

**SILO**  
ARTE E  
LATITUDE  
RURAL

## **Biometano Rural**



## **Introdução**

Este diário descreve o processo experimental de construção de um biodigestor de baixo custo para geração de biogás, e também da construção de um sistema de transformação do biogás em biometano.

Tal experimentação foi feita durante o Interactivos? 19, um projeto da Silo – Arte e Latitude Rural com apoio do Instituto Serrapilheira. Trata-se de um laboratório de experimentações desenvolvido na Serrinha do Alambari, município de Resende, Rio de Janeiro – Brasil. Este diário tem como objetivo registrar as ações desenvolvidas no projeto Biometano Rural. As anotações estão em ordem cronológica, de forma que são evidenciados erros e acertos ao longo do processo. Toda as fotos neste registro foram tiradas por integrantes do grupo. Tudo neste documento serve para auxiliar o processo, para que nossas experiências possam vir a ser útil em projetos similares desenvolvidos por outras pessoas.

Nesse projeto foram elaborados dois biodigestores de escala experimental (20 L) que serviram como base para o projeto de um biodigestor de 200 L. Também foram realizados dois projetos para purificação do gás produzido com materiais de fácil acesso. Foi produzida uma cartilha com instruções sobre como montar o biodigestor e o sistema de purificação, que se encontra no final deste diário, juntamente com o link para acesso online. Em anexo, temos os materiais utilizados no projeto.

Participaram dessa experimentação:

Allan Duarte Mendonça

Carin von Muhlen

Caroline Brito Coutinho

Hernán Eduardo Alonso

João Cláudio Avila Fonseca

Mariana de Lima de Almeida

Pedro de Mattos Gonçalves

Ramon de Araújo Pontes

Thainara Silva de Souza Miranda

## **1º dia – 05/08/2019 – Segunda-Feira**

Nosso objetivo era fazer um biodigestor menor, por isso utilizamos um galão d'água de 20 litros. Para que não haja entrada de luz, que prejudica o processo, pintamos com spray de tinta preta multiuso todo o galão.

Para colocar os resíduos dentro do galão, usamos um cano de PVC para esgoto de 40 mm com 65 cm de comprimento. Fizemos uma abertura nos dois lados de uma das extremidades do cano para que a matéria orgânica escoe melhor. Fazendo assim, e,

posteriormente, colocando o cano encostado no fundo da garrafa, ele fica mais estabilizado e também devidamente apoiado.



Para a saída do biogás, adaptamos uma torneira metálica de jardim que sairá diretamente do galão. É necessário que a saída do biogás seja na parte de cima do galão, pois o gás é mais leve, e se armazena na parte superior.

É necessário ter uma saída para retirada do líquido, que contém matéria sólida (pastosa) também. Uma torneira foi encaixada na parte inferior da garrafa com uma tela adaptada em seu interior para reter os sólidos. Foi necessário cortar a tela para entrar no diâmetro do encaixe da torneira.



Todos os furos feitos no galão para colocarmos as torneiras de saída foram feitos com uma mini retificadora. Colocamos cola de silicone em todas as aberturas para que não houvesse risco algum de vazamento de gás.



A ideia inicial é desenvolver um biodigestor usual de em torno de 200L, para isso será utilizada uma bombona, que por meio dela, usaremos tubulação e outros apetrechos para sua montagem.

Pegamos a bombona, e como era de uso industrial, foi necessário realizar uma higienização da mesma, por meio de água e sabão de coco.

As medidas da bombona estão representadas na tabela abaixo:

	Medidas Bombona
Diâmetro(cm)	57
Raio(cm)	28,5
Volume(L)	224,44
Comprimento(cm)	88
Diâmetro Abertura(cm)	6,5



Utilizamos a própria tampa da abertura da bombona, para fazer de encaixe para o cano de alimentação. Foi necessário cortar o cano para se adequar à altura (comprimento) da bombona.



## **2º dia – 06/08/2019 – Terça-Feira**

Nesse dia alimentamos o 1º digestor e foi desenvolvido um biodigestor contínuo com a alteração do método de saída. O objetivo é termos dois experimentos para comparar os resultados. Para o novo método será adotado um sistema de sifão.

Começamos o procedimento de alimentar o 1º biodigestor. Foi coletado o lixo orgânico, separadamente, e deste lixo, retiramos as cascas de frutas cítricas, cebola e alho, porque eles podem afetar o pH do meio. Também retiramos alguns resíduos que estavam em tamanhos muito grandes, e podiam danificar o aparelho triturador e entupir alguma encanação.

