

AULA BIOGÁS

OBTENÇÃO E APROVEITAMENTO

Prof^a. Dilcemara C. Zenatti

ENERGIA

- Energia, ar e água são ingredientes essenciais à vida humana.
- O ser humano necessita de energia para tudo que faz, desde impulsionar o sangue para todas as partes de seu corpo, até fazer com que uma lâmpada se acenda ou que um automóvel se locomova.



HOMEM, O SER ENERGÍVORO



QUANTO PRODUZIMOS E CONSUMIMOS?

Dados oficiais do The World Bank mostram quem são os maiores produtores e consumidores de energia



→ PRODUTORES

CHINA	2.433 mi
EUA *	1.812 mi
RÚSSIA	1.315 mil
ARÁBIA SAUDITA	602 mil
CANADÁ	420 mil
...BRASIL	249 mil

→ CONSUMIDORES

CHINA	2.728 mi
EUA *	2.132 mi
ÍNDIA	749 mil
RÚSSIA	731 mil
ALEMANHA	307 mil
...BRASIL	270 mil

VALORES REFERENTES À PRODUÇÃO DE ENERGIA E ELETRICIDADE PRIMÁRIAS CONVERTIDAS EM KT OIL EQUIVALENT EM 2011.

* 2012

PARA

humano gasta elevada quantidade de energia todos os dias. que o dia inteiro em repouso, num ambiente que 100 kcal (aproximadamente 4.200 J). Mantendo atividades ciclo físico, sem estar exposto ao frio e a outros fatores, se 2.500 kcal (10.400 J). Nessas condições, a potência ralente a uma lâmpada incandescente ou a um ventilador]. dades, como dormir, comer, correr, estudar, malhar, dançar, da – assim, maior quantidade de alimento deve ser ingerida.



ENERGIA NÃO É QUEREMOS MAIS!



Os fatores chave que levaram à busca de novas fontes de energia

Segurança de abastecimento

DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO E
INDUSTRIAL

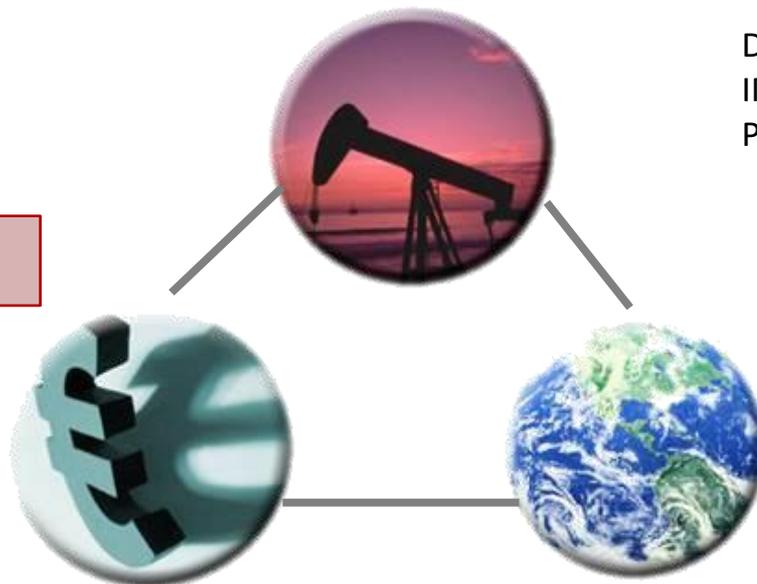
DEPENDÊNCIA DAS
IMPORTAÇÕES DE
PETRÓLEO E GÁS

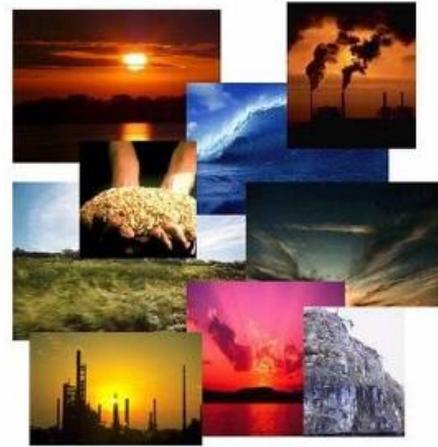
Competitividade

Alterações
climáticas

CUSTO TOTAL DA ENERGIA

EMISSÕES DE CO₂





ENERGIAS RENOVÁVEIS

ENERGIAS RENOVÁVEIS

- “São fontes naturais que se renovam **continuamente** na natureza, sendo, portanto inesgotáveis.”

ENERGIAS RENOVÁVEIS



DEFINIÇÃO

BIOENERGIA

- Bioenergia é um termo amplo que se refere a qualquer forma de energia renovável produzida a partir de materiais derivados de fontes biológicas. Este engloba não só os biocombustíveis líquidos para os transportes, mas também a biomassa sólida e o biogás.

BIOMASSA

É toda **matéria orgânica**, excetuando-se os combustíveis fósseis, ou seja, todo material proveniente de colheitas agrícolas e florestais, produtos animais, massa de células microbianas, resíduos e produtos renováveis em bases anuais (Hiler & Stout,1985)

BIOMASSA



Processos de conversão da biomassa

Devido à variabilidade de materiais que podem ser considerados biomassa, existem diversos processos onde se transforma a biomassa em energia, eles são divididos em três tipos:

- **combustão direta,**
- **processos químicos e termoquímicos,**
- **processos biológicos**

BIODIGESTÃO ANAERÓBIA E BIOGÁS

BIOGÁS X GÁS NATURAL

- O biogás e o gás natural têm o mesmo processo de formação, por meio da decomposição anaeróbia da matéria orgânica.
- A diferença entre eles é que o gás natural não é formado pela circulação do material orgânico presente na superfície terrestre.
- Na queima do **gás natural**, o carbono retorna para seu ciclo na atmosfera e, quando o material orgânico é convertido em **biogás**, não há liberação adicional de dióxido de carbono, e sim, o aproveitamento do potencial de energia que está armazenado na matéria orgânica.

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- O interesse pela biodigestão anaeróbia surgiu com a questão sanitária, era necessário tratar os efluentes reduzindo o consumo de energia e a quantidade de lodo gerado.
- O processo de anaerobiose era utilizado apenas como tratamento secundário na ETE

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- Na segunda metade da década de 1900, China e Índia começaram a aproveitar o processo de digestão anaeróbica para geração de biogás com foco nos lodos de esgoto.
- Apenas no final do século XIX e início do século XX que iniciou-se a exploração da técnica de como utilizar o gás produzido a partir do processo de digestão anaeróbia (sem oxigênio).

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- A China e a Índia foram os primeiros países a produzir biogás e a utilizá-lo como fonte de energia.
- A matéria-prima era oriunda de restos de comidas e dejetos em geral, sendo o biogás produzido utilizado para iluminação e cocção.
- Em 1890, em Exeter, na Inglaterra, o gás produzido em fossa sépticas era usado para iluminação pública.

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- Outro marco no uso de biodigestores foi a deflagração da crise energética mundial:
 - Na Crise do Petróleo de 1973, as nações que participavam da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) formaram o mais forte cartel já visto na história, elevando os preços do petróleo bruto nos mercados internacionais.

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- O Brasil mostrava-se extremamente dependente, pois **80% do óleo bruto** consumido no país eram de **fonte externa**.
- Estratégias para contornar a crise:
 - ✓ Descoberta da presença de petróleo na Bacia de Campos (Rio de Janeiro)
 - ✓ Implantação do Proálcool
 - ✓ Em 1977, surgiu o Projeto de Difusão do Biogás da Empresa Brasileira de Tecnologia e Extensão Rural (EMATER), executado no Estado de São Paulo e no Distrito Federal

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- O que levou a descontinuidade do processo?
 - Custo elevado;
 - Falta de equipamentos para uso do biogás;
 - Erros grosseiros de dimensionamento;

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- O retorno:
 - Novas tecnologias :
 - Geomembranas e mantas;
 - Filtros;
 - Equipamentos adaptados;
 - Enriquecimento do biogás;
 - Novos destinos:
 - **Reforma de biogás para produção de hidrogênio**
 - **Geração Distribuída de Energia**

O BIODIGESTOR E A BIODIGESTÃO

- **O que é um biodigestor?**

- Reator onde ocorrem bioprocessos para realizar transformação de biomassa;
- Dentro do biodigestor ocorre a degradação anaeróbia (ausência de oxigênio) da matéria orgânica pela ação microrganismos decompositores.

