Gravataí	270.689
7	Viamão	251.033
8	Novo Hamburgo	248.251
9	São Leopoldo	226.988
10	Rio Grande	207.036
11	Alvorada	205.683
12	Passo Fundo	195.620
13	Sapucaia do Sul	137.750
14	Uruguaiana	129.580
15	Santa Cruz do Sul	125.353

Quadro 3 – Estimativa dos 15 Municípios mais populosos do RS em 2014  
Fonte: IBGE (2014)

Analisando o quadro 3 em conjunto com o quadro 2, os municípios de Porto Alegre, Caxias do Sul, Pelotas e Canoas teriam condições de propiciar uma

quantidade mínima de resíduos sólidos urbanos para o aproveitamento energético na usina de gaseificação.

Porto Alegre teria uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos superiores a 1.619 toneladas por dia, podendo abastecer seis usinas de gaseificação, sendo instaladas de uma maneira estratégica na cidade, considerando áreas para implantação, assim como de logística entre os bairros.

Caxias do Sul teria uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos na ordem de 423 toneladas por dia, sendo suficiente para a instalação, porém não tendo a necessidade de ser mais de uma unidade. A mesma situação de Caxias do Sul ocorre com Pelotas e Canoas, tendo, respectivamente, em torno de 307 toneladas e 305 toneladas. De uma maneira isolada, somente estes municípios teriam condições de instalar a usina. No entanto essa primeira avaliação aborda as condições mínimas para instalação, em função de matéria-prima para o funcionamento da usina, dentro do planejamento elaborado.

#### **4.2.2 Mesorregiões do Rio Grande do Sul com possibilidade de instalação de usina de gaseificação**

O Estado apresenta sete mesorregiões geográficas: Metropolitana de Porto Alegre, Centro Ocidental Rio-grandense, Centro Ocidental Rio-grandense, Nordeste Rio-grandense, Noroeste Rio-grandense, Sudeste Rio-grandense e Sudoeste Rio-grandense. Essa divisão está demonstrada na Figura 6.

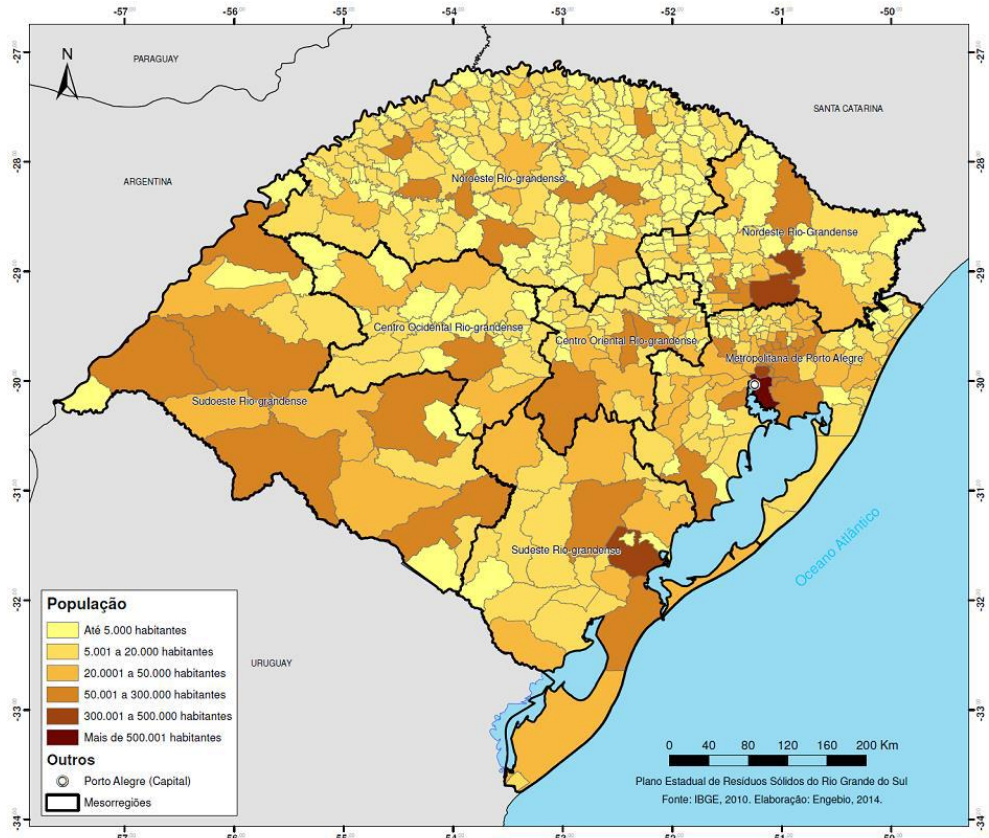


Figura 6 – Mesorregiões do RS e suas populações  
Fonte: PERS – RS (2014)

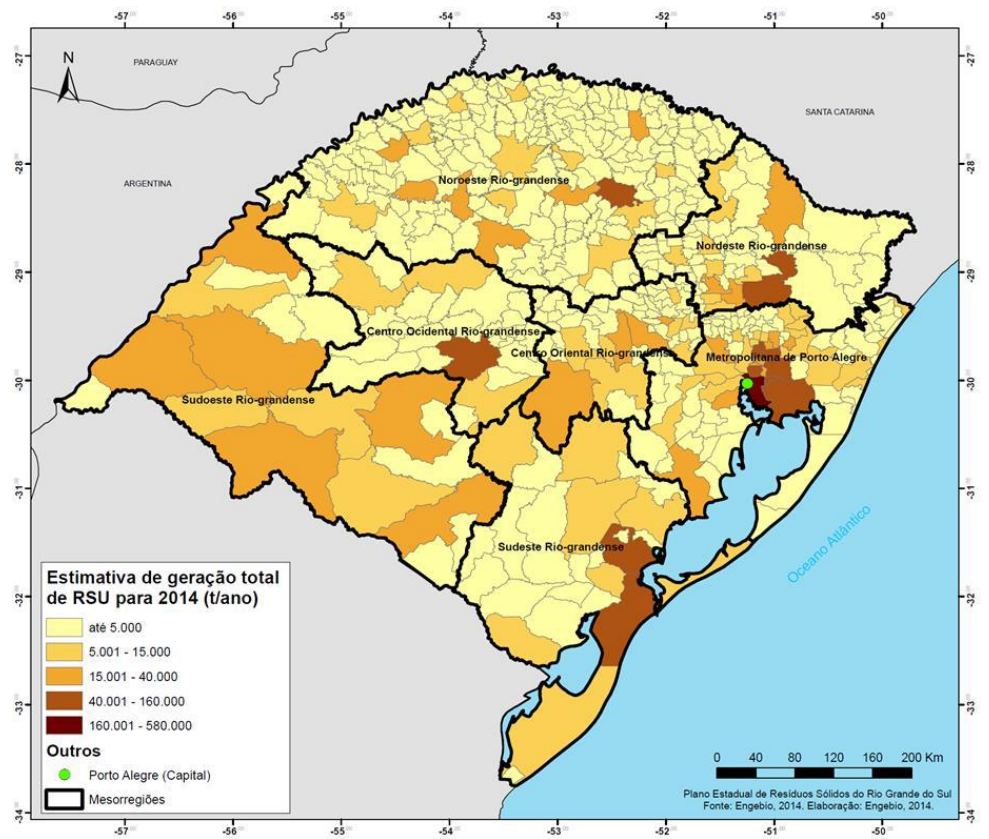


Figura 7 – Estimativa de geração total RSU no RS em 2014  
Fonte PERS – RS (2014)