Decidimos pelas seguintes proporções:

- Usar em torno de 15 litros do galão de 20 litros para alimentar o processo;
- Desses 15 litros, 1/3 vai receber acréscimo de esterco, com o intuito de agilizar o processo de produção de biogás;
- 2/3 será alimentado com a matéria: lixo orgânico + água;
- Dentro dessa matéria utilizamos, em média, metade de água metade de resíduo orgânico, até que a consistência estivesse pastosa (atenção para grandes pedaços e restos de fibra).

### Procedimentos:

- Trituramos o lixo orgânico com água;
- Retiramos fibras e grandes pedaços;
- Colocamos a matéria numa garrafa para servir de medida, com o auxílio de um funil feito com garrafa PET;
- Misturamos o esterco com água em um balde separado;
- Introduzimos a mistura esterco-água na garrafa de medida e demos um leve agitada;
- Passamos para o biodigestor.



Após os procedimentos, colocamos o nosso 1º biodigestor no sol, para iniciar o processo. Acoplamos uma boia de piscina infantil na saída de gás, para que ele seja armazenado nela. O biodigestor ficou no sol durante a tarde, para que a temperatura aumentasse.





Começamos a construir o 2º biodigestor em outro galão de 20 litros. Esse biodigestor será de alimentação contínua. O primeiro é de alimentação em batelada (na qual se coloca toda a alimentação de uma só vez e fecha o galão). Pintamos o galão para tampar a luz, e começamos a elaborar o sistema de saída. Nesse sistema, utilizaremos um sifão, que tem como função garantir que não haja perda de gás devido a diferença de pressão gerada pelo líquido estático. É necessário que o ponto mais alto do sifão esteja no mesmo nível de saída do líquido. O nível de saída foi adotado como  $\frac{2}{3}$  da altura do galão. A altura do galão é de 39cm e o nível de saída é de 26 cm.

Planejamos como iria funcionar todo o sistema de entradas e saídas do sistema de bombona de 200L, e listamos as peças que seriam necessárias para o seu funcionamento.

Discutimos ideias e formas de estimar a produção de biogás.

### **3º dia – 07/08/2019 – Quarta-Feira**

Construímos o sistema de alimentação do 2º biodigestor. O galão ficará dentro de um isopor, e, por meio de uma bomba de aquário, iremos recircular uma água que será aquecida em um banho de água quente. O intuito deste procedimento é manter a temperatura alta para favorecer o processo de formação do biogás, e também ter mais controle sobre esse processo.

Pontuamos, que esse não é um procedimento viável em um nível de aplicação, pois há um gasto energético para se gerar gás, podendo até mesmo, ter um balanço de energia negativa no fim das contas. Objetivo desse experimento foi produzir o biogás o mais rapidamente possível para testá-lo no sistema de upgrade.

Introduzimos o encaixe do cano de saída de líquido, fizemos o furo utilizando a máquina retificadora, onde será acoplado o sifão.

Para a saída do gás, adaptamos, na parte superior do galão, uma mangueira para extrair o gás para uma nova boia. Introduzimos o sifão. E vamos preparar o sistema de aquecimento.

Trituramos a matéria orgânica, misturamos com esterco e água, e alimentamos no biodigestor.

No dia seguinte, iremos ligar o processo de aquecimento e recirculação, pois caso seja ligado hoje, poderá prejudicar os silicones que foram utilizados na montagem do projeto.



Começamos a planejar o sistema de entrada do biorreator de 200 litros. Cortamos o cano de PVC para que seja o tamanho suficiente para adaptar o Joelho e um funil de alimentação. Também fizemos os cortes no fundo do cano, com uma abertura maior, pois a bombona contempla 200 litros de matéria. O biorreator funcionará na horizontal.

Na alimentação, utilizamos um redutor para facilitar que a matéria orgânica entrasse no processo, ele foi usado como funil.

#### **4º dia – 08/08/2019 – Quinta-Feira**

Percebemos que o 1º biodigestor gerou mais gás em relação ao dia anterior, percebendo que a boia estava mais inflada.

No 2º biodigestor começou a entrar água no galão por causa do sistema de aquecimento. Os canos de saída não estavam vedados. A água vazou por cima e pelos canos de saída. Também percebemos que o cano de saída também estava entupido pelo acúmulo de matéria e a pasta muito densa.

Tiramos como conclusão que devemos fazer uma pasta mais líquida.

