



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA – CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO BACHARELADO EM QUÍMICA INDUSTRIAL**

FLAVIA SUZANY FERREIRA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DE INÓCULO NA REMOÇÃO DE DQO E
NITROGÊNIO AMONÍACAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
ORGÂNICOS TRATADOS EM REATORES ANAERÓBIOS DE
BATELADA**

Campina Grande – PB
2014

FLAVIA SUZANY FERREIRA DOS SANTOS

**INFLUÊNCIA DE INÓCULO NA REMOÇÃO DE DQO E
NITROGÊNIO AMONÍACAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
ORGÂNICOS TRATADOS EM REATORES ANAERÓBIOS DE
BATELADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Química Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Valderi Duarte Leite

Campina Grande – PB
2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

S237i Santos, Flávia Suzany Ferreira dos.
Influência de inóculo na remoção de DQO e nitrogênio amoniacal de resíduos sólidos orgânicos tratados em reatores anaeróbios de batelada [manuscrito] / Flávia Suzany Ferreira dos Santos. - 2014.
38 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.
"Orientação: Prof. Dr. Valderi Duarte Leite, Departamento de Engenharia Sanitária Ambiental".

1. Tratamento anaeróbio. 2. Resíduo sólido orgânico. 3. Lixiviado. 4. Biogás. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

**INFLUÊNCIA DE INÓCULO NA REMOÇÃO DE DQO E
NITROGÊNIO AMONIAICAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
ORGÂNICOS TRATADOS EM REATORES ANAERÓBIOS DE
BATELADA**

APRESENTADO EM: 29 / 11 / 2014

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Valderi Duarte Leite
(Orientador DESA/CCT/UEPB)



Prof. Dra. Helvia Waleska Casulo de Araújo
(Examinadora DESA/CCT/UEPB)



Prof. Dr. Fernando Fernandes Vieira
(Examinador DESA/CCT/UEPB)

Campina Grande – PB
2014

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho primeiramente a Deus,
a minha mãe Elaine Ferreira dos Santos e ao
meu pai Marco Antônio dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus ser onipotente, onipresente, imaterial, de pura bondade, amor e inteligência suprema por tudo que tem feito ao longo dos meus dias em cada amanhecer, por sempre estar presente em minha vida buscando me mostrar o melhor caminho a ser seguido através do meu guia espiritual. A Maria mãe de Jesus que rege em minha vida cobrindo-me com seu manto azul. Ao meu guia espiritual pela sua proteção diária demonstrada através de provações e livramentos ao longo de minha vida.

Agradeço a minha família, aos que estão perto e aos que estão longe. A minha mãe Elaine Ferreira dos Santos por toda educação que me deu mesmo passando por diversas dificuldades nunca deixou de demonstrar o seu cuidado diário com seus filhos, por ter me ensinado os melhores caminhos a serem seguidos baseados nos ensinamentos de Jesus Cristo. Ao meu pai Marco Antônio dos Santos pilar de sustentação de toda nossa família, sempre muito batalhador e dedicado a sua profissão, pelas suas dicas, pela ajuda sempre que precisei, pelos conselhos e ensinamentos de uma pessoa experiente.

Agradeço ao meu amigo, namorado, companheiro de todos os momentos Dhiego Araújo de Vasconcelos Gomes por toda sua ajuda nos momentos fáceis e principalmente nos difíceis, por todo incentivo e motivação, por muitas vezes em minhas dúvidas diárias sempre buscar me aconselhar da melhor forma possível, você foi à pessoa com a qual eu mais partilhei desse momento e sou extremamente grata por te ter ao meu lado.

Agradeço a duas pessoas em especial que é ao meu orientador de PIBIC durante dois anos Prof. Dr. Wilton da Silva Lopes pela oportunidade de trabalhar com você e por todos os seus ensinamentos. E ao meu orientador de monografia Prof. Dr. Valderi Duarte Leite que me aceitou com a maior calma do mundo, por toda sua ajuda diária, que foi muita, orientação e ensinamentos.

A todos os meus colegas de faculdade, e aos companheiros de laboratório Railson, Albiery, Edlamara e em especial a Romênia que tanto me ajudou durante a escrita da monografia. Sem a ajuda de vocês o coleguismo e diversão diária nos laboratórios não seria a mesma coisa, meu muito obrigada.

Meus cumprimentos a todos!!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disposição final dos RSU coletados no Brasil.....	15
Figura 2: Reatores submetidos a temperatura controlada em estufa.....	21
Figura 3: Coleta e trituração do RSO.....	24
Figura 4: Preparo dos reatores.....	25
Figura 5: Coleta das amostras para análises.....	26
Figura 6: Determinação do volume de biogás produzido.....	27

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

PNSB	Plano Nacional de Saneamento Básico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
AGV	cidos Graxos Voláteis
DQO	Demanda Química de Oxignio
pH	Potencial Hidrogeniônico
CO ₂	Dióxido de Carbono
CH ₄	Metano
EXTRABES	Estaco Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários
UEPB	Universidade Estadual da Paraíba
RSO	Resíduo Sólido Orgânico
R S U	Resíduo Sólido Urbano
EMPASA	Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviço Agrícolas
N-NH ₃	Nitrogênio Amoniacal
T 1	Tratamento 1 (Lixiviado)
T 2	Tratamento 2 (Lixiviado adaptado)
T 3	Tratamento 3 (Branco)

RESUMO

A quantidade de resíduos sólidos gerados diariamente tem crescido de forma exponencial e acaba sendo um dos problemas mais preocupantes para a sociedade. O processo anaeróbio vem sendo bastante utilizado para tratar o resíduo sólido orgânico devido a sua elevada carga orgânica e seu reaproveitamento energético. Esse trabalho teve como objetivo comparar o efeito do tratamento anaeróbio de Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) em regime de batelada em três digestores sendo dois com diferentes inóculos e um sem o uso do inóculo; realizar a caracterização dos RSO após o processo de digestão anaeróbia por meio de parâmetros físico e químicos e avaliar o teor de produção de biogás durante 111 dias de operação dos reatores. O sistema experimental foi projetado e instalado nas dependências da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba localizada na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba. O experimento foi realizado em triplicata utilizando-se 3 reatores no sistema experimental, sendo um inoculado com lixiviado, outro com lixiviado adaptado e no terceiro reator não existia inóculo. O inóculo do lixiviado adaptado foi tratado anteriormente com a finalidade das bactérias se adaptarem ao meio, e posteriormente foi acondicionado em ambiente anaeróbio durante quatro meses antes da partida do experimento. O monitoramento do sistema experimental durou 216 dias, sendo que as análises de nitrogênio amoniacal e DQO filtrada realizadas nesse estudo foram feitas a partir de 105 dias de monitoramento. Foram coletadas amostras da fração solúvel de cada tratamento para análise semanalmente de nitrogênio amoniacal e DQO_{FILTRADA}. O teor de produção de biogás foi medido diariamente utilizando um sistema manométrico. Dentre as condições estudadas foi possível observar que a eficiência na remoção de DQO_{FILTRADA} no reator inoculado por lixiviado foi de 39,5 % apresentando uma menor concentração de ácido graxo volátil e uma maior eficiência quando comparado aos outros tratamentos. Com relação ao nitrogênio amoniacal, o tratamento inoculado com lixiviado adaptado foi o melhor em virtude do mesmo apresentar maior concentração de bicarbonato de amônia. O volume de biogás produzido foi próximo de 23L para todos os tratamentos estudados.

Palavras-chave: Lixiviado; biogás; tratamento biológico; matéria orgânica putrescível.