Modelos hidráulicos

- ✘ Os biodigestores podem ser enquadrados em diferentes tipos de modelos hidráulicos;
- ✘ Procuram explicar a forma de movimentação da biomassa (das moléculas) dentro do biodigestor;
- ✘ Afetam:
 - + a maior ou menor retenção dos microrganismos ativos;
 - + a velocidade das reações nos biodigestores;

Modelos hidráulicos

- Dentre os biodigestores encontrados no Brasil são comuns vários modelos hidráulicos que podem ser agrupados em 2 grupos:
- **Biodigestores de fluxo hidráulico descontínuo;**
 - ✘ ex. biodigestor batelada, muito utilizado em pesquisas.
- **Biodigestores de fluxo hidráulico contínuo;**
 - ✘ **Maioria dos biodigestores no Brasil se enquadram neste grupo, ex. os biodigestores: tubular, indiano, chinês, UASB, leito fixo, etc.**

FLUXO HIDRÁULICO DESCONTÍNUO

MODELOS DE BIODIGESTORES

Fluxo hidráulico descontínuo

- ✘ O processo de Batelada consiste de um reator onde **ocorrem todas as etapas do tratamento em um único local.**
- ✘ Isto é conseguido através do estabelecimento de ciclos de operação com durações definidas.
- ✘ A massa biológica permanece no reator durante todos os ciclos.

Fluxo hidráulico descontínuo

✘ Os ciclos normais de tratamento são:

- + **Enchimento** : alimentação do reator é feita apenas uma vez, no início do processo.
- + **Reação** : mistura da biomassa contida no reator, e período que o mesmo fica sem receber novo substrato até a biodigestão se completar (TDH – Tempo de Detenção Hidráulica – pré-estabelecido no início do processo)
- + **Sedimentação** : separação dos sólidos em suspensão do resíduo tratado.
- + **Esvaziamento** : retirada do efluente tratado
- + **Repouso** : ajuste de ciclos e remoção do lodo excedente

Fluxo hidráulico descontínuo

- ✘ A duração de cada ciclo pode ser alterada em função das variações da vazão, das necessidades do tratamento e das características do material a ser tratado.
- ✘ Muito utilizado para **materiais semi-sólidos e mesmo sólidos (*dry fermentation*)**;

Fluxo hidráulico descontínuo

- Com a adição adequada de **inóculo** → **pouco risco de colapso** (não há adição de material para desequilibrar o processo);
- Dos primeiros tipos de biodigestores utilizados, pois é **simples** e pode utilizar **diferentes tipos de substratos**.

Fluxo hidráulico descontínuo

VANTAGENS

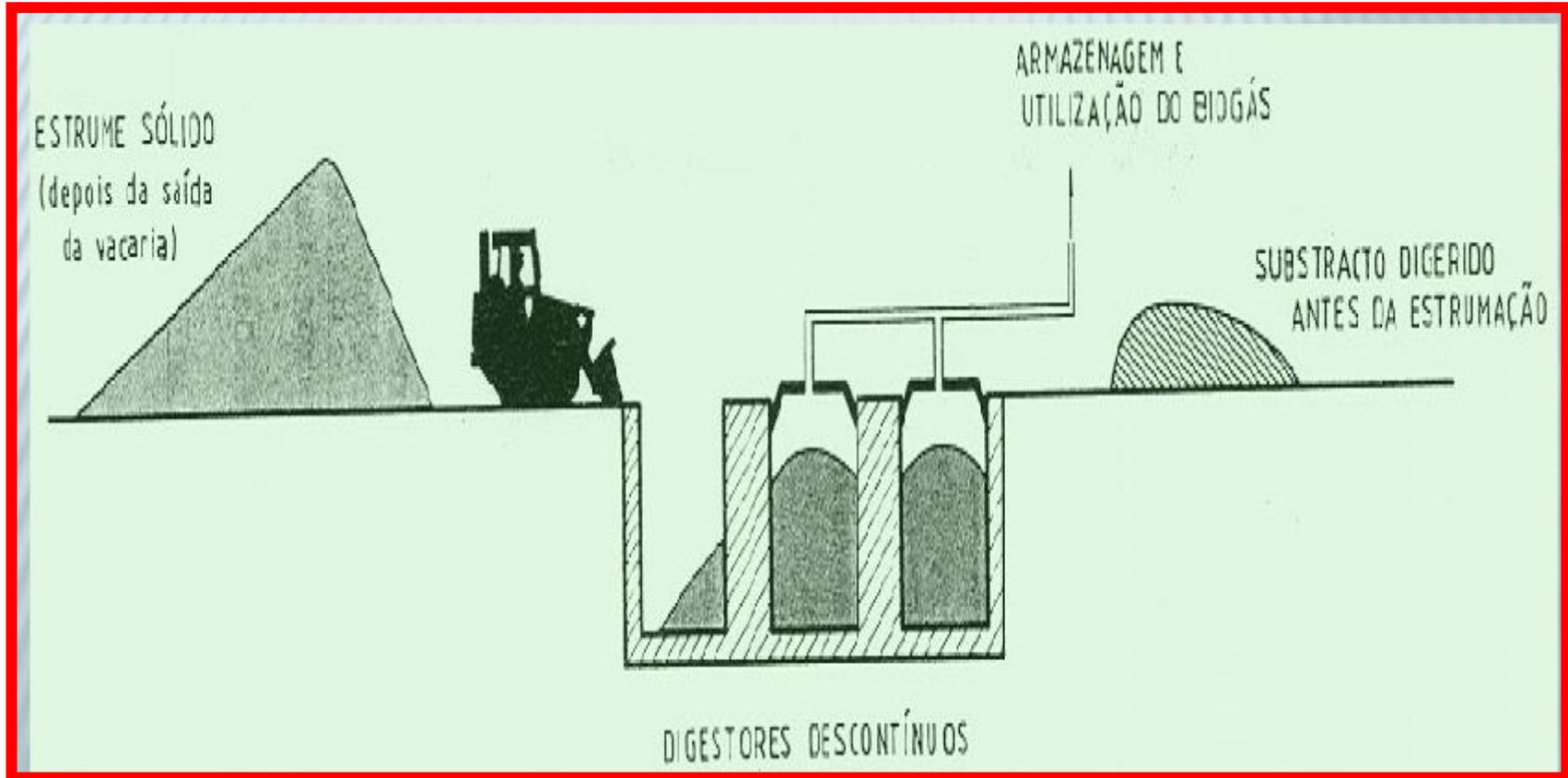
- ✘ É simples, barato e fácil de instalar e operar;
- ✘ Pode ser mantido facilmente em condições ideais de funcionamento, incluindo controle de temperatura;
- ✘ Facilidade de avaliação de potencial de produção.

Fluxo hidráulico descontínuo

DESVANTAGENS

- ✘ Sua produção não é uniforme;
- ✘ Seu uso para produção regular de biogás necessita do uso de uma bateria de biodigestores;
- ✘ Na nova recarga se é necessário a permanência de parte do inóculo.

Fluxo hidráulico descontínuo



FLUXO HIDRÁULICO CONTÍNUO

MODELOS DE BIODIGESTORES

Fluxo hidráulico contínuo

- **Alimentação de forma contínua, ou de forma intermitente (a cada alimentação quantidade equivalente de substrato é retirado do mesmo);**
- **produção de gás também de forma contínua;**
- **a movimentação do substrato pelo biodigestor pode ocorrer de diferentes formas, até a saída no final do processo;**

Fluxo hidráulico contínuo

CLASSIFICAÇÃO

✘ Fluxo tubular (*plug flow, em inglês*):

✚ o substrato segue um fluxo como dentro de um tubo, sem misturas longitudinais;

✘ Mistura completa:

✚ o substrato é misturado continuamente, diluindo totalmente o material alimentado na biomassa em digestão.

