

## III-128 - A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA DECOMPOSIÇÃO DE RESTOS DE COMIDA EM BIODIGESTORES CASEIROS

**Rafaela da Silva Limons<sup>(1)</sup>**

Docente nos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Engenheira Ambiental. Mestre em Engenharia Química pela Unioeste. Doutoranda em Gestão Urbana na Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

**Rerond Goulart Carvalho<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Especializando em Energias Renováveis e Eficiência Energética pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheiro Responsável e Sócio da Forte Azul Soluções em Engenharia LTDA.

**Carlos Mello Garcias<sup>(3)</sup>**

Professor Titular em gestão urbana. Engenheiro civil formado na Universidade Federal do Paraná, Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e Doutorado em Engenharia Urbana pela Universidade de São Paulo.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Imaculada Conceição, 1155 – Bairro Prado Velho – CEP 80215-901 – Brasil – Tel: +55(41) 998403860 – e-mail: [rafaela.limons@pucpr.br](mailto:rafaela.limons@pucpr.br)

### RESUMO

Após a Revolução Industrial, o consequente e constante aumento da industrialização contribuiu para a ampliação da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). O manejo inadequado destes resíduos gera problemas socioambientais, econômicos e de saúde pública. O desenvolvimento de soluções para a gestão inteligente e eficaz dos resíduos sólidos tem constituído expressivo desafio para os gestores públicos e da própria sociedade na busca do desenvolvimento sustentável (URBAN, 2016; OLIVEIRA e GALVÃO JUNIOR, 2016; MILANEZ, 2010). Por este motivo, desenvolveu-se esta pesquisa no intuito de pesquisar uma solução para os resíduos orgânicos, focando nos restos de comida, transformando esta matéria orgânica em algo útil, como o biogás. O foco desta pesquisa foi analisar a influência da temperatura na produção de biogás a partir da utilização de biodigestores em escala de bancada. Os biodigestores foram construídos de potes de vidro e foram deixados sob diferentes temperaturas. Estabeleceram-se três proteções contra a perda de calor e foi medida a temperatura dos biodigestores ao longo de 15 (quinze) dias, juntamente com a quantidade de gás produzido por meio de um sistema de manômetro. Este trabalho apresenta as etapas de construção dos biodigestores, das proteções, dos manômetros e das proporções de todos os alimentos, para cada uma das amostras analisadas. Apesar das baixas temperaturas, e das baixas produções de biogás nos protótipos, foi possível concluir que as amostras expostas as maiores temperaturas, foram as que produziram mais concentração de gás. Porém, o gás não se mostrou inflamável, e isso pode ter sido causado devido aos baixos pHs das amostras analisadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Variação de Temperatura, biodigestores caseiros, protótipo, biogás, restos de comida.

### INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas logísticos e ambientais intrínseco ao capitalismo é a enorme produção de resíduos sólidos que a população gera todos os dias. O que fazer com esse material, como diminuir o desperdício de recursos naturais e qual a melhor maneira de tratar esse material para que cause o menor impacto ambiental possível? A cada dia que passa essas e outras questões se tornam mais pertinentes, pois nas últimas décadas, o conceito de sustentabilidade e a preocupação com o meio ambiente se tornaram tema principal de inúmeros debates e pesquisas em todo o mundo.

Há, também, um grande problema no meio desta enorme quantidade de recursos naturais jogados fora, que é o desperdício de alimentos. Grande parte da matéria inorgânica presente no lixo poderia ser reciclada e reutilizada de diversas formas. Já são aplicados alguns métodos para facilitar o reaproveitamento do lixo inorgânico, uma delas é a coleta seletiva, que visa à separação dos tipos de lixo. Porém, aqui no Brasil, ainda há insuficientes pesquisas sobre o

reaproveitamento da parte orgânica do lixo, pelo contrário, além de não fazer o reaproveitamento do lixo orgânico, ele é despejado em locais impróprios, na maior parte do país. O Brasil possui 5.570 municípios (IBGE, 2017) no qual 3.326 jogam seus resíduos sólidos urbanos em lixões a céu aberto ou aterros controlados que causam danos e degradação ao meio ambiente, pois não tem conjunto de sistemas e medidas de proteção ambiental (ABRELPE, 2015).

Uma boa forma de reaproveitamento do resíduo sólido orgânico é a partir da fermentação deste material, na ausência de ar e em condições adequadas de umidade, onde o produto desta reação é uma mistura de gases chamado biogás. A reação que causa essa transformação é conhecida como digestão anaeróbia, pois são as bactérias anaeróbias que, ao se alimentarem desta matéria orgânica, acabam por produzir esta mistura de gases. Entre eles, o metano e o dióxido de carbono são os principais, mas é possível encontrar ainda, gás sulfídrico e nitrogênio, porém, em pequenas quantidades (DEGANUTTI, 2002, p.2).

Segundo um estudo realizado pela FAO (*Food and Agriculture Organization*, 2013), se todo o desperdício de alimentos do mundo fosse um país, este seria o terceiro maior emissor de CO<sub>2</sub> na atmosfera, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Isso acontece pelo fato de que, além de ser grande a quantidade desperdiçada, o metano, principal componente do biogás representando cerca de 60 a 80% na composição total da mistura, é muito mais danoso ao meio ambiente que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), mas ainda não foi determinada uma quantidade exata de quanto o metano é mais danoso ao meio ambiente quando comparada com o gás carbônico, por exemplo, segundo a IPCC (2006), o metano é 21 vezes mais danoso, porém, segundo a revista científica *BioScience* (2016), o metano agrava o efeito estufa 25 vezes mais que o CO<sub>2</sub>.