ABSTRACT

The amount of solid waste generated daily is growing exponentially and ends up being one of the most worrying problems for society. The anaerobic process has been widely used to treat solid organic waste due to its high organic load and its energy reuse. This study aimed to compare the effect of anaerobic treatment of organic solid waste under batch digesters at three different inocula two with and one without the use of inoculum; to characterize the RSO after the anaerobic digestion process through physical and chemical parameters and to evaluate the content of biogas for 111 days of operation of the reactors. The experimental system was designed and installed on the premises of the State University of Paraíba in the city of Campina Grande, Paraíba State Experimental Station for Biological Treatment of Sewage (EXTRABES). The experiment was performed in triplicate using three reactors in the experimental system, one inoculated with leachate, leachate and other adapted to the third reactor inoculum did not exist. The inoculum of the leachate was treated previously adapted for the purpose of bacteria adapt to the environment, and later was placed in an anaerobic environment for four months before the start of the experiment. The monitoring experimental system lasted 216 days, and the analysis of ammonia nitrogen and COD filtered conducted in this study were made from 105 days. Samples of the soluble fraction of each treatment were collected weekly for analysis of ammonia nitrogen and $DQO_{FILTRADA}$. The content of biogas production was measured daily using a manometric system. Among the conditions was observed that the removal efficiency in the reactor inoculated $DQO_{FILTRADA}$ leached was 39.5% with a lower concentration of volatile fatty acids and greater efficiency when compared to other treatments. With respect to ammonia nitrogen, treatment inoculated with adapted leached was the best because of it have a higher concentration of ammonium bicarbonate. The amount of produced biogas was close to 23L being more efficient in the anaerobic treatment performed for longer with more days.

Keywords: Leachate; biogas; biological treatment; putrescible organic matter.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	14
3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS	16
3.3 PROCESSO ANAERÓBIO.	17
3.4 PROCESSO ANAERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS	19
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 LOCAL DA PESQUISA	20
4.2 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS	20
4.3 INÓCULO	20
4.4 REATORES	21
4.5 MONITORAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
4.6 PARÂMETROS ANALÍTICOS	22
4.7 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE BIOGÁS PRODUZIDO	23
4.8 FLUXOGRAMA EXPERIMENTAL	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES SEMANAIS	28
5.1.1 NITRÓGENO AMONÍACAL	28
5.1.2 DQO FILTRADA	30
5.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE BIOGÁS PRODUZIDO	33
6 CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Um dos problemas relacionados ao meio ambiente que vem preocupando cada vez mais a sociedade e os órgãos competentes é o resíduo sólido gerado de forma exponencial diariamente pela população devido ao crescimento acelerado populacional aliado ao desenvolvimento muito rápido dos centros urbanos. Esse problema afeta principalmente países menos desenvolvidos ou em estágio de desenvolvimento devido à falta de uma política voltada a gestão desses resíduos e acaba gerando o acúmulo dos resíduos em locais inapropriados, causando mau cheiro e até sendo atrativo para proliferação de insetos, roedores e principalmente micro-organismos patógenos causadores de doenças. Esses resíduos são oriundos principalmente de atividades geradas na cidade como indústria, comércio, hospitais, moradias, construções.

Os resíduos sólidos orgânicos constituem a parte putrescível dos resíduos sólidos gerados por meio urbano, rural, agrícola, resíduos provenientes de estações de tratamento de água e esgoto, coleta e processamento de resíduos recolhidos nas áreas urbanas e também compreendem uma parte de resíduos industriais (SILVA, 2009).

No Brasil, o processo mais utilizado para tratar o resíduo sólido orgânico é por processo aeróbio e anaeróbio, o aeróbio tem o objetivo da utilização do composto orgânico para aplicação na agricultura. Já o processo anaeróbio é a alternativa para o tratamento do resíduo sólido orgânico que mais vem sendo utilizada devido a sua elevada carga orgânica e também ao seu potencial de reaproveitamento energético (REIS, 2012).

No processo de digestão anaeróbia, várias etapas estão envolvidas, e dependendo da etapa e do microrganismo que ali irá se desenvolver, diferentes fatores poderão afetar na biodegradabilidade da matéria orgânica como sendo a concentração do substrato e produtos, pH, alcalinidade, umidade, condições ambientais, inóculo, temperatura, concentração de sólidos, são exemplos desses fatores (SOUSA, 2013).

Esse trabalho foi iniciado por Mayer (2013), e dado continuidade juntamente com Sousa (2013).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Comparar o efeito do tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos em regime de batelada em digestores com dois diferentes inóculos (lixiviado e lixiviado adaptado) e o tratamento no digestor sem o uso do inóculo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização dos Resíduos Sólidos Orgânicos após o processo de digestão anaeróbia por meio de parâmetros físico e químicos, como $DQO_{FILTRADA}$ e nitrogênio amoniacal.
- Avaliar a produção de biogás durante 111 dias de operação dos reatores.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Com o passar dos anos o aumento no crescimento populacional se deu de uma forma muito acelerada e com isso a geração de resíduos sólidos acabou crescendo de forma exponencial resultando atualmente em um dos grandes problemas ambientais devido os resíduos sólidos urbanos estarem presente em toda parte, como em residências, construções, hospitais, indústrias, entre outros.

Os resíduos sólidos urbanos compreendem no geral plásticos, vidros, metais, matéria orgânica putrescível, e o que irá diferenciar na composição do Resíduo Sólido Urbano (RSU) é a fonte geradora. Na Tabela 1 é possível observar a participação de diferentes materiais na fração total de RSU.

Tabela 1: Participação dos Principais Materiais no Total de RSU Coletado no Brasil em 2012.

Material	Participação(%)	Quantidade(t/ano)
Metais	2,9	1.640.294
Papel, Papelão, TetraPak	13,1	7.409.603
Plástico	13,5	7.635.851
Vidro	2,4	1.357.484
Matéria Orgânica	51,4	29.072.794
Outros	16,7	9.445.830
TOTAL	100,0	56.561.856

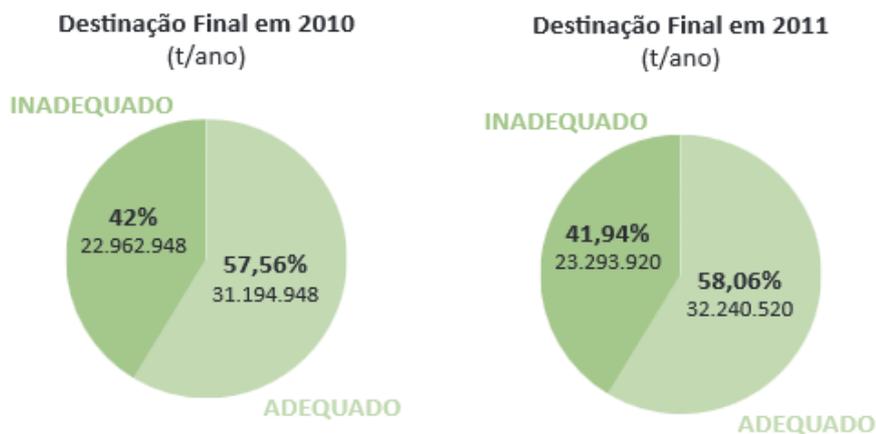
Fonte: Pesquisa ABRELPE, e panorama 2012.

De acordo os dados apresentados na Tabela 1, é possível observar que é predominante uma maior participação no teor de matéria orgânica em relação aos outros materiais por quantidade de toneladas por ano no Brasil.

Segundo dados do IBGE (2008), a região Nordeste apresentou-se um com percentual de 75,2% de municípios que apresentaram o serviço de manejo de resíduos sólidos por meio de administração do poder público, porém com uma maior proporção de destinação desses resíduos aos lixões.