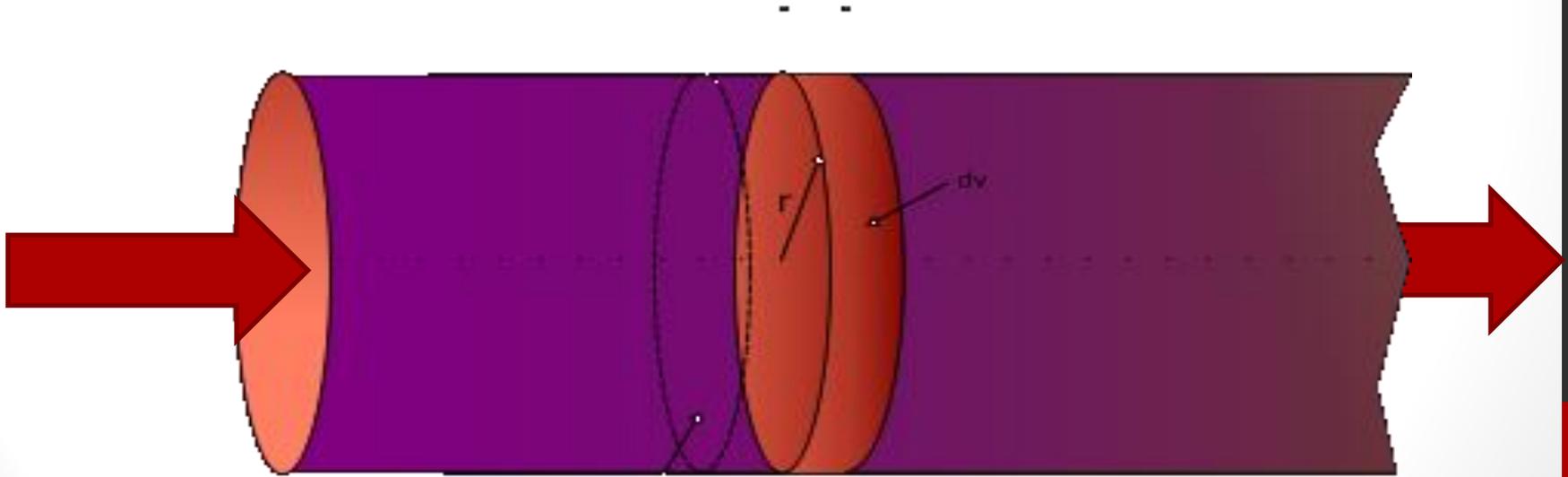
Fluxo hidráulico contínuo

FLUXO TUBULAR

- ✗ Não ocorre mistura do material;
- ✗ A movimentação ocorre como num **rio** ou como num **tubo**, por isso é chamado fluxo tubular;
- ✗ Percentual de material não digerido → **max. na entrada e min. na saída.**

Flujo hidráulico contínuo

FLUXO TUBULAR



Fluxo hidráulico contínuo

MISTURA COMPLETA

- ✘ Por **agitador** o material alimentado é imediatamente **diluído e disperso** no meio da massa em digestão;
- ✘ Concentração próximo a entrada e saída é muito parecida;
- ✘ Eficiência menor que do reator tubular.
- ✘ Apresenta baixa susceptibilidade a choques de carga (materiais rapidamente diluídos);

BIODIGESTORES NATURAIS



BIODIGESTORES NATURAIS



Dependendo da alimentação e do tamanho do animal, uma vaca adulta poderá produzir 1200 litros de gases por dia, dos quais 250 a 300 são metano

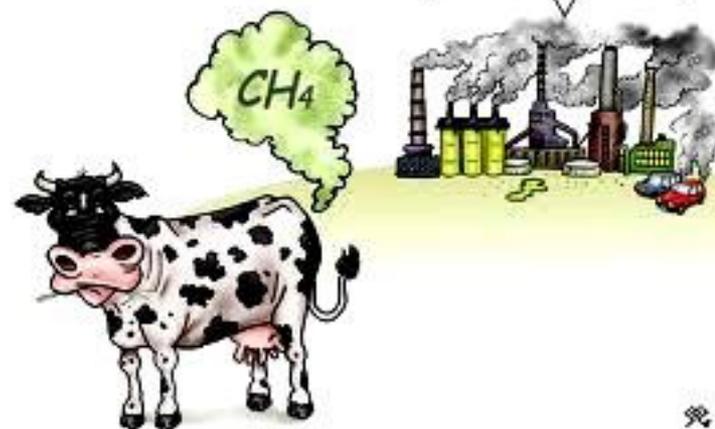
O INTA desenvolveu um dispositivo experimental, que canaliza os gases diretamente do rúmen para um reservatório. É composto por um sistema de válvulas, bombas e tubos ligados a uma mochila de plástico, que está presa no dorso do animal. O tubo de ligação ao rúmen implicou uma incisão de apenas dois milímetros, com anestesia, e a mochila não pesa mais de 500 gramas.

BIODIGESTORES NATURAIS

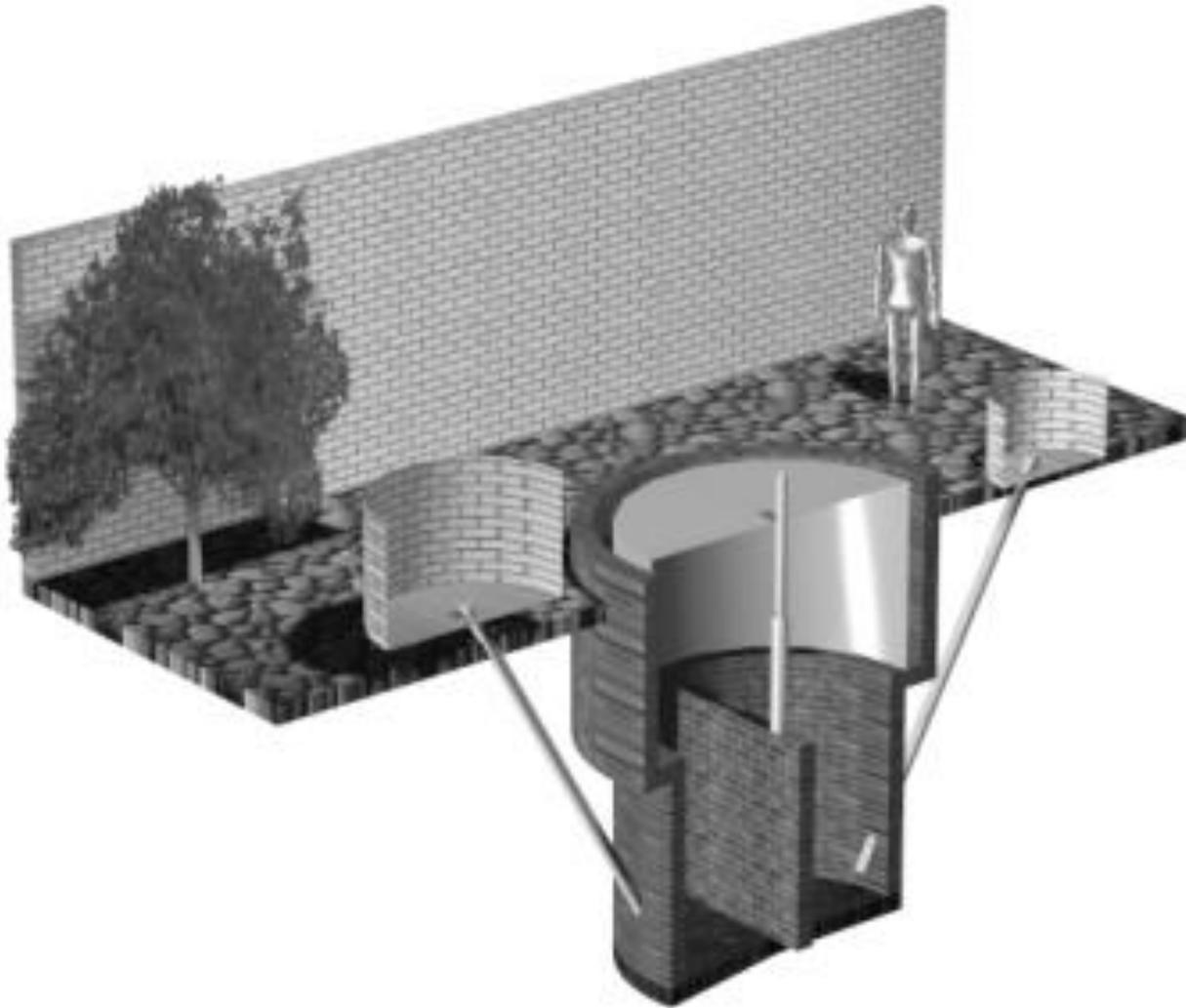


Relatório das Nações Unidas aponta "emissões baratas" mais perigosas na planeta do que emissões de CO2 dos carros... Sabia isso??

