



## **Tratamento de resíduos urbanos, geração de energia e fertilizante: uma perspectiva para a região do Vale dos Sinos**

**José de Souza<sup>1</sup>, Leandro Pelegrini<sup>2</sup>, Clayton André Oliveira da Motta<sup>3</sup>,  
Mário Augusto Alexandre Coelho<sup>4</sup>, Lirio Schaeffer<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT) ([josesouza@liberato.com.br](mailto:josesouza@liberato.com.br))

<sup>2</sup>PPGE3M / GDER / UFRGS ([leandro.pelegrini@ufrgs.br](mailto:leandro.pelegrini@ufrgs.br))

<sup>3</sup> PPGE3M / Ldtm / UFRGS ([clayton.motta@yahoo.com.br](mailto:clayton.motta@yahoo.com.br))

<sup>4</sup>PPGE3M / Ldtm / UFRGS ([mariocoelho@ecoterra-bio.com.br](mailto:mariocoelho@ecoterra-bio.com.br))

<sup>5</sup>PPGE3M / Ldtm / UFRGS ([schaeffer@ufrgs.br](mailto:schaeffer@ufrgs.br))

### **Resumo**

Aumento no consumo de alimentos, transformação de recursos naturais e produção alimentícia acarretam também um acréscimo da produção de resíduos em unidades residenciais e industriais. O destino de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma preocupação constante de municípios do Vale do Rio dos Sinos. A conversão da biomassa em energia e biofertilizante agrícola é uma saída para um destino correto destes resíduos. Com uso de biorreatores estes poderão ser tratados gerando-se biogás e biofertilizante. Mantendo-se a estrutura de coleta e transporte instalada, a implantação de tais usinas poderá ser feita canalizando-se os resíduos para usinas localizadas em áreas acessíveis à todos os municípios. Uma análise das vantagens, geração, composição dos produtos e situação de implantação de tais usinas é desenvolvida neste trabalho. Destaca-se o diferencial de sustentabilidade baseado no trinômio, tratamento de RSU, geração de energia e produção de fertilizante agrícola.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Usinas de biogás, Tratamento de resíduos.

Área Temática: Tema 6 – Tecnologias Ambientais.

### **Abstract**

*The increase in food consumption, the natural resources transformation and food production cause an increased production of waste in residential and industrial units. The fate of municipal solid waste (RSU) is constant concerns of Vale do Rio dos Sinos municipalities. The conversion of biomass into energy and agricultural biofertilizer is an output to a correct destination of these wastes. With use of these bioreactors it can be treated by generating biogas and biofertilizer. Keeping the structure of collection and transportation installed, the deployment of such plants may be done by channeling the residuals for plants located in accessible areas to all municipalities. An analysis of the advantages, generation, product composition and status of implementation of such plants is developed in this work. Stands out is the differential of sustainability based on the tripod, RSU treatment, power generation and production of agricultural fertilizer.*

*Key words: Sustainability, Biogas plants, Waste treatment.*

*Theme Area: Theme 6: Environmental Technologies.*



## 1 Desenvolvimento e sustentabilidade

O desenvolvimento de uma região é o conjunto das condições de vida dos habitantes, como o bem estar social, o livre acesso a saúde e a escola, trabalho, renda, transporte, segurança e lazer. Todas estas características estão ligadas diretamente ao trinômio, meio ambiente, produção energética e tratamento de resíduos. A sustentabilidade também está relacionada com o emprego de tecnologias para produção, transporte e utilização dos combustíveis de forma limpa e renovável. A poluição gerada na produção, tratamento ou no uso da energia é um importante aspecto a ser considerado.

Devido ao crescimento de investimentos em fontes alternativas de energias e de políticas públicas na busca da diversificação da matriz energética em todo País, observa-se a tendência na produção e o crescimento do potencial na geração de biogás. Usinas de biogás compõem uma alternativa possível e que contribui de forma fundamental para o desenvolvimento sustentável de regiões onde há necessidade de tratamento de resíduos e onde existe abundância de biomassa. Dessa forma, esses reatores anaeróbicos promovem o saneamento, previnem a poluição e a contaminação dos recursos hídricos e do solo, que são vulneráveis aos dejetos e esgoto não tratado. Esta tecnologia possibilita um adequado tratamento de diversos resíduos orgânicos agrícolas, bem como a utilização energética do gás metano, que se liberado diretamente no meio ambiente contribui, segundo Baird 2002, com o aquecimento global (efeito estufa) e é 21 vezes mais poluidor de que o gás carbônico. Justifica-se seu potencial de utilização baseando-se principalmente nos aspectos: socioeconômicos, energéticos e ambientais (Andrade et al., 2003).