Desmontamos todo o biodigestor para vedar todas as entradas e saídas novamente. Fizemos algumas adaptações no sifão, para evitar entupimento e entrada de água.

Enquanto uma parte do grupo faz as alterações necessárias no projeto, outra parte já começou a preparar a matéria orgânica a ser alimentada.

Após as mudanças nas conexões de entrada e saída, estamos esperando o silicone secar para introduzirmos a matéria e ligar o sistema de circulação de água.



Fizemos teste de estanqueidade em todas as saídas para verificar se existia algum vazamento. Foi utilizada a pressão do ar que estava presente dentro do galão para realizar este procedimento.

Hoje iremos alimentar o biodigestor para que não alcance a altura da saída, para ter um tempo de residência dentro do mesmo e possa favorecer as bactérias metanogênicas.

Amanhã receberemos a visita de um grupo de crianças de uma escola da comunidade aqui da Serrinha. Foi necessário deixar planejadas as atividades a serem realizadas com as crianças para ter o máximo de organização possível.

Elaboração das tarefas a serem desenvolvidas com as crianças da escola:

- Importância da separação do lixo orgânico;
- Separação manual do lixo orgânico;
- Separação do cítrico;
- Trituração com água;
- Mistura do esterco;
- Medição;
- Alimentação;
- Mostrar o 1º biodigestor.

Utilizaremos o sistema de sifão na saída, para que não ocorra entrada de ar. Sempre lembrando que é necessário que o nível dentro do compartimento esteja maior que o sifão, para que a diferença de pressão gerada pelo líquido estática não deixe passar os gases.

Cortamos o bambu para que sirva de haste e fique fixada, pois a bombona é cilíndrica e pode deslizar. É importante que o bambu seja cortado próximo aos nós, para dar mais estrutura e que não passe água.

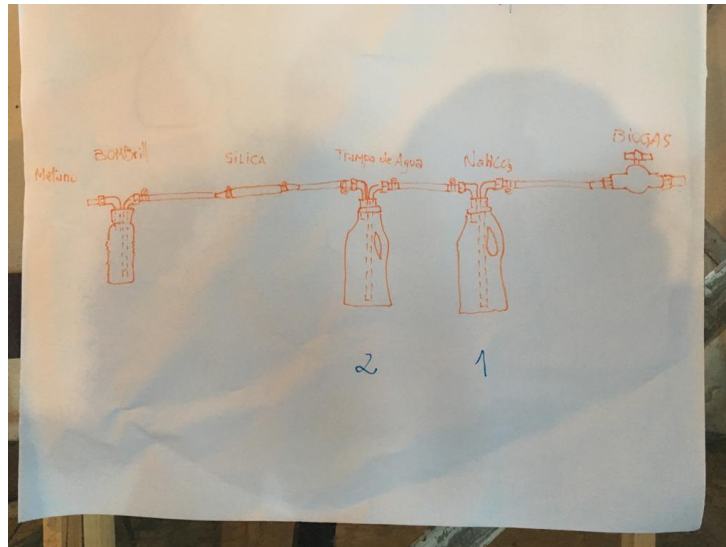


### **5º dia – 09/08/2019 – Sexta-Feira**

Preparamos o que seria apresentado para as crianças da escola. Fizemos a apresentação do projeto na parte da manhã.

Alimentamos o 2º biodigestor, deixamos no sol, e na parte da noite colocamos no banho de aquecimento. Alimentamos em torno de 15 litros de matéria orgânica e esterco.

Criamos o layout do sistema de purificação, decidimos quais matérias primas e quantos estágios teriam todo o processo.



### 6º dia – 10/08/2019 - Sábado

Percebemos a formação de gás no 2º biodigestor, que foi recolhido em uma boia. Notou-se que a formação de gás ocorre de maneira mais rápida neste, do que no 1º biodigestor, devido a temperatura mais controlada.

Em relação ao 1º biodigestor, decidimos por colocar mais esterco, para acelerar o processo. Porém, devido a colocação de uma tela na torneira de saída, ocasionou o entupimento.

Com o fim da primeira semana, realizamos todos os dias o procedimento de colocar o 1º biodigestor no sol, e a noite colocá-lo na cozinha pois é o ambiente mais aquecido no local. E em relação ao 2º biodigestor, analisamos todos os dias o sistema de aquecimento, em que se controlava mais a temperatura. Percebemos que a cada virada de noite ocorria uma perda de volume de água devido a evaporação. Então, tínhamos a necessidade de preencher o volume de água perdido para que a água circulasse de novo e não danificasse o equipamento de aquecimento.