<b>Mesorregião</b>	<b>Geração Total 2014 (t/ano)</b>	<b>Geração Urbana 2014 (t/ano)</b>	<b>Geração Rural 2014 (t/ano)</b>
Centro Ocidental Rio-grandense	142.887	118.848	24.038
Centro Oriental Rio-grandense	204.275	147.218	57.057
Metropolitana de Porto Alegre	1.538.165	1.466.331	71.834
Nordeste Rio-grandense	323.421	285.683	37.739
Noroeste Rio-grandense	491.043	362.903	128.139
Sudeste Rio-grandense	257.659	219.127	38.532
Sudoeste Rio-grandense	192.841	170.320	22.521
Rio Grande do Sul	3.150.291	2.770.430	379.862

Quadro 4 – Estimativa de geração de RSU nas mesorregiões do RS

Fonte: PERS – RS (2014)

As sete mesorregiões demonstradas na figura 6, assim como a geração de resíduos sólidos urbanos que todas elas produzem (figura 7 e quadro 4), mostram que todas têm condições de abranger, ao menos, uma usina de gaseificação para tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Fazendo uma análise de que todas as mesorregiões esboçam uma geração total de resíduos no ano, para se obter a quantidade de RSU que, em média, cada mesorregião produz, tem-se que fazer uma simples divisão por 365 dias. Dessa maneira, cada mesorregião fica detalhada assim:

- 1) Centro Ocidental Rio-grandense – Tem uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos em torno de 391 toneladas diárias, o que viabilizaria a instalação de uma usina de gaseificação para atender a região.
- 2) Centro Oriental Rio-grandense – Tem uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos em torno de 559 toneladas por dia, o que possibilitaria a instalação de duas usinas de aproveitamento energético através da disposição final de RSU.
- 3) Metropolitana de Porto Alegre – Tem uma estimativa de geração de RSU de, aproximadamente, 4.214 toneladas por dia, o que possibilitaria instalar até 16 usinas de gaseificação na região.
- 4) Nordeste Rio-grandense – Tem uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos em torno de 886 toneladas por dia, o que possibilitaria a

instalação de três usinas de aproveitamento energético através da disposição final de RSU.

- 5) Noroeste Rio-grandense – Tem uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos em torno de 1.345 toneladas por dia, o que possibilitaria a instalação de cinco usinas de aproveitamento energético através da disposição final de RSU na região.
- 6) Sudeste Rio-grandense – Tem uma estimativa de geração de RSU de, aproximadamente, 705 toneladas por dia, o que possibilitaria a instalação de duas usinas de gaseificação.
- 7) Sudoeste Rio-grandense – Tem uma estimativa de geração de resíduos sólidos urbanos na ordem de 528 toneladas por dia, o que possibilitaria a instalação de duas usinas de aproveitamento energético por gaseificação.

Tendo em vista esse mapeamento realizado no Estado do Rio Grande do Sul, existe a possibilidade, considerando-se somente o quesito da disponibilidade de matéria-prima mínima para a instalação, de implantação de, pelo menos, 31 unidades de aproveitamento energético pela tecnologia de gaseificação, com a quantidade de 250 toneladas de RSU diárias.

Essa avaliação de possibilidade de instalação por mesorregião tem fundamento, além dos já mencionados, principalmente, pela logística dos municípios, pois para que seja benéfico a eles, a unidade de disposição de resíduos sólidos urbanos não pode estar distante mais do que 100 km do município. Se a distância superar isso, os gastos públicos com transporte de resíduos aumentariam consideravelmente, como já acontece hoje, como veremos nas seções a seguir.

#### **4.2.3 Consórcios públicos intermunicipais no Rio Grande do Sul com possibilidade de instalação de usina de gaseificação**

Os consórcios públicos intermunicipais têm como finalidade aumentar a escala e viabilidade para a prestação de serviços em municípios de pequeno porte, que na maioria dos casos, não teriam condições de operar sozinhos de forma adequada a disposição final de resíduos sólidos

Os principais consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos no Estado estão especificados no quadro 5 e na figura 8:

<b>Consórcio</b>	<b>Municípios</b>	<b>Sede</b>	<b>Pop. atendida</b>
CIGRES – Consórcio Intermunicipal de Gestão e Resíduos Sólidos	Alegria, Chiapetta, Independência, Inhacorá, São José do Inhacorá, Três de Maio	Três de Maio	43.156
CIGRES – Consórcio Intermunicipal de Gestão e Resíduos Sólidos	Ametista do Sul, Boa Vista das Missões, Caiçara, Cerro Grande, Cristal do Sul, Coronel Bicaco, Derrubadas, Dois Irmãos Das Missões, Erval Seco, Frederico Westphalen, Irai, Jaboticaba, Lajeado do Bugre, Liberato Salzano, Miraguai, Novo Tiradentes, Palmitinho, Pinhal, Pinheirinho do Vale, Redentora, Rodeio Bonito, Sagrada Família, São José das Missões, São Pedro das Missões, Seberi, Taquaruçu dos Sul, Tenente Portela, Vicente Dutra, Vista Alegre, Vista Gaúcha.	Seberi	172.696
PRÓ SINOS – Consórcio Público De Saneamento Básico Da Bacia Hidrográfica Do Rio Dos Sinos	Araricá, Cachoeirinha, Campo Bom, Canela, Canoas, Caraá, Dois Irmãos, Estância Velha, Esteio, Glorinha, Gramado, Glorinha, Igrejinha, Nova Hartz, Nova Santa Rita, Novo Hamburgo, Parobé, Portão, Riozinho, Rolante, Santo Antônio da Patrulha, São Francisco de Paula, São Leopoldo, Sapiranga, Sapucaia do Sul, Taquara e Três Coroas.	São Leopoldo	1.720.290
CONIGEPU – Consórcio Intermunicipal de Cooperação e Gestão Pública	Alpestre, Constantina, Engenho Velho, Gramado dos Loureiros, Nonoai, Novo Xingú, Rio dos Índios, Ronda Alta, Sarandi, Três Palmeiras e Trindade do Sul.	Trindade do Sul	80.696
CIPAE G8 – Consórcio Público Intermunicipal Para Assuntos Estratégicos Do G8	Boqueirão do Leão, Canudos do Vale e Cruzeiro do Sul, Forquetinha, Marques de Souza, Progresso, Santa Clara do Sul, Sério.	Canudos do Vale	42.488
Consórcio Regional de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região da Campanha	Bagé, Dom Pedrito, Candiota, Lavras do Sul, Aceguá, Hulha Negra, Pinheiro Machado, Caçapava do Sul, Santana do Livramento, Pedras Altas.	Bagé	280.035
CP AMLINORTE – Consórcio Público da Associação dos Municípios do Litoral Norte	Arroio do Sal, Balneário Pinhal, Capão da Canoa, Capivarí do Sul, Caraá, Cidreira, Dom Pedro de Alcântara, Itatí, Imbé, Mampituba, Maquiné, Morrinhos do Sul, Mostardas, Osório, Palmares do Sul, Rolante, Santo Antônio da Patrulha, Tavares, Terra de Areia, Torres, Tramandaí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas, Xangri-lá.	Osório	360.604

Quadro 5 – Consórcios públicos atuantes na gestão de resíduos sólidos urbanos no Estado do RS (continua)