As plantas biodigestoras também se apresentam como uma alternativa ao tratamento de resíduos orgânicos em aterros sanitários. Estes somente retêm os resíduos orgânicos urbanos, não geram energia de maneira eficiente e ainda permanecem com essa carga orgânica retida por vários anos. Nos aterros a emissão de poluentes é bastante grande, os gases poluem a atmosfera e os resíduos resultantes podem contaminar o solo, subsolo, lençol freático e os cursos d'água. Em usinas de Biometano, os resíduos são tratados e geram energia de forma controlada em curto período de tempo e de forma otimizada (Souza et al., 2010).

Resíduos orgânicos urbanos, esgotos, etc, poluem o meio ambiente caso não tratados, causam sérios prejuízos à sociedade, pois disseminam doenças, poluem o ar, solo e os recursos hídricos. Por outro lado essas fontes poluidoras podem ser utilizadas como fonte de energia em estações de tratamento e geração de energia renovável (Iglesias et al., 1999). Considerando-se a geração de energia aliado ao tratamento destes resíduos soma-se dois fatores importantes, a energia gerada e o grande volume de resíduos que foram tratados, evitando-se assim a poluição. Um terceiro produto a ser mencionado é o substrato resultante do processo de biodigestão, o biofertilizante. Com uma biodigestão controlada obtém-se um excelente biofertilizante agrícola que pode contribuir com a produção de alimentos, considerando-se o grande volume produzido.

O principal subproduto das usinas de tratamento e geração de energia é o biogás. Este é obtido através da decomposição de materiais orgânicos por bactérias anaeróbicas que se desenvolvem em diferentes estágios dentro de câmaras fechadas sem contato com o ar, conhecidos por reatores anaeróbicos. Das bactérias presentes desenvolvem-se o grupo das metanogênicas que tem como função a quebra do composto orgânico. Da parte gasosa o principal componente é o metano, que é o gás combustível desejado no processo. O biogás difere bem sua composição em função da sua formação e do substrato do qual é obtido. Basicamente, ele é composto por metano, dióxido de carbono, nitrogênio, oxigênio, gás sulfídrico e amônia (Costa, 2006). Esta variação é devido a uma série de condições na geração e no substrato utilizado. Verifica-se, portanto a necessidade de tecnologias para separação do metano do restante da composição bem como o seu acondicionamento para utilização.