Existe um sistema chamado biodigestor que serve para a produção de biogás. Ele é constituído de uma câmara fechada onde é colocado o material orgânico em solução aquosa, onde sofrerá a decomposição anaeróbia. Atualmente, existem diversos modelos de biodigestores, um para cada tipo de utilização. Este tipo de sistema é muito usado no meio rural pelo fato de gerar uma grande quantidade de matéria orgânica, tanto de esterco dos animais das fazendas como de restos de alimentos que foram colhidos e não foram vendidos, entre outras fontes. Dependendo da quantidade de matéria orgânica produzida, é possível até gerar energia deste gás gerado, assim como é feito em alguns locais no Brasil e no mundo. Este é um jeito simples e inteligente de lidar com a matéria orgânica que seria descartada no meio ambiente e transforma-la em algo útil (DEGANUTTI, 2002, p.2).

Nesta perspectiva, a busca por modelos de gestão dos resíduos sólidos urbanos faz-se necessária, haja vista o caráter de inesgotabilidade inerente aos resíduos. Buscando respostas de como pode ser realizada a sua gestão inteligente respeitando os princípios da sustentabilidade e incluindo como critérios fundamentais baseados na PNRS à redução da quantidade de resíduos produzidos e reutilização de certos materiais, assim como utilização de processos de reciclagem e recuperação de energia, seguida pela eliminação ambientalmente segura de quaisquer rejeitos restantes, promovendo assim, mudanças significativas na gestão de resíduos dos municípios (PEREIRA e CURI, 2013; VEIGA, 2014).

## **OBJETIVO GERAL**

O objetivo desta pesquisa é determinar a influência da temperatura na produção de biogás a partir da decomposição de restos de comida em biodigestores caseiros.

## **METODOLOGIA**

Para determinar a influência da temperatura na produção de biogás, primeiramente, foram construídos 6 biodigestores idênticos, que foram separados em dois grupos de 3 biodigestores. Cada grupo recebeu uma amostra de comida diferente.

Com os biodigestores prontos, foram depositadas, em suas devidas proporções, as amostras, em seus respectivos biodigestores. Cada grupo, de três biodigestores contendo a mesma amostra, foi posto da mesma maneira sob diferentes temperaturas, para, após as análises, serem comparados. O primeiro biodigestor ficou sob influência da temperatura ambiente (Proteção 1). O segundo recebeu uma camada de papel filme sobre uma camada de jornal que ficaram envoltos ao biodigestor com o propósito de aquecê-lo (Proteção 2). O terceiro recebeu as mesmas duas camadas que o segundo recebeu, porém permaneceu ainda, com uma manta

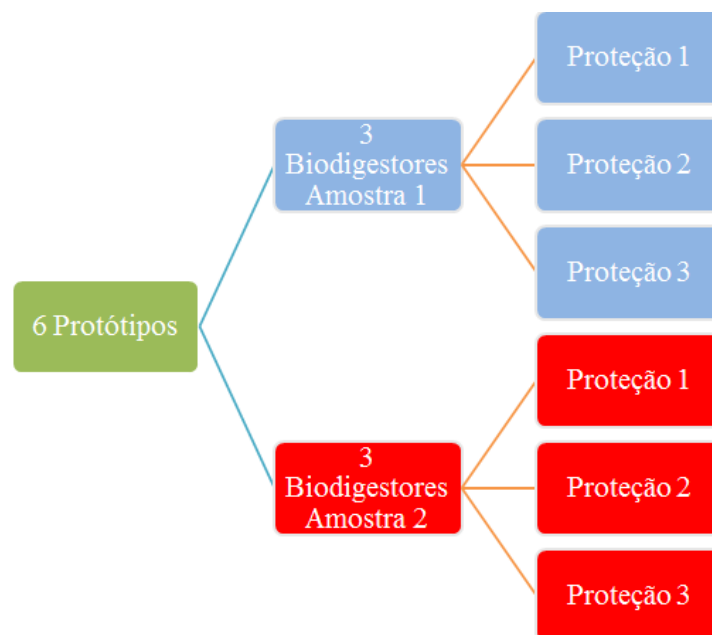
térmica sobre as outras duas camadas, no intuito de aquecer ainda mais o terceiro biodigestor (Proteção 3). Cada biodigestor tinha um manômetro na saída de gás, para medir a diferença de pressão no interior do biodigestor e, conseqüentemente, a quantidade de gás produzida.

Depois de lacrados, os biodigestores ficaram 53 dias (do dia 23/09/2017 ao 15/11/2017) sob a influência destas temperaturas. Só houve coleta de dados nos últimos dias, pois demorou aproximadamente 35 dias para que se iniciasse a produção de biogás nos biodigestores.

A temperatura foi coletada três vezes ao dia, às 9 (nove) horas, às 17 (dezesete) horas e às 23 (vinte e três) horas, durante 18 dias. Ao fim de cada dia, era anotada também, a diferença de altura no manômetro e, então, o gás era liberado para que no dia seguinte, o procedimento se repetisse.

As amostras foram separadas por cor para facilitar a identificação de cada protótipo. As amostras tipo 1, foram identificadas pela cor azul, já as amostras tipo 2, receberam a cor vermelha como forma de identificação.

A Figura 1 apresenta um fluxograma com a metodologia simplificada para auxiliar a compreensão das etapas da pesquisa.



