



Biodigestores para Agricultura Familiar

Fechando o ciclo água-resíduo-energia-alimento

WWEF-Nexus

Prefácio

- A cartilha *Biodigestores para Agricultura familiar* foi elaborada para servir como material didático nas atividades de formação e capacitação de multiplicadores desenvolvidas no âmbito do Projeto [WWEF-NEXUS](#).

IFG e UFG/Goiânia/GO e UCL/Londres/Reino Unido, Fevereiro, 2021,

- Os autores:
Joachim Werner Zang*, Warde Antonieta da Fonseca Zang*, Sara Sacho Duarte**, Henrique Lacerda de Santana Azevedo*, Luiza C. Campos***, Wilson Mozena Leandro**.

* Instituto Federal de Goiás IFG, Câmpus Goiânia

** Universidade Federal de Goiás UFG

***University College, Londres, Reino Unido

Prefácio

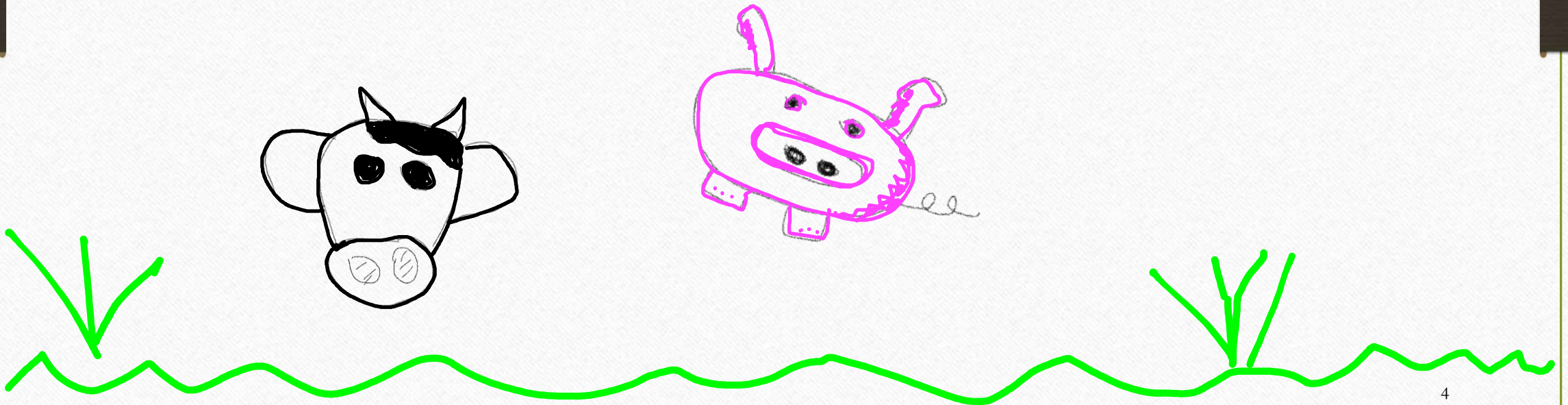
- Autorizamos a reprodução e divulgação total ou parcial deste material, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo, ensino, pesquisa e extensão, desde que citada a fonte e autorias.

- **Citar como:**

Zang, J.W., Da Fonseca Zang, W.A.; Sacho Duarte, S.; De Santana Azevedo, H.L.; Campos, L.C.; Leandro, W.M.; **Biodigestores para Agricultura Familiar**. Booklet. CVT Apinajé, Goiânia, GO, Brasil. PDF, 58p, 2021. Disponível em: < <https://wwef-nexus.org/publications/> >

Biodigestor?

- Sistema que pode ser construído que usa estrume de animais e outros descartes da agricultura para produzir bioenergia (biogás) e adubo.



Biogás?



Pirenópolis/GO
2019.

- Gás que sai do biodigestor. “*Bio*” vem do biológico = Vida.
 - Dejetos viram biogás. Lixo orgânico vira biogás.

O gás precisamos para cozinhar.

- Qual seria o dejetos ou resíduo e seu potencial de produção de biogás?
 - esterco de bovino, suíno, equino, ave;
 - dejetos humanos, restos vegetais, restos de alimentos, plantas aquáticas tipo Aguapé, outros.

Esgoto do domicílio

- Como acontece na sua casa?
- Banheiro? Tipo? Onde descarta?
- Água da pia e tanque? Onde descarta?

- Esses efluentes podem ser preparados também para serem usados no digestor!

Esgoto para biogás?

- No Brasil, 9,1 milhões de toneladas de esgoto são gerados diariamente;
- Deste total, 4,1 milhões de toneladas são lançadas diretamente no meio ambiente sem tratamento.



Estação de tratamento de Efluentes ETE – Dr. Hélio Seixo de Brito, Goiânia. 2018.

- Que poluição!



Efluentes, Goiânia. 2017.

- (ANA, 2017)

Esgoto e qualidade água comprometida

- Mais de 110 mil km de trechos de rio estão com a qualidade da água comprometida;
- Sendo que a captação de água para abastecimento público não é mais permitida em 83.450 km desse trecho!