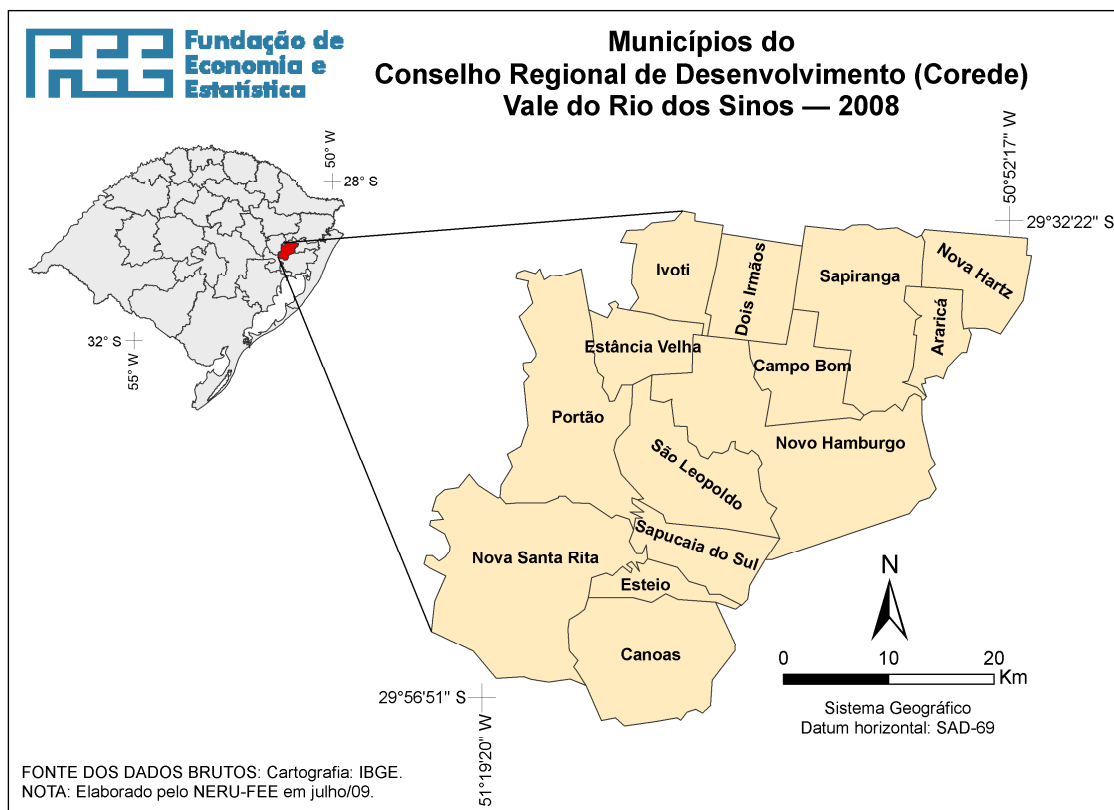


O biogás uma vez filtrado é denominado de biometano, um biocombustível que pode ser usado na geração de energia elétrica, aquecimento em estufas, fornos, fogões e em veículos automotores já convertidos para GNV (Gás Natural Veicular). O biometano com uma composição de 95% de metano possui um poder calorífico de 10.469,60 Kcal/kg um excelente combustível veicular (Alves, 2000). A emissão de poluentes na queima do biometano é muito menor comparado com os combustíveis fósseis, além disso, tem a grande vantagem ambiental, pois a produção do mesmo tem origem do tratamento de resíduos poluidores.

## 2 A região do Vale dos Sinos

O Vale do Rio dos Sinos é composto por 14 municípios em uma área de 1.398,5 km<sup>2</sup>. Segundo dados da FEE (Fundação de Economia e Estatística do RS), a população total em 2003 era de 1.257.713 habitantes, a densidade demográfica era de 899,4 hab/km<sup>2</sup> e a taxa de urbanização era de 98,0.

Figura 1 – Região do Vale do Rio dos Sinos.



O destino de resíduos urbanos tem sido alvo de discussão e planejamento dos órgãos responsáveis e prefeituras da região. A saturação de aterros sanitários e o aumento da geração de resíduos estão agravando a situação. O inadequado destino e depósito geram uma série de impactos ambientais. O depósito, estocagem para concentração e transbordo por longas distâncias também acarretam impactos. Os resíduos depositados em grandes quantidades já estarão sofrendo a ação de bactérias degradando e gerando gases poluentes. Essa situação provoca o aparecimento de vetores transmissores de doenças como ratos, moscas, etc. A população próxima desses depósitos sofre com fortes odores e um impacto visual



desagradável atraindo insetos, cães e outros animais. Na sequência pode ser visto uma situação de um depósito de resíduos localizado em um dos municípios (Figura 2).

Figura 2 – Resíduos orgânicos urbanos a espera de remoção para o aterro sanitário.



Segundo informações da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002), são coletadas 228.413 toneladas diárias de resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil. Nesse período a população brasileira era de aproximadamente 170 milhões de habitantes (IBGE, 2000), a estimativa de geração *per capita* de RSU no Brasil estaria em torno de 1.345 g.hab/dia. Com esta informação a produção de RSU no Vale dos Sinos pode ser estimada em torno de 1,7 mil toneladas/dia.

Observa-se que a região possui grande potencial produtor de biomassa devido a atividade agrícola, indústria alimentícia, vegetal entre outras. Outro aspecto é a grande quantidade de resíduos sem tratamento ou destino apropriado que geram grande impacto ambiental. Além do RSU os municípios que compõem essa região possuem sistemas precários de tratamento de esgotos e águas residuárias que em alguns casos são jogadas diretamente nos rio e afluentes dos Sinos. Devido a esse fator aponta-se para a necessidade do desenvolvimento de um plano estratégico para o tratamento dos resíduos de forma descentralizada focando a geração de energia renovável.

Outro aspecto social a ser considerado é o fato de que a acessibilidade aos recursos energéticos eleva a qualidade de vida dos cidadãos que estão localizados próximos à região. A descentralização da produção energética traz benefícios à população distanciada dos grandes centros. A produção desta energia através dos próprios consumidores, como associações, cooperativas, etc, lhes confere maior liberdade e autonomia de gerenciar seus recursos energéticos considerando às características da região tendo em vista suas necessidades e demandas. A projeção dos recursos necessários à implementação de tecnologias e manutenção deve ser efetuada pelos próprios associados, o que reduz custos da energia gerada beneficiando assim o núcleo de consumidores locais.