Consórcio Desenvolvimento Regional Sustentável Da Microrregião Do Lado Leste do Alagado Do Passo Real	Alto Alegre, Campos Borges, Espumoso, Jacuizinho e Salto do Jacuí.		34.969
CISA – Consórcio Intermunicipal de Saúde do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul	Ajuricaba, Augusto Pestana, Barra do Guarita, Boa Vista do Cadeado, Bom Progresso, Bozano, Braga, Campo Novo, Catuipe, Chiapeta, Condor, Coronel Barros, Coronel Bicaco, Crissiumal, Derrubadas, Esperança do Sul, Humaitá, Ijuí, Inhacorá, Jóia, Miraguaí, Nova Ramada, Panambí, Pejuçara, Pinheirinho do Vale, Redentora, Santo Augusto, São Martinho, São Valério do Sul, Sede Nova, Taquaruçu do Sul, Tenente Portela, Tiradentes do Sul, Três Passos, Vista Alegre e Vista Gaúcha.		320.817
Consórcio Intermunicipal de Esmeralda/Pinhal da Serra	Esmeralda e Pinhal Da Serra.	Esmeralda	5.298
CITEGEM – Consórcio Intermunicipal De Gestão Multifuncional	Bom Progresso, Braga, Campo Novo, Coronel Bicaco, Crissiumal, Esperança do Sul, Humaitá, Sede Nova, São Martinho, São Valério do Sul, Tiradentes do Sul e Três Passos.		83.369
CRESU - Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos	Dezesseis de Novembro, Pirapo, Porto Xavier e São Nicolau.	Pirapó	21.908
CIRC – Consórcio Intermunicipal da Região Centro do Estado/RS	Agudo, Caçapava do Sul, Cacequi, Capão do Cipó, Dilermando de Aguiar, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Formigueiro, Itaara, Ivorá, Jaguari, Jari, Júlio de Castilhos, Mata, Nova Esperança do Sul, Nova Palma, Paraíso do Sul, Pinhal Grande, Quevedos, Restinga Seca, Santiago, Santa Maria, São Francisco de Assis, São João do Polesine, São Martinho da Serra, São Pedro do Sul, São Sepé, São Vicente do Sul, Silveira Martins, Toropi, Tupanciretã, Unistalda, Vila Nova do Sul.	Santa Maria	593.777
CISGA – Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável da Serra Gaúcha	Antônio Prado, Bento Gonçalves, Campestre da Serra, Carlos Barbosa, Coronel Pilar, Fagundes Varela, Flores da Cunha, Garibaldi, Nova Roma do Sul, Santa Tereza, São Marcos, Veranópolis.	Garibaldi	258.645
CIS/CAÍ – Consórcio Intermunicipal do Vale do Rio Caí	Alto Feliz, Barão, Bom Princípio, Brochier, Capela Santana, Feliz, Harmonia, Linha Nova, Maratá, Montenegro, Pareci Novo, Poço das Antas, Portão, Salvador do Sul, São José do Hortêncio, São José do Sul, São Pedro da Serra, São Sebastião do Caí, São Vendelino, Tabaí, Tupandi, Vale Real, Westfália.	Montenegro	209.441

Quadro 5 – Consórcios públicos atuantes na gestão de resíduos sólidos urbanos no Estado do RS (continua)

Consórcio Intermunicipal Centro Sul do	Amaral Ferrador, Arambaré, Barra do Ribeiro, Camaquã, Cerro Grande do Sul, Chuvisca, Cristal, Dom Feliciano, Guaíba, Mariana Pimentel, Sentinela do Sul, Sertão Santana e Tapes.	Guaíba	248.903
Consórcio Intermunicipal do Vale do Jacuí	Arroio do Tigre, Caçapava do Sul, Cachoeira do Sul, Cerro Branco, Estrela Velha, Ibarama, Lagoa Bonita do Sul, Novo Cabrais, Passa Sete, Segredo, Sobradinho, Tunas	Sobradinho	180.125
Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos Urbanos - Comandaí	Guarani das Missões e Sete de Setembro.	Guarani das Missões	10.239

Quadro 5 – Consórcios públicos atuantes na gestão de resíduos sólidos urbanos no Estado do RS (conclusão)

Fonte: PERS – RS (2014)

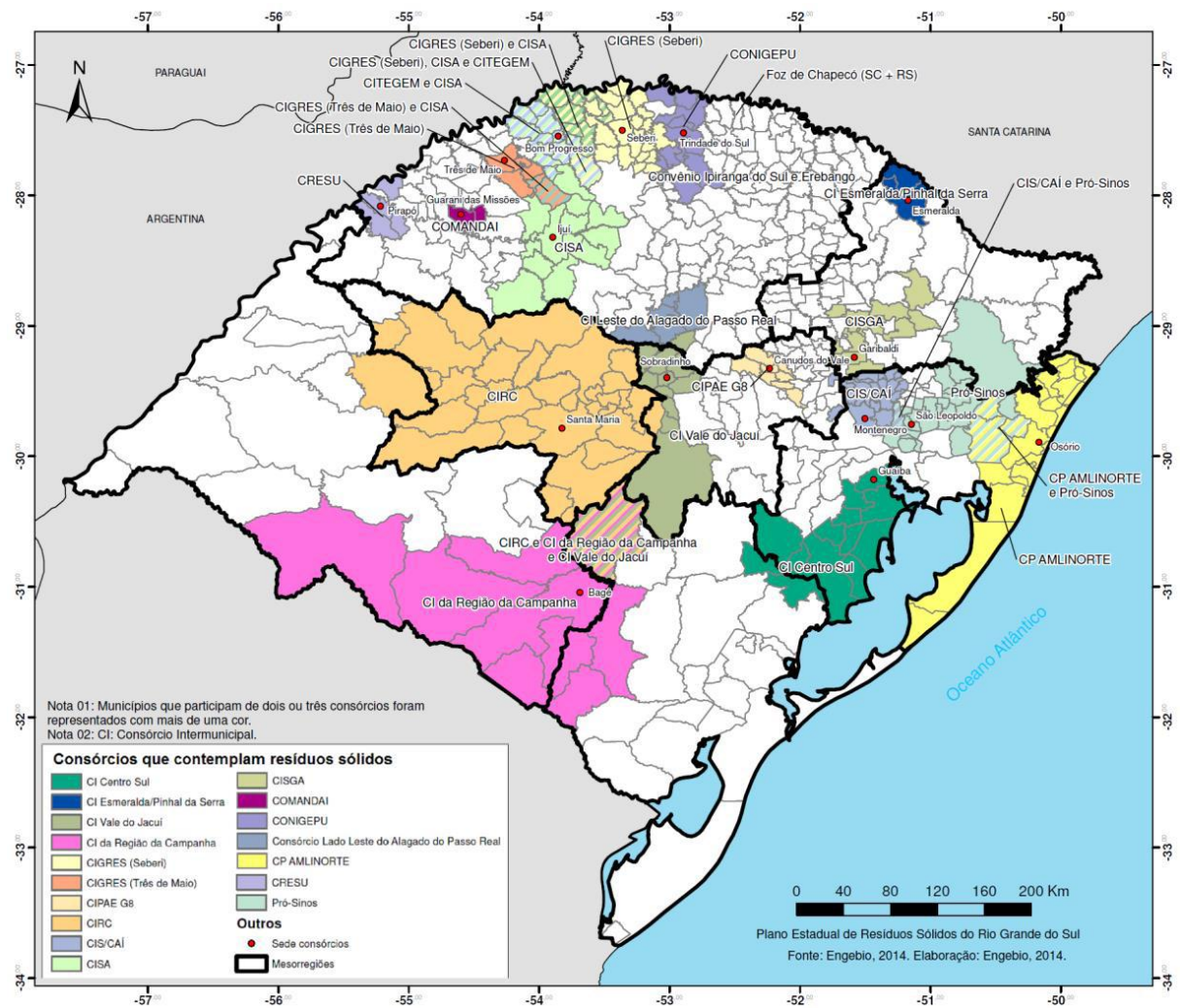


Figura 8 – Consórcios públicos intermunicipais e suas sedes para gestão de RSU no RS  
 Fonte: PERS – RS (2014)

A análise dessa seção será feita com base nos 18 consórcios detalhados no quadro 5, e ilustrados na figura 8. Tendo em vista isso, será levado em consideração

o parâmetro mínimo de geração de resíduos por pessoa, que é de 0,8 kg / dia, que consta no quadro 2, em virtude dos diversos tipos de porte de municípios que constam em cada consórcio, sendo que forneça o mínimo de 250 toneladas.