A Figura 1 tem por objetivo apresentar de forma simples uma visão geral sobre os dados da disposição final do resíduo sólido urbano gerado no Brasil no ano de 2011. Nela é possível observar um aumento na porcentagem dos RSU que são adequadamente dispostos porém sem desconhecer que ainda é grande a quantidade de RSU que é inadequadamente disposta.

Figura 1: Disposição final dos RSU coletados no Brasil



Fonte: Manual de boas práticas no Planejamento de Resíduos Sólidos, ABRELPE, 2013.

De acordo com a Figura 1 é possível observar que houve um pequeno aumento da destinação final adequado no ano de 2010 para o ano de 2011, porém, muito ainda tem que ser feito para diminuir essa porcentagem da destinação final inadequada em lixões e ambientes inadequados no geral.

O programa de coleta seletiva é um elemento bastante importante em relação à geração de resíduos por razões ambientais e também financeiras. Em 2011, dos 5.565 municípios do Brasil, 3.263 indicaram a existência de iniciativas em coleta seletiva. A região nordeste possui um total de 1794 municípios, sendo que apenas 651 municípios possuem iniciativas de coleta

seletiva resultando assim, uma porcentagem de 36,30 %. As regiões Sul e Sudeste são as que possuem o maior percentual de municípios que apresentam coleta seletiva em relação às demais regiões (ABRELPE, 2013, pg. 50).

No Brasil o destino final dos resíduos sólidos a vazadouro a céu aberto diminuiu de 72,3 % em 2000 para 50,8 % em 2008. O percentual do destino final dos resíduos sólidos à aterro controlado não mudou significativamente, passando de 22,3 % em 2000 para 22,5 % em 2008. Já o destino final do resíduo sólido a aterro sanitário cresceu consideravelmente de 17,3 % em 2000 para 22,7 % em 2008 (IBGE, 2008).

Segundo MENEZES (2012), uma possível solução para a problemática dos resíduos sólidos urbanos gerados de maneira excessiva diariamente e dispostos em qualquer local, seria a implantação de projetos de gestão de saneamento como a reciclagem, para uma melhor administração dos resíduos para que estes não poluíssem tanto o meio ambiente.

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Os resíduos sólidos orgânicos constituem a parte putrescível dos resíduos sólidos gerados por meio urbano, rural, agrícola, resíduos provenientes de estações de tratamento de água e esgoto, coleta e processamento de resíduos recolhidos nas áreas urbanas e também compreendem uma parte de resíduos industriais. Estima-se que no Brasil, os resíduos sólidos orgânicos putrescíveis constituem em média 55% dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente (SILVA, 2009).

Os resíduos sólidos orgânicos compreendem qualquer resto de alimento, bagaço de frutas, vegetais putrescíveis, também faz parte do resíduo sólido orgânico qualquer material sólido de origem orgânica, como papéis e plásticos que se decompõe pela natureza. Segundo Menezes (2012) a decomposição dos resíduos sólidos orgânicos irá resultar em compostos com elevada demanda química de oxigênio (DQO) e gases de efeito estufa.

Os resíduos sólidos orgânicos de origem animal e vegetal constituem-se as fontes geradoras de impactos ambientais, considerado poluente e quando acumulado pode tornar-se inatrativo, e com mau cheiro e normalmente isso se dá pela decomposição desses resíduos pelas bactérias produzindo gases e a geração de líquidos percolados (chorume) que é responsável pela contaminação do solo e dos recursos hídricos. Deve-se existir bastante

cuidado com o armazenamento desses resíduos para que ele não se torne um ambiente adequado e com todas as condições de desenvolvimento de microrganismos causadores de doenças (NETO, et. al 2007).

Os resíduos sólidos podem ser utilizados em diferentes áreas como reciclagem e pavimentação, e em especial os resíduos sólidos orgânicos podem ser utilizados na agricultura como adubo e também como combustível na produção de energia gerada por meio de bactérias através da digestão anaeróbia produzindo o biogás.

De acordo com Silva (2009), existe alguns meios para solucionar esse problema ambiental através da redução do consumo de produtos que gerem muito resíduo e preferir utilizar os que gerem menos resíduo. Reutilização de embalagens e também a conscientização quanto a importância da reciclagem dentro do local de origem.

3.3 PROCESSO ANAERÓBIO

A digestão anaeróbia consiste em um processo fermentativo com finalidade de remoção da matéria orgânica, formação de biogás e produção de biofertilizantes ricos em nutrientes (JUNIOR, 2003)

Os processos anaeróbios possuem baixo custo operacional e isso influencia para que ele seja utilizado em países desenvolvidos. São bastante empregados no tratamento de efluentes sanitários e industriais com altas concentrações de substâncias orgânicas. De acordo com SILVA (2009), a implantação de sistemas de tratamento anaeróbio é uma alternativa que vem sendo bastante aplicada visando a estabilização e o aproveitamento energético.

A biodigestão anaeróbia pode ser entendida como sendo um tratamento bioquímico com ausência de oxigênio molecular livre. Nesse processo irá ocorrer a interação entre microrganismos com a finalidade de converter compostos orgânicos complexos em CH_4 , compostos inorgânicos e também ácido orgânico de baixo peso molecular (LEITE, et. al 2009).

No processo de digestão anaeróbia, várias etapas estão envolvidas, e dependendo da etapa e do microrganismo que ali irá se desenvolver, diferentes fatores poderão afetar na biodegradabilidade da matéria orgânica como sendo a concentração do substrato e produtos,

pH, alcalinidade, umidade, condições ambientais, inóculo, temperatura, concentração de sólidos, são exemplos desses fatores.

Segundo Leite, et. al (2004), o processo anaeróbio poderá ser desenvolvido em temperaturas mesófilas (30 a 45 °C) ou em temperaturas termófilas (45 a 60 °C).

Para Viriato (2013) apud Metcalf e Eddy (2003) é de extrema importância manter uma temperatura estável na digestão anaeróbia devido as bactérias serem bastante sensíveis as mudanças de temperatura.

O estudo da influência do teor de umidade no tratamento dos resíduos sólidos orgânicos desperta grande interesse por ser um parâmetro importante e de grande influência no tratamento biológico dos RSO. Estudos realizados em reatores com teor de umidade de 70 a 80% mostraram que os reatores que operavam com teor de umidade maior apresentou melhor eficiência quando comparado ao reator que operava com teor de umidade de 70% e isso pode estar relacionado a maior superfície de contato disponível para as bactérias (LOPES et, al. 2002).

Segundo Leite, et. al (2008), uma alternativa no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com a finalidade de obter biogás e composto estabilizado, pode ser observado no processo de tratamento anaeróbio dos RSO que possuem uma baixa concentração de sólidos.

Nos processos anaeróbios o pH irá expressar as condições de acidez e alcalinidade do meio através da concentração de íons H^+ . Nos processos anaeróbios o pH ideal está entre 6,5 e 7,5. No processo de hidrólise irá ocorrer uma elevada produção de ácidos e isso faz com que o valor do pH diminua. A alcalinidade nos processos anaeróbios pode ser entendida como sendo a medida da capacidade tamponante no reator. A mesma pode ocorrer devido a presença de carbono ou ácidos graxos voláteis, porém os bicarbonatos que poderão atuar como tampão no processo (LOPES et, al. 2000).

Para Sousa (2013), a utilização de inóculos tem se mostrado com resultados satisfatórios para diminuição do tempo de bioestabilização. O inóculo deve ser escolhido de forma que ele possua o melhor tempo de estabilização e maior produção de biogás. Os inóculos geralmente utilizados são lodos de estações de tratamento de esgotos ou alguns materiais de origem animal, como esterco bovino e outros.

