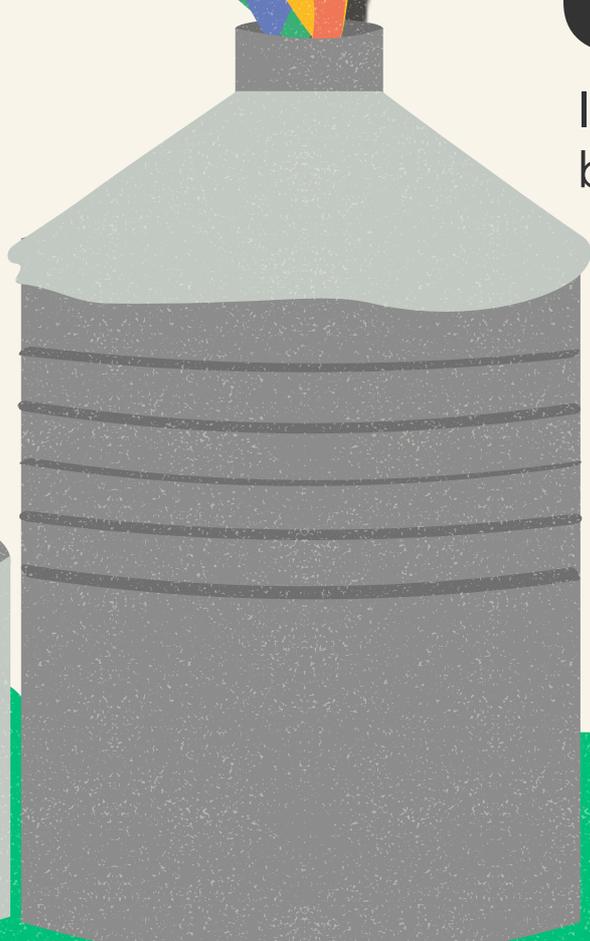




VAMOS DAR UM GÁS

Introdução à produção de
biogás



Universidade
Federal do
Rio de Janeiro



UFRJ

ISSN: 2447-1291

VAMOS DAR UM GÁS

Introdução à produção de biogás

PRODUÇÃO E EDIÇÃO

Monica Pertel - Coordenadora
Luíza Franca - Coordenadora
Alexandre Magno - Colaborador
Jessica Cugula - Bolsista
Isabelly de Oliveira - Bolsista
Suzie Chê - Bolsista

REALIZAÇÃO

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ
Escola Politécnica - Poli/UFRJ
Liga pela Universalização da Participação em Políticas Públicas Ambientais - LUPPA Rio/UFRJ

REFERÊNCIA

Pertel, M.; Franca, L; Magno, A.; Cugula, J.; de Oliveira, I.; Chê, S. Vamos dar um Gás: Introdução à produção de biogás. Revista Gestão & Gerenciamento. Núcleo de Pesquisas e Planejamento e Gestão (NPPG). 2024.

CONTATO

 @luppaufrj

 vamosdarumgas@poli.ufrj.br

 luppa.poli.ufrj.br

Organizadora: mpertel@poli.ufrj.br

Desenvolvido por:



Institucional:



Financiamento:



Apoio:



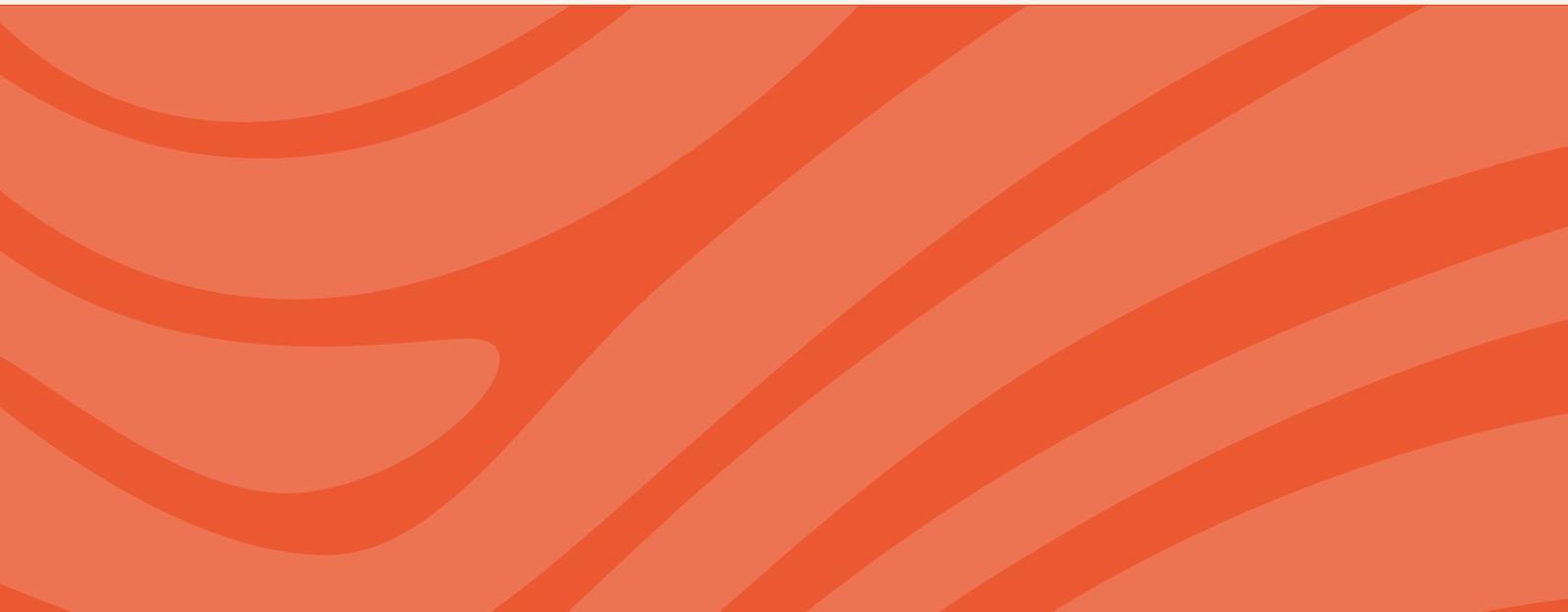
Este trabalho tem por objetivo disseminar conhecimentos de como implantar a produção e uso de BIOGÁS em uma linguagem acessível e didática para estudantes, estudiosos e profissionais interessados em conservar o nosso meio ambiente.

Eduardo Linhares Qualharini

Editor-chefe
Revista G&G/NPPG

**© 2024 Escola Politécnica da UFRJ
Núcleo de Pesquisas e Planejamento e Gestão (NPPG)**

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução desta obra, mesmo parcial, por qualquer processo, sem prévia autorização por escrito do organizador, pela Escola Politécnica.



Autores

O projeto é composto por docentes, discentes e colaboradores da UFRJ, do projeto de extensão LUPPA (Liga pela Universalização das Políticas Públicas Ambientais).



Monica Pertel

Docente da UFRJ e
Coordenadora do Projeto



Luiza Franca

Engenheira Ambiental na
Comlurb e Coordenadora
do Projeto



Alexandre Magno

Pedagogo - Orientador
Educativo do Ciep 441
Mané Garrincha



Jessica Cugula

Graduanda em Engenharia
Ambiental na UFRJ e
Bolsista do Projeto



Suzie Chê

Graduanda em Serviço
Social na UFRJ e Bolsista do
Projeto



Isabelly de Oliveira

Licencianda em Física na
UFRJ e Bolsista do Projeto

Prefácio

Olá! Seja bem vindo a esse livro inovador, que te faz um convite especial para aprender sobre como podemos produzir biogás dentro de uma escola, tendo como base uma fundamentação aprofundada sobre seu processo de produção e sua aplicação. Ao longo dos capítulos, iremos explorar desde a problemática global dos resíduos orgânicos, passando pelo aproveitamento dos produtos derivados da biodigestão, até a reflexão sobre o potencial de transformação desse agente para toda a sociedade. Vem com a gente!

No Capítulo 1, abordaremos a urgente questão ambiental que enfrentamos hoje e como o biogás emerge como uma solução viável para mitigar impactos ambientais e promover o desenvolvimento sustentável. Já no Capítulo 2, você aprenderá os fundamentos essenciais sobre o que é biogás, suas matérias-primas e qual é o processo para produzi-lo.

O Capítulo 3 te convida a um mergulho sobre as complexidades da degradação anaeróbia, discutindo os microorganismos envolvidos, os fatores que influenciam esse processo e os produtos resultantes da biodigestão. Já no Capítulo 4, você poderá conhecer a evolução histórica dos biodigestores no mundo e os diferentes tipos existentes, com destaque para suas aplicações e benefícios.

Coerente com o direcionamento proposto pela Agenda 2030 da ONU, o Capítulo 5 trará uma discussão de como o emprego de biodigestores em escolas e a produção de biogás estão relacionadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). Sob outro viés, o Capítulo 6 será dedicado às legislações pertinentes à produção de biogás e seus diversos usos, tanto em níveis estadual e federal quanto de forma internacional.

Chegando ao final do livro, você poderá conhecer sobre o Projeto Vamos dar um Gás no Capítulo 7, onde apresentaremos seus objetivos e atividades para a implantação do biodigestor em um CIEP no estado do Rio de Janeiro, fornecendo ainda um guia prático para sua utilização. Por fim, no Capítulo 8, essas orientações se voltam para o chão da escola, trazendo sugestões de práticas pedagógicas de forma que a operação do biodigestor possa conversar com a dinâmica diária de ensino-aprendizagem do aluno e professor.

E é assim que, movidos pelo sonho de transformar a percepção sobre o significado do resíduo, de forma a enxergar que ele não está somente nas nossas vidas como um produto de descarte de algo que não queremos mais, e sim passar a ser a energia que nos move, gostaríamos de chamá-lo pra essa turma! **Boa leitura!**



sumário

01
Introdução

pg. 01



02
O Biogás

pg. 04



03
Processos da
Digestão Anaeróbia

pg. 08



04
O que são os
Biodigestores?

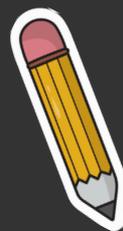
pg. 12

05
Biodigestores e
Sustentabilidade

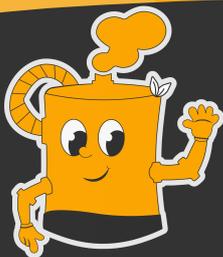
pg. 15

06
Panorama da
Legislação sobre
Biogás

pg. 18



FINISH



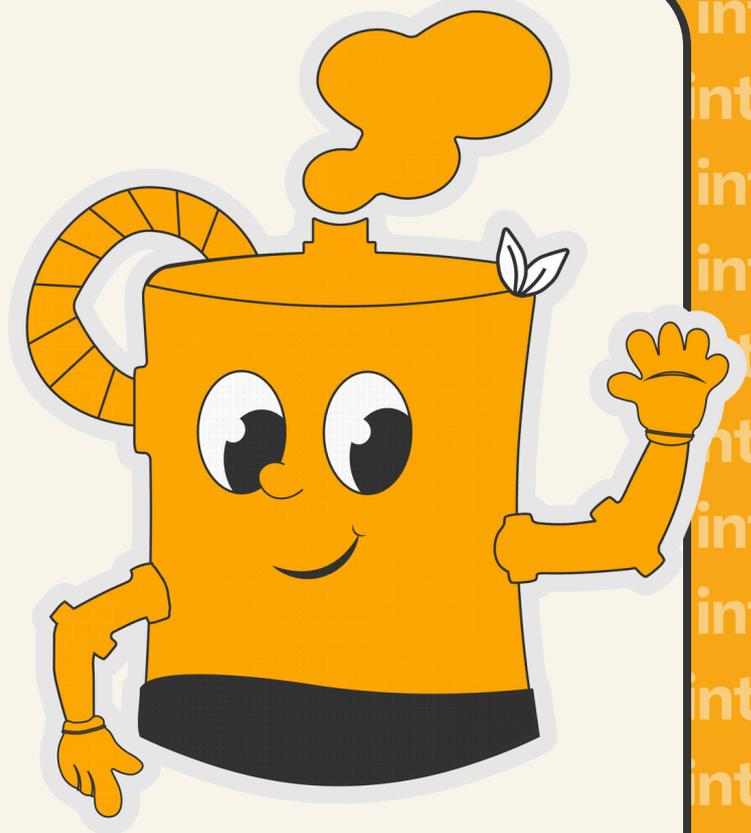
08
Estudo de
caso

pg. 28

07
Sobre o
Projeto

pg. 24

Capítulo 01



Olá, eu sou o
Bico!