Adicionamos matéria orgânica na bombona, como o sistema de saída ainda não estava colado, alimentamos apenas abaixo do nível de saída.

As proporções foram:

- Foram adicionados 50 litros de toda a mistura;
- Desses 50 L, 35 L foram de matéria orgânica + água (50% de cada);
- Foram completados com 15L de esterco.

### Segunda semana

#### 7º dia – 11/08/2019 – Domingo

Dia de folga. Apenas colocamos o primeiro biodigestor no sol.

### **8º dia – 12/08/2019 – Segunda-Feira**

Percebemos que ocorreu um curto na tomada do sistema de aquecimento, e por isso deixamos o processo um pouco parado. Decidimos não manter o sistema ligado o dia todo, pois está conectado a adaptadores e sobrecarregando.

Recebemos a visita da escola, utilizamos a bombona de 200L para demonstrar a apresentação.

Colocamos a cola de poliuretano para fixar os sistemas de entrada e saída, para que não haja contaminação e nem vazamento de matéria.



### **9º dia – 13/08/2019 – Terça-Feira**

Percebemos que devido ao controle de temperatura do 2º biodigestor, a produção de biogás tem sido mais efetiva.

Foi levado uma amostra do que já coletamos de biogás para ser analisado no laboratório da UERJ – Resende, onde serão feitos testes e análises.

Fizemos uma reunião para definir a documentação. Será usado este diário como documento e uma cartilha explicativa.

Vamos fazer todo o trabalho manual dedicado ao sistema de purificação. Este sistema será acoplado na bombona de 200L, pois o intuito é que ela seja realmente usual.

Preenchemos as garrafas de amaciante com palha de aço, solução de bicarbonato de sódio na proporção de uma parte de bicarbonato para 6 partes de água, e foram feitos os sistemas para a sílica gel. Verificamos que pode ser utilizada a sílica gel vendida como areia para gatos.



Foi desenvolvido todo o layout da cartilha. Irá conter informações sobre todos os materiais, procedimentos e processos.

Desenvolvemos o cronograma para o resto da semana, e focamos em preparar a apresentação.

Alimentamos o biodigestor com a matéria prima até próximo ao nível do sifão.

Tiramos como conclusão que poderíamos ter feito a entrada de alimentação com um cano maior para evitar entupimento. Diante disso, reduzimos o cano de alimentação.

### **10º dia – 14/08/2019 – Quarta-Feira**

Toda a noite anterior foi chuvosa e hoje o dia amanheceu muito fechado, chovendo e nublado. Com isso, ocorreu uma queda brusca na temperatura, se fazendo necessário deixar o 1º biodigestor dentro da cozinha.

Fomos até os laboratórios de Química da UERJ, em Resende, para realizar análises dos gases e elaborar propostas experimentais para serem apresentadas nas escolas. Nesses testes, vamos descobrir experimentos para identificação do pH do meio e detectar  $\text{CO}_2$ . Esses experimentos vamos testar o uso da semente da juçara como indicador de pH, pois existe em abundância na serrinha do Alambari, para a análise do líquido do biodigestor.

Testamos produzir o extrato da juçara de duas formas: fervendo em água e macerando em um graal e pistilo, adicionando etanol. Verificamos que o extrato de etanol formou uma coloração mais bonita e persistente. Adicionamos duas gotas do extrato em água de torneira.

Primeiro teste: Fizemos uma solução com bicarbonato de sódio e água, que ao aquecimento irá gerar  $\text{CO}_2$ . Esse  $\text{CO}_2$  é para reproduzir o teor que está presente no biogás, e a partir disto, vamos utilizar indicadores para mostrar a sua presença no meio. Utilizamos uma gota de azul de bromotimol e borbulhamos o gás carbônico. Na 1ª



tentativa, não conseguimos a mudança de cor que indicaria a presença do  $\text{CO}_2$ . Diminuímos o volume da solução com bromotimol, e a partir disso, ocorreu a viragem que indica a variação de pH do meio.

Segundo teste: Utilizamos o Cloreto de Bário como indicador, e não se mostrou tão eficiente quanto o 1º teste.

Depois disso, pegamos nosso extrato de juçara, colocamos em 3 tubos de ensaio para testar os indicadores. Colocamos uma em meio ácido, adicionando vinagre, diminuindo o pH. Em seguida, uma em meio básico, adicionando uma solução de bicarbonato de sódio e uma em meio neutro, adicionando água da torneira.

