



APROVEITAMENTO DE ENERGIA NA ÁREA DE UM VAZADOURO DESATIVADO UTILIZANDO BIORREATORES DO TIPO GARAGEM EM BATELADAS SEQUENCIAIS

Denner Ribeiro Machado (*), Fernanda Palladino Pedroso

*Universidade Federal do Paraná - UFPR, denner_ribeiro@yahoo.com.br, denner.ribeiro.25@gmail.com

RESUMO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um tema amplamente discutido pela sociedade e por especialistas, uma vez que esta, perpassa por uma área multidisciplinar e pelo tripé da sustentabilidade, buscando-se assim um equilíbrio entre o viés econômico, social e ambiental. No contexto da gestão de RSU, este projeto propõe uma alternativa de aproveitamento do potencial energético na área de um antigo vazadouro a céu aberto. Um vazadouro, caracteriza-se como uma forma de disposição final de RSU de simples descarga sobre o solo, sem critérios técnicos e medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O vazadouro a ser utilizado para estudo localiza-se município de Uruguaiana no estado do Rio Grande do Sul e, como opção de tecnologia, adotou-se biorreatores do tipo garagem em bateladas sequenciais. Os resultados apontam um uma energia anual de cerca de 19,9GWh/ano proveniente do biogás produzido, ou seja, uma potência diária estimada em cerca de 2,3MW, o que insere o biorreator dentro dos limites da legislação para a minigeração distribuída, trazendo assim também benefícios regulatórios a implantação. Buscando otimizar a produção, foi proposto um total de 9 biorreatores em concreto armado, em virtude do ciclo de coleta do município e quantidade de produção diária de RSU domiciliar, além de maior tempo de acúmulo do RSU dentro do biorreator, uma vez que fechado, o sistema deve aguardar um tempo de retenção hidráulica estimado em 21 dias antes de ser reaberto para retirada do material tratado e consequente início de um novo ciclo. A proposta dos biorreatores de digestão seca mostrou potencial viabilidade técnico-econômica e socioambiental uma vez que o estudo aponta a necessidade para recuperação da área, bem como, a opção tecnológica adotada suporta uma maior porcentagem de sólidos e inertes presentes no RSU a ser tratado que as tecnologias de biodigestão de via úmida conhecidas.

PALAVRAS-CHAVE: Bioenergia, Biogás, Biorreatores tipo garagem, Resíduos sólidos urbanos, Digestão anaeróbica seca.

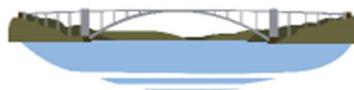
ABSTRACT

The management of urban waste (MSW) is an issue widely discussed by both society and specialists, since it is permeated by a multidisciplinary area and by the tripod of sustainability, seeking a balance between the economic, social and environmental factors. In the context of MSW, this project proposes an alternative for the exploration the energy potential in the area of a dumping ground. A dumping ground is characterized by the final disposal of waste directly on the soil, without the employment of any technical criteria and measures of protection of the environment or public health. The dumping ground to be used in this study is in the municipality of Uruguaiana in the state of Rio Grande do Sul and the technology adopted is the garage-type bioreactors. The results indicate an annual energy production is 19.9 GWh / year from the produced biogas, i.e., an estimated daily production of about 2.3MW, which places the bioreactor within the limits of the legislation for distributed minigeneration, resulting in regulatory benefits for deployment as well. Aiming to optimize production, a total of 9 bioreactors in reinforced concrete was proposed, considering the collection cycle of the municipality and the daily production of MSW, as well as a longer accumulation time of the MSW inside the bioreactor which, once closed, must wait an estimated hydraulic retention time of 21 days before being reopened to remove the treated material and consequently start a new cycle. The proposal of dry digestion bioreactors presented potential technical-economical and socio-environmental feasibility, since the study indicates the need for recovery of the area, as well as the adopted technological option supports a higher percentage of solids and inert material present in the MSW to be treated than the technologies of wetland digestion.

KEY WORDS: Bioenergy, Biogas, Garage type bioreactors, Urban solid waste, Dry anaerobic digestion.