Sou um biodigestor anaeróbio e estou ansioso para te contar mais sobre como funciona e ajudo o meio ambiente enquanto gero energia. Neste capítulo vamos entender mais sobre a importância e a necessidade de medidas de reciclagem de resíduos e como o biodigestor pode ajudar nessa história. Vamos comigo?

Introdução

1.1. Problemática no mundo

A harmonia que um dia esteve presente na Terra hoje se encontra perturbada devido às ações humanas. A elevação da temperatura, eventos climáticos extremos e alterações nos padrões naturais afetam cada canto do planeta e a cada ano que passa, se tornam mais evidentes. A biodiversidade e os ecossistemas se encontram em risco. Comunidades inteiras estão sendo afetadas e isso corrobora com a visão de que não é apenas uma questão ambiental, mas também uma preocupação para a estabilidade social e econômica. Cada vez mais, soluções inovadoras impulsionadas por uma ação coletiva se mostram mais necessárias, dada a urgência dos desafios provocados pelas mudanças climáticas. A compreensão da magnitude desses problemas impulsiona a busca por alternativas sustentáveis, a repensar hábitos e a explorar tecnologias que possam ser aliadas na luta contra as mudanças climáticas.

O país enfrenta desafios significativos na gestão de resíduos sólidos. Em 2019, apenas 85,19% dos estados e 27,20% dos municípios declararam informações no Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR). Em relação aos planos de gestão de resíduos sólidos, apenas 70,37% dos estados e 44,65% dos municípios tinham planos elaborados conforme a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esses números refletem o esforço em promover uma gestão mais adequada dos resíduos sólidos, porém evidenciam que ainda há desafios a serem enfrentados em todo o país.



Figura 01 - Caminhão de lixo em um lixão do Distrito Federal, no Brasil
Fonte: Marcello Casal Jr/ Agencia Brasil/ Wikimedia Commons



O crescimento populacional, aliado à urbanização e à industrialização, leva a um maior consumo de produtos e, por consequência, à geração desses resíduos, evidenciando os desafios da gestão do resíduo sólido urbano (RSU).

Dados mais recentes do cenário da destinação do RSU brasileiro revelam que, das 82 milhões de toneladas de RSU geradas em 2020, cerca de 7,8% ou 6,4 milhões de toneladas foram descartadas de forma inadequada. Das 75,6 milhões de toneladas coletadas (92,2% do total gerado), pouco mais de 30 milhões, ou 36,6% da geração, ainda seguem para disposição final imprópria, em aterros controlados e lixões a céu aberto (ABRELPE, 2021). O Brasil só reciclou 4% dos quase 82 milhões de resíduos em 2022.



Figura 02 - O descarte de lixo irregular se espalhou pela calçada
Fonte: João Gomes/ Agência Belém

1.2. Biogás como solução

Os biodigestores, ao promoverem a decomposição anaeróbia controlada, não apenas transformam a quantidade de resíduos sólidos, mas também geram biogás - uma fonte limpa de energia que pode ser utilizada para cozinhar, iluminar e gerar eletricidade. Essa dualidade de benefícios ambientais e energéticos coloca os biodigestores na vanguarda das soluções sustentáveis.

Eles são um grande aliado em meio às complexidades climáticas. Emergem com uma resposta engenhosa para alguns dos problemas que assolam nosso planeta. E também, ao adotar biodigestores, as comunidades têm a oportunidade de fortalecer a segurança energética, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos.

A utilização dos biodigestores também impulsiona a geração de empregos. Ao adotar esses sistemas, abre-se espaço para oportunidades de trabalho, desde a instalação até a manutenção dos biodigestores, contribuindo assim para o desenvolvimento econômico local.

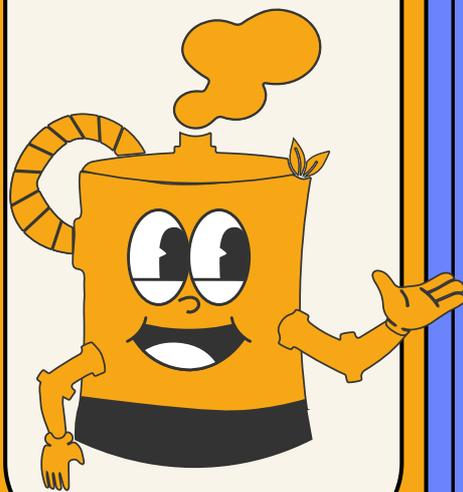


Figura 03 - Criação de gado e Biodigestor Lagoa Coberta
Fonte: CIBiogás

O uso dele é fundamental para assegurar a conclusão de um ciclo vital de nutrientes. Ao utilizar biodigestores, promove-se a decomposição anaeróbica dos resíduos orgânicos, gerando biogás e fertilizantes ricos em nutrientes.

Essa abordagem transforma resíduos em recursos valiosos, impactando positivamente a natureza. Como vantagem tem a redução da quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, o que não só reduz custos, mas também contribui para a preservação do meio ambiente.

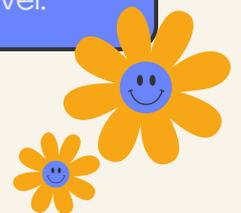
O biogás gerado durante esse processo representa uma fonte de energia renovável que desempenha um papel crucial para equilibrar o consumo energético de um país. Esse produto contribui para a preservação dos recursos naturais, minimizando a demanda por desmatamento e diminuindo o uso de combustíveis prejudiciais ao nosso planeta.



1.3. Objetivos da apostila

Esta apostila tem o objetivo de delinear uma jornada educativa, que vai além da mera transmissão de informações. **Nosso principal objetivo é instigar a consciência ambiental, levando os leitores a compreenderem a urgência das mudanças climáticas.**

Buscamos apresentar o biodigestor como uma solução tangível e acessível, oferecendo uma compreensão abrangente de como essa tecnologia pode ser implementada. Com a união da parte teórica e prática, este material aspira criar agentes de mudança, capacitando pessoas a participarem ativamente na construção de um futuro mais sustentável.



Capítulo 02



Beleza pessoal!

Agora que já te explicamos a importância do tratamento de resíduos e da produção de biogás, por que não dar um pouco de protagonismo e saber o que de fato é o biogás? Vamos aprender sobre sua composição e o que pode ser utilizado para produzi-lo.

O Biogás

2.1. O que é o Biogás?

O biogás, quimicamente falando, é um gás composto, em sua maioria, por **metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂)**. Porém, sua composição é bastante variável, dependendo principalmente do tipo de matéria orgânica usada para sua formação. Ele é formado pela ação microbiana no processo de decomposição anaeróbia de resíduos orgânicos.

Ou seja, os resíduos orgânicos produzidos em nossas casas, como por exemplo estrume, folhas, papel e restos de comida, podem ser utilizados como substratos para a criação do biogás. Pois, a partir dessa matéria orgânica ocorre um processo biológico no qual os microrganismos realizam a **digestão anaeróbia** (obtenção de energia sem a presença de oxigênio) o que resulta na liberação do biogás, sendo uma fonte renovável de energia, como na geração de energia elétrica, térmica ou veicular.

Ademais, as condições de armazenamento e aproveitamento para fins de reciclagem e reutilização dos resíduos também liberam gases na atmosfera. Por essa razão, quando os materiais orgânicos são dispostos de forma inadequada, pode também correr o risco de organismos utilizarem parte da energia disponível no resíduo, diminuindo no futuro o potencial do biogás, de modo que é essencial ter o conhecimento de onde vem e do que são compostos os dejetos orgânicos utilizados para produzir o biogás.



O Bico
te ensina!

Você sabia do maior lixão da América Latina?

Localizado no Jardim Gramacho que é um bairro do município de Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro. Entre os anos de 1976 e 1996, funcionou o maior lixão da América Latina. Imaginem o tamanho! Nele eram despejadas cerca de 7 mil toneladas diárias de resíduos urbanos e vindos dos municípios vizinhos. De lá, milhares de famílias tiravam seu sustento, catando o lixo reciclável para ser vendido. Apenas em 1996, após duas décadas de vida, Jardim Gramacho passou a funcionar como aterro controlado, e em 2012 foi definitivamente fechado pelo governo do município.

2.2. Matérias-primas para a produção de biogás

A matéria prima para o processo de produção de biogás é muito importante para ditar a eficiência do processo. Por isso, é preciso analisar bem os resíduos orgânicos para alcançar a melhor quantificação e qualidade do biogás, o que está diretamente ligado à quantidade de nutrientes e contaminantes potenciais (metais, patógenos e outros contaminantes orgânicos contidos no material orgânico). Para que assim, o resultado do processo tenha uma maximização da produção de energia.

Diferentes tipos de materiais orgânicos podem ser utilizados para a produção de biogás. Exemplos de substratos mais comuns são os resíduos de frigoríficos, os da indústria de alimentos e os dejetos, assim é possível observar que o setor agrícola tem um considerável peso na produção de biogás no país.



Figura 04 - Resíduos orgânicos

Fonte: North American Initiatives on Food and Organic Waste

Diante disso, **como podemos escolher a melhor matéria prima para produção de um biogás excelente?** A matéria prima deve principalmente atender às necessidades nutricionais dos microrganismos para que eles possam consumir a quantidade de energia necessária para seu crescimento e a energia restante contida ser convertida em biogás e metano. Dessa forma, os microrganismos metanogênicos, principais responsáveis pelo processo de decomposição da matéria orgânica, são muito sensíveis a alterações de **temperatura**, logo a faixa ideal para a produção do biogás é entre 35 a 45 °C, podendo também ser possível a produção em uma faixa de 50 a 60 °C. O mais importante é não haver uma variação brusca da temperatura, pois as bactérias não sobreviveriam.