(ANA, 2017)

- O que fazer?
 - **Um digestor anaeróbio nesse caso poderia converter esgoto e outros restos orgânicos em adubo e energia!!**

Esgoto tratado e saúde pública

- SE ESGOTO NÃO FOR TRATADO:
- comprometimento da qualidade da água para abastecimento;
- morte de espécies aquáticas;
- proliferação de doenças como a febre tifoide, meningite, cólera, hepatites A e B, entre outras;
- forte odor e da paisagem local;
- degradação ambiental;
- grande concentração de mosquitos e vetores;
- eutrofização dos rios e lagos (quando o excesso de matéria orgânica provoca o crescimento de algas, impedindo a passagem da luz e a transferência do oxigênio atmosférico para o meio aquático).

Biogás

- Muitas vezes o que chamamos de resíduo, lixo, rejeito ou esgoto pode ser na verdade uma fonte de **ENERGIA!**
 - É isso mesmo! O mesmo “**lixo**” e “**esgoto**” que provocam a poluição do meio ambiente, podem ser transformados em
 - **BIOGÁS; BIOFERTILIZANTE** e até mesmo **ENERGIA ELETRICA!**
 - O responsável por fazer essa transformação de LIXO em ENERGIA se chama **BIODIGESTOR!**

Como funciona o digestor?

- O **biogás** é produzido pela **decomposição de matéria orgânica por microrganismos sem a presença de oxigênio** (anaeróbia).
- O mesmo processo acontece dentro do rúmen bovino, por exemplo, uma vaca pode liberar entre 400 e 1000 litros de biogás por dia.



Como funciona o digestor?

- O mesmo processo está acontecendo dentro de um digestor, utilizando os mesmo microrganismos do rúmen bovino para decompor biomassa residual sem a presença de oxigênio (ar).
- Esses digestores podem ser bem simples na forma de um tambor de plástico fechado com 200 litros (exemplo: Econinventos, 2020) até digestores industriais complexos de milhares de metros cúbicos.



Como funciona o digestor?

- Sempre os digestores contendo a mistura “certa” de microrganismos são ”alimentados” com a “biomassa”, por exemplo, resíduos agrícolas, esterco, bem como plantas energéticas.
- Eles podem ter ou não sistemas de controle de temperatura e de agitação, de alimentação automática etc., aumentando assim a complexidade e os custos, mas também a eficiência do digestor.
- Independente disso sempre tem dois produtos saindo do digestor: O **biogás** e o **biofertilizante (digestado)**.



Figura: Bolhas de biogás dentro do digestor.



Figura: Digestado saindo do digestor = biofertilizante.

Agora vamos conhecer alguns **BIODIGESTORES:**

- **BIODIGESTOR flexível ou tubular;**
- **BIODIGESTOR de lagoa coberta;**
- **BIODIGESTOR de cúpula fixa;**
- **BIODIGESTOR de cúpula flutuante (SERTANEJO);**
- **BIODIGESTOR de cúpula flexível (Alemão ou Brasileiro).**

BIODIGESTOR flexível ou tubular

Digestor tubular: Vista de cima (planta baixa)

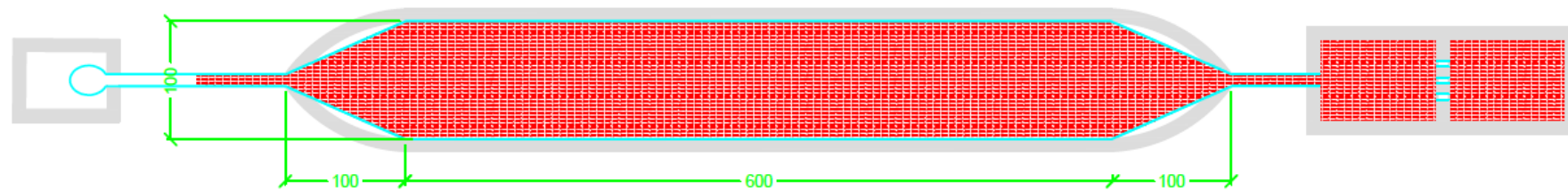
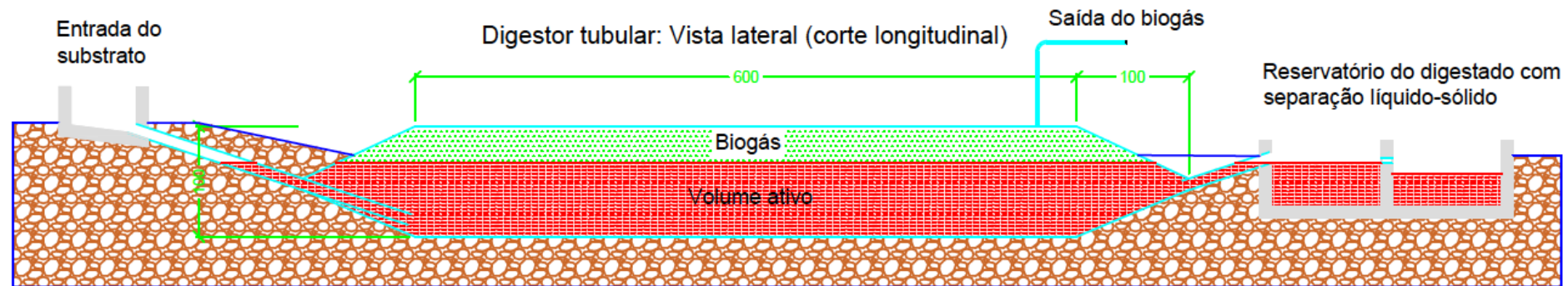


Figura: Biodigestor tubular piloto.
BiogasLab IFG-UFG.
Desenho técnico: Joachim Zang, 2019.