**Figura 1: Fluxograma da metodologia**

Os procedimentos de cada etapa estão descritos detalhadamente a seguir.

### **a) AMOSTRAS DE COMIDA**

Como esta pesquisa visa contribuir com futuros estudos sobre reaproveitamento de restos de comida em forma de gás, foi necessário encontrar uma pesquisa que determinasse a proporção média de cada alimento que era jogado fora. É claro que esta proporção varia cada dia, varia de lugar para lugar, sendo assim,

O intuito inicial era utilizar uma amostra com base em uma pesquisa de campo, de preferência com as proporções de comida que o brasileiro joga fora, porém, encontrou-se muita dificuldade para achar tal pesquisa, por este motivo às amostras foram baseadas na proporção simulada do que o povo português joga fora, observado na tese de Doutorado de Flor (2006). O autor relata os mesmos problemas que os expostos no primeiro parágrafo para determinar a amostra, por isso, o pesquisador teve que fazer diversas simplificações para chegar a valores aproximados do que poderia ser os vários componentes dos restos de comida gerados pela população de Portugal.

A amostra da pesquisa citada acima é demonstrada na Tabela 1 a seguir.

**Tabela 1: Simulação da proporção de alimentos jogados fora pelos portugueses.**

COMPONENTE	%
Arroz Cozido	29,8
Batata	31,7
Couve	7,3
Cebola	4,5
Maçã	7,6
Macarrão	7,1
Pão	2,9
Peixe	2,6
Carne	0,5
Casca de Ovo	1,0
Papel	5,0

**Fonte: Flor, 2006.**

Para efeitos de comparação, foram determinados dois tipos de amostras diferentes, ambas baseadas na pesquisa do Dr. António Flor (2006). Esta amostra foi tomada como base para as amostras desta pesquisa, mas nenhuma das duas amostras utilizadas aqui é igual à amostra base, elas foram utilizadas somente como referência. Ambas pesam um total de 1,0 kg e apresentam alguma diferença em relação às proporções do Dr. António Flor (2006) e a preparação de ambas está detalhada a seguir.

#### **a.1) Amostra Tipo 1**

A primeira amostra apresenta um peso total aproximado de 1,0 kg. Como adicionar papel, que é um material não degradável, na amostra não pareceu ser a melhor opção, pois o intuito era utilizar apenas restos de comida na composição, optou-se por substituir esses 5 % de papel, estipulados na amostra apresentada acima por carne, que é representada por apenas 0,5% da amostra. Então, decidiu-se utilizar uma amostra muito parecida com a amostra base, com apenas esta alteração na porcentagem da carne que vai de 0,5% para 5,5% e sem a adição de papel na amostra 1, demonstrada na Tabela 2. Todos os componentes foram cuidadosamente pesados para que se obtivesse uma amostra final pesando exatamente 1,0 kg, ou o mais próximo deste valor possível.

**Tabela 2: Proporção adotada para a Amostra 1.**

COMPONENTE	%	GRAMAS AMOSTRA	POR
Arroz Cozido	29,8	298	
Batata	31,7	317	
Couve	7,3	73	
Cebola	4,5	45	
Maçã	7,6	76	
Macarrão	7,1	71	
Pão	2,9	29	
Peixe	2,6	26	
Carne	5,5	55	
Casca de Ovo	1,0	10	

Além dos restos de alimento, adicionou-se 70% de água em relação ao peso da amostra 1, ou seja, foi adicionado 700 g de água a mistura, pois de acordo com Bouallagui (2003), com o teor de umidade entre 60 a 80% ocorrem as maiores taxas de produção de metano.

### a.2) Amostra Tipo 2

A segunda amostra também apresenta um peso total aproximado de 1,0 kg. Como a maior parte dos elementos são os mesmos e nas mesmas proporções, é detalhado aqui, apenas as diferenças entre as amostras. Como a amostra base, retirada da tese de Doutorado de Flor (2006), é de acordo com o que o povo português joga no lixo, buscou-se criar uma amostra similar a esta, mas com alguns elementos que se assemelharia mais ao que o brasileiro costuma jogar no lixo. Neste sentido, chegou-se na amostra 2 que está apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3: Proporção adotada para a Amostra 2.**

COMPONENTE	%	GRAMAS AMOSTRA	POR
Arroz Cozido	29,8	298	
Batata	8,3	83	
Café	4,9	49	
Feijão	18,5	185	
Couve	7,3	73	
Cebola	4,5	45	
Maçã	7,6	76	
Macarrão	7,1	71	
Pão	2,9	29	
Peixe	2,6	26	
Carne	5,5	55	
Casca de Ovo	1,0	10	

Como o Brasil é um dos maiores produtores de café no mundo, o brasileiro tem a cultura de consumir este produto diariamente, e, conseqüentemente, faz parte da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. Por este motivo, optou-se por colocar uma fração pequena na composição. A quantidade de café pesada e que foi posta junto nas amostras tipo 2 está apresentada na terceira linha da Tabela 3. Relembrando que todos os recipientes utilizados para pesar os elementos que compõe todas as amostras foram tarados antes da pesagem, para obter-se o valor real do peso do alimento.

Outro elemento, além do café, que foi colocado a mais, em relação à amostra 1, foi o feijão. Alimento amplamente consumido no país inteiro e, sem dúvidas, representa uma proporção considerável no lixo orgânico dos brasileiros. Assim, foi colocada uma quantidade relevante na composição, quantidade essa de 18,5%. A quantidade de feijão pesada e que foi posta junto nas amostras tipo 2 está apresentada na quarta linha da Tabela 3.