Outro fator que também influencia é o nível de **toxicidade** contida no material que inclui todas as substâncias que podem afetar o processo de biogás, principalmente as substâncias que são tóxicas para a formação de metano. Deve-se tomar cuidado com o material que entra no biodigestor para que o mesmo não possua nutrientes em excesso, desinfetantes fortes, bactericidas, combustíveis derivados de petróleo entre outros elementos que possam contaminar o substrato e ser fatal para as bactérias envolvidas no processo biológico de formação do gás. Por esse fato, em abatedouros ou frigoríficos, a água de lavagem de utensílios, de dependências (linha de produção, cozinha, refeitório e banheiros) e de lavagem de caminhões não deve ser introduzida no digestor, pois contém elevada carga de detergentes, desinfetantes e derivados de petróleo.

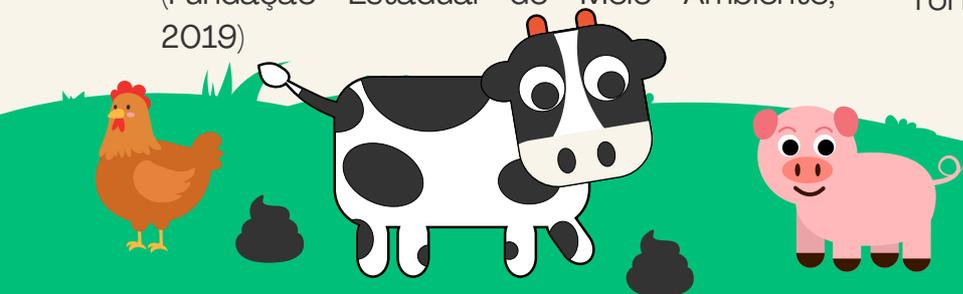
No cotidiano rural, geralmente o dejetos bovino apresenta menos potencial de produção de biogás do que os de suínos e de aves. O motivo é que uma grande quantidade da matéria orgânica disponível no dejetos é degradada e convertida em metano nos estômagos dos animais ruminantes. Se o dejetos for degradado juntamente com outros tipos de materiais, tais como resíduos de alimentos ou de forragem (pasto), a troca gasosa pode ser maior.

Além disso, resíduos de suínos e aves contém mais proteína do que o material bovino, o que pode resultar em inibição no processo causada pela amônia, quando eles são digeridos na ausência de material rico em carbono. O dejetos que apodrece também oferece muitos benefícios ambientais, sobretudo a redução das emissões de metano.



Ao ampliar o assunto para área urbana, os resíduos domésticos nem sempre têm a mesma composição, o que varia conforme o lugar e a época do ano em que o resíduo é coletado. Um estudo conhecido como gravimetria de resíduos sólidos urbanos possibilita conhecer o perfil dos resíduos gerados de atividades de origem urbana (doméstica, comercial e pública), permitindo uma avaliação preliminar da degradabilidade, do poder de contaminação ambiental, das possibilidades de reciclagem, além de analisar os aspectos socioeconômicos e culturais da população do município, auxiliando nas estratégias adequadas para cada região e visando à melhoria das práticas ambientais. Análises apontam que em geral, localidades cujo desenvolvimento socioeconômico seja menos expressivo, a porcentagem de matéria orgânica é maior, quando comparada a locais mais desenvolvidos. (Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2019)

Percebe-se portanto, que a natureza da matéria prima influencia no rendimento e na estabilidade do processo de biogás. Por isso, para o planejamento de uma instalação de biogás, é necessário garantir a disponibilidade e o fornecimento de substratos apropriados. Dependendo do material, pode também ser importante analisar o tipo de pré-tratamento (físico, térmico, químico e outros) que será feito sobre ele, já que trata-se de uma pré-quebra das moléculas antes de disponibilizá-las para a comunidade microbiana a ser utilizada, o que aumenta e facilita a eficiência da degradação da matéria orgânica e tem um grande significado se tratando dos gases que são formados.



2.3. Resíduo é energia!

Houve a necessidade, após os acontecimentos socioambientais nos últimos anos, de buscar outras opções energéticas de menor impacto ambiental negativo. Diante disso, o biogás surgiu como uma forma de diversificação na matriz energética e aproveitamento de outras fontes energéticas diferentes do petróleo.

Dessa forma, o biogás gerado pode ser convertido em energia elétrica após sofrer combustão em geradores estacionários. Também ser utilizado por combustíveis veiculares, depois de ser comprimido e comercializado como biometano. Ou ainda para atender à demanda de gás de cozinha, ao ser comprimido e comercializado em botijões.

Por exemplo, em 2018 nos aterros sanitários, 9% do biogás foi utilizado para a geração de energia elétrica, e menos de 2%, para a produção de biometano (ABRELPE; ABIOGAS, 2018). Já, segundo dados do Cibiogás, em 2021, aproximadamente 74,7% do biogás (1,3 bilhão de Nm biogás) foi utilizado para a geração de energia elétrica, e 24,9% (434,37 milhões de Nm biogás) foram purificados e transformados em biometano (CIBIOGÁS, 2022).

Fica evidente que o uso do biogás para geração de energia elétrica apresenta-se como a principal aplicação energética realizada nas plantas de biogás brasileiras. Comprovando com mais algumas análises estatísticas, no ano de 2021, cerca de 87% das unidades em operação utilizaram esta fonte energética para tal finalidade, resultando no uso de 71% do volume de biogás produzido para geração de energia elétrica (CIBIOGAS, 2022).

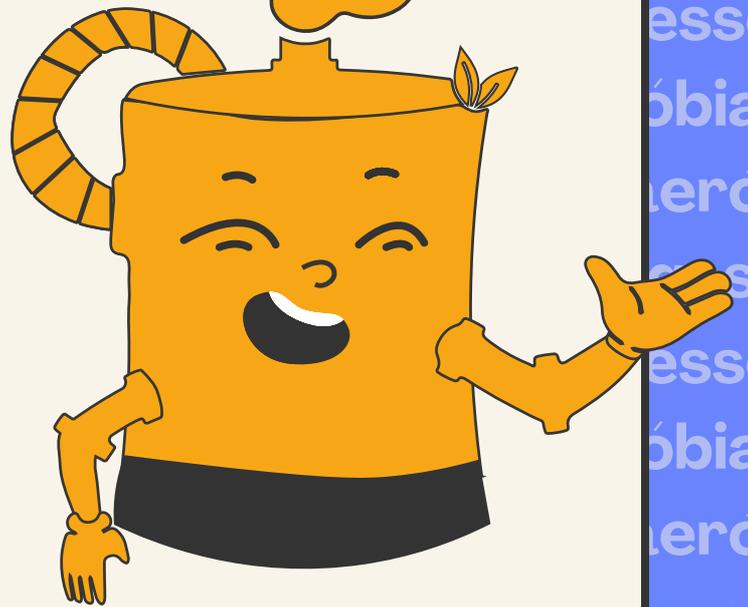
Em comparação, a destinação para a geração de energia térmica representou aproximadamente 7% do biogás produzido em 2021. E a energia mecânica utilizada para movimentar turbinas, por exemplo, representam apenas 1% do total produzido nacionalmente (CIBIOGAS, 2022).

O Bico te ensina!

Você sabia que as vacas produzem metano?

As vacas além de emitirem gás carbônico (CO₂) por meio da sua respiração, também emitem uma quantidade grande de metano. No momento em que ruminam o alimento, ou seja, remastigam o bolo alimentar demoradamente, diminuindo o tamanho da partícula e a passagem do rúmen para o intestino. Assim não apenas elas, mas todos os animais ruminantes (cabras, ovelhas, búfalos...) produzem metano no processo de digestão de alimentos e liberam o gás por meio de arrotos (95%) e também de flatulências. Estima-se que uma vaca pode emitir entre 70 e 120 kg de metano por ano!!

Capítulo 03



Bora aprender
mais um pouco?

Ei, agora você já sabe o que é biogás, né? Mas você tá ligado em como ele é produzido? Pois é um processo cheio de criaturinhas microscópicas importantíssimas, que atuam em um ambiente sem oxigênio. Despertou a sua curiosidade? Então se liga nesse capítulo!

Processos da Digestão Anaeróbia

3.1. Fases da degradação anaeróbica

A degradação anaeróbia ocorre quando microrganismos transformam um material orgânico em biogás e biofertilizante sob condições anaeróbias, ou seja, sem a presença de oxigênio. O processo ocorre em quatro etapas: **hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese**, que serão exploradas a seguir.

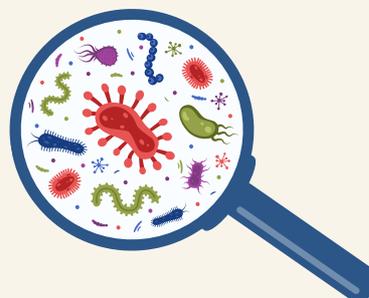
A **hidrólise** é a primeira e mais lenta etapa do processo, ela é responsável pela degradação dos compostos de alta massa molecular, tais como lipídios (gorduras), polissacarídeos (carboidratos) e proteínas, em um material orgânico simples (monômeros), como os ácidos graxos, monossacarídeos e aminoácidos. Esta etapa é muito importante pois diminui a molécula de material orgânico e facilita sua absorção e uso pelos microrganismos nas etapas seguintes (Vögeli et al., 2014).

Na **acidogênese** ocorre a degradação dos monômeros, formando ácidos graxos voláteis (AGV), álcoois e compostos minerais, como o CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S , (Mendonça, 2009) (Kunz et al., 2019). Na etapa seguinte, a acetogênese, os ácidos de cadeia longa, voláteis e álcoois são transformados em hidrogênio, dióxido de carbono e ácido acético, que é um ácido de cadeia curta (Vögeli et al., 2014).

A **metanogênese**, etapa final do processo de degradação anaeróbia, consiste da conversão dos ácidos gerados no processo anterior em metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (Mendonça, 2009).

3.2. Microrganismos Envolvidos no Processo

Como foi visto no tópico anterior, o processo de degradação anaeróbia é complexo e depende da presença de uma série de microrganismos para sua realização. Estes organismos, dos domínios Bacteria e Archaea, interagem nas diferentes etapas do processo de forma sequencial, já que os produtos da anterior vão servir como substrato para a seguinte.



Durante a hidrólise, ocorre a atuação de bactérias fermentativas hidrolíticas, estas transformam os compostos complexos em simples através da ação de exoenzimas (Cavaleiro & Alves, 2020).

Os aminoácidos e açúcares (moléculas simples) geradas na hidrólise são fermentados na fase de acidogênese através da ação de bactérias acidogênicas, que representam quase 90% da totalidade dos microrganismos nos biodigestores.

Os produtos da fermentação são consumidos por bactérias acetogênicas durante a acetogênese, que utilizam os ácidos voláteis e álcoois, e as bactérias homoacetogênicas, que consomem o hidrogênio (H₂), dióxido de carbono (CO₂) e os açúcares restantes no sistema, ambas gerando acetatos (Cavaleiro & Alves, 2020). Durante a última etapa, a metanogênese, o acetato é utilizado como substrato para produção de metano e dióxido de carbono através da ação de microrganismos metanogênicos do domínio Archaea (Díaz et al., 2006).