### 3 Produção de biogás através de RSU

O biogás é obtido através da decomposição de materiais orgânicos por bactérias anaeróbias que se desenvolvem dentro de câmaras fechadas sem contato com o ar, conhecidos por reatores anaeróbios. Para sua produção podem ser utilizados os mais diversos materiais

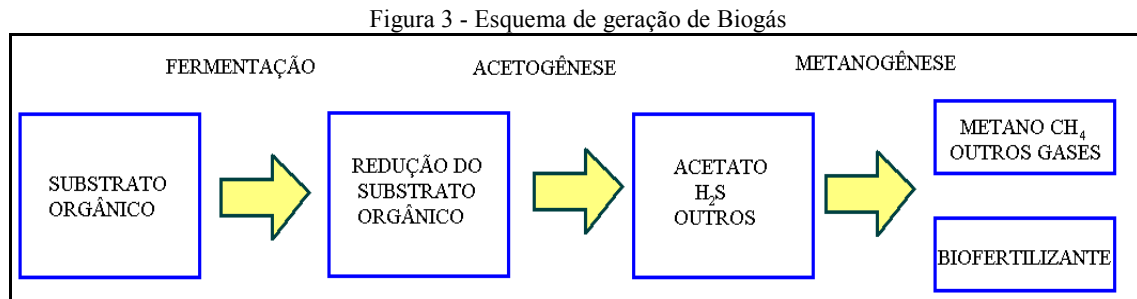


orgânicos como resíduos de alimentos, vegetais, animais, etc. Podem ser utilizados desde os mais diversos compostos até os excrementos e fezes de animais e esgoto cloacal.

O desenvolvimento das bactérias tem como resultado da quebra do composto orgânico que é transformado em biogás e biofertilizante livre de bactérias nocivas e zoonoses (Souza, 2010).

O biogás difere em sua composição em função da sua formação, do substrato do qual é obtido e condições de degradação, basicamente é composto por metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), além de nitrogênio (N), oxigênio (O), ácido sulfídrico (H<sub>2</sub>S) e amônia (NH<sub>3</sub>).

O processo de formação do biogás ocorre em três diferentes estágios: a fermentação inicial ou hidrólise, seguida pela acetogênese e finalmente pela metanogênese onde ocorre a formação da maior parte do metano, conforme pode ser visto na figura 3.



(Adaptado de Connaughton et al., 2006).

O biogás depende do substrato de que é gerado, isso lhe confere características diferenciadas, a principal delas é a quantidade de metano. Esse gás que pode ser utilizado como combustível e na maioria das vezes é o objetivo principal da produção do biogás. Na sequência uma tabela com informações sobre os principais constituintes desta mistura de gases.

Tabela 1 – Propriedades dos principais constituintes do Biogás.

Propriedades	Metano (CH <sub>4</sub> )	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Gás sulfídrico (H <sub>2</sub> S)
Peso Molecular	16,04	44,01	34,08
Volume Específico	1473,3cm <sup>3</sup> /g	543,1cm <sup>3</sup> /g	699,2cm <sup>3</sup> /g
Capacidade Calorífica a 1ATM	0,775 kcal/kg	0,298 kcal/kg	0,372 kcal/kg
Relação CP/CV	1,307	1,303	1,320
Poder Calorífico	13,268 kcal/kg	0 kcal/kg	4,633 kcal/kg
Limite de Inflamabilidade	5-15% por volume	Nenhum	4-46% por volume

Adaptado de Figueiredo, 2007.

O metano é tido como um gás que tem um potencial poluidor 21 vezes maior do que o CO<sub>2</sub> e é considerado como contribuinte em 19% no efeito estufa. Uma vez gerado e liberado na atmosfera, o metano (que é proveniente de toda e qualquer matéria orgânica degradada) acaba oxidando, conforme pode ser visto na fórmula 1.



Essa oxidação troposférica produz grande quantidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) gases nocivos ao meio ambiente e á saúde. Os mesmos são





responsáveis por diversas reações. O primeiro pode causar o aumento de sintomas em doenças respiratórias e alterar os mecanismos de defesa de patógenos (Baird, 2002).