INTRODUÇÃO

Um vazadouro, caracteriza-se como uma forma de disposição final de RSU de simples descarga sobre o solo, sem critérios técnicos e medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O presente estudo busca propor uma alternativa de aproveitamento do potencial energético na área de um antigo vazadouro a céu aberto do município de Uruguaiana (conhecido como lixão de Uruguaiana).



Pela Lei nº 12.305/2010 as cidades brasileiras foram indagadas a adequarem a gestão que fazem do “lixo” às regras da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Neste contexto, inclui-se a extinção dos lixões nos municípios em até 4 anos, ou seja, 2014. Prazo este, que foi prorrogado, e no caso de municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes (com base no Censo de 2010), a data foi estendida até o ano de 2019.

Além disso a mesma lei trouxe também em seu Art. 19º - §1, que o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) pode ser inserido no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), desde que respeitando o conteúdo mínimo previsto, como descrito na legislação.

A área descrita como lixão de Uruguaiiana está atualmente desativada, mas que ainda está servindo como área de transbordo e sem um sistema adequado de gestão e aproveitamento da mesma. Sem um plano recuperação, a área hoje ainda traz grandes problemas, como combustões espontâneas devido a presença de gás oriundo da degradação da matéria orgânica, dentre outros impactos a área e a comunidade do entorno.

Neste cenário, foram analisados possíveis meios de se aproveitar a área do vazadouro para fins energéticos. Dentro as opções estudadas opções, foi selecionado a melhor alternativa em virtude das vantagens em relação a atividade fim e para o melhor aproveitamento do espaço em prol de benefícios socioambientais que tal alternativa agrega. Em seguida, foram efetuados a caracterização das principais informações pertinentes ao empreendimento e as que são necessárias para instalar o projeto dentro do limite do escopo aqui definido. Sendo a que a opção tecnologia aqui adotada é a dos biorreatores do tipo garagem em bateladas sequenciais, para o tratamento do RSU e consequente produção de biogás.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar um estudo preliminar que visa propor uma alternativa de aproveitamento do potencial energético na área de um antigo vazadouro a céu aberto do município de Uruguaiiana (conhecido como lixão de Uruguaiiana).

METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste primeiramente no levantamento bibliográfico sobre os processos de tratamento dos resíduos sólidos urbanos e as tecnologias empregadas, bem como apontar a composição gravimétrica do RSU e demais informações que caracterizem a área de estudo. A partir destes dados visa-se apontar uma alternativa para gestão deste resíduo e dimensionar tal sistema usando ferramentas computacionais como o Excel, Sketchup e o Autocad e assim apresentar uma potencial forma de utilizar a área para fins energéticos.

RESULTADOS E ANÁLISES

No Brasil, a tecnologia de biometanização ainda é pouco explorada e a recuperação energética de biogás ocorre de maneira bastante incipiente e que diversos municípios brasileiros ainda não possuem adequado gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, dispondo seus resíduos de forma irregular. Além de problemas ambientais e socioeconômicos, a disposição de resíduos sólidos urbanos em lixões dificulta o aproveitamento do biogás gerado na decomposição desses resíduos.

No contexto da fração orgânica dos resíduos sólidos (FORSU), o tratamento biológico da matéria orgânica via metanização consiste em um sistema integrado, que abrange o conhecimento transdisciplinar em tratamento das fases sólida, líquida e gasosa, com vistas a valorização dos subprodutos gerados (biogás e biosólidos). A metanogênese é a fase mais crítica e mais lenta da biodigestão, sendo extremamente influenciada pelas condições de operação, como temperatura, composição do substrato, taxa de alimentação, tempo de retenção no biodigestor, pH, concentração de amônia, entre outros. Logo aliar uma tecnologia adequada com uma boa gestão do resíduo com segregação da matéria orgânica na origem tende a potencializar a geração de energia.