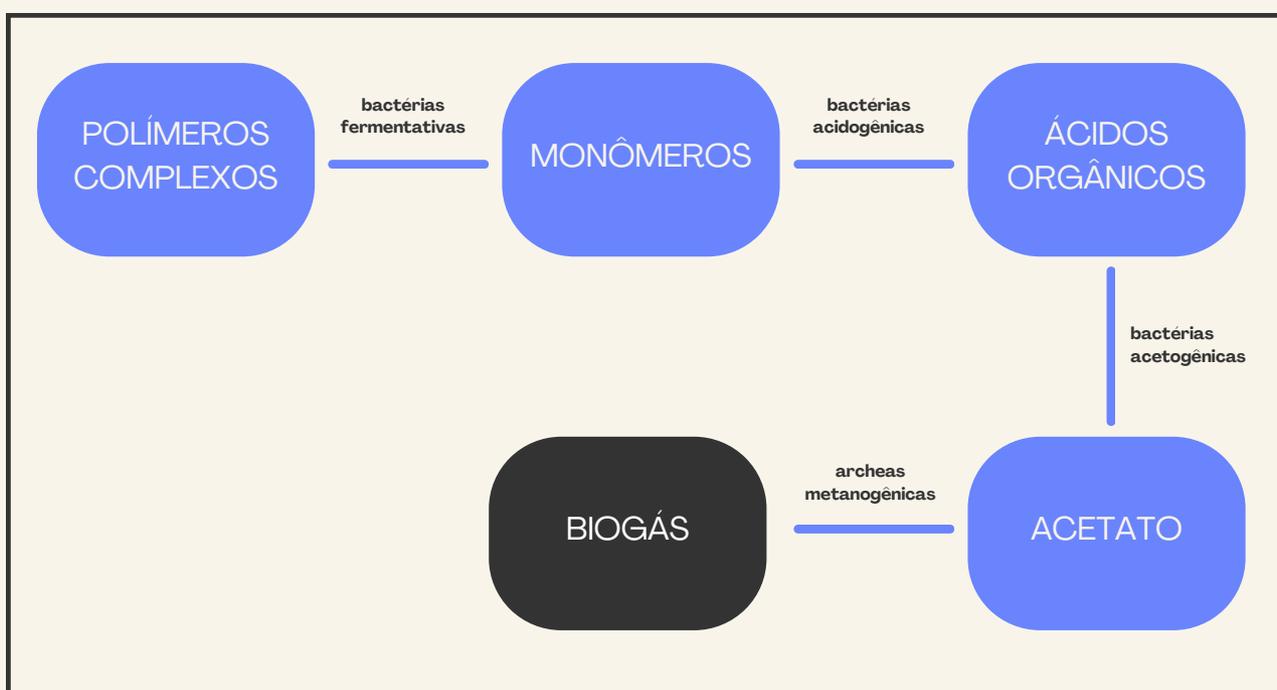


Figura 04 - Fluxograma da atividade de microrganismos ao longo da produção de biogás.
 Fonte: autoria própria.



O Bico te ensina!

Você sabe onde está o maior biodigestor do mundo?
 Localizado na Alemanha, o BioEnergie Park Güstrow tem um potencial térmico de 50 MWth*, sendo em 2014 considerado o maior biodigestor de biometano do mundo. Na arquitetura há 5 centrais no formato de trevos em uma área de 50 hectares que, segundo o fabricante, produzem mais de 46 milhões de metros cúbicos de biogás com qualidade equiparável ao gás natural por ano, e que são direcionadas à rede de distribuição de gás natural em toda a Alemanha. A matéria prima utilizada como substrato é comprada dos mais de 100 agricultores ao preço de mercado gerando emprego e renda na região e garantindo a viabilidade econômica do agronegócio local.

MWth*: Nomenclatura de energia Megawatts por hora.

3.3. Fatores que influenciam na degradação

Para garantir um processo de fermentação bem-sucedido, é crucial controlar diversos fatores que impactam os microrganismos, conforme destacado por Kunz et al. (2019). Esses fatores são detalhados na Tabela 02.

Tabela 02 - Descrição dos fatores que influenciam na digestão anaeróbica.

Fonte: Kunz et al. (2019)

Fator	Influência
<p>Composição do Substrato</p>	<p>A composição do substrato desempenha papel crucial na degradação. Em situações com predominância de carboidratos, como cascas de frutas, restos de arroz, legumes, farinha e pães, a hidrólise pode ser concluída em poucas horas. Por outro lado, quando a matéria orgânica é rica em proteínas (carnes), e lignina (presente em folhas e resíduos de poda), a degradação pode estender-se por dias, tornando essencial o controle da composição do substrato para influenciar o tempo de degradação.</p>
<p>Quantidade de Hidrogênio</p>	<p>O controle da quantidade de hidrogênio é importantíssimo para as etapas de acetogênese e metanogênese. Manter uma baixa pressão parcial é essencial para evitar a inibição dos microrganismos acetogênicos e metanogênicos. Na prática, a quantidade de H₂ pode ser medida através do PH, ou seja, o meio não pode ser muito ácido.</p>
<p>Temperatura</p>	<p>A temperatura é crucial para a atividade de microrganismos mesofílicos, afetando diretamente a velocidade da degradação. As arqueas são particularmente sensíveis ao aumento de temperatura, impactando a pressão de hidrogênio e a dissociação da amônia (NH₃), podendo inibir a metanogênese. Apesar disso, o aumento de temperatura traz benefícios ao sistema, melhorando a solubilidade de compostos orgânicos e eliminando patógenos.</p>
<p>PH</p>	<p>O pH é um parâmetro crucial no processo, atuando como uma medida indireta da pressão parcial ao avaliar a concentração de H⁺ no meio. Sua faixa ótima varia durante as etapas do processo, sendo mais ácido durante hidrólise e acidogênese, devido à presença de ácidos voláteis. Contudo, o controle rigoroso do pH é essencial para as arqueas metanogênicas, sensíveis a alterações, visando aumentar a concentração de CO₂ no sistema e, conseqüentemente, no biogás. A faixa ideal de pH para a digestão anaeróbia situa-se entre 6,5 e 7,5; valores abaixo inibem a atividade das arqueas.</p>
<p>Nutrientes</p>	<p>Para a boa execução da degradação é necessário também a presença de nutrientes no sistema, como nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio, cloro e sulfatos. Além destes nutrientes, um substrato fundamental é a amônia (NH₃), sendo essencial para o crescimento dos microrganismos, mas que precisa ser controlada, pois em altas quantidades pode ser tóxica para o sistema, afetando as arqueas metanogênicas.</p>

Fator

Influência



Tempo de Retenção Hidráulica

Por fim, outros fatores fundamentais são o Tempo de Retenção Hidráulica (TRH), que é relativo ao tempo que o material vai ficar no biodigestor, que precisa ser calculado pensando no tempo necessário para os microrganismos realizarem a digestão por completo. Além disso, o sistema também precisa ser agitado e misturado, com o fim de manter uma distribuição homogênea de microrganismos e maior eficiência na digestão.

3.4. Produtos da biodigestão

A biodigestão gera dois produtos que são super úteis para o desenvolvimento da sociedade: o biogás e o biofertilizante.

Este gás ao ser queimado pode ser utilizado para geração de energia de diversas formas, por exemplo: o seu uso como fonte de queima em fogões serve para produzir alimento; caso utilizado como fonte de calor, pode ser aplicado para rodar turbinas em termelétricas produzindo eletricidade; uma outra aplicação como fonte de queima é em motores a combustão de geradores estacionários, que produzem energia elétrica para consumo individual; por fim, pode também ser purificado em biometano (com mais de 90% da concentração total de CH₄) e utilizado no motor a combustão de veículos para produzir energia mecânica (Vogelli et al., 2014) (Teixeira et al., 2024).

Além disso, ele pode produzir biometano ao ser purificado, resultando em um gás com qualidade semelhante ao gás natural, podendo ser injetado na rede e utilizado nos veículos (PROBIOGÁS, 2015). Desta forma, este produto é importante para um cenário de transição energética, onde pode substituir combustíveis de origem fóssil e gerar energia de maneira mais sustentável e com menor emissão de carbono (ABBM, 2016).

Já o biofertilizante é um coproduto da digestão anaeróbia, que atua como adubo orgânico na forma líquida, pastosa ou sólida, dependendo da tecnologia empregada, similar ao gerado na compostagem, devido a sua composição com fósforo e nitrogênio (Oliveira et al., 2022). Este produto pode ser retirado do sistema e aplicado em sistemas de plantio.

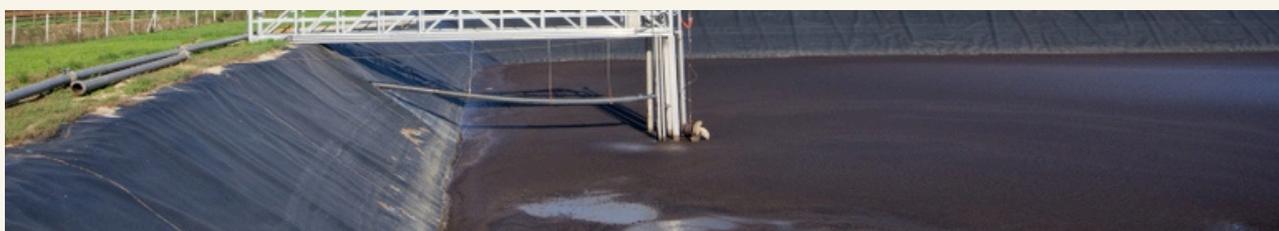
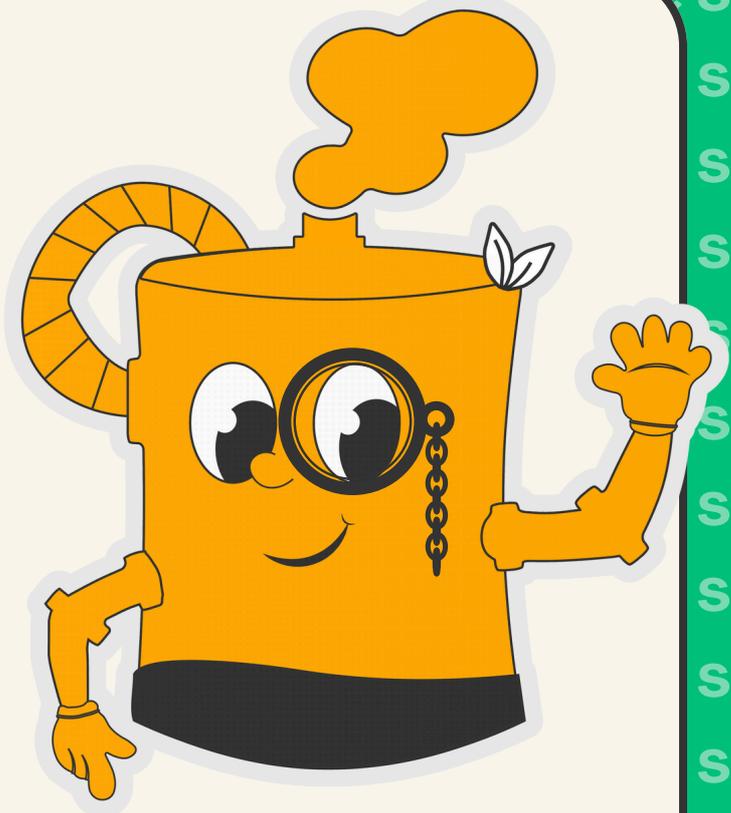


Figura 05 - Produção de biofertilizante da degradação anaeróbica.