## 5 Produção de biofertilizante

Ao final do processo de fermentação anaeróbia da matéria orgânica obtém-se um composto orgânico, que pode ser empregado na agricultura substituindo a adubação química, para a recuperação de solos degradados, como substrato para produção de mudas, na produção vegetal em estufas e demais culturas para a produção de alimentos.

Durante a decomposição da matéria orgânica há uma mudança da fração de carbono, mas os nutrientes permanecem no substrato na sua totalidade. Durante o processo de fermentação eles se tornam mais disponíveis para a absorção pelas plantas (Döhler et al., 1999).

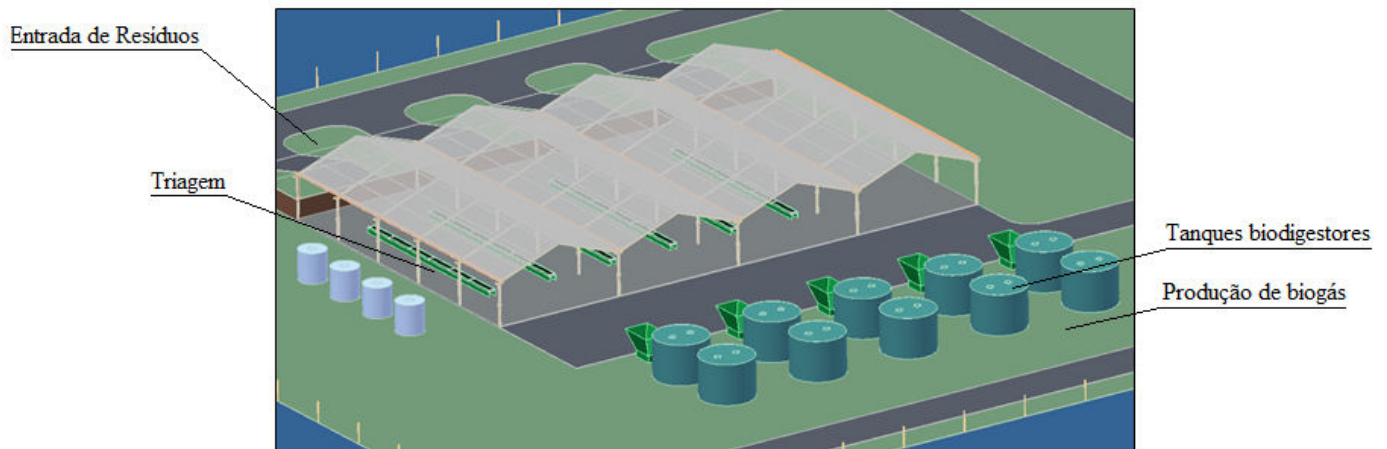
Se a matéria orgânica utilizada nos biorreatores tiver a mesma origem, oriunda de produção animal com uma alimentação contendo os mesmos nutrientes, advindas da agricultura com um mesmo trato cultural, o substrato que se obtém ao final do processo de fermentação terá sempre as mesmas características de composição (LTZ, 2008). Isto facilita a venda e o controle de qualidade do biofertilizante produzido.

A utilização de biofertilizante proveniente de lixo doméstico está permitida conforme preconiza a Instrução Normativa 64 de 18 de dezembro de 2008 em seu anexo VI.

## 6 Usinas para tratamento de resíduos urbanos e geração de energia

Plantas de geração de biogás também podem ser usadas como estações de tratamento e triagem de resíduos. A separação da parcela inorgânica dos resíduos é necessária para a degradação posterior em câmaras biodigestoras. A utilização do biogás depende do tratamento e do acondicionamento do mesmo. A secagem do biofertilizante compõe o último estágio do processo. Abaixo uma estação de tratamento e geração de energia.

Figura 4 – Estação de Tratamento e geração de Energia.



Usinas de geração de biogás é uma alternativas de tratamento de RSU e esgoto uma vez que os reatores anaeróbicos criam condições propícias para o desenvolvimento bacteriológico e assim geram o gás digerindo o substrato orgânico. Além disso, o tempo de permanência dos resíduos em biorreatores é menor, no máximo noventa dias ao passo que em aterro sanitário pode permanecer por décadas (Warith, 2001).

A energia proveniente da usina pode ser utilizada em equipamentos que empregam combustíveis fósseis, pois esses equipamentos são facilmente readaptados para o biogás, além



disso, esse combustível representa um imenso potencial e uma alternativa como combustível veicular com funcionamento idêntico ao GNV (Kapdi et al., 2005). Além de reduzir drasticamente a emissão do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) o biogás poderá tornar-se um biocombustível competitivo.