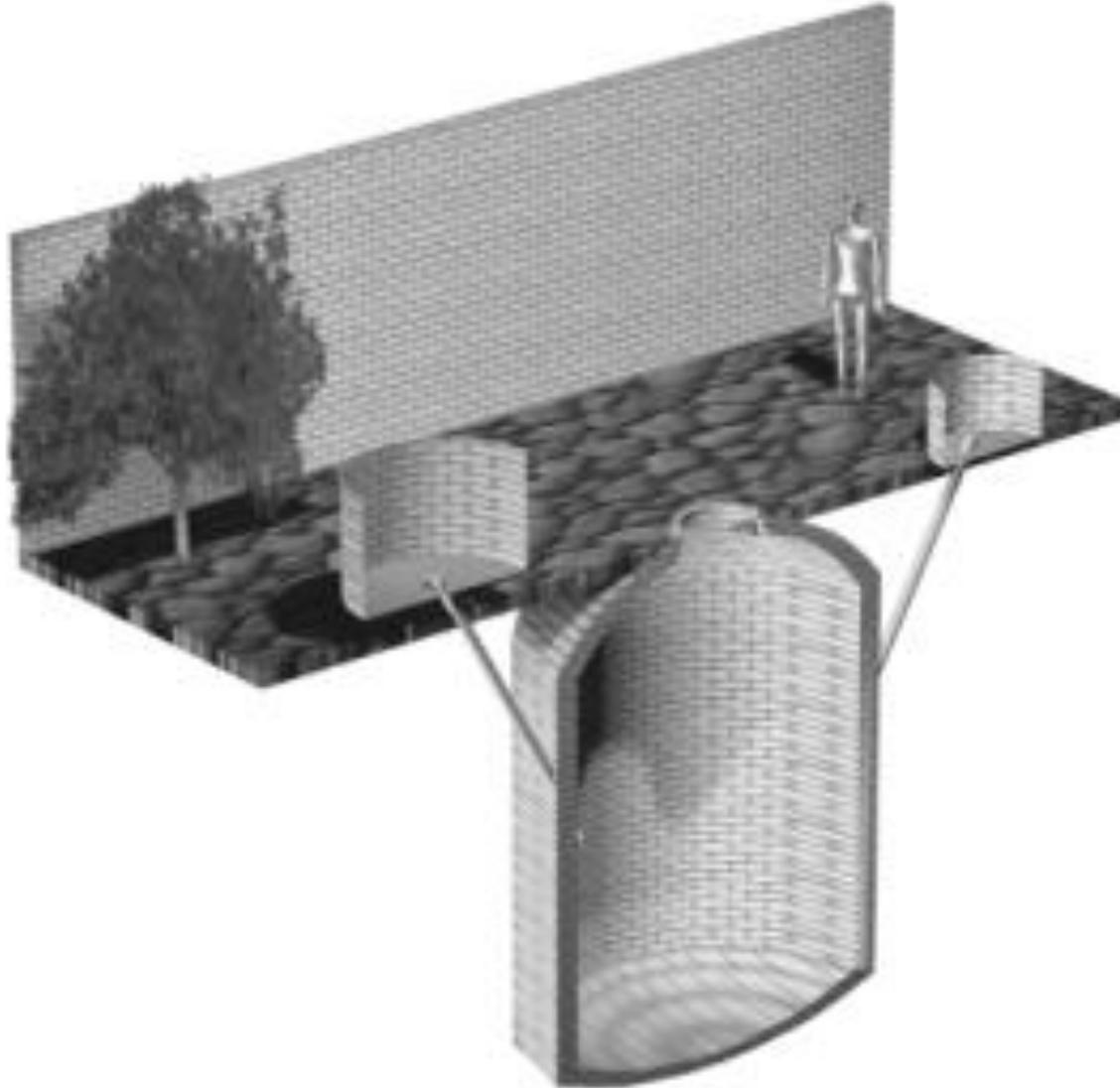
9,4 milhões de ton CH₄/ano, ou seja 2,5% de todo gás produzido mundialmente



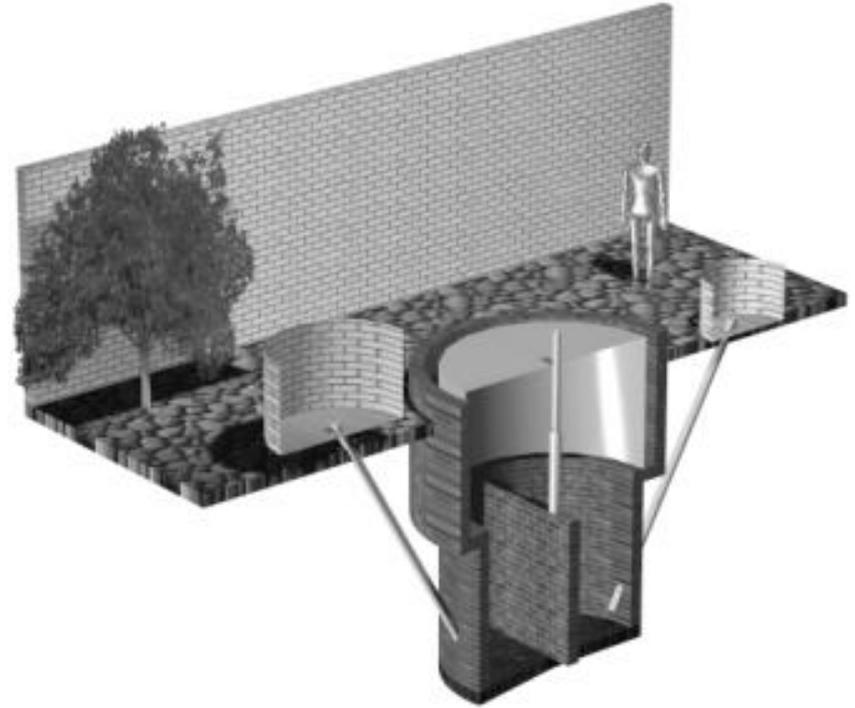
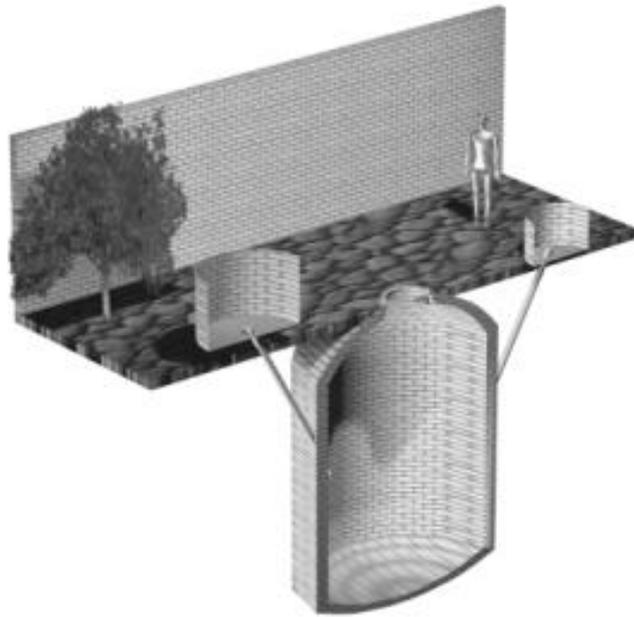
BIODIGESTOR INDIANO