Fonte: Cursos CPT.

Capítulo 04



Existem muitos
biodigestores!

Os biodigestores são incríveis e muito funcionais, né? Vamos entender um pouco melhor sobre os seus diferentes modelos e as suas principais características nesse capítulo. Bora?

O que são os Biodigestores?

4.1. Histórico e Evolução dos Biodigestores

Biogás no Mundo

A história do biogás remonta aos estudos realizados em meados de 1600, quando foram documentadas substâncias inflamáveis em regiões pantanosas, relacionadas à decomposição de matéria orgânica. Em 1776, o físico italiano Alessandro Volta identificou o gás como metano (CH₄), após anos de pesquisa. No início do século XIX, Louis Pasteur vislumbrou o potencial do biogás como combustível para aquecimento e iluminação urbana.

Em 1857, foi construída a primeira instalação para produzir e utilizar biogás em grande escala em um hospital em Bombaim, Índia, enquanto na Inglaterra, na mesma época, o biogás foi utilizado para iluminação pública.

Atualmente, estima-se que existam cerca de 8 milhões de biodigestores em operação na China e aproximadamente 300 mil na Índia, principalmente para iluminação, cozimento e aquecimento domiciliares. O biogás continua a desempenhar um papel significativo como fonte de energia em diversas comunidades ao redor do mundo.



Biogás no Brasil

A história do biogás no Brasil remonta à década de 70, durante a crise do petróleo. Em novembro de 1979, um marco foi estabelecido na Granja do Torto, em Brasília, com a construção de um dos primeiros biodigestores do país. Esta iniciativa pioneira, situada na sede do governo, foi crucial, pois demonstrou a viabilidade da instalação de unidades produtoras de biogás com materiais simples e de baixo custo. Além disso, incentivou o governo, no início da década de 80, dentro do Programa de Mobilização Energética (PME), a promover a instalação de biodigestores em propriedades rurais.

O segundo ciclo dos biodigestores no Brasil teve início em meados dos anos 2000, com o surgimento do mercado de créditos de carbono, que mobilizou recursos para a construção de biodigestores, principalmente em propriedades rurais com criação de suínos de médio e grande porte.



4.2. Tipos de Biodigestores

Conheça os tipos de biodigestores mais famosos:

Biodigestor Indiano

O biodigestor modelo indiano é um sistema de abastecimento contínuo utilizado em propriedades pequenas para lidar com dejetos de animais como bovinos, suínos e caprinos. Construído subterraneamente em alvenaria, possui uma caixa de entrada de dejetos, um tanque biodigestor e uma caixa de saída. Sua eficiência se deve à temperatura constante do solo, que favorece a ação dos micro-organismos, acelerando a biodigestão. A concentração de sólidos totais dos dejetos adicionados não deve ser superior a 8%, para evitar entupimentos nos canos de entrada e saída do biodigestor e facilitar a circulação da matéria dentro do tanque.

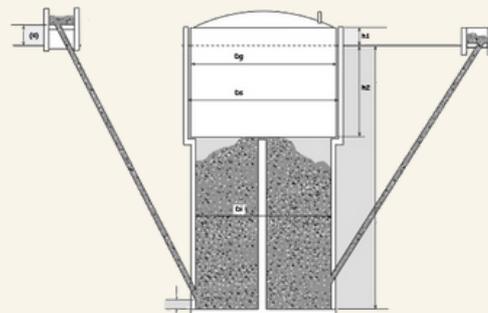


Figura 06 - Biodigestor modelo indiano
Fontes: Portal do Biogás; Flickr - Robson Tamas

Biodigestor Chinês

O biodigestor modelo chinês é uma solução voltada para pequenas propriedades rurais, sendo construído principalmente com alvenaria e enterrado no solo. Seu design único possui uma câmara cilíndrica para armazenamento do biogás, com teto abobadado impermeável para evitar vazamentos. O funcionamento baseia-se na prensa hidráulica: o acúmulo de biogás aumenta a pressão interna, movendo o efluente para a saída e liberando parte do biogás. É importante manter a biomassa com no máximo 8% de sólidos totais para facilitar a fermentação e evitar entupimentos.

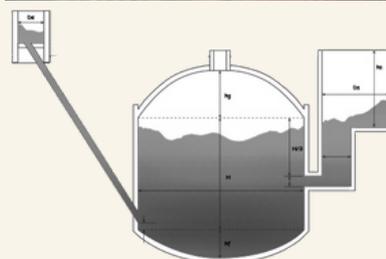


Figura 07 - Biodigestor modelo chinês
Fonte: Curso Biogás 03 - Embrapa; Flickr Robson Tamas

BLC

O biodigestor Lagoa Coberta é um tanque revestido com material geossintético (PVC, PEAD, etc.) usado em áreas rurais para tratar resíduos de animais. Ele retém fluídos e gases, não possui sistemas de aquecimento ou controle de temperatura, nem agitação. É utilizado para tratamento de efluentes com baixa concentração de sólidos, até cerca de 3% de sólidos totais.



Figura 8 - Biodigestor Lagoa Coberta
Fonte: Curso Biogás 03 - Embrapa

UASB

A sigla é para Upflow Anaerobic Sludge Blanket, que significa Reator anaeróbio de fluxo ascendente. Ele direciona os resíduos de baixo para cima por uma camada de lodo até o topo do reator, onde ocorre a separação entre líquidos, gases e sólidos. Esses reatores são capazes de lidar com grande quantidade de matéria orgânica por dia. Para tratar os resíduos provenientes da produção animal, muitas vezes é necessário um tratamento inicial.



Figura 9 - Biodigestor UASB
Fonte: Curso Biogás 03 - Embrapa

CSTR

Com a sigla para Continuously Stirred Tank Reactor, ou reator de mistura completa, o biodigestor é amplamente empregado em plantas de biogás, especialmente para a codigestão de diferentes resíduos. Ele é reconhecido por suportar cargas orgânicas elevadas, com concentrações de sólidos em torno de 10%.

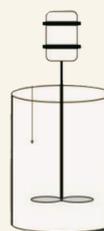
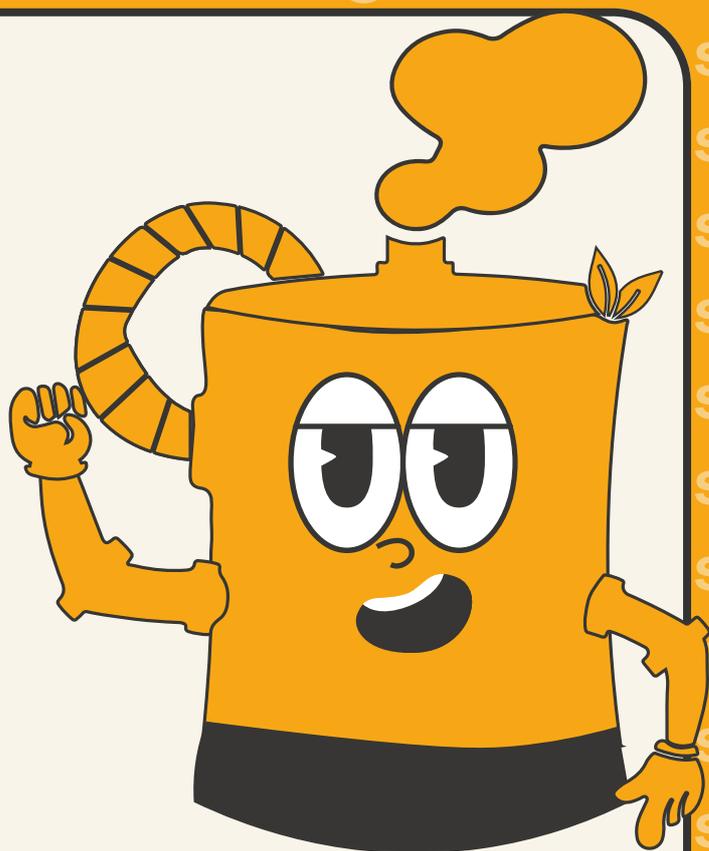


Figura 10 - Biodigestor CSTR
Fonte: Curso Biogás 03 - Embrapa

Capítulo 05



Bora diminuir impactos socioambientais?

Agora vamos entender melhor sobre os pontos de sustentabilidade que são incentivados pela utilização de um biodigestor. São muitos hein! E eles se relacionam com vários ODS's.

Biodigestores e Sustentabilidade

5.1. Os biodigestores e a diminuição de impactos

Dentre os compostos que intensificam o efeito estufa estão o metano e o dióxido de carbono, principais componentes do biogás. Esses gases, em contato com a atmosfera, podem provocar o aquecimento global, gerando instabilidade climática, o que provoca impactos na produção alimentar, na saúde da população e, inclusive, impactando a fauna e a flora de algumas regiões. Diante disso urge a necessidade de aproveitamento desses gases para minimizar as mudanças climáticas presentes em nossa sociedade, fortalecendo a ideia dos biodigestores como uma solução sustentável e alinhada ao conceito de economia circular, ou seja, capaz de transformar um passivo ambiental em um ativo energético.

No Brasil uma das principais aplicações do biogás é na produção de energia elétrica. Segundo os dados mais recentes do Panorama do Biogás, relativos a 2021, 87% das plantas de biogás em operação (656 unidades) utilizaram essa fonte energética para tal finalidade, resultando no uso de 71% do volume de biogás produzido para geração de eletricidade. Com capacidade de produzir 2,9 TWh/ano* de energia elétrica no Brasil, suficiente para abastecer mais de um milhão de residências. (CIBIOGAS, 2022)



O Brasil vem se empenhando para manter o equilíbrio entre as suas fontes de energia renováveis e tradicionais, e o progresso de geração de energia a partir de biodigestores. Porém mesmo que o investimento nessa área possa resultar em reflexos significativos na matriz energética do país, as iniciativas para geração de energia pelo biogás no Brasil ainda andam a passos lentos em comparação ao panorama internacional, pois os subsídios destinados para esse setor por parte do governo e o investimento das políticas públicas são pouco estimulados. Representando um grande problema no cenário ambiental do país, visto que a implantação dos biodigestores como forma de recuperação dos resíduos orgânicos contribui principalmente para a implantação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Os ODS, iniciativa da Organização das Nações Unidas (ONU), são um apelo global à ação para erradicar a pobreza, proteção à natureza e ao clima, além de garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade, a fim de atingir a Agenda 2030 no Brasil (ONU, 2021).

*TWh/ano: Terawatt-hora/ano é uma unidade de medida da energia equivalente a um bilhão de kWh(Quilowatts-hora) por ano.

Veja agora alguns dos objetivos que estão mais relacionados ao tema:

1 ERRADICAÇÃO DA POBREZA



ODS 1 - Erradicação da Pobreza

Incentiva, ainda, o empreendedorismo local e auxiliando na erradicação da pobreza, ao utilizar o biogás, para gerar energia elétrica e térmica, e o biofertilizante, para adubação do solo;

3 SAÚDE E BEM-ESTAR



ODS 3 - Saúde e Bem-Estar

A aplicação dos biodigestores permitirá melhora na saúde pública ao diminuir casos de doenças resultantes de resíduos dispostos inadequadamente e não tratados;

4 EDUCAÇÃO DE QUALIDADE



ODS 4 - Educação de Qualidade

A instalação do biodigestor auxiliará na educação de qualidade, pois podem tornar-se uma ferramenta metodológica para compreensão da educação ambiental.