A partir disso, dos 18 consórcios existentes para o manejo dos resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul, somente quatro teriam condições de implantar uma usina de gaseificação, na maneira atual que estão dispostos os membros dos consórcios.

O Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (PRÓ SINOS) tem a condição de instalação de cinco usinas de aproveitamento energético por gaseificação de resíduos sólidos urbanos. Essas usinas seriam instaladas conforme a melhor disponibilidade de área, assim como respeitando uma média de 100 km de distância entre o município e a unidade.

O Consórcio Público da Associação dos Municípios do Litoral Norte (CP AMLINORTE), o Consórcio Intermunicipal de Saúde do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (CISA), e o Consórcio Intermunicipal da Região Centro do Estado do Rio Grande do Sul (CIRC) são os outros três que tem condições de implantação de usina de gaseificação, com os requisitos mínimos já especificados.

#### **4.2.4 Unidades de disposição final de RSU adequadas e inadequadas no Rio Grande do Sul**

No Rio Grande do Sul, segundo o Plano Estadual de Resíduos Sólidos, existem unidades consideradas como adequadas (unidades que operam como aterro sanitário) e inadequadas (unidades que operam como aterros controlados ou lixões), como mostra o gráfico 2 e a figura 9.

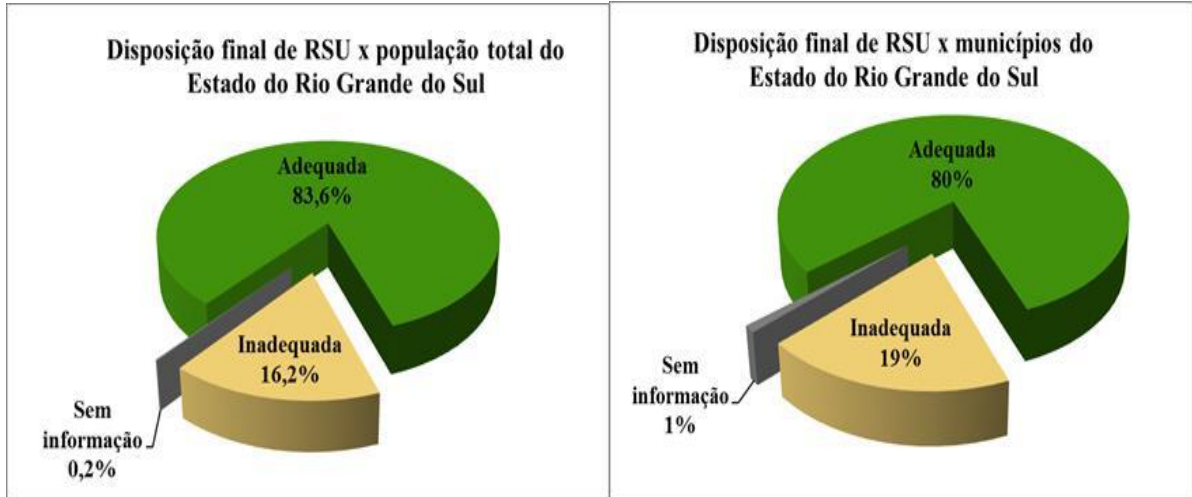


Gráfico 2 – Disposição Final de RSU por população e municípios  
 Fonte: PERS – RS (2014)

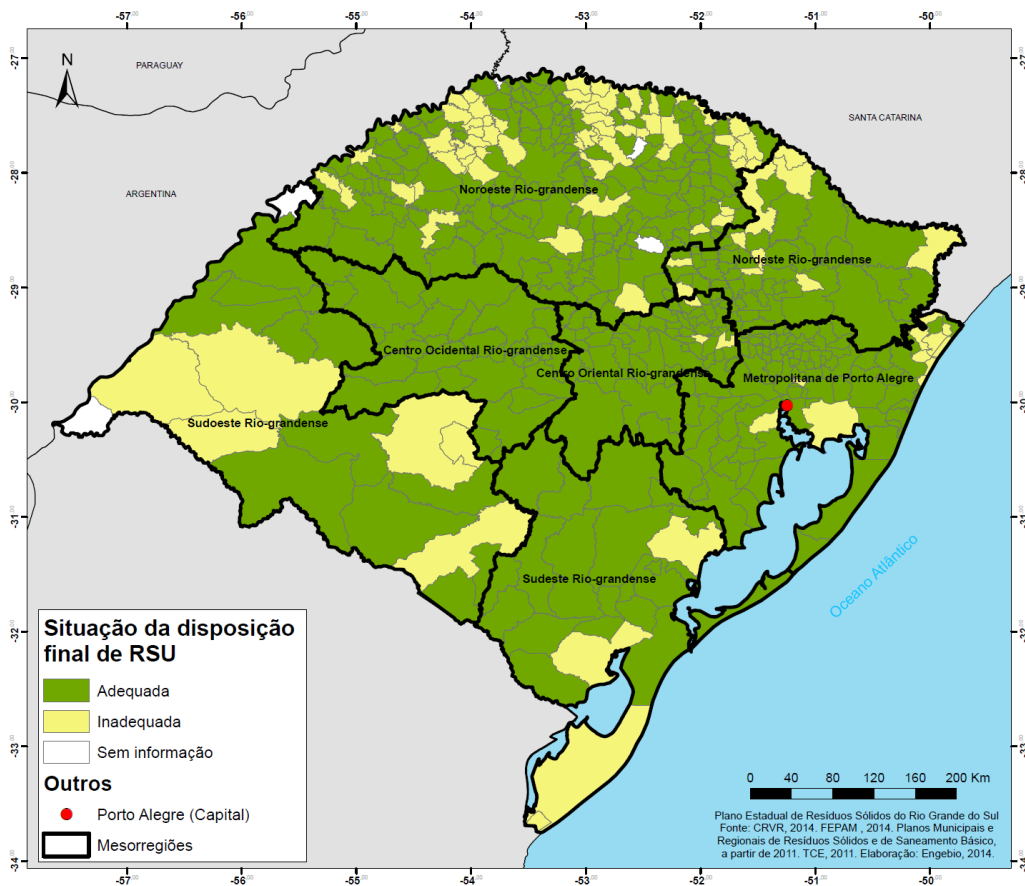


Figura 9 – Situação da disposição final de RSU nos municípios do RS  
 Fonte: PERS – RS (2014)

Analisando a figura 9, percebe-se que as localidades que se encontram com uma destinação dos resíduos sólidos inadequada estão localizadas, principalmente nas mesorregiões Sudoeste Rio-grandense e Noroeste Rio-grandense. Conforme foi

analisado na seção 4.2.2, a mesorregião sudoeste rio-grandense teria condições de instalar duas usinas de gaseificação atendendo 250 toneladas diariamente, assim como a mesorregião noroeste rio-grandense, cinco unidades. Isso mostra que o principal problema no Rio Grande do Sul quanto a disposição final de resíduos sólidos urbanos estão concentrados nessas mesorregiões.