BIODIGESTOR flexível ou tubular



Figura: Biodigestor tubular para tratamento de esterco bovino e geração de biogás, BiogasLab IFG-UFG, Goiânia, GO, 2019.



Figura: Biodigestor tubular em uma estufa para tratamento de esterco bovino e geração de biogás para cozinha, Surrey Docks Farm, Londres, Reino Unido. 2018.

BIODIGESTOR Lagoa coberta

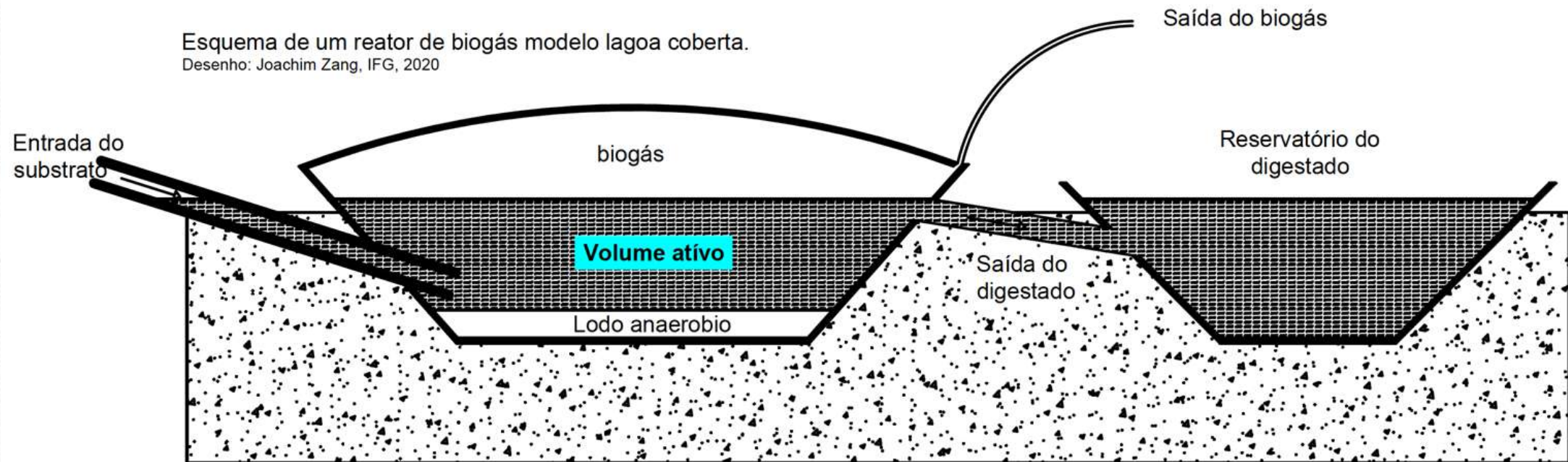


Figura: Esquema de um reator de biogás tipo lagoa coberta para tratamento de efluentes com baixa concentração de sólidos (até 3%) e alta carga orgânica, como, por exemplo, resíduo suíno e vacas leiteiras. Também é chamado “digestor canadense” ou “Lagoa Coberta de Fluxo Ascendente”.
Desenho técnico: Joachim Zang, IFG, 2020.

BIODIGESTOR Balão ou Lagoa coberta



Figura: Biodigestor tipo lagoa coberta para tratamento de efluente suíno e produção de energia elétrica a partir de biogás.
Nova Santa Rosa, Paraná. 2018.



Figura: Biodigestor tipo lagoa coberta com agitação para tratamento de efluente suíno e produção de energia elétrica a partir de biogás.
Patos de Minas, MG. 2017.