6 ÁGUA POTÁVEL E SANEAMENTO



ODS 6 - Água Potável e Saneamento

Além da necessidade de acesso universal de água potável a todos, é necessário o alcance do saneamento e da higiene adequados. Portanto, a utilização de biodigestores é uma opção viável para o tratamento adequado de resíduos, reduzindo a matéria orgânica e garantindo às comunidades urbanas e do campo uma forma de manejo e tratamento de resíduos.

7 ENERGIA LIMPA E ACESSÍVEL



ODS 7 - Energia Limpa e Acessível

A instalação dos biodigestores gera energia estável, limpa e sustentável, confiável e barata. E também está introduzido na matriz energética brasileira.

11 CIDADES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS



ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis

O biodigestor trata resíduos em uma comunidade, promovendo urbanização inclusiva e sustentável. Ao centralizar o processo, a produção de biogás e biofertilizante não só gerencia resíduos, mas também gera renda local.

5.2. A importância de popularizar a tecnologia

A tecnologia dos biodigestores parece ser complexa, porém é mais fácil do que você imagina. Como já mencionado nessa leitura, seu principal componente são os resíduos orgânicos descartados pela população, o que facilita a aplicação dessa ideia em diversas comunidades, possibilitando a interação entre os conhecimentos populares e científicos. Assim, caracteriza-se como uma tecnologia social que pode trazer soluções efetivas para comunidade que implementar essa proposta.

Ter essa consciência e espalhar essa nova iniciativa para sua família, amigos e todos a sua volta é uma maneira de fazer com que mais pessoas tenham a oportunidade de economizar no botijão de gás ou caso esteja em uma área rural não ter a necessidade de queimar a lenha, reduzindo os impactos ambientais locais e aumentando o empoderamento econômico das suas famílias.

Ademais, ter um pensamento além dos benefícios individuais faz total diferença para a expansão desse projeto, pois a consciência socioambiental começa a partir do momento que a humanidade passa a se enxergar como parte da natureza e não vê-la apenas como uma fonte de matérias-primas, energia inesgotável e mero depósito dos dejetos produzidos pelas cidades, indústrias e atividades agrícolas.

Atrelado a esse pensamento, a realidade ambiental também é uma consequência das nossas atitudes e precisamos compreender o quanto antes que os grupos que sofrerão primeiro as consequências das catástrofes ambientais, mesmo não sendo eles os principais causadores dos problemas, serão na maioria das vezes comunidades mais vulneráveis como indígenas, afrodescendentes, camponeses, operários, etc. Assim, mudar suas atitudes e as de quem está a sua volta pode se tornar muito produtivo para fortalecer a ideia de que estamos colaborando com o desenvolvimento local sustentável, além de servir de exemplo para que mais iniciativas como essa sejam pensadas, criadas e utilizadas como projetos pilotos para levar a outras comunidades.



O Bico te ensina!

Você sabe o que é tecnologia social?

Este termo surgiu na década de 80 para definir tecnologias que são aplicadas para apresentar soluções para os problemas da população, as incluindo e interagindo com ela. Ou seja, a população aplica a tecnologia para resolver os seus próprios problemas. Este conceito tem quatro dimensões: Conhecimento e ciência; Participação, cidadania e democracia; Educação; e Relevância social. O biodigestor é um exemplo de tecnologia social que é usado pela população para geração de biogás e, conseqüentemente, produção de alimentos, e auxilia no descarte de resíduos.

Capítulo 06



O Biogás já é um dos protagonistas da nossa constituição!

As leis são medidas de incentivos e desenvolvimento das indústrias, e não poderia ser diferente para a produção de biogás! Neste capítulo vamos explorar as leis que abordam biogás em diferentes níveis executivos, além de ver como outros países lidam com esta indústria.

Panorama da Legislação sobre Biogás

6.1 Legislação à nível estadual

Atualmente, no Brasil, os estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Minas Gerais, Pernambuco e Ceará são os principais produtores de biogás e biometano. Apenas o estado de São Paulo com o Rio de Janeiro somam quase 50% da produção. Além disso, a maior parte dos estados, com exceção do Acre, Roraima, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, tem no mínimo uma planta de produção de biogás e a tendência é de expansão da indústria (Cibiogás, 2022).

A Política Estadual do Biometano e Biogás é uma legislação de extrema importância para definir diretrizes e incentivos pro setor. De forma geral, esta política pode definir metas de participação do biogás e biometano na matriz energética do estado; promover maior eficiência entre a gestão de resíduos sólidos e a geração de energia; promover atitudes de enfrentamento à mudanças climáticas; promover o desenvolvimento tecnológico do setor; promover incentivos e apoio à cadeia produtiva; estabelecer regras para organização da cadeia produtiva; atrair investimentos pro setor; dentre outros. Atualmente, 8 das 27 unidades federativas do Brasil tem uma legislação nessa temática, coincidindo com os principais geradores do país, como pode ser visto na **Tabela 03**.

Apesar dos demais estados não apresentarem política específica para o biogás, alguns deles tem leis para incentivar energias renováveis e políticas sobre enfrentamento das mudanças climáticas, como também é listado na **Tabela 03**. A maior parte dessas leis não abordam o biogás, no entanto, o fato delas existirem mostram que os estados estão incentivando melhorias em áreas que o biogás pode ser aplicado como caminho de solução. Ainda há o fato de que muitos estados vem discutindo cada vez mais o incentivo à implementação e aumento da indústria de produção de biogás (Milanez et al., 2021).

Um fator de incentivo adotado por alguns estados são a redução de ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços. O Convênio ICMS 24 de 2016 autoriza a concessão de redução de base de cálculo do ICMS nas saídas internas de biogás e biometano para os estados da Bahia, Mato Grosso, Rio de Janeiro e São Paulo. Enquanto isso, o Convênio ICMS 06 de 2019 autoriza os estados do Amapá, Espírito Santo, Maranhão, Pará, Paraíba e Piauí a conceder isenção do ICMS para o biogás produzido em aterro sanitário quando utilizado como matéria-prima na geração de energia elétrica.

Tabela 03 - Lista dos Estados e das Políticas Relacionadas ao Biogás e Biometano.

Estado	Política Estadual do Biogás e Biometano	Política Estadual sobre Mudanças Climáticas	Outras
Paraná (PR)	Lei nº 19.500 de 2018	Lei nº 17.133 de 2012	
Rio Grande do Sul (RS)	Lei nº 15.377 de 2019	Lei n.º 13.594 de 2010	
Santa Catarina (SC)	Lei nº 17.542 de 2018	Lei nº 14.829 de 2009	
Espírito Santo (ES)		Lei nº 9.531 de 2010	Política Estadual de Energias Renováveis; Isenção de ICMS para Biogás Produzido em aterro;
Minas Gerais (MG)	Lei nº 24.396 de 2023	Decreto nº 45.229 de 2009	Programa Mineiro de Energia Renovável;
Rio de Janeiro (RJ)	Lei nº 6.361 de 2012	Lei nº 5.690 de 2010	Redução do ICMS de Biogás e Biometano;
São Paulo (SP)	Decreto nº 58.659 de 2012	Lei nº 13.798 de 2009	Programa Paulista de Biocombustíveis; Redução no ICMS de Biogás e Biometano; Regulamentação sobre a distribuição do biometano na rede de gás canalizado do estado;
Distrito Federal (DF)			
Goias (GO)	Lei nº 20.710 de 2020		
Mato Grosso (MT)	Lei nº 11.768 de 2022	LC nº 582 de 2017	Redução do ICMS de Biogás e Biometano;
Mato Grosso do Sul (MS)			
Alagoas (AL)			
Bahia (BA)		Decreto nº 9.519 de 2005	Redução do ICMS de Biogás e Biometano;
Ceará (CE)		Lei nº 9.336 de 2011	Regulamentação sobre a Distribuição do Biometano Canalizado;
Maranhão (MA)			Isenção de ICMS de Biogás Produzido em Aterro;
Paraíba (PB)			Isenção de ICMS de Biogás Produzido em Aterro;
Pernambuco (PE)		Lei nº 14.090 de 2010	Política Estadual de Incentivo à Geração de Energia Renovável por Produtores Rurais;
Piauí (PI)			Programa Piauiense de Incentivo ao Desenvolvimento de Energias Limpas; Isenção de ICMS produzido em aterro;
Rio Grande do Norte (RN)			
Sergipe (SE)			
Acre (AC)			
Amapá (AP)			Isenção de ICMS produzido em aterro;
Amazonas (AM)		Lei n.º 3.135 de 2007	PL que incentiva o uso em discussão;
Pará (PA)			Isenção de ICMS produzido em aterro;
Rondônia (RO)			
Roraima (RR)			Política Estadual de Incentivo à Energias Renováveis;
Tocantins (TO)		Lei nº 1.917 de 2008	

6.2 Legislação à nível federal

Com o avanço da industrialização e crescimento populacional, o Brasil aumentou seus resíduos urbanos e possui uma agroindústria cada vez mais significativa. Essas características favorecem o desenvolvimento de tecnologias de energias renováveis e limpas, utilizando os resíduos para gerar energia. Diretamente conectado à produção de biogás, apresentando-se como um potencial efetivo na matriz energética brasileira. Assim, faz-se necessária políticas públicas de incentivo para produção e uso do biogás, de forma a gerar os menores impactos negativos ao meio ambiente, à economia e à sociedade.

Ao longo da história, houveram avanços no cenário legislativo, mesmo que ainda limitados, buscando a redução da emissão de gases de efeito estufa e o investimento em fontes de energias renováveis, a partir da constitucionalização de medidas por parte do Governo Federal. Segundo a Aneel (2015), a legislação do Brasil incentiva as fontes renováveis de energia, mas não abordam o biogás de forma específica, com foco maior na energia hidráulica, eólica e solar.

A título de ilustração, somente a partir de 2010, a questão do biogás se tornou mais importante. Foi criado o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC), através do Decreto nº. 7.343/2010 (BRASIL, 2010) e o Decreto nº 7.390/2010 (BRASIL, 2010), elaborando o Plano da Agricultura de Baixo Carbono (ABC), que organiza, planeja e disponibiliza recursos para adoção de tecnologias para uma produção sustentável, abrangendo principalmente o uso de biodigestores para tratamento de dejetos de animais com aproveitamento do biogás produzido.

O ano de 2015 foi um divisor de águas para os debates legislativos acerca do tema, de forma que foi promulgada a Resolução ANEEL nº 687/2015 (ANEEL, 2015), que impulsiona a produção de biogás e seu uso final para geração de energia elétrica, principalmente para pequenos produtores rurais. Além da Resolução ANP nº. 8/2015 (ANP, 2015) que regulamentou o uso do biometano no Brasil e apresentou especificações do biometano como combustível veicular comercial, caracterizando o biometano como um semelhante do gás natural, tendo a mesma valoração de mercado consumidor. Entretanto, de acordo com Probiogas (2016), o preço que é comercializado o gás natural é considerado insuficiente para viabilizar os empreendimentos de biometano e assim, tornar rentável o seu uso.