A área descrita como lixão de Uruguaiiana está atualmente desativada, mas que ainda está servindo como área de transbordo e sem uma adequado gestão e aproveitamento da mesma. Sem um plano recuperação, a área hoje ainda traz grandes problemas, como combustões espontâneas devido a presença de gás oriundo da degradação da matéria orgânica, dentre outros impactos a área e a comunidade do entorno. Tal desativação de áreas ocupadas por lixões é feita, muitas vezes, sem critérios técnicos, como no caso do “lixão” em Uruguaiiana.



Conforme disposto PMSB Uruguaiana, uma meta para o município é a “Avaliação e projeto piloto das alternativas de disposição final dos RSU e resíduos sólidos gerados, definindo a mais adequada para o município em até 8 anos”, data está contada da data de 2014, quando publicado o PMSB.

Em frente a este cenário o presente projeto busca atender uma demanda importante ao município, a de apontar uma forma de aproveitamento da área desse lixão desativado, preferencialmente para fins energéticos, de modo a fomentar uma alternativa que se integre com as metas do plano municipal de saneamento básico do município – PMSB no que tange o tratamento do RSU.

Para se delimitar bem o que pode ser feito, em primeiro lugar deve-se ter um panorama geral da área e as principais informações do município que norteiam prospecções de alternativas de uso dessa área.

O vazadouro se localiza no Município de Uruguaiana, na região da fronteira oeste do Estado do Rio Grande do Sul, a 29°46'55" de latitude Sul e 57°02'18" de longitude Oeste, e uma distância de cerca de 634 km da capital do Estado. Além disso, como o município representa um ponto de interligação entre o Brasil e a Argentina.

A grande maioria dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Uruguaiana era destinada a um depósito de RSU (lixão) localizado próximo ao Aeroporto Internacional de Uruguaiana, tendo como via de acesso principal à Rodovia BR 290 (Rodovia Osvaldo Aranha), e estando a cerca de 4 km do centro da cidade. Tal depósito formou-se inicialmente em função de extração de mineral na área, disponibilizando assim uma cava ao município, que não possuindo aterro sanitário, passou a dispor no local os seus resíduos urbanos. Segundo o PMGIRS o “lixão” recebeu, todo e qualquer tipo de resíduo, durante cerca de 21 anos, está localizado em área urbana, dista, aproximadamente, 6,5 Km do centro da cidade e possui uma área de 22,74 hectares. Entre 1992 à 2013, estima-se, que lá foi depositado cerca de 517.687,50 m³. A área do vazadouro, não se encontra totalmente coberta por resíduos, possuindo ainda partes não utilizadas, a área pode ser identificada pela Figura 1.



Figura 1: Visão geral do lixão. Fonte: Autor do Trabalho, 2018.

A composição gravimétrica do município conforme diagnóstico elaborado por (SILVA, A. A.; MICHAELSEN, B. L; VALLS, 2006), baseado no processo de quarteamento, estudo este que também aponta frações orgânicas e inorgânicas [%] a Densidade Aparente [kg/m³] e outros dados que servem de parâmetro para análise.

A quantidade atual de resíduos domiciliares coletados é estimada em 210 ton/mês para a população atendida, permitindo-se a definição do índice de produção per capita de 0,576 kg/hab.dia a densidade aparente dos RSU corresponde a 254,7 Kg/m³ e o custo de disposição final de resíduos considerou-se o valor atual de R\$ 50,00/tonelada conforme consta no PMSB de 2014 e no diagnóstico elaborado por (SILVA, A. A.; MICHAELSEN, B. L; VALLS, 2006). Partindo-se destas informações é possível se propor alternativas de aproveitamento da área.

Em qualquer alternativa técnica adotada, o tempo e os recursos técnicos e econômicos necessários são proporcionais ao grau de comprometimento da área e à capacidade da Prefeitura Municipal em promover a correta recuperação e aproveitamento da área.

Para recuperação e aproveitamento da área descrita acima, considera-se que a necessidade aqui apontada deve ser solucionada em duas etapas, de forma concomitante ou em separado, portanto, considera-se:

- 1º - Solução para o vazadouro (reabilitação da área);
- 2º - Aproveitamento da área (para fins energéticos).