O processo de tratamento anaeróbio é usado a muito tempo e uma de suas utilizações é no tratamento de resíduo sólido de origem animal ou vegetal e que possua uma carga orgânica elevada, (LEITE, et. al 2003)

3.4 PROCESSO ANAERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Segundo Silva (2009) atualmente a compostagem e digestão anaeróbia são os processos mais utilizados no tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos municipais.

A compostagem é uma alternativa para o tratamento da parte sólida menos degradável, com a finalidade da obtenção do composto orgânico (adubo). É uma técnica utilizada a muito tempo devido a sua facilidade de condução e baixo custo (JUNIOR, 2007).

O tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos tem como base a bioquímica e a microbiologia da digestão anaeróbia, esse tipo de tratamento tem evoluído de forma significativa baseando-se nas novas descobertas e desenvolvimento da digestão anaeróbia (CARNEIRO, 2005).

O processo de tratamento anaeróbio ocorre em quatro etapas, a primeira é a hidrólise que é irá ocorrer a conversão de materiais particulados complexos (polímeros) em compostos de baixo peso molecular como ácidos graxos, açúcares e aminoácidos. A segunda etapa é definida como acidogênese, as bactérias fermentativas acidogênicas irão degradar os monômeros e produzir ácidos orgânicos voláteis de cadeia curta, acetato, hidrogênio e CO₂. Em seguida, na terceira etapa denominada acetogênese, os ácidos orgânicos de cadeia longa e ácidos graxos voláteis são degradados originando acetato, dióxido de carbono e hidrogênio. E por fim na terceira etapa metanogênese os microrganismos metanogênicos irão consumir os substratos (ácido acético, H₂ e CO₂) para produzirem metano (JUNIOR, Curso de Tratamento de Esgoto, cap.5. pg 206).

O aproveitamento do metano por meio do biogás gerado pelo resíduo sólido orgânico torna-se uma alternativa bastante promissora e importante no uso do metano como fonte de energia alternativa e também para amenizar as consequências do efeito estufa (REIS, 2012).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL DA PESQUISA

O sistema experimental foi projetado e instalado nas dependências da Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba localizada na cidade de Campina Grande, no estado da Paraíba.

4.2 RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

O resíduo sólido orgânico utilizado foi constituído por restos de comida, frutas, verduras e outros e foi baseado no resíduo sólido urbano doméstico padrão (R.S.U.D.p.) recomendado por POVINELLI, et al., (2000).

Cerca de 3 Kg de resíduo sólido orgânico foi coletado na EMPASA (Empresa Paraibana de Abastecimento de Sevirços Agrícolas) da cidade de Campina Grande – PB e as partes remanescentes foram adquiridas em restaurantes.

Após a coleta, o resíduo sólido orgânico foi encaminhado para extrabes e triturado no multiprocessador (Philips). Logo após foi adicionado 12,5 litros de água destilada para uma melhor homogeneização e em seguida foi ajustada a concentração de sólidos para 5%.

4.3 INÓCULO

Foram utilizados dois tipos de inóculos, o primeiro sendo o lixiviado coletado no aterro sanitário localizado na cidade de João Pessoa –PB. E o segundo inóculo foi o lixiviado adaptado que foi preparado adicionando-se o resíduo sólido orgânico com a concentração de sólidos de 5% com a finalidade das bactérias ficarem melhor adaptadas ao meio, após o preparo esse inóculo foi acondicionado em ambiente anaeróbio durante quatro meses.

Os inóculos então foram nomeados por T1 e T2, e houve também o tratamento em branco, nomeado como T3, nesse tratamento realizado não existia a presença do inóculo. Na Tabela 2 estão os tipos de tratamentos e inóculos constituintes.

Tabela 2: Tratamentos e inóculos constituintes

Tratamento	Inóculo
1	Lixiviado
2	Lixiviado Adaptado
3	Branco(sem inóculo)

4.4 REATORES

O experimento foi realizado em triplicata utilizando-se 3 reatores no sistema experimental. Os reatores foram construídos em frascos de vidro da marca Schott® com capacidade volumétrica de 620 mL e tampa rosqueada que possuía uma abertura central onde foram acoplados septos de borrachas para permitir a quantificação do biogás e coleta das amostras solúveis. Para a selagem dos reatores utilizou-se silicone (Figura 2).

Figura 2: Reatores submetidos a temperatura controlada em estufa



Fonte: Sousa, 2013

4.5 MONITORAMENTO EXPERIMENTAL

O monitoramento do sistema experimental foi realizado em regime de batelada onde os reatores são preenchidos com a matéria-prima e deixado por um período, e após o tratamento do RSO são esvaziados. O monitoramento durou 216 dias, sendo que as análises de nitrogênio amoniacal e DQO filtrada realizadas nesse estudo foram feitas a partir do 105 dias dia por ser continuação do trabalho iniciado por Mayer (2013).

Foi adicionado uma proporção de 10:1 de resíduo sólido orgânico para inóculo, ou seja, para 50 ml de cada inóculo foi adicionado 500 mL do resíduo sólido orgânico em cada reator, com a finalidade de alimentar os reatores para serem selados, acondicionados e controlados a uma temperatura de 25°C na estufa Odontobrás, modelo EL - 1.5.

Uma vez por semana cada reator era homogeneizado para que fosse feita a coleta de 5ml de amostra da parte sóluvel presente em cada reator com a ajuda de uma agulha hipodérmica de grosso calibre (1,60 x 40 - RMDESC). Feito isto, a amostra era filtrada com micro filtros de fibra de vidro de gramatura 0,45 µm e diâmetro de 47 mm (SeS).

4.6 PARÂMETROS ANALÍTICOS

As análises foram realizadas uma vez por semana durante 105 dias de acordo com o parâmetro, método e referência indicados na Tabela 3.

Tabela 3: Métodos analíticos e referência dos parâmetros

Parâmetro	Método	Referência
Nitrogênio Amoniacal	Micro Kjeldahl	AHPHA (2005)
DQO Filtrada	Refluxação Fechada	AHPHA (2005)

4.7 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE BIOGÁS PRODUZIDO

A produção de biogás foi medida diariamente por meio de um dispositivo para medir pressão que consiste em um manômetro de um tubo em formato de "U" e possui uma certa quantidade de líquido, no caso o líquido utilizado foi a água com massa específica de 1000 kg/m³.

A determinação foi feita através da altura deslocada pelo líquido, resultante da pressão que o biogás exerce sobre o manômetro.

Calculando-se a pressão exercida pelo gás no reator através da seguinte equação (1):

$$P_g = \rho gh + P_a \quad (1)$$

Sendo:

P_g : pressão exercida pelo gás no reator (atm);

P_a : pressão atmosférica (0,93 atm relacionada a altitude média de Campina Grande em torno de 550 a 600 metros);

ρ : massa específica da água (1000 Kg/m³);

g : aceleração da gravidade (9,81 m/s²);

h : altura deslocada pelo líquido manométrico (metros).

A pressão exercida pelo gás em volume de biogás produzido é convertida através da equação geral dos gases ideais e como a massa do gás é a mesma, o número de moles é invariável, e a constante é diretamente proporcional a pressão e volume do gás.