Já em 2017, após o Brasil ter assinado o Acordo de Paris (tratado global adotado em dezembro de 2015), comprometeu-se a reduzir até 2025 suas emissões de gases de efeito estufa e conseqüentemente aumentar o uso de fontes alternativas de energia. Desse modo, a Lei nº 13.576/2017 (BRASIL, 2017), instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio), que foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 9.308/2018 (BRASIL, 2018). E tem como objetivo o aumento da produção de biocombustíveis e da sua participação na matriz energética do Brasil.

6.2 Legislação à nível federal

Percebe-se assim, que as políticas nacionais que incentivam o uso de fontes renováveis, especialmente para produção do biogás e do biometano, são mais recentes e além dessas medidas significativas existem outras abordadas na Tabela 4. Há outros incentivos também que auxiliam no desenvolvimento do mercado de energia renovável e podem ser utilizados para obtenção de recursos financeiros diferenciados para produção de biogás. Como exemplo, O Plano Nacional de Agroenergia, Programa de Agricultura de Baixo Carbono e o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia.

Tabela 04 - Lista das Políticas federais relacionadas ao Biogás e Biometano.

Documentos de Referência	Descrição
Lei nº 10.438 de 26 de 2002	Instituiu o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA.
Plano Nacional de Agroenergia de 2005	Plano Nacional de Agroenergia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para 2006-2011, com o objetivo de organizar e desenvolver a pesquisa, produção e uso de biocombustíveis de forma sustentável e competitiva.
Lei nº 12.114 de 2009	Cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, tem por finalidade financiar projetos, estudos e empreendimentos que visem à redução de emissões de gases de efeito estufa.
Decreto Federal nº 7.343 de 2010	Regulamenta a Lei no 12.114/09 que cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - FNMC.
Lei nº 12.187 de 2009	Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima, visando reduzir as emissões de gases do efeito estufa.
Decreto Federal nº 7.390 de 2010	Regulamenta a Lei nº 12.187/09 e institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC.
Lei nº 12.305 de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o comitê interministerial da política nacional de resíduos sólidos e o comitê orientador para a implantação dos sistemas de logística reversa.
Decreto Federal nº 7.404 de 2010	Regulamenta a Lei nº 12.305/10, promovendo apoio a aplicação de Biodigestores para o tratamento dos dejetos bem como aproveitamento do biogás gerado.
Resolução BACEN nº 3.896 de 2010	Aprova o Programa ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), que contempla os compromissos da agricultura brasileira para redução de emissões de gases de efeito estufa.
Decreto Federal nº 8.576 de 2015	Institui a comissão nacional para a redução das emissões de gases do efeito estufa.
Resolução ANP nº 8 de 2015	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) regulamenta o uso do biometano (biogás purificado) no Brasil.
Resolução ANEEL nº 687 de 2015	Regulamenta fontes renováveis de energia elétrica em nosso país.
Lei nº 13.576 de 2017	Instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) visando ampliar a produção e o uso de biocombustíveis na matriz energética brasileira.
Decreto Federal nº 9.308 de 2018	Regulamenta a Lei nº 13.576/17 que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis (Renova Bio).
Decreto nº 11.003 de 2022	Institui a Estratégia Federal de Incentivo ao Uso Sustentável de Biogás e Biometano.
Resolução ANP nº 906 de 2022	Dispõe sobre as especificações do biometano oriundo de produtos e resíduos orgânicos agrossilvopastoris e comerciais.

6.3 Legislação à nível mundial

A produção global de biometano é de cerca de 3,5 Mtep (milhões de toneladas de petróleo), concentrada principalmente na Europa e América do Norte, com destaque para Dinamarca e Suécia. Segundo dados divulgados pela Agência Internacional de Energia (AIE), em 2018, a Europa liderou a produção de biogás, seguida por China e Estados Unidos.

A Europa é a principal produtora de biogás, com Alemanha, Dinamarca, França, Itália e Países Baixos se destacando. A Dinamarca está focada em atingir neutralidade de carbono até 2050. A Alemanha, por exemplo, é responsável por um terço das fábricas de biogás na Europa, e desta forma, se tornou o maior país produtor de biogás na União Europeia. Na Itália, a alta disponibilidade de matérias-primas agrícolas e o uso extensivo de gás no transporte motivaram a produção de biogás e biometano. Esses países estão usando cada vez mais biogás para diminuir a dependência do gás natural da Rússia.

Na China, a produção de biogás se concentra principalmente em áreas rurais, onde são instalados digestores domésticos. Esses digestores representam 70% da capacidade de biogás do país. Em 2019, o governo chinês emitiu orientações para incentivar o uso de biometano no transporte.

Nos Estados Unidos, a Lei de Conservação e Recuperação de Recursos (RCRA) delega aos estados a responsabilidade de regular a gestão de resíduos sólidos, enquanto a Agência de Proteção Ambiental (EPA) estabelece padrões nacionais e supervisiona sua implementação. Cerca de 90% do biogás é produzido em aterros sanitários. Além disso, o país está aumentando o apoio à transformação de resíduos agrícolas em biogás, devido às altas emissões de metano do setor pecuário.

Nos países asiáticos em desenvolvimento, como Tailândia e Índia, a produção de biogás também é significativa. A Tailândia utiliza amidos, resíduos industriais e de suinocultura para produzir biogás. A Índia tem planos ambiciosos de construir 5.000 novas fábricas de biogás nos próximos cinco anos.

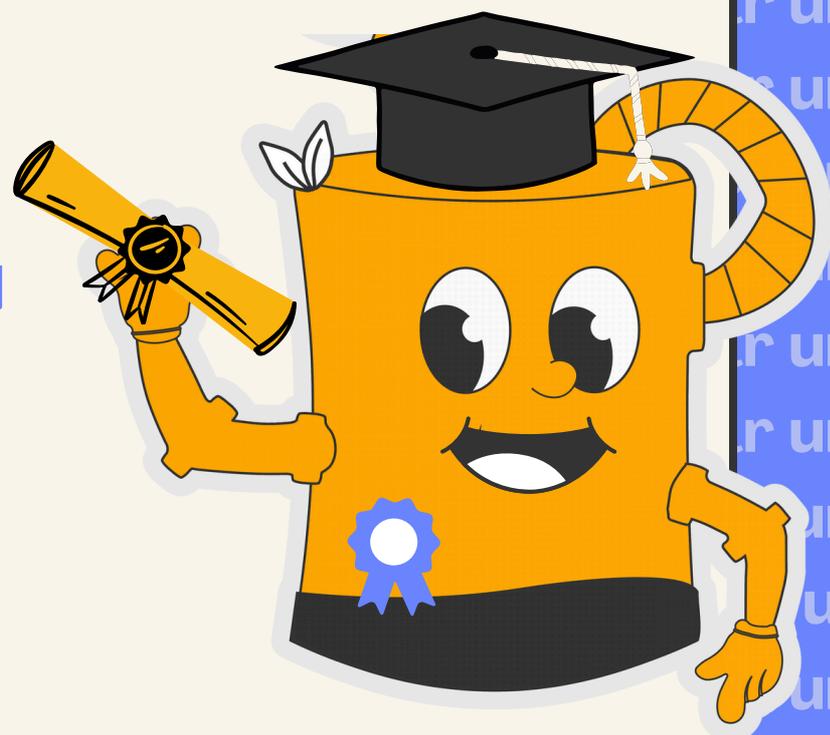
Os exemplos de leis em outros países apresentado na **Tabela 5*** mostram que, embora o Brasil tenha políticas e marcos regulatórios para o biogás, há ainda muito a ser feito para que essa fonte de energia realize seu potencial no país, comparado aos incentivos mais robustos observados em outros países.

*Na tabela Tabela 5 foram selecionadas as 2 principais legislações relacionadas ao biogás e o biometano dos países que foram mencionados anteriormente neste capítulo.

Tabela 05 - Lista dos Países e das Políticas Relacionadas ao Biogás e Biometano.

Países	Nome da Lei	Descrição
Alemanha	Renewable Energy Sources Act (EEG)	Estabelece tarifas feed-in para a produção de biogás incentivando a instalação de plantas de biogás
Alemanha	Climate Action Plan 2050	Meta de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, incluindo incentivos para a produção de biometano.
Dinamarca	Biogas Agreement	Subsídios diretos para produtores de biogas e incentivos fiscais.
Dinamarca	Energy Agreement 2020	Apoio financeiro e políticas para aumentar a produção de biogás e a integração no sistema energético.
França	Energy Transition for Green Growth Act	Objetivos para a produção de energia renovável.
França	Feed - in Tariffs	Tarifas garantidas para a produção de biogás.
Itália	Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) 2021-2030	Plano estratégico que inclui metas para a transição energética da Itália promovendo o aumento da produção de energia renovável.
Itália	Decreto Biometano (Decreto 5 dicembre 2013)	Regula a produção e a injeção de biometano na rede de gás natural. Inclui incentivos para a produção de biometano a partir da biogás.
China	National Development and Reform Commission Guidelines (NDRC)	Incentivos para a instalação de digestores domésticos e apoio à industrialização de biogás e biometano.
China	Renewable Energy Law	Apoio à produção de biogás como parte da estratégia de energia renovável do país.
EUA	Renewable Fuel Standard (RFS)	Requisitos para a mistura de combustíveis renováveis, incluindo biometano, nos combustíveis fósseis.
EUA	Investment Tax Credit (ITC) e Production Tax Credit (PTC)	Incentivos fiscais para a produção de biogás e biometano.
Índia	National Biogas and Manure Management Programme (NBMMMP)	Incentivos para a instalação de plantas de biogás rurais.
Índia	Sustainable alternative towards Affordable Transportation (SATAT)	Promoção de biogás comprimido (CBG) como combustível de transporte.
Tailândia	Alternative Energy Development Plan (AEDP)	Metas para aumentar a produção de energia renovável.
Tailândia	Incentivos fiscais e subsídios	Apoio financeiro para instalação de plantas de biogás.

Capítulo 07



Vem conhecer mais
sobre o projeto!

Você já entendeu como o biogás é uma solução incrível para a gestão de resíduos e, como produz recursos muito úteis para a comunidade. O Projeto Vamos dar um Gás quer incentivar isso! Vem entender melhor a estrutura do nosso projeto!

Vamos dar um Gás?

7.1 Conheça o projeto

O Vamos dar um Gás foi criado pelo Luppá UFRJ - Liga pela Universalização das Políticas Públicas Ambientais, tendo seu início em setembro de 2023. Sendo uma parceria entre membros da Escola Politécnica (Poli UFRJ), Escola de Química (EQ UFRJ) e o Instituto de Pesquisa de Produtos Naturais Walters Mors (IPPN UFRJ), a iniciativa foi contemplada com o Edital Financeiro do Parque Tecnológico da UFRJ.

O projeto consiste no desenvolvimento de uma solução de aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados por uma escola, que será utilizado como insumo para a produção de biogás, aproveitado internamente como gás de cozinha. Como inovação, essa proposta não só busca a produção e uso desse biogás a partir dos resíduos orgânicos, como também é pautada no desenvolvimento participativo de soluções tecnológicas, assim como a integração do corpo docente e discente da escola com a universidade. Nesse sentido, a operação do biodigestor será realizada por uma equipe de professores e alunos responsáveis na escola, que serão capacitados pela comunidade acadêmica. Com a experiência adquirida, será possível adaptar essa solução para a instalação em residências da comunidade local, considerando as realidades e estimulando o empreendedorismo sustentável para os agentes envolvidos.