## 7 Conclusões

Geração de biogás com resíduos potencialmente poluidores é uma alternativa de tratamento aliada a produção de energia e fertilizante agrícola. O recolhimento de resíduos orgânicos, transporte e a separação são tecnologias instaladas e geridas por quase todos os municípios da região do vale dos sinos. A utilização desta estrutura é uma saída para aproveitamento destes resíduos transformando-os em energia limpa e renovável.

A contribuição deste tipo de iniciativa passa também pelo correto destino e tratamento dos resíduos. A transformação da biomassa poluidora em fertilizante agrega a este subproduto valor comercial. A comercialização do fertilizante além de contribuir com a amortização do empreendimento e manutenção contribui ambientalmente na substituição de fertilizantes químicos por um biológico.

A implementação de usinas de biodigestão pode estabelecer a garantia de um ciclo virtuoso que se inicia com a produção do alimento, seu consumo, o aproveitamento da sobra e o resíduo, a geração de energia e por fim o fertilizante que retorna para a agricultura contribuindo para produção de mais alimentos.

## Referências

ALVES J. W. S. – **Diagnóstico Técnico Institucional da Recuperação e uso Energético do Biogás Gerado pela Digestão Anaeróbica de Resíduos**. Dissertação de Mestrado PIPGE, USP – São Paulo, 2000

ANDRADE, M. A. N., RANZI, T. J. D., MUNIZ, R. N., SILVA, L. G. S. S., ELIAS, M. J. – **Biodigestores Rurais no contexto da atual crise de Energia Elétrica Brasileira e na perspectiva da Sustentabilidade Ambiental**. Coordenadoria de Gestão Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC – UFSC – 2003.

BAIRD, C. – **Química Ambiental** – Editora Bookman, 2ª Edição, 622 pág – Porto Alegre – 2002.

CONNAUGHTON, S., COLLINS, G., O’FLAHERTY, V. – **Psychrophilic and mesophilic anaerobic digestion of brewery effluent: A comparative study** – Microbial Ecology Laboratory, Department of Microbiology and Environmental Change Institute (ECI), National University of Ireland, 2006.

COSTA, D. F. – **Geração de energia elétrica a partir do Biogás do tratamento de esgoto** – Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2006.

FIGUEIREDO, N. J. V. – **Utilização do Biogás de Aterro Sanitário Para Geração de Energia Elétrica e Iluminação a Gás** – Estudo De Caso - Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie – São Paulo – 2007.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA - SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO DO RS – 2033. Disponível em



[http://www.fee.tche.br/sitefee/download/documentos/documentos\\_fee\\_58.pdf](http://www.fee.tche.br/sitefee/download/documentos/documentos_fee_58.pdf)

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2000** IBGE, Rio de Janeiro, 397pp. – 2002.

IGLESIAS, L., CASTRILLO L., PELAEZ, N., MARANÃ E., MAISON O. N., ANDRES, H. S. – **Biomethanization of municipal solid waste in a Pilot Plant** – Department of Chemical and Environmental Engineering, Higher School of Industrial Engineering, University of Oviedo, Spain, 1999.

INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 64 – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 18 de dezembro de 2008.

KAPDI, S. S., VIJAY, V. K., RAJESH, S. K., PRASAD, P. – **Biogas Scrubbing, Compression and Storage: perspective and prospectus in Indian context.** Renewable Energy – Science Direct, Renewable Energy – Centre for Rural Development and Technology, Indian Institute of Technology, New Dehli 110016, India – 2005.

LTZ: Inhaltsstoffe in Gärprodukten und Möglichkeiten zu ihrer geordneten pflanzenbaulichen Verwertung. Projektbericht, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) 2008.

SOUZA, J. – **Desenvolvimento de tecnologias para compressão de biogás** – Dissertação de Mestrado – PPGE3M – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, Brasil – 2010.

SOUZA, J; SILVA, G. G. D; SCHAEFFER, L; KRUMMENAUER, E. J; LIMA, H. Q. – **Eficiência energética de biocombustíveis: Compressão de Biogás** – VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental – PUC/RS – Porto Alegre, 2010.

WARITH, M. **Bioreactor landfills: experimental and field results** - Ryerson Polytechnic University, 350 Victoria Street, Toronto, Ontario, Canada – 2001.