Nas amostras 2, diferentemente das amostras 1, foi adicionado 80% de água na mistura. Esta porcentagem diz respeito ao peso total da amostra sem a água, portanto, 80% de água que foi adicionada significam em massa, 800g de água, pois a amostra tem aproximadamente 1000g de massa total. Assim como para amostra 1, a jarra onde foi pesada a água foi tarada antes da pesagem.

### b) HOMOGENEIDADE

A granulometria das partículas é um importante fator em uma pesquisa como esta, pois, quanto maior forem os grãos, mais lenta será a decomposição da mesma, e logicamente, acontece o inverso para grãos menores.

Cada componente, em suas devidas proporções, foi colocado num triturador comum para que a amostra ficasse a mais homogênea possível, como pode ser visualizado na Figura 2. O tempo de trituração não foi cronometrado, mas buscou-se, de maneira visual, deixar as amostras tão similares quanto possível.



**Figura 2: Etapas de trituração da amostra.**

### **c) BIODIGESTORES**

A descrição de como os biodigestores foi construído está dividido em três tópicos distintos. O primeiro descreve como foram construídos um deles, pois todos os 6 foram feitos exatamente da mesma maneira. O segundo tópico descreve como foram montados os manômetros, que também serve para todos os biodigestores, pois são muito similares e não apresentam diferenças na execução e servem para medir a produção diária de biogás. E o último tópico, descreve como foi feita a proteção dos biodigestores com o intuito de evitar que os biodigestores perdessem calor para o ambiente, mantendo-os mais aquecidos.

#### **d.1) Construção dos Protótipos**

Os biodigestores foram construídos de potes grandes de conserva com um registro direto na tampa do pote, para controle de vazão do gás, conforme apresentado na Figura 3.



**Figura 3: Biodigestor padrão pronto pesando 1271 g**



### d.2) Montagem dos Manômetros

Cada biodigestor recebeu um sistema, com uma saída de gás e um manômetro, conectado no registro de saída. Os manômetros foram instalados para que fosse possível a medição da produção de biogás dentro de cada biodigestor, por meio da diferença de pressão interna e externa, medida pela diferença de altura dos manômetros. A Figura 4 apresenta o sistema de manômetro adotado nesta pesquisa.



**Figura 4: Sistema de manômetro completo**

Foi utilizado água com corante para compor o líquido que vai dentro do manômetro, para medir a variação de pressão. Os biodigestores que contêm as amostras tipo 1, receberam a cor azul junto com a água do manômetro. Já os manômetros dos biodigestores com as amostras tipo 2, receberam, junto a água, o corante vermelho.

### d.3) Temperatura dos Biodigestores

Cada biodigestor recebeu um código de dois dígitos para diferencia-los. O primeiro dígito refere-se a qual tipo de amostra eles receberam, sendo ou número 1 ou número 2, pois foram adotadas duas amostras diferentes, ambas detalhadas anteriormente. O segundo dígito refere-se a qual tipo de proteção contra a perda de calor este biodigestor recebeu, sendo possível receber 1, 2 ou 3. Como funciona a codificação dos biodigestores pode ser visto também na Figura 5, a seguir.



**Figura 5: Explicação dos códigos dos biodigestores**

O biodigestor com a proteção Tipo 1 foi submetido à temperatura ambiente, sendo feito Apenas uma pintura com spray preto para evitar a incidência de radiação solar no protótipo, como mostra a Figura 6. O biodigestor com a proteção Tipo 2 foi revestido com duas camadas de jornal e uma camada de papel filme (Figura 7). E os biodigestores com Proteção 3, receberam além das camadas do tipo 2, uma terceira camada com uma manta microfibra (Figura 8).



Figura 6: Proteção tipo 1.



Figura 7: Proteção tipo 2



Figura 8: Proteção tipo 3.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras foram separadas e preparadas no dia 23 de setembro de 2017 e, em seguida, ficaram seladas dentro dos biodigestores até o dia 13 de novembro de 2017, totalizando 51 dias. A água foi adicionada no mesmo dia que os biodigestores foram lacrados, ou seja, do dia 23 de novembro. A coleta de dados foi realizada apenas durante os últimos 15 dias da pesquisa, pois demorou um período para início da produção do biogás. Nesta etapa serão apresentados os resultados das análises, além dos resultados do pH e umidade das amostras obtidos no laboratório.

### a) VARIAÇÃO DE TEMPERATURA

Na Figura 9 e 10 pode-se observar a variação de temperatura ao longo da pesquisa, nas duas amostras pesquisadas. Analisando os gráficos, observa-se que como o esperado, a proteção Tipo 3 manteve a temperatura média dos protótipos mais elevada que aqueles mantidos com as proteções 1 e 2. Pode-se observar também que não houve muita diferença entre as proteções 1 e 2, que se comportaram de forma muito similar. Apesar da proteção 3 manter uma temperatura mais alta, houve um aumento de no máximo 2 °C em relação aos outros protótipos. E no caso da Amostra 2, observa-se na Figura 10, que no sétimo dia da pesquisa, o protótipo com a proteção Tipo 3 apresentou uma temperatura menor que os demais protótipos.