BIODIGESTOR de Cúpula fixa

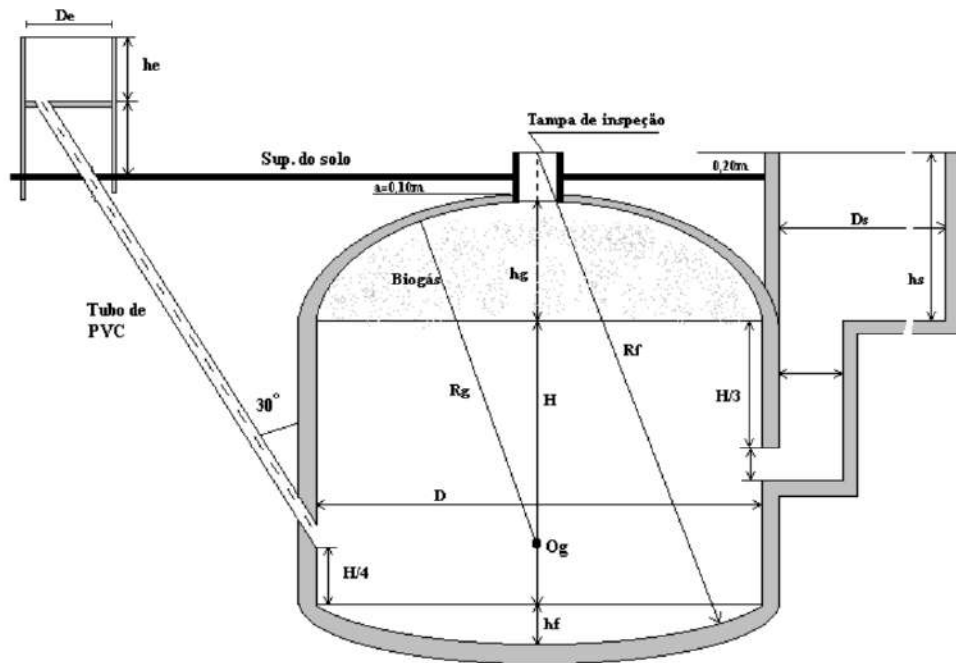


Figura: Esquema de um digestor de biogás de cúpula fixa modelo “Chinês”. Fonte: Deganutti *et al.*, 2002.

Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/031.pdf>>



Figura: Biodigestor de cúpula fixa modelo “Chinês” para tratamento de esterco bovino e geração de biogás.

Fonte: Biogas Nokan Ind., 2012.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xGBklpO_A08>

BIODIGESTOR de cúpula flutuante - Sertanejo

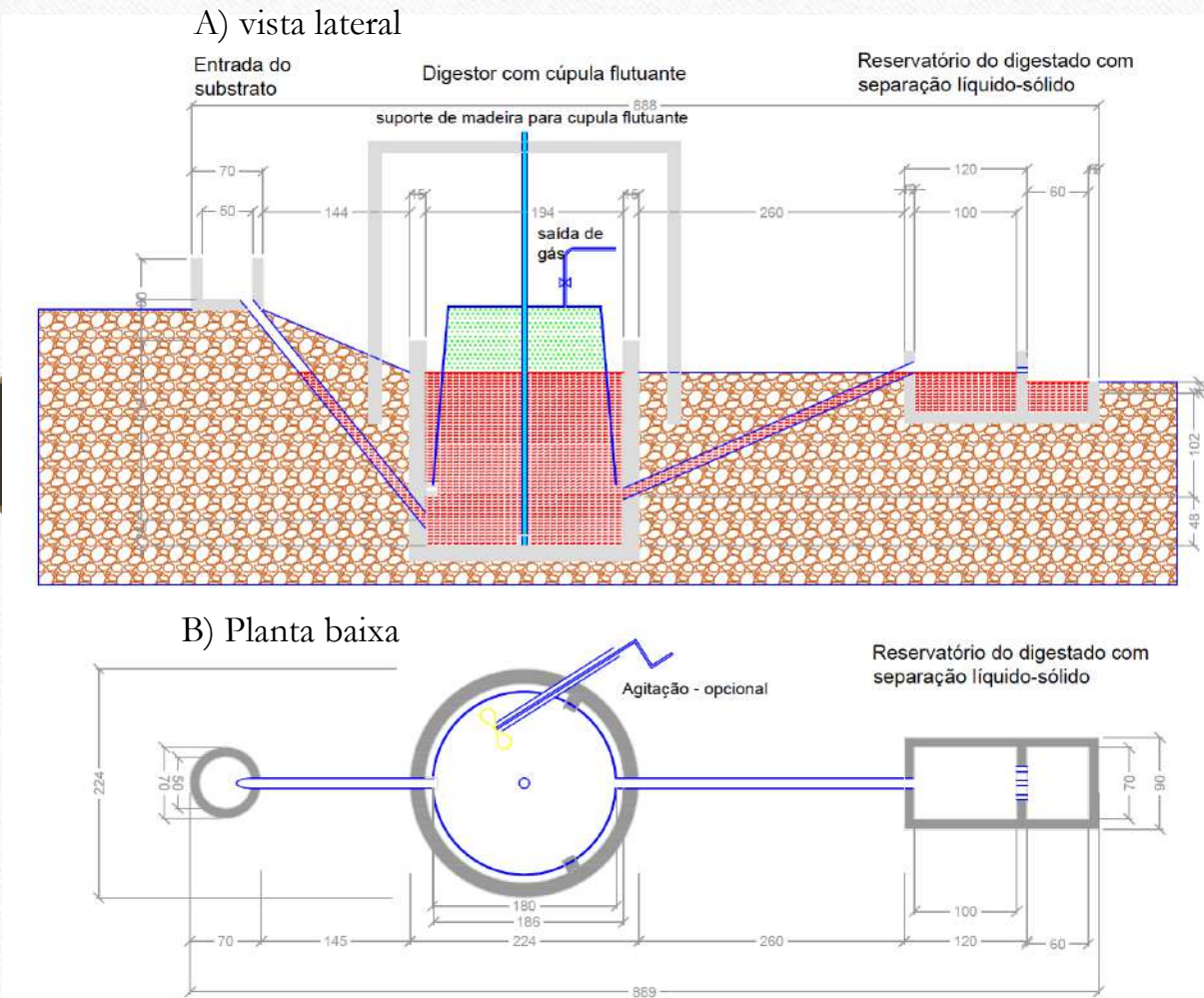


Figura: Biodigestor de cúpula flutuante (Tipo Sertanejo ou Indiano) para tratamento de esterco bovino e geração de biogás (A vista lateral, B planta baixa). Desenho técnico: Joachim Zang, 2019, baseado em Mattos e Farias, 2011 (adaptado)