Análises foram feitas para se avaliar alternativas que se enquadrem na solução da problemática acima descrita e apontar possíveis formas de se aproveitar a área para fins energéticos. Cabe-se salientar que o foco deste projeto é o aproveitamento energético da área, etapa 2, as etapas de descomissionamento em virtude da opção aqui escolhida deverão ser tratadas por um novo projeto não sendo incorporados no escopo aqui apresentado um detalhamento de dados e atividades da etapa 1.



O tratamento de RSU pode ser compreendido como sendo em suas diferentes formas, uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos associados de acordo com a tecnologia empregada, com as características e necessidades locais.

Um sistema integrado de gestão do RSU pode ser composto por atividades relacionadas às etapas de geração, acondicionamento, coleta e transporte, reaproveitamento, tratamento e destinação final. De forma geral, existem sistemas básicos de tratamento e disposição de RSU que se baseiam na triagem, tratamentos biológicos, incineração e aterros sanitários.

A tecnologia de biometanização da fração orgânica do RSU (FORSU) geralmente é empregada em plantas de tratamento mecânico-biológico. O material é submetido a processos manuais e mecanizados de triagem para recuperação de materiais recicláveis e tratamento da fração orgânica dos resíduos. A fração orgânica é direcionada a processos biológicos de tratamento para estabilização, geralmente via biometanização ou a compostagem acelerada (ARCHER et al., 2005). Um dos principais aspectos que diferem as tecnologias de biometanização da FORSU é o teor de sólidos totais (ST) do material que será introduzido nos digestores. Isto faz com que os sistemas via seca gerem uma menor quantidade de efluentes líquidos, acarretando em economias de investimento e operação quanto aos sistemas de pré-acondicionamento e tratamento de efluentes. Além disso, o meio biológico dos sistemas via seca é mais robusto, como mostra a literatura, suportando melhor as alterações no substrato e a aplicação de cargas orgânicas elevadas (GOMES et al., 2012).

Esta opção tecnológica adota baseia-se no tratamento por via digestão anaeróbia seca, tecnologia está apontada como a mais promissora por diversos autores no cenário brasileiro, em virtude das características do RSU, que é a baixa segregação na fonte, mas com uma fração orgânica pertinente para aplicação dessa tecnologia. A Figura 4 apresenta o fluxograma típico de Usina de Tratamento Mecânico-Biológico de Resíduo Sólido Urbano (TBM-RSU), tipicamente empregado nesse tipo de sistema.

Conforme (BIOGÁS, 2015) os Túneis de Metanização de Batelada Sequenciais (TMBS) têm se mostrado bastante eficientes em suas experiências na Europa, e tendem a ser adequados à realidade nacional face às características do RSU brasileiro, já que um dos seus principais diferenciais é possibilitar o tratamento dos resíduos com elevado teor de impróprios, ou seja, matérias que não sofrem digestão anaeróbia, como resto de plásticos por exemplo. Além de buscar solucionar os problemas operacionais comuns em grandes plantas de metanização de resíduos sólidos, com propostas inovadoras para reduzir o tempo de tratamento dos resíduos e otimizar a produtividade de biogás.

As baias de metanização, são reatores que operam com elevado teor de sólidos (35 a 50%) mas em operação descontínua, em regime de bateladas sequenciais, sendo a FORSU introduzida por pás carregadeiras em reatores do tipo túneis de metanização, também conhecido como sistemas garagem. Visando a continuidade de operação e, conseqüentemente, de produção de biogás.

Dentro das premissas da necessidade a ser atendida, o descritivo desse projeto calcula o potencial energético do biogás da região bem como as características construtivas do biorreator a ser implantado nos moldes da opção tecnológica adotada. Sendo um sistema de bateladas sequenciais, que são tecnologicamente mais simples, robustos e baratos. Além de devido aos reatores serem completamente esvaziados ao final de cada processo, torna-se possível eliminar um dos principais problemas operacionais enfrentados em plantas de metanização.