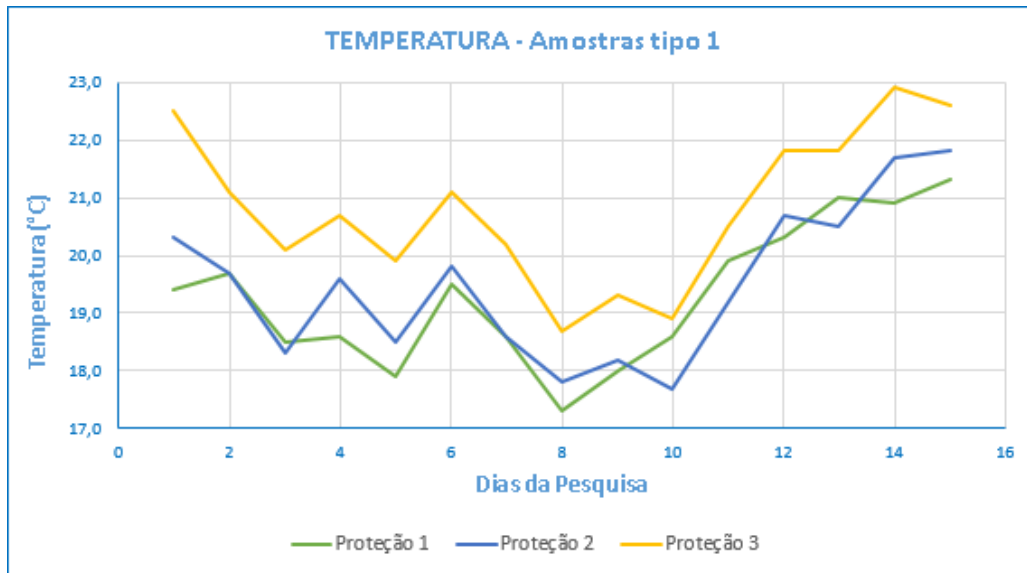


Figura 9: Temperatura média dos protótipos com a amostra tipo.

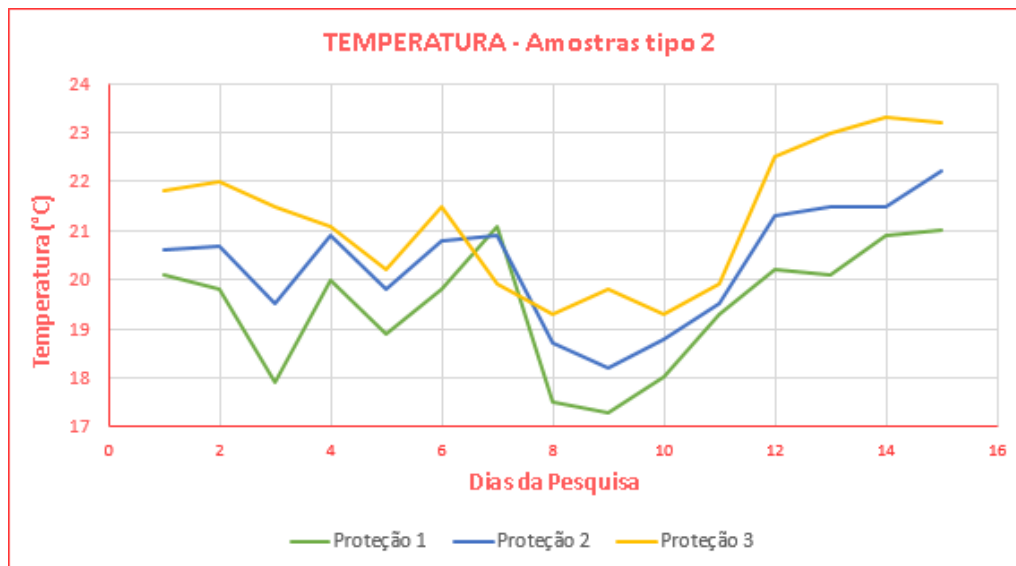
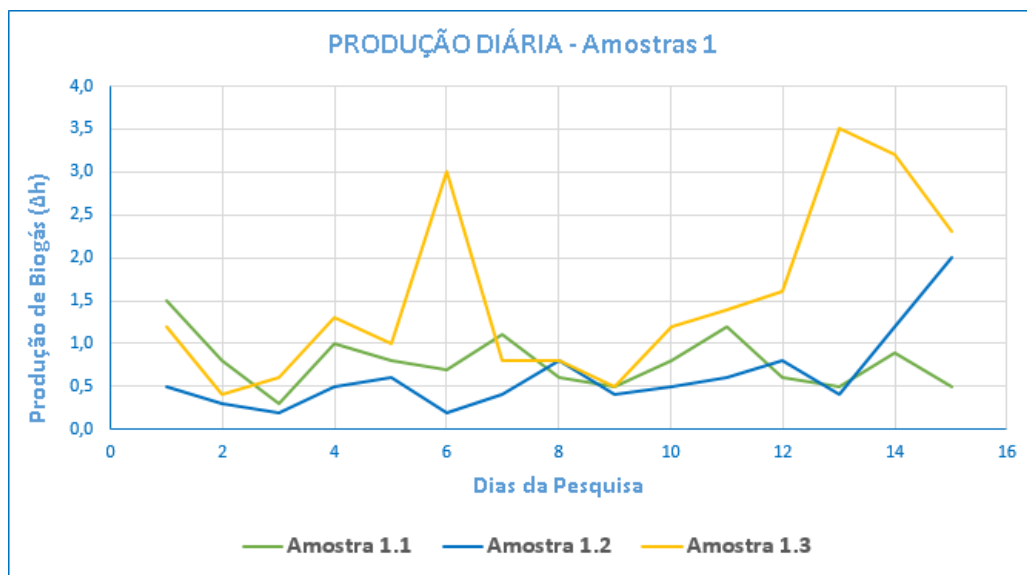


Figura 10: Temperatura média dos protótipos com a amostra tipo 2

## b) PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Além da temperatura dos protótipos, foi coletada a diferença da altura do manômetro ( $\Delta h$ ), em centímetros, em cada biodigestor no final do dia, durante os 15 dias analisados. Com isso, foi possível quantificar a produção do biogás durante os dias de análise para comparar entre os protótipos com diferentes proteções e diferentes amostras.