BIODIGESTOR de cúpula flutuante - Sertanejo



Figura: Biodigestor de cúpula flutuante (Tipo Sertanejo ou Indiano) para tratamento de de esterco bovino e geração de biogás. BiogasLab IFG-UFG, Goiânia, GO, 2020.

Zang et al., Biodigestores para Agricultura familiar. CVT-Apinajé, 2021.



Figura: Biodigestor de cúpula flutuante para tratamento de de esterco bovino e geração de biogás para cozinhar. Itaberaí, GO, 2019.

BIODIGESTOR de cúpula flexível Alemão e Brasileiro



Figura: Biodigestores industriais de cúpula flexível. **Bioreatores Alemães**. DBFZ (Centro Alemão de Pesquisa em Biomassa), Leipzig, Alemanha. 2018.



Figura: Biodigestor piloto de cúpula flexível (**Bioreator Brasileiro**) escala piloto com agitação, controle de temperatura e reservatório de biogás (na esquerda), BiogasLab IFG-UFG, Goiânia.

<https://www.ifg.edu.br/aluno/17-ifg/ultimas-noticias/9941-pesquisa-biogas-ifg-ufg-2>

Queremos um digestor. O que fazer?

- Temos de saber o tipo, a qualidade e a quantidade de biomassa (resíduo) disponível mais importante fator na geração de biogás.
- Levantar esses dados no local:
- Quais resíduos de biomassa têm disponíveis? Excrementos de animais? Quais? Plantas? Quais? Outros?
- Fácil acesso?
- Sazonal?

Referência : ISAT GTZ (1999).

Queremos um digestor. O que fazer?

METODOLOGIA para estimar a quantidade de resíduos (exemplo):

Rendimento do esterco =
 $\text{peso vivo} \times \text{número de animais} \times \text{quantidade específica de excrementos}^* \text{ [kg/d]}$

* quantidades específicas de excremento são dadas em % do peso vivo por dia, na forma de massa úmida, teor total de sólidos ou teor volátil de sólidos.

Qual a necessidade de biogás da família? Ou da comunidade?

Referência : ISAT GTZ (1999).

- A demanda de energia de qualquer propriedade rural é igual à soma de todas as situações de consumo **atuais e futuras**:
- *cozimento, iluminação, refrigeração, geração de energia etc.*



Figura: Digestor rural para biogás, Itaberaí/Goias. 2019.



Fogão a biogás, Itaberaí/Goias. 2019.

Demanda de biogás da família

- Temos que saber (levantamento de dados) quantas pessoas, quais atividades diárias, energia necessária, refrigeração e outros para então podermos estimar sua demanda por biogás!

Estimativa da demanda de biogás para aparelhos e períodos de uso:

- Os aparelhos a serem usados, por exemplo, uma lâmpada de biogás (usada em acampamento) com um consumo específico de gás de 120 L/hora e um período de uso de 3 horas/dia, resulta na demanda de gás de 360 L/dia.



Lâmpada a gás.

Fonte: pixabay.com, 2020.

A tabela para coletar todos os dados referentes à demanda de biogás:

Itens consomem biogás	Dados levantados	Demanda biogás (L/dia)
1. Gás para cozinhar: <ul style="list-style-type: none">• Número de pessoas e de refeições• Consumo de energia/tipo atual de energia• Demanda de gás por pessoa/refeição• Demanda de gás/refeição• Demanda de gás total • Taxa de consumo específico do queimador/Número de queimadores fogão• Duração da operação do queimador (horas) • Demanda de gás• Total previsto de gás de cozinha		

Itens consomem biogás	Dados levantados	Demanda biogás (L/dia)
<p>2. Gás para Iluminação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo específico de gás por lâmpada • Número de lâmpadas • Duração da operação da lâmpada • Demanda de gás 		
<p>3. Refrigeração Consumo específico de gás * 24 horas</p>		

Itens consomem biogás	Dados levantados	Demanda biogás (L/dia)
<p>4. Motores</p> <p>Consumo específico de gás por kWh</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potência do motor • Tempo de operação • Demanda de gás 		
<p>5. Outros consumidores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda de gás 		

6. Aumento previsto no consumo (%)		
7. Demanda total de biogás: <ul style="list-style-type: none">• Consumidores de primeira prioridade (familiar)• Consumidores de segunda prioridade• Consumidores de 3ª prioridade		

Avaliar o local:

Guia de planejamento do digestor

- Para tomar decisões sobre o local para o digestor de biogás de escala familiar, aplicaremos o esquema de planejamento de dados com coleta de informações e posterior classificação para avaliação (ISAT GTZ, 1999).
- Os **critérios de avaliação** são:
- **(+)** **Positivo**, se as condições locais são favoráveis;
- **(o)** Se condições do local são desfavoráveis, mas:
 - a) **compensável** pelas atividades do projeto;
 - b) **não é grave o suficiente** para causar falha final.
- **(-)** **Negativo**, se as condições de localização não são satisfatórias!