Sendo aqui dimensionado a linha de metanização, composta do sistema de acúmulo do lixiviado e dos biorreatores. Em resumo a opção tecnológica de tratamento da matéria orgânica proveniente do sistema de pré-tratamento é submetida ao tratamento via digestão anaeróbia seca, que resulta na estabilização parcial desse material e geração dos subprodutos biogás e lodo digerido. O biogás é captado por uma tubulação específica e direcionado ao sistema de condicionamento e valorização energética. O sistema foi dimensionado e consiste no biorreator e no tanque de percolado, ambos de concreto armado, tubulação do biorreator, aspersores, canaletas e gasômetros.

O modelo é composto por reatores retangulares dispostos em série, que recebem sequencialmente a FORSU para tratamento até atingir a capacidade de processo de cada túnel. O resíduo permanece no interior do digestor pelo período total do processo de metanização.

Um reator auxiliar é utilizado como Unidade Produtora de Inóculo - UPI, coletando os líquidos lixiviados gerados nos TMBS para que sejam mesclados com uma comunidade bacteriana já adaptada, de forma que os microrganismos metanogênicos sejam inoculados.

Na parte superior de cada TMBS existe um sistema de aspersão de inóculo proveniente da UPI, que é posicionado sobre a FORSU, possibilitando sua percolação e o aporte contínuo dos microrganismos metanogênicos ao material em tratamento.

Tal sistema é apropriado para fermentação de resíduos orgânicos de RSU, onde a separação dos resíduos não é perfeita e a matéria orgânica está misturada com plásticos e outros materiais inertes, que não fermentam, onde a principal vantagem é justamente poder ser utilizada com resíduos orgânicos de RSU no Brasil, em virtude da baixa segregação em geral. Pois a falta de separação do lixo domiciliar dificulta a utilização de outros tipos de tecnologia. Este sistema pode, de certa forma, fazer com que a política nacional de resíduos sólidos (PNRS) seja realmente implementada no Brasil.

O biogás gerado no reator é captado por uma tubulação específica e direcionado à linha de condicionamento e à valorização energética. O material digerido, por sua vez, é destinado à linha de pós-tratamento.

A planta aqui projetada será concebida com mais reatores, possibilitando a introdução e remoção de substrato de maneira sequencial e uma operação em estágios distintos de metanização.

Considerando o aproveitamento energético da área, esta é uma tecnologia que apresenta dentro das opções de biometanização a alternativa mais promissora, para um descomissionamento da área e tratamento do resíduo previamente acumulado no lixão de Uruguaiiana, bem como, podendo também ser usada futuramente como área de tratamento de resíduos futuros uma vez que o processo de triagem já está previsto no novo aterro, reduzindo-se assim a necessidade de uma central ampla de pré-tratamento do RSU do município.

Uma vez iniciado, o processo não exige homogeneização ou mistura e, por esse motivo, o equipamento não está sujeito a desgaste por impurezas presentes no resíduo. Depois de um ciclo de tratamento de 3 a 6 semanas em média como visto na literatura o material digerido é retirado e direcionado a uma pós-digestão aeróbia.

As garagens (digestores) são estanques, conectadas a um reservatório de biogás e contam com aspersão do percolado sobre o substrato, visando à criação das condições de vida ideais para os microrganismos metanogênicos. O aquecimento incorporado às paredes dos contêineres assegura uma temperatura de processo ideal (mesofílico ou termofílico).

Ao final do ciclo de digestão, antes da abertura, o reator é aerado para evitar a emissão de metano, que pode criar um ambiente explosivo. Faz-se necessário um filtro biológico para tratar o ar extraído. Parte do material digerido é separada para a inoculação do processo e a outra parte é levada à pós-digestão.

A tecnologia adotada, baseia-se na tecnologia SMARTFERM que fornece dois tipos de plataformas: loja fabricada em digestores de aço ou digestores de concreto. O modelo aqui dimensionado é o de concreto. Uma vez que tecnologias de aço são pré-fabricadas e demandariam importação. As estruturas de concreto são detalhadas a seguir.