No Rio Grande do Sul, temos 60 unidades de disposição final em operação. Dessas, 41 estão operando de maneira inadequada, sendo que 38 são aterros controlados e 03 são lixões, como mostra na figura 10. As 19 unidades adequadas estão detalhadas no quadro 6.

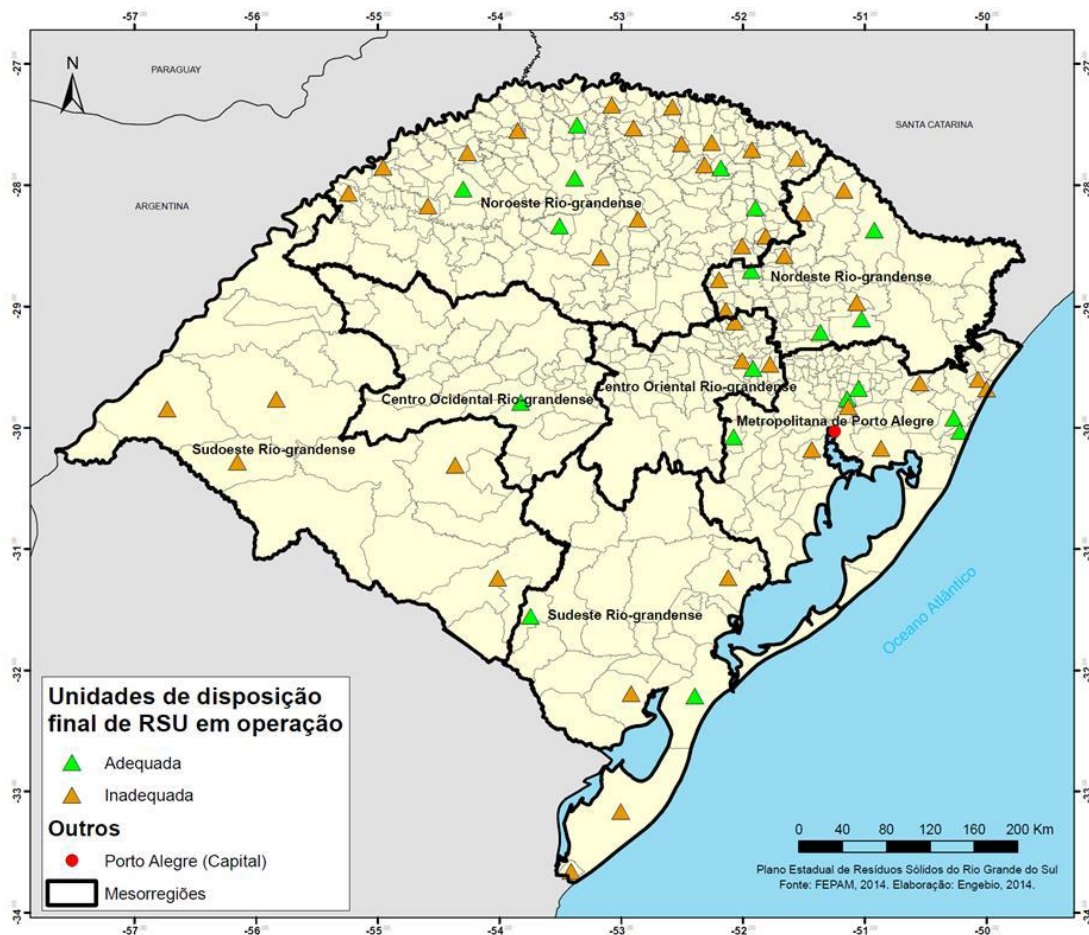


Figura 10 – Unidades de disposição final de RSU no RS em operação  
Fonte: PERS - RS (2014)



Município de localização		Responsável	Capacidade instalada	
			Quant. de resíduos (t/ano)	População (hab.)
1	Campo Bom	Prefeitura municipal	60	-
2	Candiota	Meio Oeste Ambiental	1.000	1.500.000
3	Caxias do Sul	Prefeitura municipal	-	530.000
4	Estrela	Prefeitura municipal	-	28.000
5	Farroupilha	Prefeitura municipal	-	60.000
6	Getúlio Vargas	Angela Porth Miranda	8	16.156
7	Giruá	Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos - CRVR	-	500.000
8	Minas do Leão	Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos - CRVR	1.080.000	-
9	Osório	Prefeitura municipal	-	39.000
10	Palmeira das Missões	Simpex Serv. de Col. Transp. e Dest. Final de Resíduos Ltda	97	-
11	Panambi	Prefeitura municipal	18	-
12	Rio Grande	Prefeitura municipal	210	-
13	Santa Cecília do Sul	COOPERCICLA - Cooperativa de Recicladores de Resíduos Orgânicos e Inorgânicos	14	48.420
14	Santa Maria	Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos - CRVR	300	500.000
15	São Leopoldo	Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos - CRVR	500	-
16	Seberi	CIGRES - Consórcio Intermunicipal De Resíduos Sólidos	-	80.000
17	Serafina Corrêa	Planeta Com. e Reciclagem de Resíduos e Sucatas Ltda - ME	50	50.000
18	Tramandaí	Loreno Schenkel	-	300.000
19	Vacaria	Prefeitura municipal	-	60.000
Rio Grande do Sul			1.082.257	3.711.576

Quadro 6 – Unidades de disposição final adequadas de RSU  
Fonte: FEPAM (2014)

A figura 10 mostra, claramente, que a mesorregião sudoeste rio-grandense é a região mais caótica do Estado do Rio Grande do Sul. Nela, constam cinco unidades de disposição final, e todas estão inadequadas.

Tendo em vista esses problemas, os municípios recorrem a outras unidades de disposição final, em localidades que excedem 100 km de distância, ocasionando um gasto público maior com transporte desses resíduos até a localidade.

Dentro das unidades de disposição final de resíduos sólidos urbanos no Rio Grande do Sul, destacam-se os aterros sanitários compartilhados, que atendem a mais de um município, independente da distância entre eles.

Atualmente, 367 municípios gaúchos (aproximadamente 74%) compartilham unidades de disposição final de RSU. No total, são 11 aterros sanitários compartilhados, tendo em vista que 10 são privados e somente um é público, em Seberi. No quadro 7 são discriminados esses aterros, com sua capacidade e população atendida e ilustrados na figura 10.