Síntese do planejamento do digestor de biogás (ISAT GTZ, 1999).

Síntese	Nº	Avaliação (+)/(0)/(-)
Condições do local a ser implementado o projeto do digestor		
Condições ambientais/agrícolas	1	
Balanco energia demandada e geração biogás	2	
Projeto e construção do digestor	3	
Operação/manutenção e reparo digestor	4	
Análise econômica	5	
Aceitação social e potencial de disseminação	6	
Avaliação geral da síntese		(+)/(0)/(-)?

Lista de verificação do planejamento passo a passo para digestor de biogás

- As etapas necessárias para construir um digestor de biogás. Tabela parcial.

Cliente: Agricultor familiar/cooperativa	Contratante do serviço (empresa ou profissional responsável)
	Conscientização/sensibilização da comunidade.
1. Onde estaria o cliente?	
2. O cliente já tinha ouvido falar sobre biogás, tem interesse, iniciativa de buscar informações?	
3. Deve fazer solicitação escrita.	
	Oferece estimativa inicial do investimento Deve fazer por escrito.

Dimensionando o Digestor

- O **tamanho do digestor** de biogás depende do tipo de biomassa (quantidade, qualidade) disponível e da temperatura de digestão.
- Dimensionando o digestor: O tamanho do digestor ou o volume do digestor V_d (m^3) é determinado com base no tempo de retenção escolhido **TRH** (número de dias) e na quantidade diária de entrada de **substrato** S_d (m^3 /dia).
- **Volume digestor** = quant. Biomassa/dia \times tempo retenção

$$V_d = S_d \times TRH \quad [m^3 = m^3/dia \times \text{número de dias}]$$

Definição: **Substrato** = resíduos de biomassa que entram no digestor.

Dimensionando o Digestor

- O tempo de retenção TRH é determinado pela temperatura de digestão escolhida / dada. Para digestor de biogás não aquecido, a temperatura no digestor deve ser levada em consideração a estação menos favorável do ano;
- O tempo de retenção TRH é cerca de 30-40 dias;
- Na prática os tempos de retenção TRH são entre 60 a 80 dias;
- 100 dias se há falta de substrato;
- Tempos de retenção longos podem aumentar o rendimento de gás em até 40% da mesma quantidade do substrato;
- O substrato deve ser misturado com água sem cloro para obter um teor de sólidos de 4-8%.

Entrada de substrato (S_b) e água (A)

- Entrada de substrato (S_b) = biomassa (B) + água (A) [m^3 /dia]

Digestores agrícolas de biogás:

taxa de **mistura de esterco** (gado e/ou porcos) e **água** (B:A) é

Para o **digestor longo tubular**: biomassa/água de 1:3;

para o **digestor sertanejo**: biomassa/água de 1:1;

Ou 2:1 (dependendo do tipo digestor, por exemplo, um digestor com agitação).



1 m³ biogás*	Poder calorífico 5,0-7,5 kWh (18-27 MJ);
1 m³ biogás*	50 - 75 % teor de metano;
1 m³ biogás*	cerca 0,6 L equivalente ao diesel;
1 m³ metano*	Poder calorífico 9,97 kWh ou 36 MJ ou 50 MJ/kg;
1 m³ metano*	densidade: 0,72 kg/m³ ;
1 m³ metano*	cerca 1 L equivalente ao diesel.

* sob condições normais de temperatura e pressão (CNTP) referem-se à condição experimental com temperatura e pressão de 273,15 K (0 °C) e 101 325 Pa (1013,25 hPa = 1,01325 bar). Observação: Temperaturas mais altas e pressões menores resultam em significantes aumentos do volume. Mais informações ver: KUNZ; AMARAL, STEINMETZ, 2016. <https://tinyurl.com/y9asqbpb>

Valores básicos referentes ao biogás

Baseado em: FNR, 2014.
Faustzahlen Biogas. Disponível
em: <https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen>

A dependência da temperatura:

- rendimento de gás específico biomassa G_y

$$G_y (T, RT) = mG_y \times f (T, RT)$$

onde:

- $G_y (T, TRH)$ = rendimento de gás em função da temperatura do digestor e tempo de retenção;
- mG_y = rendimento médio de gás específico (m^3/ kg de sólidos voláteis);
- $f (T, RT)$ = Fator do rendimento de gás em função da temperatura T do digestor e do tempo de retenção TRH .

A taxa diária de geração de biogás (G_p)

A quantidade de biogás gerado/dia

G [m^3/d]

- **A taxa diária de geração de biogás por m^3 de volume do digestor V_d é calculada de acordo com a seguinte equação:**

$$G_p = G/V_d \quad [(m^3/d) / m^3]$$

Onde: V_d = vol. digestor

Carregando o digestor (L_d)

O carregamento do digestor L_d é calculado a partir :

1. da **entrada diária total de sólidos** TS/dia ou
2. da **entrada diária de sólidos voláteis** VS/dia e
3. do **volume do digestor** V_d :
 - $L_{d\ TS} = TS / dia \div V_d$ [kg/(m³ d)]
 - $L_{d\ VS} = VS / dia \div V_d$ [kg/(m³ d)]

Em seguida, um parâmetro calculado deve ser verificado com os dados de plantas comparáveis na região ou com a literatura pertinente.