Como a massa do gás é a mesma e o número de moles é invariável, pode-se afirmar que a constante é diretamente proporcional à pressão e volume do gás, e inversamente proporcional à sua temperatura, de acordo com a equação (2) a seguir.

$$\frac{P_g V_R}{T_R} = \frac{P_{CNTP} V_b}{T_{CNTP}} \quad (2)$$

Onde:

P_g : pressão exercida pelo gás no reator (atm);

P_{CNTP} : pressão nas CNTP (1atm);

V_R : volume disponível acima do líquido (mL);

V_b : volume de biogás gerado nas CTNP (mL);

T_R : temperatura do reator (298K);

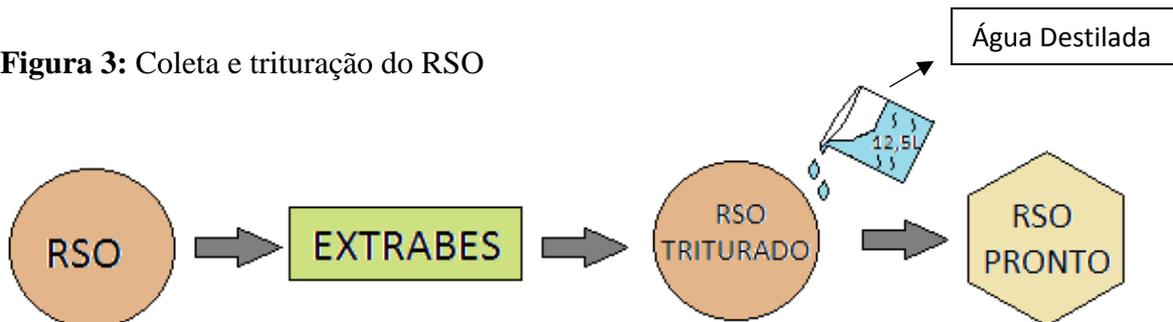
T_{CNTP} : temperatura nas CNTP (273K).

A partir disso, tem-se a medição do volume de biogás produzido nos reatores através da determinação do valor de V_b .