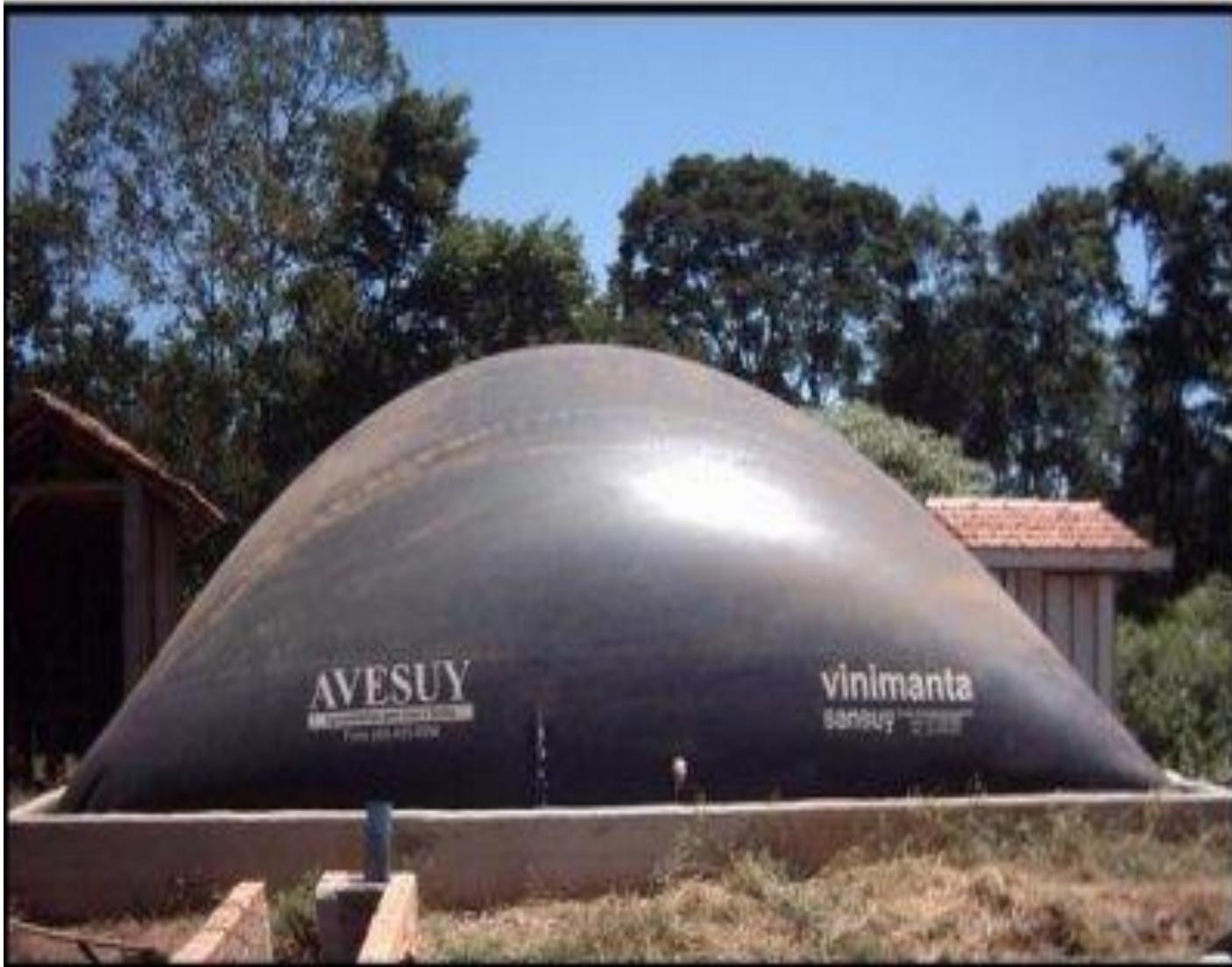
BIODIGESTOR CHINÊS



BIODIGESTOR CHINÊS X INDIANO



BIODIGESTOR CANADENSE





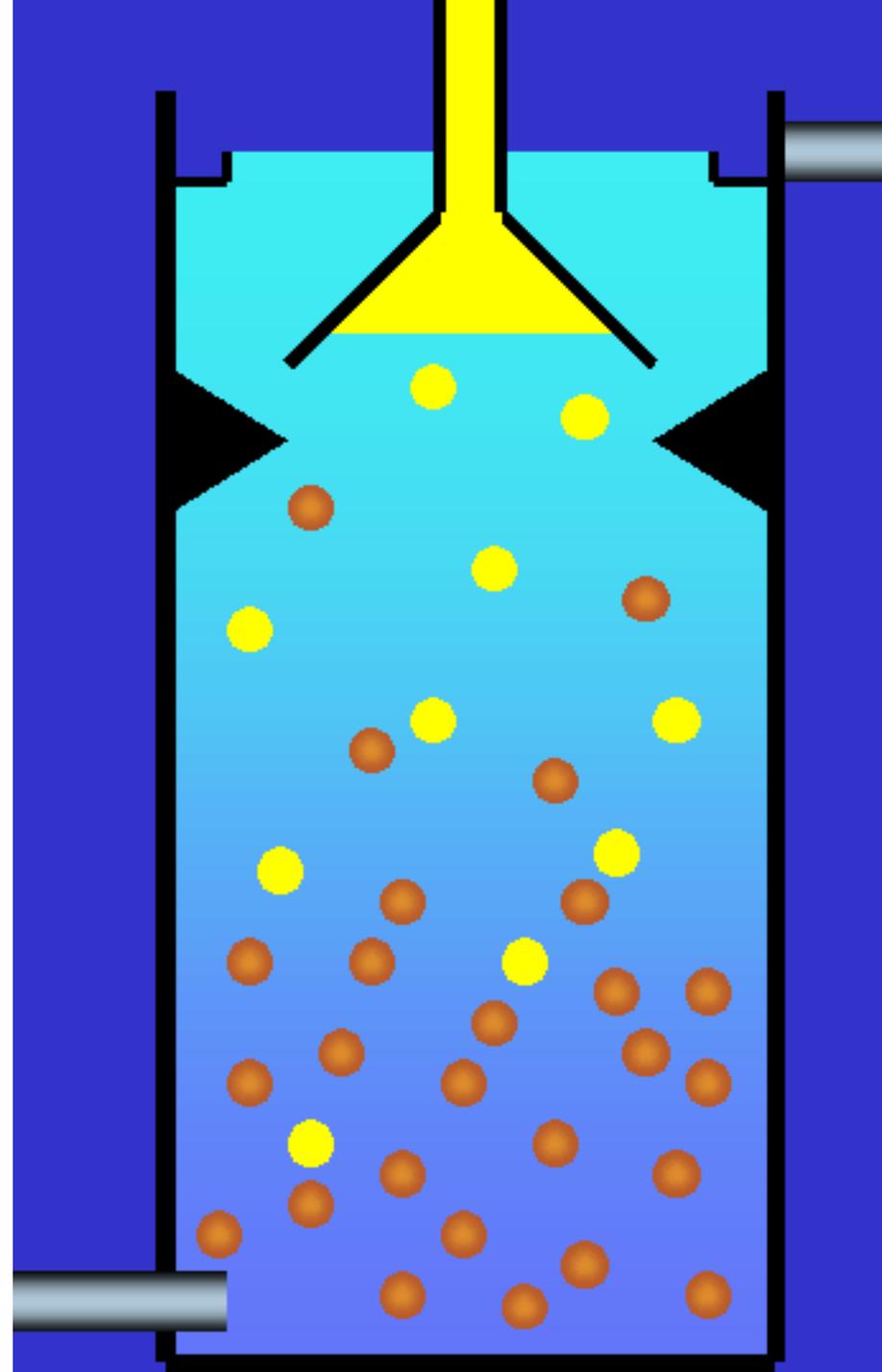




Modelo canadense



UASB



FUNDAMENTOS DA DIGESTÃO ANAERÓBIA

Despejos passíveis de tratamento

Todos os compostos orgânicos podem ser degradados pela via anaeróbia, sendo que o processo se mostra mais eficiente e mais econômico quando os dejetos (M.O.) são facilmente biodegradáveis.

Características favoráveis

- Tolerância a elevadas cargas orgânicas
- Baixa produção de sólidos
- Baixo consumo de energia
- Baixo custo de implantação e operação (*)
- Operação com elevados TRC e baixos TDH
- Baixa demanda de área
- Aplicabilidade em pequena e grande escala

Características desfavoráveis

- Remoção de N, P e patógenos insatisfatória
- Efluente com qualidade insuficiente para atender os padrões ambientais
- Bioquímica e microbiologia complexa (passíveis de estudos)
- Start up lento
- Possibilidade de geração de maus odores e de problemas de corrosão

Introdução

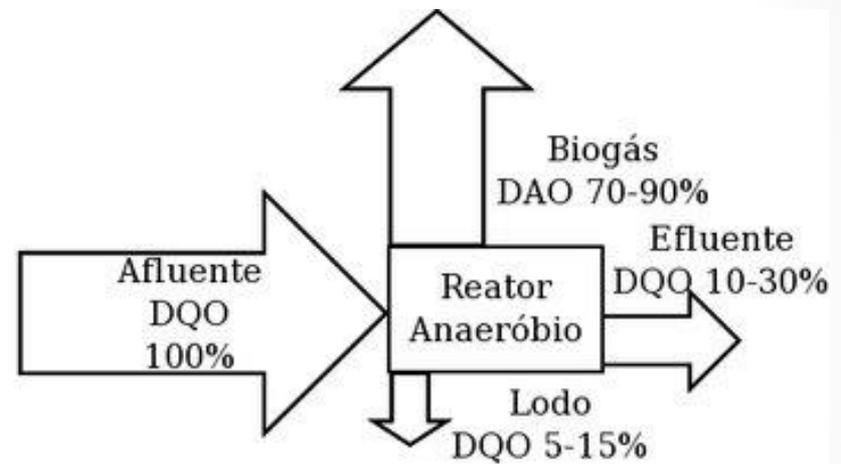
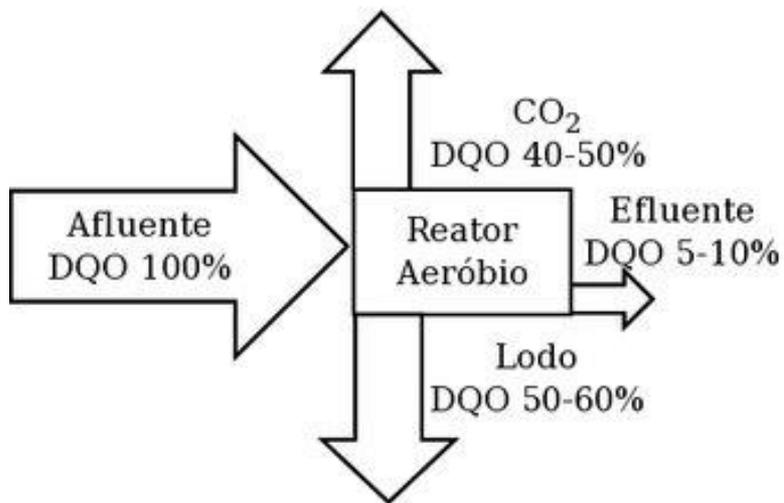
- Processos Metabólicos : a fermentação da matéria orgânica em sistemas anaeróbios ocorre por **fermentação** e por **respiração**.