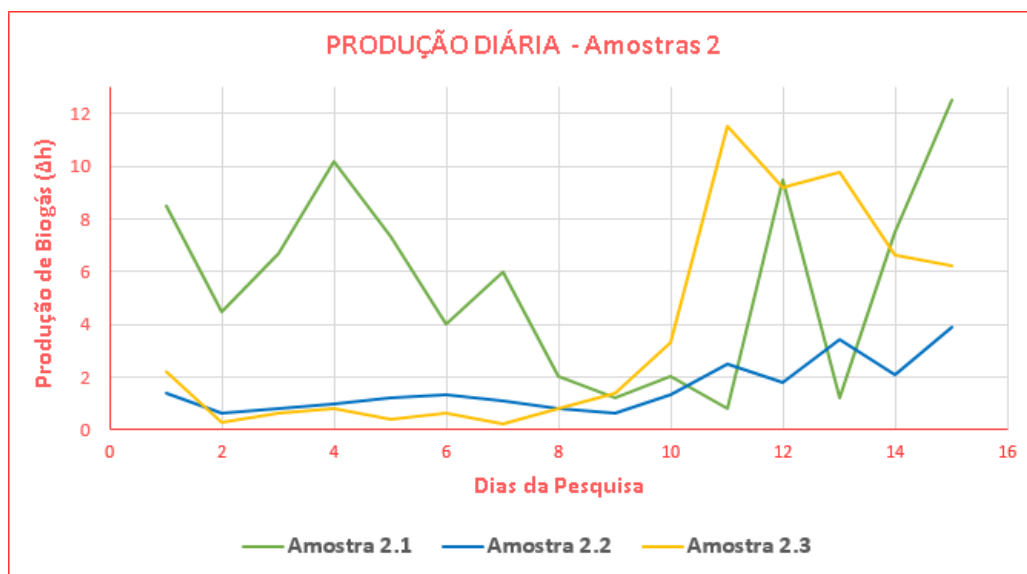
Primeiro, foi analisado apenas os protótipos que continham a amostra 1 no seu interior e a variação, em centímetros, da altura do manômetro ao longo dos 15 dias. Os resultados estão apresentados na Figura 11.



**Figura 11: Produção de Biogás nos protótipos contendo a amostra 1.**

Pode-se verificar que o protótipo com a proteção número 3 produziu uma maior concentração de biogás que os demais, pois esteve submetido a maiores temperaturas. No caso dos protótipos com as proteções tipo 1 e tipo 2, não houve grande diferença na produção.

Na Figura 12 apresenta a variação na produção de biogás ao longo dos dias analisados. Em seguida, foi feito o mesmo procedimento, mas agora para os protótipos que continham a amostra 2 no seu interior. E os resultados estão apresentados na Figura 17. Neste caso, foram obtidos valores muito discrepantes de produção do biogás no protótipo 2.1, sendo necessários mais dias de pesquisa para tentar justificar o comportamento dos biodigestores.



**Figura 12: Produção de Biogás dos protótipos contendo a amostra 2.**

A Figuras 13, 14 e 15 comparam os protótipos com as mesmas proteções contra a perda de calor, mas que continham as amostras diferentes, para analisar qual amostra produziu mais biogás.

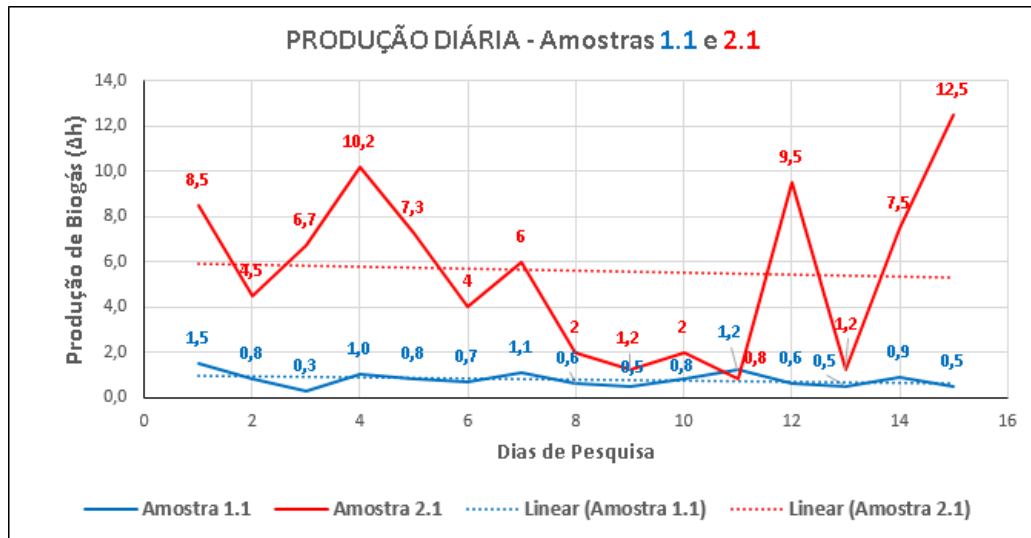


Figura 13: Produção de biogás dos protótipos com a proteção tipo 1.