Dimensionando o gasômetro

- O tamanho do gasômetro, isto é, o volume do gasômetro V_g , depende:

Das taxas relativas de geração e consumo de gás.

O gasômetro deve ser projetado para:

1. **cobrir a taxa de pico de consumo** $gc_{\max} (V_{g1}) \rightarrow V_{g1} = gc_{\max} \times tc_{\max} = vc_{\max}$
2. **reter o gás produzido** durante o período mais longo de consumo zero tz_{\max}

$$(V_{g2}) \rightarrow V_{g2} = G_h \times tz_{\max}$$

Onde:

gc_{\max} = Pico de consumo máximo de biogás por hora [m^3/h]

tc_{\max} = tempo de consumo máximo [h]

vc_{\max} = consumo máximo de biogás [m^3]

G_h = produção horária de biogás [m^3/h]

tz_{\max} = tempo máximo de consumo zero [h]



Figura: Gasômetro tipo „balao“ no BiogasLab IFG-UFG.

Dimensionando o gasômetro

- O maior valor V_g (V_{g1} ou V_{g2}) determina o tamanho do gasômetro.

Deve ser adicionada uma margem de segurança de 10 a 20%:

$$V_g = 1,15 (\pm 0,5) \times \text{máxima } (V_{g1}, V_{g2})$$

Dimensionando o gasômetro

Na prática, 40-60% da geração diária de biogás normalmente deve ser armazenado.

- A relação:

$V_d \div V_g$ (volume do digestor/volume volume do gasômetro)

é um fator importante no que diz respeito ao projeto básico de digestores de biogás.

Para uma planta agrícola típica de biogás,
a proporção V_d / V_g é algo entre 3:1 e 10:1,
com 5:1 ou 6:1 ocorrendo com mais frequência.

Localização do digestor de Biogás



Foto digestor no CVT Apinajé
BiogasLab IFG/UFG, 2020.

PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO
1. PLANTA;
 2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO.

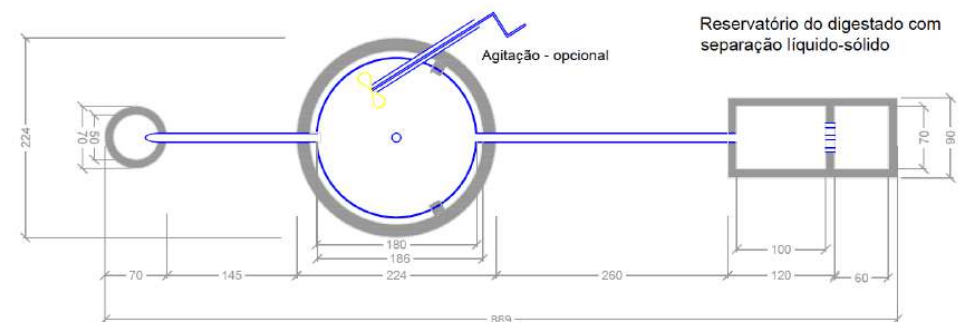
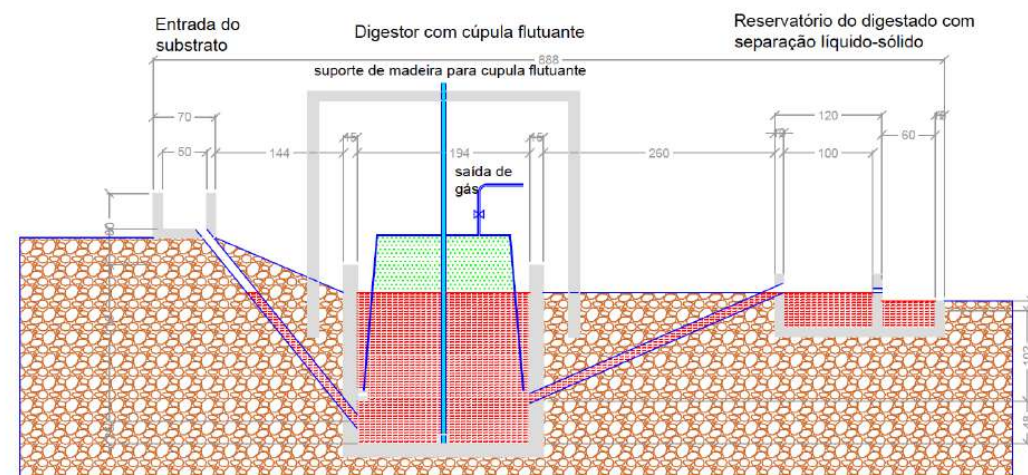
PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

1. PLANTA

Figura: Exemplo para um biodigestor de cúpula flutuante (Tipo Sertanejo ou Indiano) para tratamento de de esterco bovino e geração de biogás – construído no BiogasLab IFG-UFG.