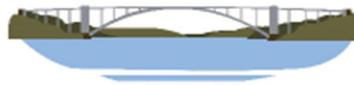
Para o dimensionamento do biorreator, considerou-se os seguintes dados, já apresentados anteriormente para o município de Uruguaiiana conforme o PMSB e os dados levantados no diagnóstico feito por (SILVA, A. A.; MICHAELSEN, B. L.; VALLS, 2006), tem-se:

- Composição gravimétrica do RSU de 63%;
- Produção per capita de 0,576 kg/hab.d;
- Densidade aparente dos RSU corresponde a 254,7 kg/m³;
- Produção de RSU da população de 70 ton/d (70.000kg/d).

Em uma consulta para amparar tal resultado, o estudo de (SILVA, M. C.; SANTOS, G. O, 2010) aponta uma densidade aparente de 231 kg/m³. Os valores encontrados nesse estudo estão bem próximos da literatura, como apontam os autores citados por Silva e Santos, como Mercedes (1997), Carneiro et al. (2000), Lima e Sirluiga (2000), IBAM (2001), Russo (2003), Ranuci (2008).

A faixa típica do PCI do biogás foi adotada como adotado por (Ferreiro, 2015), os demais dados foram calculados pelo autor, e serviram de dados para terminar a potência e energia, sendo eles:

- TRH – Tempo de Retenção Hidráulica 21 [d]
- VB – Quantidade introduzida de substrato dia 274, 8 m³/d
- VR – Volume do biorreator 5.771,5m³ (Total necessária para as 9 baias abaixo descritas)
- Qg – Quantidade de gás produzido em condições normais 5.460m³ [m³CH₄/d]



- PCI– Potencial Calorífico Inferior 9,97 [kWh/m³deCH₄]
- Pg – Potência gerada diária é 2.268kW

A área usada para implantação dos digestores possui cerca de 14,000m² cerca de 13% da área total do lixão. A Figura 2 representa um layout da planta a ser implantada e a Figura 3 apresenta a vista lateral de um biorreator com seus componentes.

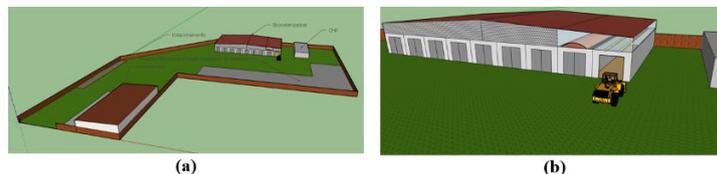


Figura 2: Layout da planta. Fonte: Autor do Trabalho, 2018

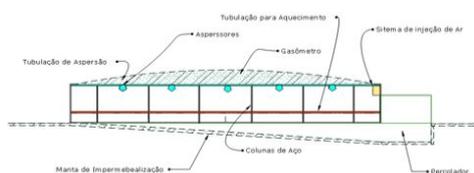


Figura 3: Vista lateral e componentes. Fonte: Autor do Trabalho, 2018

O biorreator segue a linha tecnológica dos biorreatores em bateladas sequenciais tipo garagem. Sendo calculado uma energia anual de cerca de 19,9GWh/ano proveniente do biogás produzido, ou seja, uma potência diária estimada em cerca de 2.2MW, o que insere o biorreator dentro dos limites da legislação para a minigeração distribuída, trazendo assim também benefícios regulatórios a implantação, como por exemplo, a redução de tributos sobre a geração. Foi proposto um total de 9 biorreatores buscando otimizar a produção, em virtude do ciclo de coleta do município e quantidade de produção diária de RSU domiciliar, além de maior tempo de acumulo do RSU dentro do biorreator, uma vez que fechado, o sistema deve aguardar um tempo de retenção hidráulica de 21 dias antes de ser reaberto para retirada do material tratado e consequente início de um novo ciclo.

A proposta dos biorreatores de digestão seca se mostra-se viável técnico-econômico e socioambientalmente uma vez que o estudo aponta a necessidade para recuperação da área, bem como, a opção tecnológica adotada suporta uma maior porcentagem de sólidos e inertes presentes no RSU a ser tratado que as tecnologias de biodigestão de via úmida conhecidas.