Município de localização	Licença Ambiental - LO			Operação	
	Responsável	Capacidade instalada		Municípios atendidos (n°)	População total atendida 2010 (hab.)
		Quant. resíduos (t/ano)	População (hab.)		
1 Candiota	Meio Oeste Ambiental	1.000	1.500.000	19	588.753
2 Getúlio Vargas	Angela Porth Miranda	8	16.156	2	8.837
3 Giruá	CRVR - Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos	-	500.000	51	550.213
4 Minas do Leão	CRVR - Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos	1.080.000	-	116	4.174.452
5 Palmeira das Missões	Simpex Serv. de Col. Transp. e Dest. Final de Resíduos Ltda.	97	-	26	298.562
6 Santa Cecília do Sul	COOPERCICLA - Cooperativa De Recicladores De Resíduos Orgânicos E Inorgânicos	14	48.420	10	45.977
7 Santa Maria	CRVR - Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos	300	500.000	39	699.160

Quadro 7 - Aterros sanitários compartilhados no RS (continua)

8 São Leopoldo	CRVR - Companhia Riograndense de Valorização de Resíduos	500	-	51	1.115.762
9 Seberi	CIGRES - Consórcio Intermunicipal De Resíduos Sólidos	-	80.000	30	167.532
10 Serafina Corrêa	Planeta Com. e Reciclagem de Resíduos e Sucatas Ltda. – ME	50	50.000	15	91.398
11 Tramandaí	Loreno Schenkel	-	300.000	8	146.844
Rio Grande do Sul		1.081.969	2.994.576	367	7.887.490

Quadro 7 – Aterros sanitários compartilhados no RS  
 Fonte: FEPAM (2014)

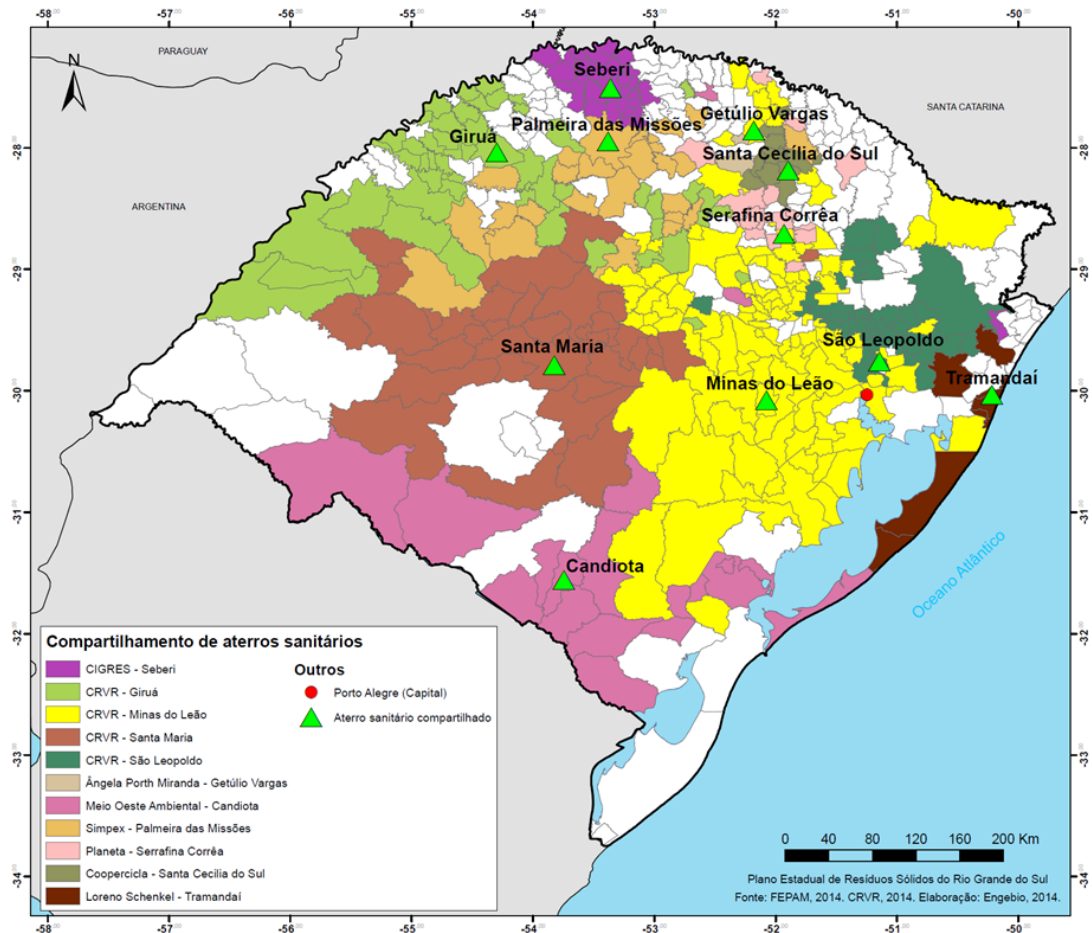


Figura 11 – Aterros sanitários compartilhados – localidades  
 Fonte: PERS - RS (2014)

A figura 11 ilustra bem a análise que estava sendo feita sobre as grandes distâncias percorridas para muitos municípios poderem despejar seus resíduos em locais que estejam adequados, segundo os órgãos competentes. Os melhores

exemplos disso são os aterros sanitários de Giruá, Santa Maria, Minas do Leão e Candiota, que atendem a municípios com mais de 200 km de distância entre eles.

#### 4.3 VIABILIDADE ECONÔMICA PARA INSTALAÇÃO DE USINA DE GASEIFICAÇÃO POR OXIGÊNIO NO RIO GRANDE DO SUL

O estudo que será apresentado tem como base a implantação de uma usina de aproveitamento energético por gaseificação, no processamento de 250 ton./dia de resíduos sólidos urbanos (RSU), que equivale a 10,42 ton./h de RSU, com produção de 16 MW/h. Para a projeção de lucros e custos serão projetados dois cenários de comercialização da energia.

O primeiro cenário visa à venda de energia no mercado, em longo prazo, como citado no referencial teórico, com um contrato de no mínimo dez (10) anos, totalizando a venda de energia líquida.

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
Valor objetivado por MW/h (médio)	R\$	155,00
Produção horária em MW/h exportável	MW/h	16
Período anual de produção	h	7884
Produção de energia prevista para o ano	MW	126.144
Receita anual com a venda de energia	R\$	19.552.320,00

Quadro 8 – Primeiro Caso: Receita com a venda de energia elétrica  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

Tendo em vista que a venda de energia elétrica é feita em um leilão invertido, os valores esperados para a venda no longo prazo atingem a meta de R\$ 155,00.

Na quantidade de horas em produção anual são considerados os períodos de manutenção, totalizando um pouco menos que 330 dias em funcionamento. Assim a produção de energia é vendida na sua totalidade a longo prazo, tendo maior estabilidade.

No quadro 9, trabalhando-se com uma média de 90.000 toneladas recebidas de resíduos sólidos urbanos, estima-se um valor a ser cobrado por tonelada dos

municípios no valor de R\$ 35,00. Essa quantia foi estabelecida com base no preço de mercado, no qual a maior parte dos municípios despende em cerca de R\$ 50,00, conforme consta no Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul. Essa quantia nem sempre engloba somente a destinação final de RSU, mas, também, o de transporte do resíduo até o aterro sanitário. Além disso, nesse panorama em exercício, não está sendo considerada a venda de recicláveis.