Desenho técnico: Joachim Zang, 2020, baseado em Mattos e Farias,, 2011 (adaptado)



PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- **Tipo - SERTANEJO**

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- Escavação;
- Preparação do fundo;
- Confeção das placas;
- Levantamento das paredes;
- Preparação da entrada do substrato e e saída do digestado;
- Fixação da cúpula flutuante.

PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- ESCAVAÇÃO

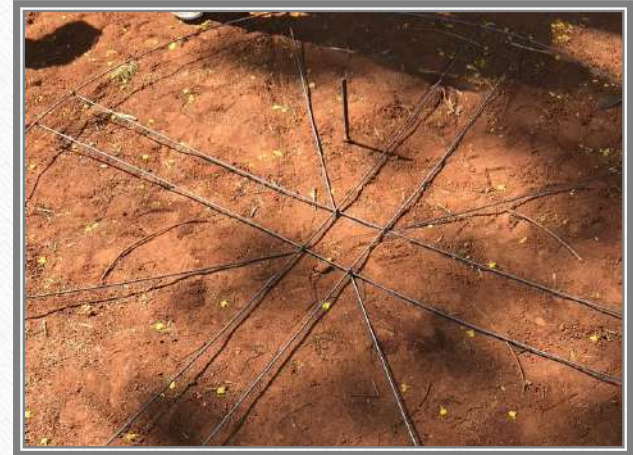


PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- PREPARAÇÃO DO FUNDO



PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- CONFECÇÃO DAS PLACAS



PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- Levantamento das paredes com tubos de entrada do substrato e saída do digestado;
- Três suportes para a cúpula flutuante fixados na parede.



PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- Preparação da entrada do substrato e e saída do digestado;



Figura: Confeção da **entrada** do substrato com tubo PVC de 100 mm.



Figura: Confeção da **saída** do digestado com separação líquido-sólido.

PASSO A PASSO NA CONSTRUÇÃO DO BIODIGESTOR

- Tipo - SERTANEJO

2. PASSO A PASSO CONSTRUÇÃO

- Preparação da cúpula flutuante (caixa de água de 2000 litros), do suporte de madeira e da guia para a cúpula (dois tubos de PVC de diâmetro diferente).



Figura: Digestor Sertanejo com cúpula flutuante (1), cano guia (2) e saída de biogás (3). Reservatório do digestado no fundo a direita (4), tubulação subterrânea. 54

Fatores que influenciam a escolha do digestor e sua adaptação aos resíduos (biomassa residuária)

Alguns dos principais fatores que influenciam nessas adaptações são:

- Tipo e quantidade de **BIOMASSA** utilizada;
- Materiais de construção mais acessíveis;
- Tipo do terreno e clima;
- Utilidade/demanda de **BIOGÁS** (como no levantamento de dados pag. 23-33).

A man in a dark t-shirt and jeans is working in a field of reddish-brown soil. He is using a wooden-handled hoe to clear the ground. The field is dotted with small green plants. In the background, there are rolling hills under a clear sky.

Os autores dedicam esta cartilha aos
produtores da agricultura familiar.

Referências

- AGENCIA NACIONAL DE AGUAS – ANA. **Atlas Esgotos. Despoluição de Bacias Hidrográficas.** Agencia Nacional de Aguas. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Ministério das Cidades. Brasília, 2017.
- DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada.** Disponível: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzev02wx5ok0wtedt3spdi71p.pdf. Acesso em setembro de 2019.
- DIACONIA. **Cartilha: 12 passos para construir um biodigestor.** Projeto Biodigestores: Uma Tecnologia Social no Programa Nacional de Habitação Rural. Fundo Socioambiental CAIXA. Pernambuco, 2014.
- ECOINVENTOS. Cómo hacer un biodigestor casero. 2020. Disponível em: < <https://ecoinventos.com/?s=biodigestor> >, Acesso em janeiro 2021.
- FAO Disponível em: <http://www.fao.org/3/ae897e/ae897e00.htm>. Acesso em setembro de 2019.
- ISAT GTZ. Biogas digest. Vol.1 Biogás Basics. 1999.
- MATTOS, L. C., FARIAS, M. J. Manual do biodigestor sertanejo. Projeto Dom Helder Camara. 55p. : il. 2011. Disponível em: < <http://www.diaconia.org.br/novosite/biblioteca/int.php?id=53> > Acesso: Novembro 2019.
- SPUHLER, D. **Anaerobic Digestion (Small-scale).** Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Sustainable Sanitation and Water Management (SSWM). Disponível em: <https://sswm.info/arctic-wash/module-4-technology/further-resources-wastewater-treatment/anaerobic-digestion-%28small-scale%29>. Acesso em setembro de 2019.
- TILLEY, E.; ULRICH L.; LÜTHI C.; REYMOND P.; ZURBRÜGG C. **Compendium of Sanitation Systems and Technologies.** 2nd Revised Edition. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). ISBN: 978-3-906484-57-0. Dübendorf, Switzerland, 2014.



Websites dos projetos:
<https://wwef-nexus.org>
<https://cvtapinaje.com.br>