Processos Metabólicos

Fermentação: a oxidação da matéria orgânica é feita na ausência de um aceptor final de elétrons.

Respiração: são utilizados aceptores de elétrons inorgânicos como o nitrato, sulfato e o gás carbônico (processos aeróbios).

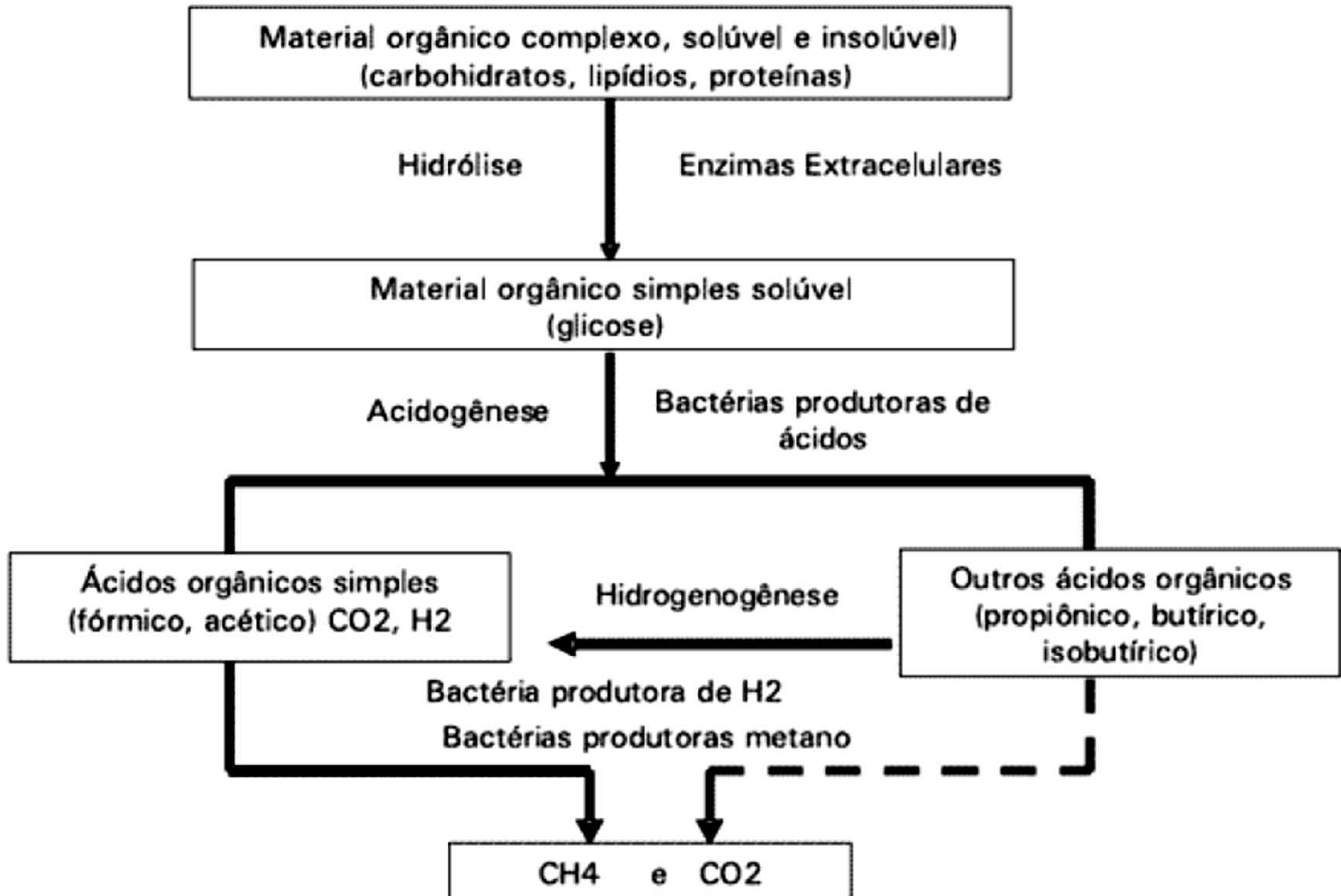
BALANÇO MÁSSICO DQO



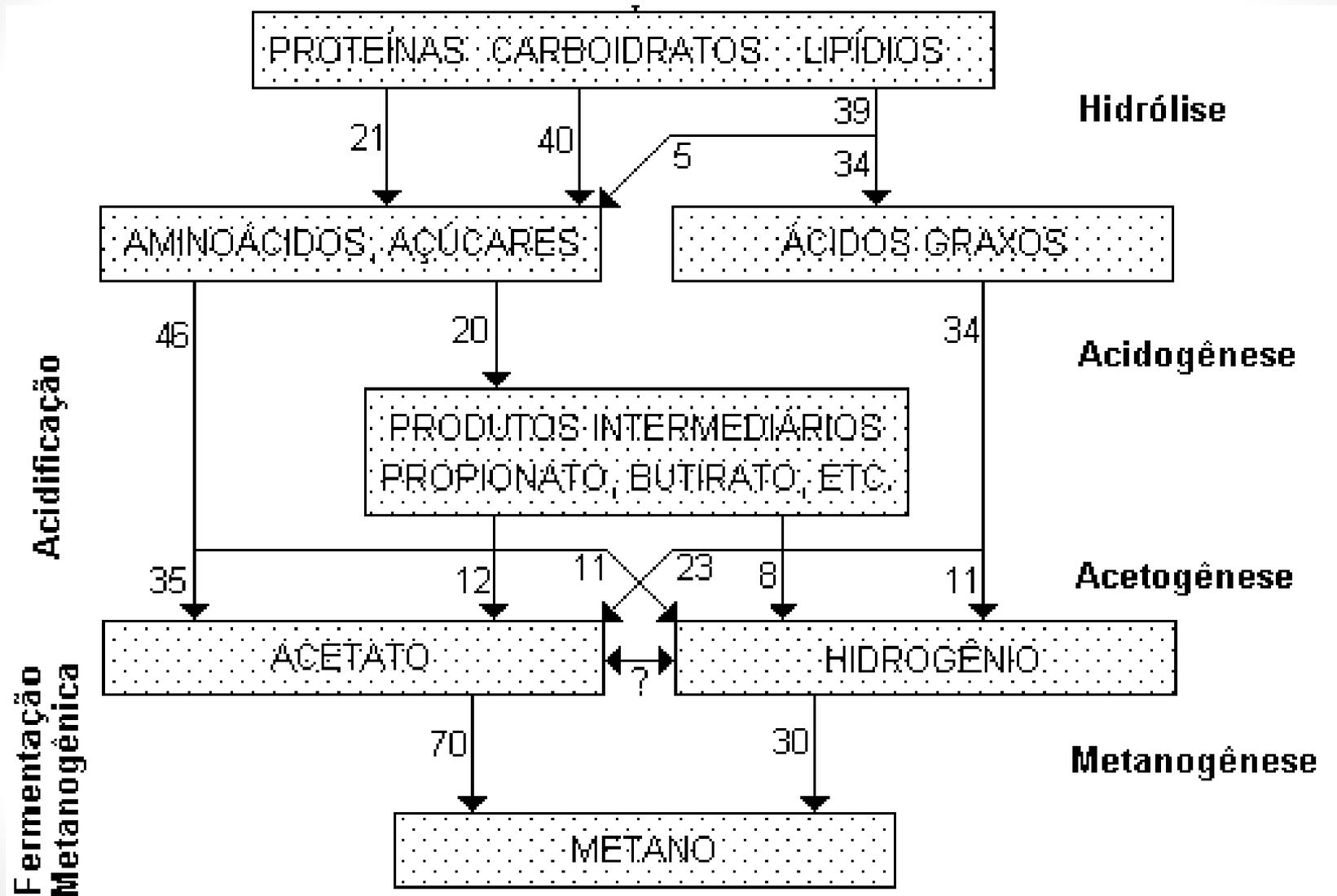
Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia pode ser definida como um ecossistema onde diversos grupos de microrganismos trabalham interativamente na conversão da matéria orgânica complexa em **metano (CH₄)**, **gás carbônico (CO₂)**, **água (H₂O)**, **gás sulfídrico (H₂S)** e **amônia (NH₃)**, além de novas **células bacterianas**.

Rotas metabólicas e grupos microbianos envolvidos



Rotas metabólicas



Valores da energia livre padrão de algumas reações catabólicas da digestão anaeróbia.