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
RSU recepcionado diariamente	Ton.	250
RSU recepcionado por ano	Ton.	90.000
Valor objetivado por tonelada de RSU	R\$	35,00
Receita bruta com o tratamento do RSU	R\$	3.150.000,00
Venda de reutilizáveis, metais e plásticos e outros recicláveis por ano	R\$	0
<b>Receita bruta anual</b>	<b>R\$</b>	<b>3.150.000,00</b>

Quadro 9 – Primeiro Caso: Receita com o tratamento do RSU / Materiais Reutilizáveis  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
Venda e energia elétrica ano	R\$	19.552.320,00
Receita com o tratamento do RSU ano	R\$	3.150.000,00
Venda de reutilizáveis	R\$	0
Receita total	R\$	22.702.320,00
Custo Operacional da planta ano	R\$	2.296.000,00
Saldo anual	R\$	20.406.320,00
<b>Investimento Previsto</b>	<b>R\$</b>	<b>65.000.000,00</b>
PAYBACK	Meses	54 - 4,5 anos
Construção	Meses	16
Exploração para amortização	Meses	38

Quadro 10 – Primeiro Caso: Projeções e Resultados  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

Analisando-se o quadro 10, o payback, ou seja, o retorno do investimento realizado é de 54 meses, considerando os 16 meses de construção da usina e os 38 meses de exploração, até atingir o valor investido de retorno. Esse cenário é mais conservador, admitindo poucos riscos, principalmente na comercialização da energia elétrica gerada.

O segundo cenário visa à venda de energia no mercado, em longo prazo, com contrato de no mínimo dez (10) anos, totalizando a venda de energia total de 12 MW/h, a exploração na venda de 4,0 MW/h no mercado Spot (PLD) e a venda dos materiais recicláveis.

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
Valor objetivado por MW/h (médio)	R\$	155,00
Produção horária em MW/h exportável	MW/h	12
Período anual de produção	h	7884
Produção de energia prevista para o ano	MW	94.608
Receita anual com a venda de energia	R\$	<b>14.664.240,00</b>
<hr/>		
Valor objetivado por MW/h (médio) SPOT	R\$	280,00
Produção horária em MW/h exportável	MW/h	4
(*) Período anual de produção	h	7884
Produção de energia prevista para o ano	MW	31.536
Receita anual com a venda de energia	R\$	<b>8.830.000,00</b>
<hr/>		
Receita anual com venda de energia no modelo aplicado	R\$	<b>23.494.320,00</b>

Quadro 11 – Segundo Caso: Receita com a venda de energia elétrica  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

Analisando o quadro 11, os mesmo dados que foram colocados no primeiro cenário, foram colocados no segundo também. No entanto dos 16 MW produzidos por hora serem comercializados no mercado de longo prazo, como consta no

primeiro cenário, 4 MW estão sendo vendidos no mercado spot (ver seção 2.3.1), o que representa um lucro na venda maior, embora seja mais arriscado por não se ter certeza que haja compradores nesse momento de venda.

Além disso, estão sendo acrescentadas as vendas de materiais recicláveis, além do valor já existente no primeiro cenário, que é cobrado dos municípios pela disposição final dos resíduos sólidos, como podemos observar no quadro 12.

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
RSU recepcionado diariamente	Ton.	250
RSU recepcionado por ano	Ton.	90.000
Valor objetivado por tonelada de RSU	R\$	35
Receita bruta com o tratamento do RSU	R\$	<b>3.150.000,00</b>
Venda de reutilizáveis, metais e plásticos e outros recicláveis por ano	R\$	<b>870.000,00</b>
<b>Receita bruta anual</b>	<b>R\$</b>	<b>4.020.000,00</b>

Quadro 12 – Segundo Caso: Receita com o tratamento do RSU / Materiais Reutilizáveis  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores</b>
Venda de energia elétrica p/ano	R\$	23.494.320,00
Receita com o tratamento do RSU p/ano	R\$	4.020.000,00
Venda de reutilizáveis	R\$	870.000,00
Receita total	R\$	28.384.320,00
Custo Operacional da planta/ano	R\$	2.296.000,00
Saldo anual	R\$	26.088.320,00
<b>Investimento Previsto</b>	<b>R\$</b>	<b>65.000.000,00</b>
PAY BACK -	Meses	46 – 3,8 anos
Construção	Meses	16
Exploração para amortização	Meses	30

Quadro 13 – Segundo Caso: Projeções e Resultados  
Fonte: Empresa Alpha (2015)

Analisando-se o quadro 13, o payback é de 46 meses, considerando os 16 meses de construção da usina. A grande diferença está no tempo de exploração para amortização do investimento, que diminuiram oito meses, comparando com o

primeiro cenário. Isso se deve ao maior lucro na venda de 4 MW no mercado spot, e pela venda d recicláveis. Esse cenário é mais arrojado, suportando um risco maior na comercialização da energia no mercado spot



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sociedade, atualmente, tem se deparado com um grande desafio a ser combatido, no que concerne à gestão dos resíduos sólidos urbanos. Este é o resultado de um modo de vida pautado na valoração do consumismo. No Brasil, assim como no Rio Grande do Sul, vivemos esta realidade.

Os resíduos quando dispostos em aterros controlados ou em lixões, geram metano e gás carbônico, cujas emissões para a atmosfera ocorrem de forma descontrolada, colaborando para o aumento dos gases intensificadores do efeito estufa, assim como de problemas com a camada de ozônio.

Além disso, mudanças climáticas, longas chuvas ou longas estiagens, têm se tornado cada vez mais frequentes, afetando diretamente o potencial da matriz elétrica brasileira, tendo em vista da dependência existente com as hidrelétricas. Tem se tornada imperativa a necessidade de diversificação das fontes geradoras de energia no Brasil, sem que aumente a geração de poluição.

A gestão eficiente dos RSU orientada ao aproveitamento energético contribui para diminuir o consumo de combustíveis fósseis, aliviando este impacto ambiental, e, ao mesmo tempo, uma valiosa fonte de energia renovável.

Ao analisar alternativas de tecnologias disponíveis de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, chega-se a conclusão que a da gaseificação tem, realmente, o melhor aproveitamento entre todas.

No momento que se faz uma comparação direta com os aterros sanitários (poucos energéticos) no Rio Grande do Sul, é completamente desnecessário se manter uma estrutura que requer um amplo espaço físico (o que tem se tornado muito raro nas grandes cidades) com alto custo de investimento e manutenção, com o intuito de enterrar o lixo, um combustível que tem a possibilidade de ser usado como uma infinita fonte de energia.

Além disso, os municípios estão cada vez mais reféns das grandes empresas ou grupos econômicos que detêm tais aterros sanitários particulares, pela falta de opção para resolver o problema que a destinação final correta de resíduos traz, desde que a lei n. 12.305 / 2010 foi sancionada. Esta dependência faz com que muitos municípios tenham custos elevadíssimos com todo o processo de destinação final, em função de longas distâncias a serem percorridas para este despejo.

Comparando a gaseificação com a incineração, além do aproveitamento energético da primeira ser muito superior, a quantidade de gases poluentes que são lançadas na atmosfera pelas usinas de incineração é imenso, não sendo à toa o rigor com que órgãos de fiscalização têm tido com tais empreendimentos, ao ponto de não liberar (ou renovar) licenças ambientais para operação.

Para se adaptar uma usina de incineração aos padrões aceitáveis pelo CONAMA, haveria a necessidade de grandes investimentos para se adaptar filtros, que somam montantes parecidos com o de implantação da própria usina. Na Europa, muitas usinas de incineração estão fechando, pois foram proibidas de operar sem os filtros, e era inviável financeiramente a adaptação. As usinas de gaseificação sequer possuem chaminés, o que torna tal comparação finalizada.

Tendo como referência a digestão anaeróbica, não existem pontos contrários como as anteriores, mas, apenas, de bom senso. Tendo em vista que esta tecnologia somente trata de compostos orgânicos, e que a coleta seletiva de compostos inorgânicos, recicláveis, no Brasil, é pífia, a biodigestão se torna incompleta para tratar dos resíduos sólidos urbanos. Por conseguinte, tem a necessidade de que uma tecnologia a complemente.