4.8 FLUXOGRAMA EXPERIMENTAL

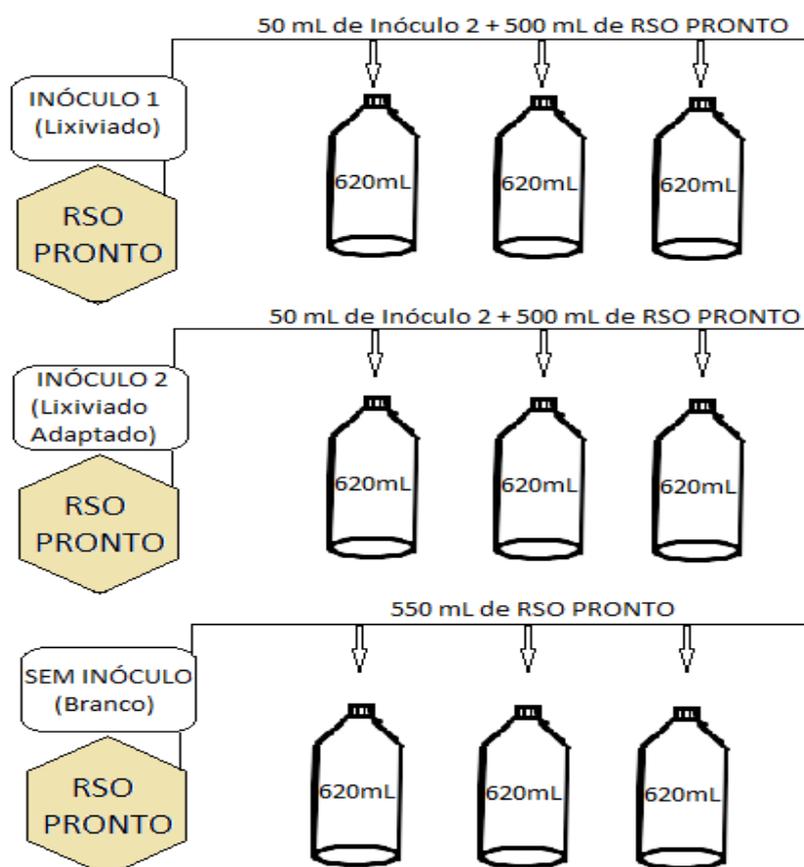
1ª Etapa: Coleta e trituração

Figura 3: Coleta e trituração do RSO



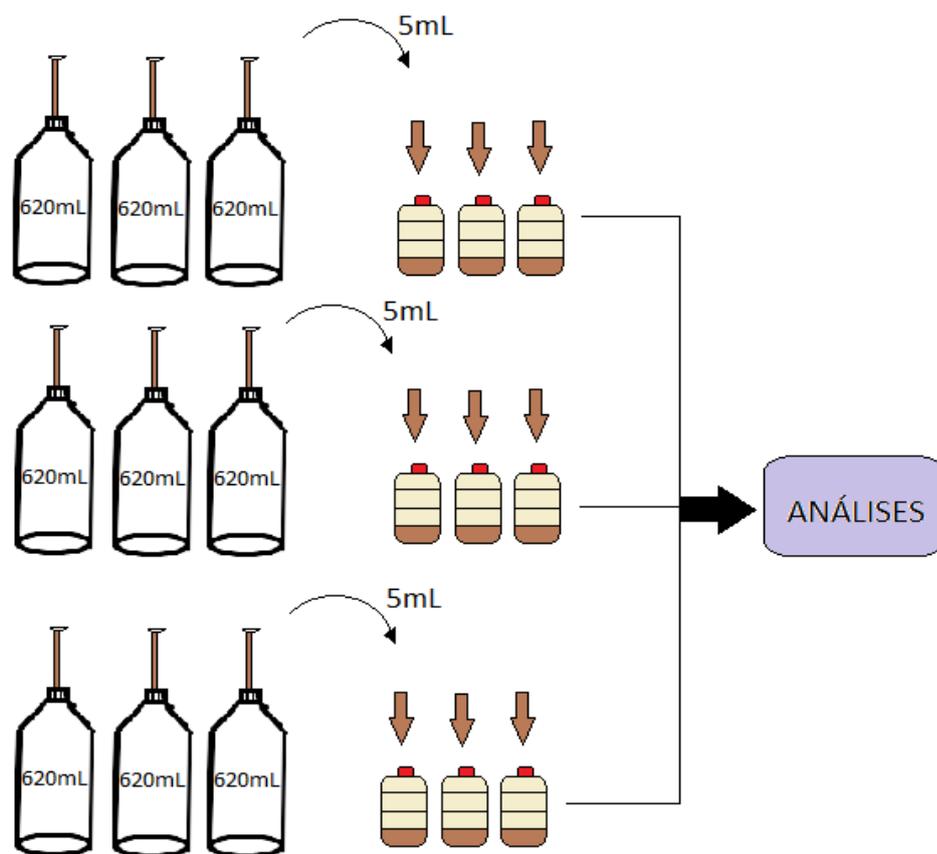
2ª Etapa: Preparo dos reatores

Figura 4: Preparo dos reatores



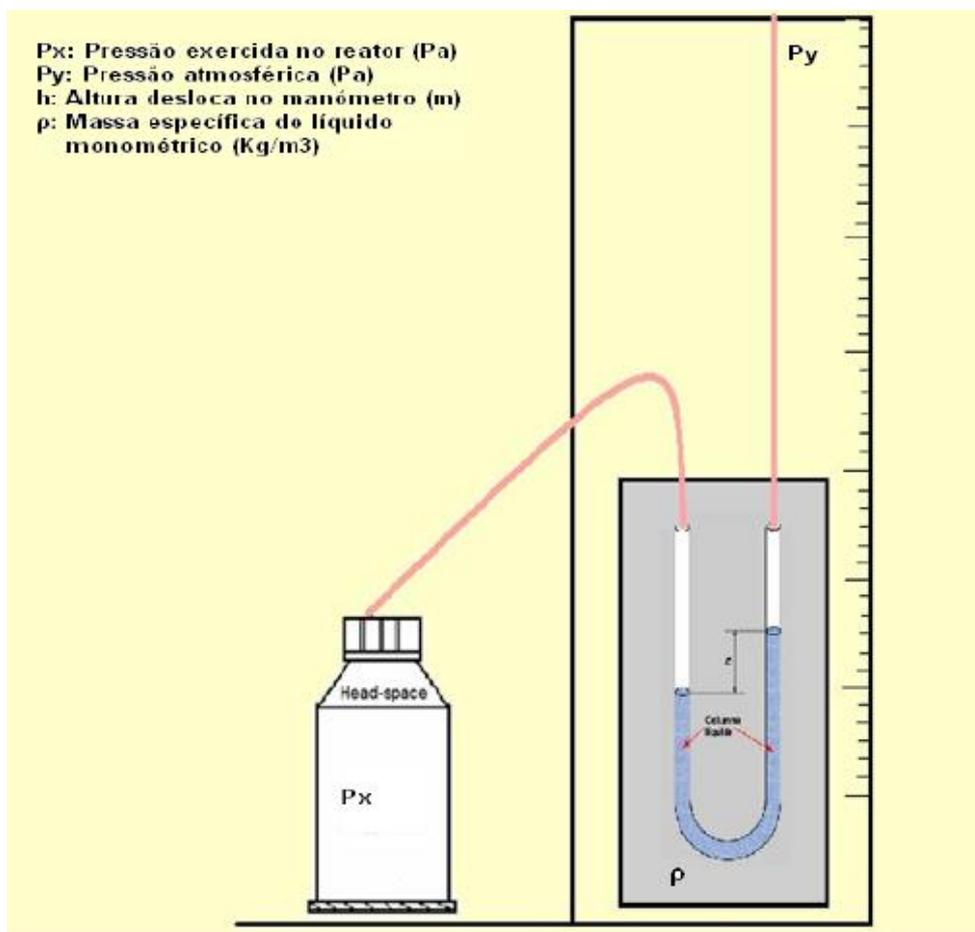
3ª Etapa: Coleta das amostras para análises

Figura 5: Coleta das amostras para análises



4ª Etapa: Determinação do volume de biogás produzido

Figura 6: Determinação do volume de biogás produzido



Fonte: (VIRIATRO,2013)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES SEMANAIS

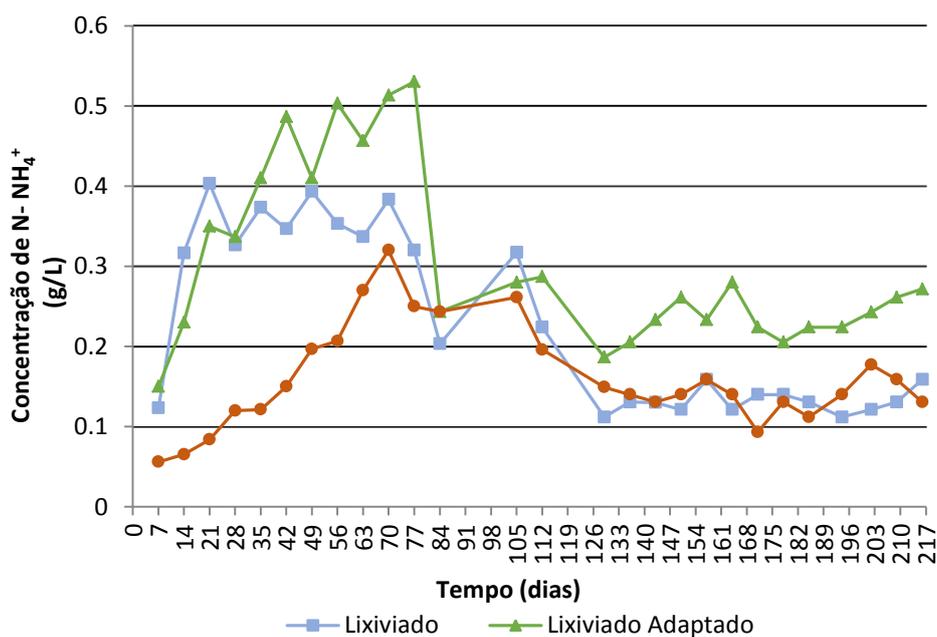
Os resultados das análises semanais são referentes a média dos três reatores de cada tratamento analisado.

5.1.1 NITROGÊNIO AMONIACAL

O nitrogênio amoniacal resultante de processos bioquímicos pode ser encontrado na forma de nitrogênio orgânico, gás amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). Na sua forma gasosa tem sido muito citado como produto tóxico às algas, ao zooplâncton e aos peixes.

No gráfico 1 é apresentado o comportamento do Nitrogênio amoniacal em todos os tratamentos em função do tempo.

Gráfico 1: Comportamento do Nitrogênio Amoniacal em função do tempo



No Gráfico 1 observa-se em todos tratamentos a concentração baixa de nitrogênio amoniacal nos primeiros 7 dias de monitoramento. Possivelmente nesse período as proteínas estavam em maior parte no resíduo, pois no início do processo anaeróbio há uma adaptação das bactérias no meio e posteriormente o crescimento bacteriano.

No período de 7 a 84 dias, a concentração de nitrogênio amoniacal aumenta em todos tratamentos podendo ser atribuído esse aumento à solubilização da matéria orgânica presente no resíduo e então disponível no meio aquoso para posterior assimilação das bactérias. Quando as bactérias começam a assimilar as proteínas presente na matéria orgânica o sistema irá amonificar, ou seja, as proteínas presentes foram convertidas em nitrogênio amoniacal e ocorre o aumento da sua concentração. De acordo com Os dados no Gráfico 1 é possível observar que a concentração do nitrogênio amoniacal aumentou, logo, o pH do meio está baixo e a amônia presente encontra-se na sua forma iônica. A amônia pode ser encontrada na sua forma livre ou íon amônio e é formada pela decomposição de compostos proteicos que gera o bicarbonato de amônia.

Após 84 dias de monitoramento do sistema experimental foi observado uma diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal. A concentração de nitrogênio amoniacal tende a diminuir depois que as bactérias consumiram o material orgânico solúvel no meio. Neste momento o pH do meio estava com valor alto e a amônia estava na sua forma livre, essa diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal pode ter ocorrido também devido a purga realizada diariamente no sistema.

No reator inoculado com lixiviado a concentração de nitrogênio amoniacal ao longo de todo período de monitoração variou de 0,112g/L até 0,403g/L.

Já no reator inoculado com lixiviado adaptado a concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do período de monitoração variou de 0,15 g/L até 0,513 g/L. No período da partida até cerca de 77 dias de tratamento os resultados apresentaram semelhança ao trabalho realizado por Lin et al., (2012) estudando a co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos durante o período de monitoração de 178 dias obteve nos primeiros dias de tratamento a concentração de nitrogênio amoniacal de 0,583 g/L e no período de 30 a 60 dias a concentração nitrogênio amoniacal foi de 0,6089 g/L.

E por fim no terceiro tratamento em branco e sem a presença do inóculo, a concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do período de monitoração variou de 0,056 g/L até 0,320 g/L.

REIS (2012) tratando resíduo sólido orgânico em biodigestor anaeróbio obteve concentrações de N-NH_4^+ no reator com afluente de 0,0568 g/L a 0,2321 g/L e no reator com tratamento de efluente obteve concentrações de nitrogênio amoniacal na faixa de 0,229 g/L a 0,690 g/L. O aumento na concentração do N-NH_4^+ foi explicado pela maior parte de nitrogênio presente no substrato ter sido de origem orgânica.

Felizola et al., (2006) no estudo do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento de biogás durante o período de monitoração de 330 dias, obteve variações na concentração de nitrogênio amoniacal no afluente de 0,004 g/L a 0,227 g/L e no efluente obteve variações de 0,277 g/L a 1,170 g/L. A mesma autora cita que quando o nitrogênio começou a ser degradado pelos microrganismos existentes no interior do reator na primeira etapa do processo de digestão anaeróbia (hidrólise) esse foi convertido em amônia.