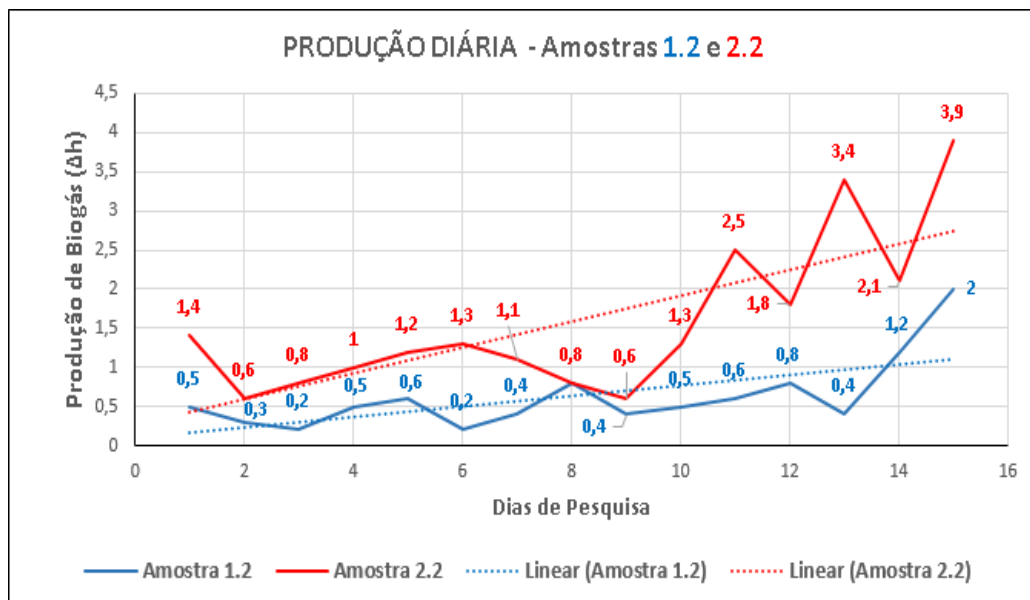


Figura 14: Produção de biogás dos protótipos com a proteção tipo 2.

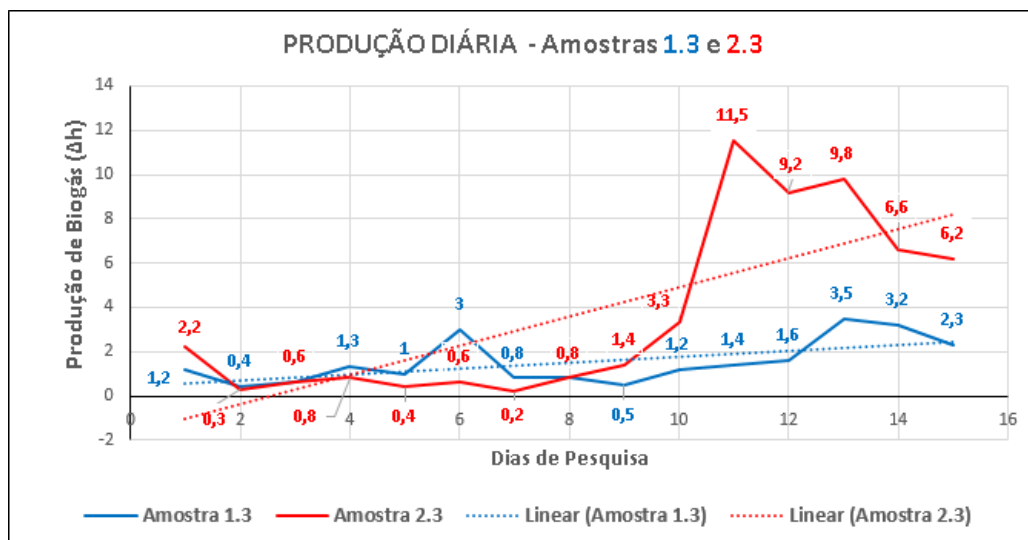


Figura 15: Produção de biogás dos protótipos com a proteção tipo 3.

Analisando os gráficos observa-se que na média a amostra número 2 produziu maior concentração de biogás que a amostra 1. No entanto a produção de biogás variou bastante ao longo do período analisado, mas identifica-se que a maior produção de biogás ocorreu no protótipo de biodigestor com a proteção 3, com o maior nível de aquecimento.

## CONCLUSÃO

Há diversos fatores que influenciam na quantidade e qualidade do biogás produzido a partir de resíduos sólidos. Neste trabalho, buscou-se avaliar alguns deles, como o tipo de substrato por meio de diferentes amostras, o material utilizado na construção do biodigestor e a proteção contra a perda de calor buscando o aquecimento das amostras. São muitas variáveis e imprecisões nas medições, fatos que atrapalham a obtenção de resultados precisos, porém, os dados obtidos foram suficientes para concluir e demonstrar como a temperatura influencia na produção de biogás.

O primeiro problema é o início da produção do biogás, pois como se trata de restos de comida, não há bactérias anaeróbias no começo das análises. O ecossistema anaeróbio não se instala imediatamente após a colocação dos resíduos orgânicos no biodigestor. Este processo leva certo tempo, muitas vezes elevado, para que as populações de microrganismos cresçam e iniciem a produção. Alguns fatores que, não foram adotados, mas geralmente são utilizados na partida de um reator são: a adição de um inóculo metanogênico (lodo de esgoto, estrume, etc.); adicionar um tampão; ajustar a umidade; entre outros (BARCELOS, 2009). Isso acelera o início da produção de biogás.