A gaseificação trata de todos os resíduos que a digestão anaeróbica, com o acréscimo de compostos inorgânicos, concluindo-se que é desnecessário o investimento em uma usina de biodigestão, se existir uma de gaseificação.

Por último, analisando uma tecnologia de plasma térmico, três pontos são os fundamentais: a emissão de gases na atmosfera (idem incineração), o alto custo de investimento, e o demorado tempo para retorno dele, pois grande parte da energia gerada é consumida para sua própria funcionalidade, resultando num percentual menor para venda.

Ao se verificar os municípios ou regiões no Estado do Rio Grande do Sul, que possuem condições de implantação da usina de gaseificação, com base nas análises, se conclui que a melhor perspectiva de instalação de usinas no Estado é no âmbito coletivo.

Embora que o número de cidades ou consórcios de municípios que possuam a quantidade de, no mínimo, 250 toneladas de resíduos sólidos urbanos por dia, como foi estipulado, tenha sido pequeno e insatisfatório, se comparado com a sua totalidade, como foi citado nas seções 4.2.1 e 4.2.3, a análise sobre as mesorregiões foi extremamente positiva.

Ficou evidente que, analisando-se as necessidades de cada região, todas as mesorregiões têm a possibilidade de instalação de ao menos uma usina de gaseificação, principalmente na Sudoeste Rio-grandense, que não dispõe sequer de alguma unidade de destinação final adequada.

No aspecto econômico, a instalação de uma usina de gaseificação a partir de 250 toneladas de resíduos sólidos urbanos é viável. O tempo de retorno de investimento é adequado, tendo em vista o valor de investimento.

Portanto, a tecnologia de gaseificação por oxigênio serve, parcialmente, como uma alternativa para o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos no Estado do Rio Grande do Sul. Como toda a pesquisa e análise foram baseadas no parâmetro de 250 toneladas de RSU diárias, a maioria dos municípios teve vetadas as possibilidades de instalação da usina. Porém, se houver uma cooperação entre municípios, principalmente limítrofes entre si, viabilizaria o compartilhamento da usina como destinação final para o RSU.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004. **Resíduos sólidos**: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ALVES FILHO, João. **Matriz energética brasileira**: da crise à grande esperança. Rio de Janeiro, 2003.

ANGELIS NETO, G.; ZMITROWICZ, W. Impactos Ambientais causados por resíduos sólidos urbanos: O caso de Maringá. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, 2000.

BELGIORNO, V.; FEO, G.D.; ROCCA, C. D.; NAPOLI, R. M. A. **Energy from gasification of solid wastes**. Waste Management, 2003.

BIDONE, Francisco R. A. **Resíduos Sólidos provenientes de coletas especiais**: eliminação e valorização. Porto Alegre: Abes, 2001.

BRAGA, B.; et al.. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm) > Acesso em: 13 de mai. 2015.

\_\_\_\_\_. **Lei nº. 12.305**, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm) >. Acesso em: 13 de mai. 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. **PLANSAB – Plano nacional de saneamento básico**. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/plansab\\_06-12-2013.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab_06-12-2013.pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2015.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Termo geral de referências para elaboração de projetos de Engenharia e Estudos Ambientais de obras e serviços de infraestrutura de sistemas integrados de destinação final de resíduos sólidos urbanos**. 2009.

BRASIL. Rio Grande do Sul. **Lei Estadual nº 14.528**, de 15 de abril de 2014. Disponível em: <[http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid\\_IdNorma=60798&Texto=&Origem=1](http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100018.asp?Hid_IdNorma=60798&Texto=&Origem=1)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

BRASIL. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Consulta online**. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

BRASIL. Secretaria Nacional de saneamento ambiental. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2011. 10. ed. Brasília: 2013a.

BRASIL. Secretaria Nacional de saneamento ambiental. **Sistema nacional de informações sobre saneamento**: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2012. 11. ed. Brasília: 2014.

BRASIL. Tribunal de Contas do Estado do Rio Grande do Sul. **Consulta online**. Disponível em: <<http://www1.tce.rs.gov.br/portal/page/portal/tcers/>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

BRIDI, E. **Resíduos sólidos urbanos**: uma proposta para otimização dos serviços de coleta e da disposição final. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CONESA, Juan A. **Informe sobre la tecnología de gasificación de la empresa Greene Waste to Energy S.L.** Instituto Universitario de Ingeniería de Procesos Químicos, Universidad de Alicante, 2012.

CONSELHO nacional do meio ambiente (CONAMA). **Resoluções CONAMA: 1984/1986**. Brasília, SEMA, 1986.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000.

DA COSTA, R. C.; PIEROBON, E. C. **Leilão de energia nova**: análise da sistemática e dos resultados. Rio de Janeiro, 2012.

DAVER, V. Plasma Térmico: solução ecológica para o lixo. **Revista Ciência Hoje – Tecnologia**. Sebrae, 1997.

FEPAM – Fundação estadual de proteção ambiental Henrique Luis Roessler. **Empreendimentos licenciados**: banco de dados. Arquivo Excel. Porto Alegre, [entre 1999 e 2014a]. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. **Consulta online**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. **Disposição final dos RSU gerados no Estado do Rio Grande do Sul**. Arquivo Excel. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. **Licenciamento ambiental**: consultas genéricas on line. Porto Alegre, [entre 1999 e 2014b]. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

FRANÇA, R. G.; RUARO, É. C. R. Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro, vol. 14, n. 06, dez 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GREENPEACE. **Incineração não é a solução**. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/pt/Noticias/incinera-o-n-o-e-a-solu-o/>>. Acesso em 20 mai. 2015.

HENRIQUES, R. M. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica**. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético), Programa de Pós - Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

HOLLIS, M. D. New horizons in sanitary engineering research. **American Journal of Public Health**, p 53-57, Jan. 1955.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Consulta online**. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro, 2010.

\_\_\_\_\_. Rio Grande do Sul. **Censo demográfico 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rs>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

KETTANI, M. A.; HOYAUX, M. F. **Plasma engineering**. Londres: London Butterworths, 1973.

LEONE, J. **America experience on landfill biogas recovery**. Ameresco Cetesb, 2003.

MUYLAERT, M. S.; **Consumo de energia e aquecimento do planeta – análise do mecanismo de desenvolvimento limpo – MDL – do Protocolo de Quioto – Estudos de Caso**. Rio de Janeiro, 2000.

NEWBERY, D. **Competition, Contracts and Entry in the Eleletricity Spot Market**. Rand Journal of Economics, vol. 29, 1998.

RAFAEL, L. F. A.; ZMITROWICZ, W. Incorporação de Aterros a Áreas Urbanas. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, 2006.

SEGALA, K. **Manual de gestión integrada de resíduos sólidos municipales em ciudades de América Latina y el Caribe**. Rio de Janeiro: IBAM, 2006.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2002.

STREET, A. A crise energética de 2015. **Valor Econômico**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.valor.com.br/opiniaio/3922020/crise-energetica-de-2015>>. Acesso em: 05 jun. 2015.

TOLMASQUIM, M. T. **Fontes renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.

VERMA, S. **Anaerobic Digestion of biodegradable Organics in Municipal Solid Wastes**. Department of Earth & Environmental Engineering, Columbia University, 2002.

WILLUMSEN, H. C. **Energy recovery from Land Fill gas in Denmark and worldwide**. LG Consultant, 2001.

ZVEIBIL, V. Z. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.