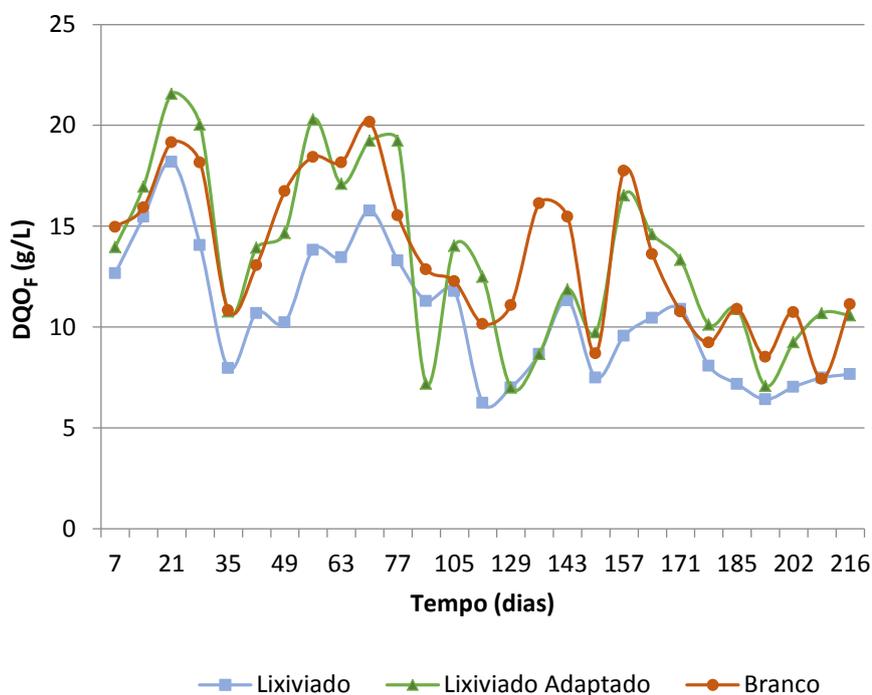
Dos três tratamentos, o que apresentou uma maior concentração de nitrogênio amoniacal foi o tratamento inoculado com o lixiviado adaptado. E o tratamento que apresentou-se com uma menor concentração de nitrogênio amoniacal foi o tratamento em branco devido à falta de inóculo.

5.1.2 DQO_{FILTRADA}

A DQO é a demanda química de oxigênio, parâmetro este que irá quantificar a quantidade de matéria orgânica passível de oxidação química.

No Gráfico 2 é apresentado o comportamento da DQO filtrada em todos os tratamentos em função do tempo.

Gráfico 2: Comportamento da DQO filtrada em função do tempo



Analisando o Gráfico 2 é possível observar que em todos os tratamentos a concentração de $DQO_{FILTRADA}$ teve um aumento e posteriormente decréscimo em virtude do teor de ácido graxo volátil presente, adaptação de microrganismos ao meio e consumo de matéria orgânica disponível, possibilitando o crescimento de microrganismos.

Analisando separadamente cada tratamento, é possível observar que no reator inoculado por lixiviado a concentração de $DQO_{FILTRADA}$ ao longo do período de monitoramento de 216 dias variou de 7,01 g/L até 15,77 g/L. Neste reator a eficiência média de remoção de $DQO_{FILTRADA}$ foi de 39,5 %.

Analisando o tratamento 2, no reator inoculado por lixiviado adaptado a concentração de $DQO_{FILTRADA}$ variou de 7,01 g/L até 21,57 g/L. E apresentou uma eficiência média de remoção de 24,27%, que não era o esperado para o tratamento que sofreu adaptação buscando uma melhor eficiência.

Analisando o tratamento 3, no reator em branco sem o uso de inóculo a concentração $DQO_{FILTRADA}$ variou de 7,43 g/L até 20,17 g/L. E apresentou uma eficiência média de remoção de 25,65%.

Portando dentre os três tratamentos o que apresentou a melhor eficiência na remoção de $DQO_{FILTRADA}$ foi o inoculado por lixiviado, apresentando uma menor concentração de ácido graxo volátil. Já o tratamento em branco apresentou-se com uma maior concentração de $DQO_{FILTRADA}$ em virtude da falta de inóculo e elevada concentração de ácido graxo volátil. A baixa remoção no reator sem inóculo já era esperado devido a necessidade de um maior tempo para o desenvolvimento microbiano, já que não existia a presença do inóculo. Nos outros tratamentos com a presença do inóculo já existia bactéria no sistema e rapidamente as bactérias solubilizavam o resíduo e depois consumiam.

De acordo com González-Fernández et al., (2009), estudando o impacto de três diferentes razões de substrato/inóculo na digestão anaeróbia de dejetos suínos com inóculo lodo em 400 h obteve altas concentrações de $DQO_{FILTRADA}$ para as maiores razões explicado pela alta produção de AGV, analisando esse estudo com o presente observamos que no mesmo período o comportamento assemelha-se com todos os tratamentos.

Nopharatana et al. (2007) digerindo anaerobiamente resíduo sólido orgânico em reator agitado em batelada por 40 dias à temperatura de 38°C, sem adição de inóculo encontraram valores de $DQO_{FILTRADA}$ variando de 6 g/L a 9 g/L, com eficiência de remoção de 33%. Assemelhando-se ao tratamento do presente estudo em branco sem o uso do inóculo.

Kato et al., (2001) no pós-tratamento de efluente anaeróbio em reator EGSB com lodo floculento alcançou uma eficiência na remoção de $DQO_{FILTRADA}$ na ordem de 65 a 70 % num período de monitoração durante 300 dias.

Felizola et al., (2006) no estudo do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás monitorando seu experimento durante 330 dias atingiu uma eficiência média na remoção de DQO de 78%.

Arantes et al., (2001) na comparação do desempenho de reatores tipo EGSB aeróbio e anaeróbio tratando esgotos domésticos durante 445 dias de monitoração constatou que o reator anaeróbio sempre apresentou valores superiores a 60 % de remoção de $DQO_{FILTRADA}$.

5.2 DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE BIOGÁS PRODUZIDO

O volume de biogás produzido foi calculado de acordo com as equações 1 e 2 citadas anteriormente que relaciona a altura deslocada com a pressão resultando no volume de biogás.

$$P_g = \rho g h + P_a \quad (1)$$

$$\frac{P_g V_R}{T_R} = \frac{P_{CNTP} V_b}{T_{CNTP}} \quad (2)$$

De acordo com os resultados do primeiro estudo realizado por MAYER (2012) até 104 dias de tratamento, a produção de biogás não teve mudanças significativas nos diferentes tratamentos, ficando assim com um volume de biogás de 9,4 L para o lixiviado e lixiviado adaptado e 9,5 L para o tratamento em branco sem a presença do inóculo.

No presente trabalho a partir do 105 dias de tratamento até o 216 dias obteve-se um volume de biogás produzido por volta de 23 L em todos os tratamentos, com isso foi possível observar que a produção do volume de biogás mostrou-se mais eficiente no tratamento anaeróbico realizado durante mais tempo com mais dias e essa eficiência deu-se pela redução do nitrogênio amoniacal após 105 dias de tratamento.

Leite et al., (2002) analisando o processo de tratamento anaeróbico de resíduos sólidos orgânicos urbanos e rurais constatou que a taxa de produção de biogás é influenciada diretamente pelo percentual de inóculo utilizado.

REIS (2012), estudando o tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbico obteve valores superiores a 900 L/semana de produção de biogás durante 190 dias na etapa de recirculação do efluente onde foi reintroduzida a fração líquida para estimular o aumento da velocidade de degradação anaeróbia.