É possível identificar que as proteções contra a perda de calor foram pouco eficientes. As temperaturas médias dos biodigestores com a proteção tipo 3 foram maiores que as demais, assim como as temperaturas dos biodigestores com a proteção tipo 1 foram menores. Porém, não há uma mudança significativa na produção de biogás, pelo motivo da diferença média das temperaturas dos protótipos mais aquecidos e dos menos aquecidos apresentarem uma diferença pequena quando comparamos suas temperaturas médias diárias.

Segundo *Metcalf & Eddy* (2004), há dois níveis de temperatura que são considerados como sendo ótimos para a digestão anaeróbia, um na faixa mesófila (30 a 35°C) e o outro na faixa termófila (50 a 55°C), e nem o protótipo mais aquecido, sequer chegou perto destas faixas de temperatura. Todos os protótipos ficaram abaixo destes valores, o que fez com que a produção de biogás fosse baixa.

A variação da quantidade de água dentro dos biodigestores influencia na produção do biogás e foi algo que não foi controlado. A água foi adicionada no biodigestor, juntamente com a amostra, e esta variação não foi

controlada à medida que as reações foram ocorrendo. Este fator pode ter impactado diretamente na produção do biogás.

É importante ressaltar que esta pesquisa é parte de um projeto maior realizado a partir da parceria efetuada entre a Prefeitura Municipal de Curitiba e as quatro principais universidades da cidade, para participar de um convênio entre Instituições do Brasil e Suécia para promover o desenvolvimento de um Ciclo Agroalimentar Sustentável do Município de Curitiba e Região Metropolitana, visando a Segurança Alimentar, a Produção de Alimentos, a Redução do Desperdício de Alimentos, a Gestão Integrada e o Aproveitamento dos Resíduos e a Geração de Energia Renovável.

Sendo assim, esta foi uma pesquisa preliminar, mas que está em continuidade testando novos parâmetros que possam influenciar na produção de biogás.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE, Castagnari Consultoria, Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, Edição 2015, São Paulo, 2015. p. 19-20, p. 59-62. Acesso em: 05 jun. 2017.
2. BARCELOS, B.R. Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos. 2009. 75f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2009.
3. BIOSCIENCE, *Greenhouse Gas Emissions from Reservoir Water Surfaces: A New Global Synthesis*, Vol. 66, 1 de novembro de 2016, Disponível em: <<https://academic.oup.com/bioscience/article/66/11/949/2754271?searchresult=1>>; Acesso em: 15 de nov. 2017.
4. BOUALLAGUI, H.; TOUHAMI, Y.; CHEIKH, R.B.; HAMDIA, M. *Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes*. *Process Biochemistry*, v. 40, p. 989-995, 2005.
5. DEGANUTTI, Roberto; PALHACI, Maria do Carmo; ROSSI, Marco; TAVARES, Roberto; SANTOS, Claudemilson; Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelada; Departamento de Artes e Representação Gráfica, FAAC - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, UNESP - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru, p.2. Jan de 2002; Disponível em <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/031.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2017.
6. FAO, site oficial, disponível em: <<http://www.fao.org/brasil/programas-e-projetos/pt/>>. Acesso em: 20 jul 2017.
7. FLOR, Antônio Pedro Conde Pinto; Comportamento de reatores anaeróbios tratando a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos; Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento; Aveiro 2006; p. 56; Disponível em: <<http://ria.ua.pt/bitstream/10773/4688/1/207660.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2017.
8. INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATES CHANGE (IPCC). *Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Eggleston, H. S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (eds). Japan: IGES, 2006. Disponível em: <[unfccc.int](http://unfccc.int)>. Acesso em: 28 set. 2017.
9. METCALF & EDDY; *Wastewater engineering treatment disposal reuse*. 4ª ed., New York, McGraw Hill Book, 2004, 1819 p.
10. MILANEZ, B. (2010) Resíduos Sólidos Urbanos: panorama atual, desafios e perspectivas. MORAIS, M.P.; COSTA, M.A. (Orgs.) *Infraestrutura Social e Urbana no Brasil* : subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas. Projeto Perspectivas do Desenvolvimento Brasileiro. Livro 6, vol. 2. 912 p. Brasília: Ipea. p. 515-547
11. OLIVEIRA, Thais Brito de; GALVAO JUNIOR, Alceu de Castro. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, p. 55-64, Mar. 2016.
12. PEREIRA, Suellen Silva e CURI, Rosires Catão. Modelos de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos: a importância dos catadores de materiais recicláveis no processo de gestão ambiental. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. *Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa* [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013, pp. 149-172.
13. REICHERT, G. A. Aplicação da Digestão anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23ª ed., 2005, Campo Grande. ABES: Campo Grande, 2005.



14. RIUJI, L. C. *Research on anaerobic digestion of organic solid waste at household level on Dar Es Salaam, Tanzania*. 2009. *Bachelorthesis. Institute of Natural Resource Sciences, Zurich University, Suíça*. 2009.
15. URBAN, Rodrigo Custódio. Índice de adequação do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos como ferramenta para o planejamento: aplicação no estado de São Paulo. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 367-377, June 2016.
16. VEIGA, Tatiane Bonametti. Indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos urbanos e implicações para a saúde humana. 2014. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2014.