Pensamos em levar a meios mais extremos. Adicionamos hidróxido de sódio e ácido sulfúrico, e tornamos o meio básico e ácido, respectivamente.

A partir disso, registramos tudo e anotamos as cores que indicam a mudança de pH do meio.

O extrato alcoólico da semente de juçara se mostrou um bom indicador ácido-base, de fácil preparo, baixo custo e grande disponibilidade.



Montamos o suporte para a bombona.

Hoje o dia ficou todo chuvoso, deixamos a bombona na parte interna.



### **11º dia – 16/12/2019 – Quinta-Feira**

Listamos todos os materiais necessários para o desenvolvimento dos três biodigestores.

Tentamos desentupir o 1º biodigestor, mas percebemos que o problema pra não estar saindo pela torneira é o fato da matéria estar muito densa.

Percebemos um volume de gás significativo no 2º biodigestor, trocamos a boia pequena por uma maior.

Começamos o processo criativo da cartilha para ser enviado para impressão.



## **Considerações finais**

**Diante de toda a experiência vivida nesses 15 dias, o que fica claro é que temos uma possibilidade real na nossa frente de poder contribuir para o bem estar do nosso planeta. Vivemos uma realidade em que a produção de lixo aumenta cada vez mais e não nos atentamos que isso poderá causar consequências irreparáveis no futuro, e até mesmo, já vemos algumas coisas acontecendo na atualidade. Por mais que possa parecer pouco para todo o globo adaptarmos algo assim apenas em nossas casas, é com as nossas atitudes diárias que vamos trabalhar a conscientização de uma sociedade.**

**A destinação correta do lixo e o seu tratamento possibilita que menos danos sejam causados à nossa natureza: nos solos, na água, nas florestas, na atmosfera. A utilização de um biodigestor contribui diretamente para isso, trazendo benefícios pessoais também. Evitamos o acúmulo irregular de lixo, a contaminação de solos pelo ácido sulfídrico e a diminuímos a emissão de gás carbônico e metano. No metano, é onde encontramos a forma de trazer benefícios pessoais, podendo, após devido tratamento, utilizá-lo como forma de gás de cozinha e em sistemas de aquecimento.**

**Este trabalho nos fez refletir muito sobre o conceito do lixo. Durante os 15 dias, literalmente, colocamos a mão na massa, fizemos muito trabalho com as próprias mãos em contato com o lixo orgânico e com o esterco. Não pode existir uma mentalidade em nossa sociedade em pensar o lixo como algo negativo, sujo e descartável. Pelo contrário, lixo é alimento, lixo é energia, lixo é renovação, lixo possibilita grandes transformações e mudanças em concepções estabelecidas pelo sistema e nossa sociedade.**

**Com toda certeza, todos do grupo vão voltar pra casa com outra concepção, e vamos aplicar esta nova mentalidade em nossas casas. Também, tentar disseminar esse conceito. Este diário, além de descrever todo o processo, tem o intuito da CONSCIENTIZAÇÃO.**

## **Anexo – Materiais Utilizados**

### **1º biodigestor – galão de 20 litros em batelada**

- 1 galão d'água de 20 litros;
- 0,7 metros de cano 40mm;
- 1 tampa para cano 40mm;
- 2 torneiras ½ polegada com saída de mangueira;
- 1 tinta spray preta.

### **2º biodigestor – galão de 20 litros em um sistema contínuo**

- 1 galão d'água de 20 litros;
- 0,5 metros de mangueira de irrigação;
- 1 tampa cano de 40mm;
- 3 conexões de mangueira ½ polegada – rosca macho;
- 1 válvula ½ polegada;
- 3 joelhos ¾ polegadas;
- 0,5 metros de cano ¾ polegadas.

### **3º biodigestor – bombona de 200 litros**

- 1 bombona industrial;
- 1 tapa cano 110mm;
- 1 redutor de esgoto 110mm-40mm;
- 1 curva (joelho com maior ângulo) 40mm;
- 3 joelhos 40mm;
- 2 metros de cano 40mm;
- 1 conector ½ polegada;
- 1 válvula ½ polegada;
- 1 conector ½ polegada mangueira de irrigação.

### **Sistema de purificação**

- 3 metros de mangueira ½ polegada;
- 4 abraçadeiras para mangueira ½ polegada;
- 3 garrafas de amaciante;
- 2 garrafas de 0,5 litro água mineral;
- 1 cola de poliuretano 420 gramas;
- 1 veda rosca;
- 1 cola cano 17 gramas;
- 1 lixa.