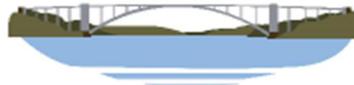
CONCLUSÕES

Um projeto apresenta características peculiares que necessitam de uma dedicação especial para a execução correta de sua gestão, que vai desde a validação dos dados levantados no diagnóstico aqui apresentado bem como sua re-contabilização por meio da metodologia aqui adotada.

A mobilização constante da sociedade em um ambiente dinâmico e complexo. A matéria prima necessária pode ser oriunda do próprio vazadouro e do sistema de coleta do município, podendo ser trabalhada em virtude do ajuste de operação do biorreator, tornando a produção de biogás mais eficiente, e até podendo minimizar o tempo de retenção. Pode ser usado a fração orgânica bem segregada até mesmo a presença de um maior teor de inertes, diferentes das tecnologias tradicionais, bem como associado a um sistema de poda e capina do município bem como a outros resíduos de origem na pecuária, dentre outros. O vazadouro está próximo ao um centro de carga o que amplia as possibilidades do biogás ali gerado.

Deste modo a planta de Tratamento mecânica biológica com o biorreator tipo garagem em bateladas sequenciais é uma tecnologia promissora que tem atratividade financeira como pode-se avaliar em um plano comercial e financeiro. Sendo assim, pode ser interessante propor-se também um protótipo in-loco para ajustar os dados aqui calculados e aumentar a eficiência do processo, seja na busca de ajuste do dimensionamento para parâmetros aqui calculados, seja em propor uma nova forma de aproveitar o biogás gerado no sistema de pós tratamento.

A definitiva implementação dos biorreatores deve ser acompanhada de projetos complementares e as-built bem delimitado, em prol de se elevar o nível detalhamento da planta. Dentro do escopo definido para estudo deste projeto, o



dimensionamento bem como as características construtivas revelam a aplicabilidade da tecnologia interessantes e relativamente simples para adaptação ao cenário nacional e mesmo apesar de incipiente no cenário nacional a tecnologia aqui projetada pode ser ajustada de acordo com as necessidades de cada projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARCHER, E., et al. Mechanical-biological-treatment: a guide for decision makers processes, policies & markets. Londres, Juniper Consultancy Services Ltd, v. 1. 2005.
2. BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Probiogás. Tecnologias de digestão anaeróbia com relevância para o Brasil: substratos, digestores e uso de biogás / Probiogás; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ); autores, Carolina Bayer Gomes Cabral ... [et al.]. – Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.
3. FERREIRA, J. A. Lixo Hospitalar e Domiciliar: Semelhanças e Diferenças - Estudo de Caso no Município do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1997.
4. GOMES, F. C. de S. P., AQUINO, S. F. de, COLTURATO, L. F. de D. B. Biometanização seca de resíduos sólidos urbanos: estado da arte e análise crítica das principais tecnologias. Eng Sanit Ambient, v.17, n.3, p. 295-304, Set. 2012.
5. Lei nº 12.305/2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
6. PREFEITURA DE URUGUAIANA. Plano municipal de saneamento básico – PMSB, 2014.
7. SANTOS, W. M. dos; FRANCHINI, B.; ALMEIDA, K. S. de. Situação do saneamento básico no município de Uruguaiana, 200[-]
8. SILVA, M. C.; SANTOS, G. O. dos. Densidade aparente de resíduos sólidos recém coletados, CONNEPI - 2010.
9. SILVA, A. A.; MICHAELSEN, B. L; VALLS, F. Diagnóstico situacional da gestão dos resíduos sólidos no município de Uruguaiana -RS. 1º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos Instituto Venturi para Estudos Ambientais – Porto Alegre/RS. 2006
10. SILVA, A. A.; MICHAELSEN, B. L; VALLS, F. Gerenciamento dos Resíduos Sólidos – RSU no Município de Uruguaiana RS. Volume I e Volume II. Porto Alegre/RS, 2006.