Processo	Equação	(kj/mol)
Propionato a acetato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- + 3\text{H}_2$	+ 76,1
Butírate a acetato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+48,1
Etanol a acetato	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$	+ 9,6
Lactato a acetato	$\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$	-4,2
Acetato a metano	$\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{CH}_4$	-31,0
Bicarbonato a acetato	$2\text{HCO}_3^- + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	- 104,6
Bicarbonato a metano	$\text{HCO}_3^- + 4\text{H}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{CH}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	-135,6

Hidrólise

- O material orgânico particulado >> em compostos dissolvidos de menor peso molecular.
- O processo efetuado pela ação das exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas.
- A hidrólise dos polímeros ocorre de forma lenta, sendo esta uma etapa limitante para o processo.

Acidogênese

- Nesta etapa, os produtos oriundos da hidrólise são metabolizados no interior das células, através do metabolismo fermentativo.
- Após a acidogênese, são excretadas substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis (AGV), alcóois, ácido láctico e compostos minerais (dióxido de carbono, hidrogênio, amônia, etc)

Acetogênese

- Na acetogênese ocorre a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para a produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono.

Acetogênese

- A produção de acetato é termodinamicamente inibida pela presença de hidrogênio dissolvido e acetato, portanto a acetogênese só poderá ocorrer se a concentração desses produtos for mantida baixa.

Acetogênese: sintrofia

- Sintrofia é uma relação metabólica específica entre dois microrganismos que viabiliza o crescimento do conjunto em substratos que não viabilizariam o crescimento separado dos organismos do consórcio em cultura pura;

Metanogênese

- Etapa final do processo global da conversão anaeróbia de compostos orgânicos em metano e dióxido de carbono por microrganismos metanogênicos.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Impermeabilidade ao ar**: os microrganismos metanogênicos são essencialmente anaeróbias. A decomposição de matéria orgânica na presença de ar (oxigênio) irá produzir apenas dióxido de carbono (CO_2).

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Natureza do substrato**: os substratos nutritivos devem prover as fontes de alimento aos microrganismos, elementos químicos constituindo o material celular e os necessários às atividades enzimáticas, particularmente os oligo-elementos, como o **cálcio, magnésio, potássio, sódio, zinco, ferro, cobalto, cobre, molibdênio e manganês.**

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos**: A composição dos substratos tem quantidades diferentes de matéria orgânica e, portanto, a energia contida no material difere, ou seja, a quantidade de biogás a ser produzida e o teor de metano presente serão diferentes dependendo do substrato.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:** quanto maior a porcentagem de material orgânico no resíduo, maior o potencial de geração de metano e vazão de biogás. Uma relação específica de carbono para nitrogênio deve ser mantida entre 20:1 e 30:1.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:**

- **Materiais ricos em carboidratos:**

- Açúcares simples e dissacarídeos são degradados de maneira fácil e rápida, o que pode levar a problemas ► acidificação do reator.

- **Para obter um bom equilíbrio no processo**, os materiais com elevado teor de açúcar devem ser misturados com um material que contenha compostos mais recalcitrantes e de preferência, nitrogênio.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:**

- **Materiais ricos em carboidratos:**

- Polissacarídeos são compostos pouco solúveis e a sua composição e estrutura variam, tendo velocidades de degradação diferentes em um processo de biogás. O **amido** é o polissacarídeo mais comum nos produtos alimentares, consistindo em cadeias lineares ou ramificadas de glicose que são rompidas com facilidade durante o processo. Substratos com amido em excesso **provocam um cheiro azedo** durante o processo.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:**
 - **Materiais ricos em carboidratos:**
 - Em materiais ricos em celulose, como palha ou silagem, o tratamento de pré-hidrólise determina a velocidade do processo.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:**

- **Materiais ricos em gordura:**

- As gorduras são compostas principalmente por ácidos graxos e glicerol. O tipo de gordura depende da composição. Elas dividem-se em saturadas, monoinsaturadas e polinsaturadas, dependendo do tipo de ácido que as formam.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:**

- **Materiais ricos em gordura:**

- Gorduras saturadas têm um ponto de fusão mais elevado do que a gordura insaturada, tornando-o menos disponível para a biodegradação. Um pré-tratamento térmico pode aumentar a biodegradabilidade dessas gorduras.

OBS: Um aspecto da gordura é que os ácidos graxos têm propriedades tensoativas e, portanto, concentrações de espuma são formadas facilmente.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Composição dos resíduos:**
 - **Dejetos animais:** a maioria dos estercos de animais possuem baixa relação C/N e devem ser corrigidos com resíduos vegetais como palhas, sabugos, serragem, para atingir o ponto ideal.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- Composição dos resíduos:

Algumas matérias primas – fontes de resíduo
Fezes de suínos
Papel e jornais
Sobras de comida
Fezes de aves
Soro de queijo
Resíduos de grãos
Capins
Resíduos de cervejaria
Fezes de bovinos
Resíduos de abatedouro
Fezes de coelho
Lixo urbano, esgoto

Fatores que influenciam na formação do biogás

- Composição dos resíduos (biodegradabilidade):

Indústria	Principais Poluentes	DBO5	DQO
Abatedouro	Sólidos em suspensão e Proteínas	2 600	4 150
Cervejaria	Carboidratos e Proteínas	550	
Destilarias	Sólidos em Suspensão, Proteínas e Carboidratos	7 000	10 000
Lavanderias	Sólidos em suspensão, Proteínas e Carboidratos	1 600	2 700
Refinarias	Fenol, hidrocarbonetos e Compostos Sulfurosos	840	1 500
Amido	Sólidos em Suspensão Carboidratos e Proteínas	12 000	17 150

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **Temperatura**: a atividade enzimática das bactérias depende estritamente da temperatura, visto que é conhecido que alterações bruscas de temperatura causam desequilíbrio nas culturas envolvidas, principalmente nas bactérias formadoras de metano.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- O **pH** no biodigestor é um fator importante, ele deve estar em torno da neutralidade, entretanto, as variáveis que controlam o pH do biodigestor são a Acidez Volátil e a Alcalinidade Total.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- A **alcalinidade** de uma solução é a medida da sua capacidade de neutralizar ácidos, resistindo às mudanças de pH ou tamponando o sistema. Os principais íons responsáveis pela alcalinidade em meios aquosos sob tratamento anaeróbio são: **HCO_3^-** , **CO_3^{2-}** e **OH^-** , cujas concentrações são funções do pH. Geralmente, o valor da alcalinidade é expresso em mg CaCO_3/L (usado para padronizar ácidos).

Fatores que influenciam na formação do biogás

- Os **ácidos** presentes no biodigestor são em geral ácidos orgânicos fracos (**ácido acético, lático, butírico, carbônico**, dentre outros) formados na etapa denominada de acidogênese. Devido a esta característica estes ácidos são tamponados pelos carbonatos da alcalinidade.

Fatores que influenciam na formação do biogás

- **pH**: A concentração em íons H^+ no meio exterior tem uma grande influência sobre o crescimento dos microrganismos. Na digestão anaeróbia, observam-se duas fases sucessivas: a primeira se caracteriza por uma diminuição do pH em patamares próximos de 5,0 e a segunda por um aumento do pH e sua estabilização em valores próximos da neutralidade.

Parâmetros Operacionais

- **Carga orgânica volumétrica**: indica qual a massa de matéria orgânica devem ser carregados no biodigestor por de volume de trabalho (volume do biodigestor), por unidade de tempo.

$$COV = \frac{Q \times S}{V}$$

Parâmetros Operacionais

- **Tempo de detenção hidráulica**: representa o tempo médio calculado que um substrato permanece no biodigestor até a sua saída

$$TDH = \frac{V}{Q}$$

Parâmetros Operacionais

- **Produtividade:** é expressa pela produção de gás em relação ao volume do biodigestor. Ela é definida pelo cociente entre a produção diária de gás e o volume do reator, indicando portanto a eficiência.

$$P_{(CH_4)} = \frac{\dot{V}_{(CH_4)}}{V_R} \quad [Nm^3 m^{-3} d^{-1}]$$

P_{CH_4} = Produtividade de metano [$Nm^3 \cdot m^{-3} d^{-1}$]

V_{CH_4} = produção de metano [Nm^3/d]

V_R = volume do reator [m^3]

Parâmetros Operacionais

- **Rendimento:** expressa a produção de gás em relação à quantidade de substrato introduzida. O valor do rendimento reflete a eficiência da produção de biogás e metano a partir do substrato utilizado.

$$A_{(CH_4)} = \frac{\dot{V}_{(CH_4)}}{\dot{m}_{MOS}} \quad [Nm^3 t^{-1} MOS]$$

A_{CH_4} = Rendimento de metano [$Nm^3.t^{-1} MOS$]