Leite et al., (2004) tratando anaerobicamente resíduos sólidos orgânicos com baixa concentração de sólidos constataram que em um período de 140 dias de tratamento obtiveram um volume de 5,6 L de biogás para cada Kg de substrato aplicado.

6 CONCLUSÃO

Com base nos objetivos propostos, dados apresentados e discutidos no presente trabalho foi possível concluir que:

- Com o estudo nos diferentes tipos de inóculos no tratamento anaeróbio em regime de batelada de RSO foi possível saber qual o tipo de inóculo apresentou uma melhor solubilização do substrato diante das condições implementadas no experimento.
- Com relação a $DQO_{FILTRADA}$ no reator inoculado por lixiviado a eficiência média de remoção de $DQO_{FILTRADA}$ foi maior quando comparado aos outros tratamentos, apresentando uma menor concentração de ácido graxo volátil. A remoção de $DQO_{FILTRADA}$ no tratamento em branco apresentou-se com uma menor eficiência na remoção devido à falta de inóculo, apresentando uma maior concentração de ácido graxo volátil.
- No comportamento do nitrogênio amoniacal dos três tratamentos, o que apresentou uma maior concentração de nitrogênio amoniacal foi o tratamento inoculado com o lixiviado adaptado. E o tratamento que apresentou-se com uma menor concentração de nitrogênio amoniacal foi o tratamento em branco devido à falta de inóculo.
- Portanto pode-se concluir que o lixiviado foi o melhor inóculo utilizado devido ao mesmo apresentar uma maior remoção de $DQO_{FILTRADA}$ e melhor eficiência comparado aos outros tratamentos estudados.
- Com relação ao volume de biogás produzido pode-se concluir que a produção do volume de biogás mostrou-se mais eficiente no tratamento anaeróbio realizado durante mais tempo com mais dias e essa eficiência deu-se pela redução do nitrogênio amoniacal após 105 dias de tratamento e diminuição da $DQO_{FILTRADA}$.

REFERÊNCIAS

APHA - **American Public Health Association Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21. WASHINGTON: APHA, AWWA, WEF, 2005.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2012. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 11 de setembro de 2014.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. 2011. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2011.pdf>>. Acesso em: 11 de setembro de 2014.

ABRELPE. Manual de boas práticas no Planejamento de Resíduos Sólidos. 2013. Disponível em: < http://www.abrelpe.org.br/manual_apresentacao.cfm>. Acesso em: 11 de setembro de 2014.

ARANTES, R.F.de.M.; KATO, M.T.; FLORENCIO, L.; Comparação do desempenho de reatores tipo EGSB aeróbio e anaeróbio tratando esgoto doméstico. **XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. João Pessoa- PB, 2001

CARNEIRO, P.H.; SOUTO, G.A.B.; POVINELI, J.; Digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos em sistema de duas fases utilizando mistura de percolado de aterro sanitário e lodo anaeróbio como inóculo. **XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Campo Grande - MG, 2005.

CARNEIRO, P.H.; “Efeito da adição de lodo ao inóculo de reator anaeróbio híbrido sólido-líquido tratando fração orgânica de resíduos sólidos orgânicos.” Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

FELIZOLA, C. S.; LEITE, V. D.; PRASAD, S.; “Estudo do processo de digestão anaeróbia

de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás”. **Agropecuária Técnica**, p 27- 53, 2006.

GADELHA, E. P. “**Avaliação de Inóculos metanogênicos na aceleração do processo de degradação da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.**” Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental,p. 95, 2005.

GONZÁLEZ-FERNÁNDEZ, C.; GARCÍA-ENCINA. P. A.; Impact of substrate to inoculum ratio in anaerobic digestion of swine slurry. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, p. 1065-1069, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 de setembro de 2014.

IGLESIAS, J. R.; PELAEZ, L. C.; MAISON, E. M. & ANDRES, H. S. – Biomethanization of municipal solid waste in a pilot plant. *Wat. Res.* Vol. 34, Nº 2, 2000, p. 447-454. Apud LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; PRASAD, S.; Processo de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos urbanos e rurais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n.1, 2002.

JUNIOR. EEA, Curso de Tratamento de Esgoto, cap.5. pg 196-206, 2003.

JUNIOR, M. A. P. O. “**Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos.**” Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal- SP, 2007.

KATO, M. T.; FLORENCIO, L.; ARANTES, R. F.M.; Pós-tratamento de efluente anaeróbio em reator EGSB com lodo flocculento. **Coletânea de Trabalhos Técnicos**, vol. 2, Projeto PROSAB, FINEP. Belo Horizonte, 2001.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; SILVA, A.; Tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos com alta e baixa concentração de sólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.2, p 190–196, 2009.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; Tratamento Anaeróbio de Resíduos Orgânicos com Baixa Concentração de Sólidos. **Nota Técnica**, v. 9, p 280-284, 2004.

LEITE, V. D.; SOUSA, J. T.; PRASAD, S.; LOPES, W. S.; GILSON, B.; ATHAYDE, J.; ALBERTO, M. M. D.; Tratamento de resíduos sólidos de centrais de abastecimento e feiras livres em reator anaeróbio de batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, 2003.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; PRASAD, S.; Processo de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos urbanos e rurais. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 7, n.1, 2002.

LEITE, V. D.; LOPES, W. S.; PRASAD, S.; Bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos em reatores de batelada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, 2001.

LIN, J.; JI, J. Z. R.; CHEN, X.; LIU, F.; WANG, K.; YANG, Y.; Methanogenic community dynamics in anaerobic co-digestion of fruit and vegetable waste and food waste. **Journal of Environmental Sciences**, v. 24, p. 1288-1294, 2012.

LOPES, W. S.; **“Biodigestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos Inoculados com Rúmen Bovino.”** Campina Grande. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba – PB, 2000.

LOPES, W. S.; Influência da Umidade na Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos. **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Cancún México, 2002.

LOPES, W. S.; **“Biodigestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos Inoculados com Rúmen Bovino.”** Campina Grande. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal da Paraíba/Universidade Estadual da Paraíba – PB, 2000.

MAYER, M. C. **“Estudo da influência de diferentes inóculos no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos.”** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em

Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2013.

MENEZES, J. M. C. **“Influência da concentração de sólidos totais e temperatura na bioestabilização anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos.”** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2012.

NETO, H. C. A.; MARQUES, C. C.; ARAUJO, P. G. C.; MAIA, R.; BARBOSA, E. A.; Caracterização de Resíduos Sólidos Orgânicos produzidos no restaurante universitário de uma instituição pública (**Estudo de Caso**), 2007.

NOPHARATANA, A.; PULLAMMANAPPALLIL, P.; CLARKE, W.; Kinetics and dynamic modelling of batch anaerobic digestion of municipal solid waste in a stirred reactor. *Waste Management*, v. 27, p. 595–603, 2007.

POVINELLI, J.; LARA PINTO, D. M. C.; BALDOCHI, V. M. Z.; Procedimento para Elaboração de Resíduo Sólido Urbano Doméstico Padrão. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 5, n° 1, p. 25-30, 2000.

REIS, A. S. **“Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio.”** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2012.

SILVA, W. R. **“Estudo Cinético do processo de Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Vegetais.”** Joao Pessoa-PB, 201p. Tese (Doutorado), Programa de Pós -Graduação em Química. UFPB, 2009.

SOUSA, R. R. **“Influência do inóculo no tratamento anaeróbio de resíduos sólidos orgânicos em regime batelada.”** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2013.

VIRIATO, C. L. **“Influência da granulometria da concentração de sólidos totais de resíduos sólidos vegetais no processo de bioestabilização anaeróbia.”** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2013.