V_{CH_4} = produção de metano [Nm^3/d];

m_{MOS} = matéria orgânica seca introduzida [t/d]

Parâmetros Operacionais

- **Taxa de degradação:** é a eficiência do aproveitamento do substrato. A taxa de degradação pode ser determinada com base na matéria orgânica seca (MOS) ou na demanda química de oxigênio (DQO)

$$\eta_{MOS} = \frac{MOS_{Sub} \cdot m_{in} - (MOS_{sa} \cdot m_{sa})}{MOS_{Sub} \cdot m_{in}} \cdot 100 [\%]$$

η_{MOS} = Taxa de degradação da biomassa [%]

MOS_{Sub} = teor de matéria orgânica seca da matéria fresca introduzida [kg/t MF];

m_{in} = massa da matéria fresca introduzida [t];

MOS_{sa} = teor de matéria orgânica seca da saída do biodigestor [kg/t MF];

m_{sa} = massa dos biofertilizantes [t]



CARACTERÍSTICAS E APROVEITAMENTO DO BIOGÁS

Características do Biogás

- O biogás é uma mistura gasosa produzida a partir da decomposição anaeróbica de materiais orgânicos, composta primariamente de **metano** (CH_4) e **dióxido de carbono** (CO_2), com pequenas quantidades de **ácido sulfídrico** (H_2S) e **amônia** (NH_3).
- Traços de hidrogênio, nitrogênio, monóxido de carbono, carboidratos saturados ou halogenados e oxigênio estão ocasionalmente presentes no biogás. Geralmente, a mistura gasosa é saturada com **vapor d'água** e pode conter material particulado e compostos orgânicos com silício (siloxanas).

Características do Biogás

Composição média do biogás

Tipo de Gás	Composição do Biogás em %
Metano (CH ₄)	60 a 80
Gás Carbônico (CO ₂)	20 a 40
Gás Sulfídrico (H ₂ S)	até 1,5
Nitrogênio (N)	Traços
Hidrogênio (H)	Traços

Características do Biogás

- **Purificação do Biogás**

Os principais componentes a serem removidos do biogás são:

- água
 - ácido sulfúrico
 - dióxido de Carbono
 - outras partículas
-
- O poder calorífico do biogás varia de 5000 a 7000 Kcal/m³.
 - O biogás altamente purificado pode alcançar até 12000 Kcal/m³.

Características do Biogás

- **EQUIVALÊNCIAS ENERGÉTICAS:**

A grosso modo, a relação quantitativa de 1 m³ de Biogás com 6000kcal para outros combustíveis será:

- 0,613 litro de gasolina
- 0,579 litro de querosene
- 0,553 litro de óleo diesel
- 0,454 litro de gás de cozinha
- 1,536 quilo de lenha
- 0,790 litro de álcool hidratado
- 1,428 kW de eletricidade

Produção de Biogás

Espécie	m ³ de biogás/kg esterco	m ³ de biogás/100 kg esterco
Caprino/ovino	0,040-0,061	4,0-6,1
Bovinos de leite	0,040-0,049	4,0-4,9
Bovinos de corte	0,040	4,0
Suínos	0,075-0,089	7,5-8,9
Franços de corte	0,090	9,0
Poedeiras	0,100	10,0
Codornas	0,049	4,9

Biofertilizante

- Além de água, o líquido efluente, conhecido como biofertilizante, apresenta elementos químicos como **nitrogênio**, **fósforo** e **potássio** em quantidades e formas químicas tais que podem ser usados diretamente na adubação de espécies vegetais através de fertirrigação.

Biofertilizante

- O biofertilizante possui entre 90 a 95 % de água (isto é, 5 a 10% de fração seca do líquido). Nessa base seca, o teor de nitrogênio - dependendo do material que lhe deu origem - fica entre 1,5 a 4% de nitrogênio (N), 1 a 5% de fosfato (P_2O_5) e 0,5 a 3% de potássio (K_2O).

Dimensionamento (volume)

TRH é 35 dias para dejetos de bovinos e suínos
45 dias para dejetos de caprinos e ovinos
60 dias para cama de frango

COMO CALCULAR O VOLUME DE CARGA

Animal	Dejeto por animal	Quantidade de Animais	Total de dejeto	Proporção de Água	Volume de água	Volume da Carga
Boi (preso à noite)	7 kg			1		
Bezerro (preso à noite)	2 kg			1		
Caprino/Ovino (preso à noite)	0,5 kg			4,5		
Suíno (confinado)	4 kg			1,3		
TOTAL						

Dimensionamento (volume)

- A seguir são mostrados o consumo de biogás em algumas atividades:

Cozinhar 0,33 m³/pessoa/dia

Chuveiro a gás 0,8 m³/banho

Gerar eletricidade (1kWh) 0,62 m³

Iluminação com lâmpião 0,12 m³/lâmpião/hora

- Considerando uma propriedade com 6 moradores, 1 lâmpião utilizado oito horas por dia e um consumo de energia elétrica de 340 kWh por mês. Calcule o volume do biodigestor a ser construído sendo alimentado com dejetos bovinos para manter esta propriedade durante um mês.
- OBS: considere que cada kg de dejetos produz em média 0,045 m³ de biogás, cada bovino produz em média 7 kg de dejetos por dia, a razão de diluição é de 1 l de água e o TDH de 30 dias.

Aplicativo

Plataforma CH4 – Soluções Sustentáveis

Este aplicativo reúne informações técnicas sobre a produção de Biogás e permite acesso direto aos equipamentos necessários para os projetos de geração distribuída de energia elétrica.



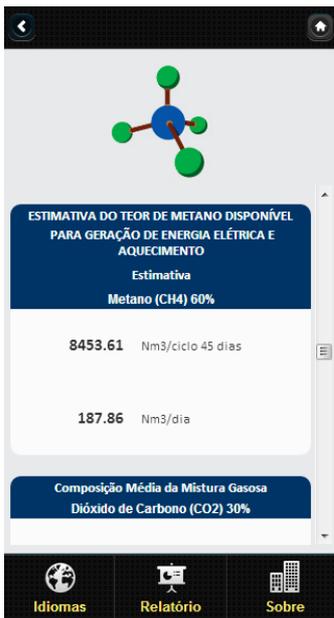
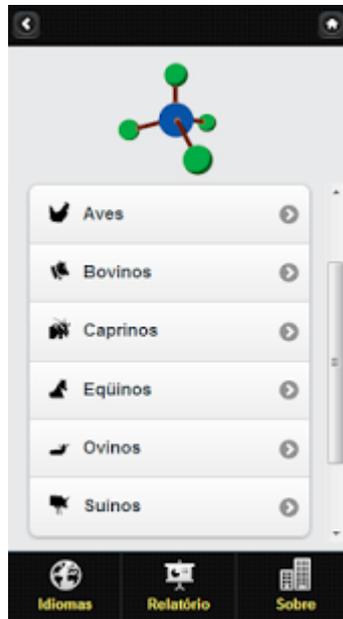
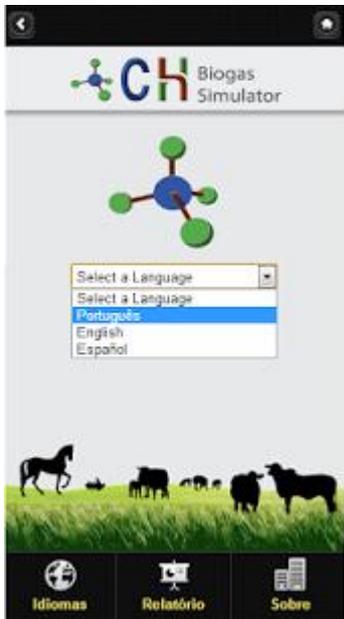
Aplicativo

CH4 – Biogas Simulator

<https://play.google.com/store/apps/details?id=br.com.biogasch4.CH4BiogasSimulator>

Permite avaliar o potencial de produção de biogás em propriedades rurais e unidades de criação animal.





Aplicativo

Resultados fornecidos

- Total de dejetos gerados nas unidades avaliadas
- Estimativa do Potencial de geração de Biogás
- Estimativa do Potencial de geração de energia elétrica por meio da utilização do Biogás
- Estimativa da equivalência energética do Biogás obtido frente a outros combustíveis
- Estimativa da quantidade de Biofertilizante obtido pós biodigestão
- Estimativa da redução nas emissões de carbono
- Economia a ser obtida com a utilização do Biogás

A ENERGIA DE AMANHÃ...



... É O DESAFIO DE HOJE.

APROVEITE OS RESÍDUOS...

... PRODUZA BIOGÁS ...



A ENERGIA DO FUTURO!