A escola contemplada pelo projeto é o CIEP Mané Garrincha, localizado no município de Magé no Rio de Janeiro. O CIEP é classificado como E-TEC (Escolas de Novas Tecnologias e Oportunidades), com ensino e aplicação de recursos tecnológicos, além do enfoque em matérias de sustentabilidade. O CIEP conta com turmas de ensino médio do primeiro ao terceiro ano. O projeto contemplará quatro alunos da escola, que participarão e cuidarão da manutenção do biodigestor.



Figura 11 - CIEP 441 Mané Garrincha. Fonte: Autoria própria.

7.2 Conheça o biodigestor



Figura 12 - Biodigestor HomeBiogás
 Fonte: HomeBiogás Brasil

O biodigestor HomeBiogas é uma inovação sustentável que transforma resíduos orgânicos em gás de cozinha e biofertilizante por meio da biodigestão anaeróbia. Além de produzir gás para cozinha, o sistema também gera biofertilizante orgânico, oferecendo uma solução completa para o reaproveitamento de resíduos e a geração de energia renovável. A integração do sistema ao fogão da cozinha permite o uso direto do biogás produzido, enquanto o biofertilizante resultante pode ser utilizado em hortas ou jardins. A instalação do biodigestor é simples, sendo importante mantê-lo em local arejado e ensolarado para garantir seu bom funcionamento.

O equipamento é composto por um reservatório fechado onde são depositados os resíduos orgânicos alimentares e esterco animal. Esses resíduos são então decompostos por bactérias anaeróbias que produzem biogás como subproduto.

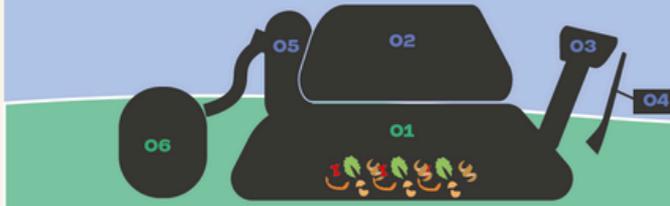
Tabela 02 - Características do biodigestor.
 Fonte: Homebiogás

Gás	2 a 3 horas de cozimento
Biofertilizantes	4 litros
Quantidade máxima diária de resíduos de cozinha	Até 4kg
Quantidade máxima diária de esterco animal	Até 18kg

Guia de uso do biodigestor Homebiogás 2.0

Você conhece as partes de um biodigestor anaeróbio?

- 01- Tanque de biodigestão;
- 02- Tanque de armazenamento de biogás;
- 03 - Coletor de admissão de resíduos;
- 04 - Tampa da admissão de resíduos;
- 05 - Filtro de biogás;
- 06- Coletor de biofertilizante;



Como utilizar o biodigestor? Passo-a-passo

Os desenhos representam o tanque coletor de admissão de resíduos e a tampa de admissão de resíduos, apresentando o processo de colocação de alimentos e esterco no biodigestor. Lembre-se de usar luvas ao abastecer o biodigestor!



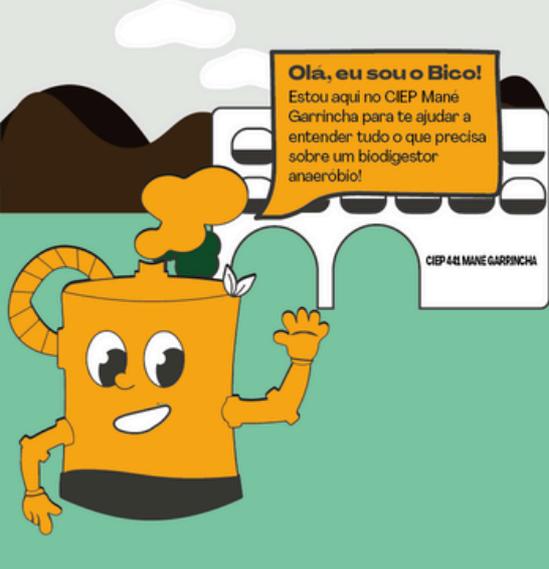
Etapa 1 - gire o êmbolo 180°; eleve-o e deixe-o em posição de descanso no encaixe na parte de trás do coletor.



Etapa 2 - derrame os resíduos de cozinha no coletor gradualmente; pressione os resíduos para baixo no tubo de admissão e enxágue o coletor e o recipiente com água.



Etapa 3 - pressione o êmbolo até o final do tubo de admissão e gire-o 180° para "travá-lo" no lugar e vedar o coletor corretamente.



Insumos para o biodigestor



Resíduos Orgânicos

Frutas, Hortaliças e Legumes, Carnes, Peixes e Marinhos, Pães, Ossos e Espinhas, Cascas, Talos e Bagaços.

Preparando os insumos...



Até 4 kg de resíduo que deve ser misturado com o mesmo volume de água.

Não é insumo para o biodigestor!

Cascas de frutas cítricas, Oleos, Sementes e Nozes, Resíduos de Jardinagem, Sacos Plásticos, Recicláveis e Não Recicláveis, Papeis, Material Contaminado.

Não está produzindo biogás! E agora?

- Confira se a válvula de gás ficou aberta;
- Confira se o sistema foi abastecido recentemente;
- Confira se o nível de água do tanque está no nível correto para permitir a passagem de gás pelo coletor;
- Confira se a temperatura está adequada para os microorganismos (acima de 20°);
- Confira se há algum vazamento de gás no sistema;
- Confira o PH do sistema (abaixo de 5.0 causa a parada da produção de biogás);

O que o biodigestor produz?

Dentro do biodigestor ocorre a digestão anaeróbia, que consiste da decomposição dos resíduos orgânicos sem a presença de oxigênio. Este processo gera gases, ácidos e nutrientes, que são obtidos na fase líquida.



Biogás

O biogás é um gás formado principalmente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), que, pode ser utilizado como fonte de energia. No Colégio Mané Garrincha o biogás será utilizado como fonte de queima para o fogão, substituindo em parte o uso do gás de cozinha de fontes fósseis.



Biofertilizante

O biofertilizante é um líquido rico em nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio. Este líquido pode ser utilizado como fertilizante para plantas por conta dessa presença de nutrientes que aumentam a fertilidade do solo. Para o seu uso, o biofertilizante precisa ser diluído em uma quantidade de água 5x maior que o seu.



1.460 kg/ano
de resíduos que não são descartados em lixões e aterros;



1.460 l/ano
de biofertilizante que pode ser utilizado em sistemas de cultivo;



12 botijões/ano
de 13kgs de gás equivalente ao gás de cozinha fóssil;



6 toneladas/ano
de mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE);

É proibido de fazer:



Fumar nos arredores do biodigestor;



Ingerir o biofertilizante;



Colocar objetos em cima do biodigestor;



Equipe-se com os devidos EPI para manuseio dos resíduos e do biofertilizante (use Luvas de Proteção)



Em casos de dúvidas busque um dos responsáveis pelo projeto ou entre em contato através de vamosdarumgás@poli.ufrj.br

7.3 Quais são as nossas metas

Aumentar a reciclagem de resíduos orgânicos na escola e conscientizar sobre a geração de resíduos.

Reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, através do desenvolvimento de tecnologias acessíveis e sustentáveis para gestão de resíduos.

Empoderar e promover a inclusão social, econômica e política, através da concepção do biodigestor sob as perspectivas de Tecnologia Social.

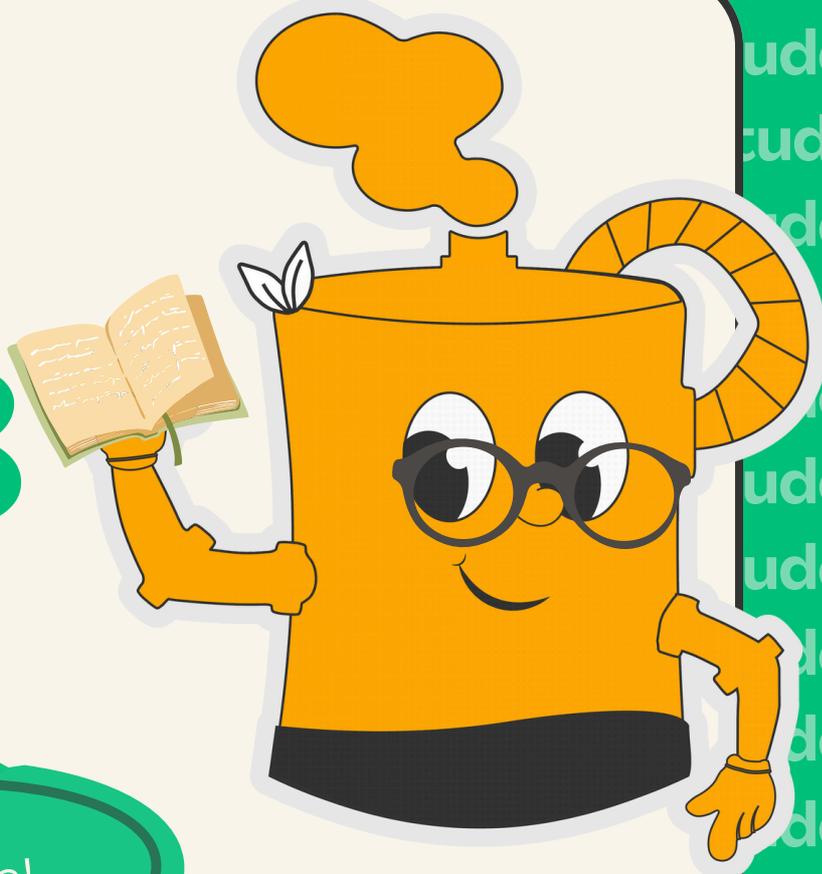
Melhorar progressivamente a eficiência dos recursos globais no consumo e na produção, através da geração de biogás atrelada à gestão de resíduos.



ODS que o projeto contribui:



Capítulo 08



Mãos na massa!

Será que você está preparado para transformar teoria em prática? Acompanhe como os alunos vão desenvolver projetos e atividades, usando o conhecimento adquirido sobre biodigestores e biogás.

PLANO DE AÇÃO PEDAGÓGICO PARA UTILIZAÇÃO DO BIODIGESTOR COMO METODOLOGIA ATIVA NA ESCOLA

Alexandre Magno - Orientador Educacional no Ciep 441
Luiza Franca - Engenheira ambiental na Comlurb

8.1 Introdução

O projeto "Vamos dar um Gás", implementado no CIEP 441 Mané Garrincha, tem como objetivo a utilização do biodigestor para promover a educação ambiental e o consumo consciente de alimentos. Este projeto está alinhado com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Ministério da Educação - MEC, 2017), buscando integrar conhecimentos teóricos e práticos e incentivando a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem com metodologias ativas.

O CIEP 441 Mané Garrincha, localizado em Magé, Rio de Janeiro - Brasil, observa o biodigestor como uma das ferramentas educacionais que conecta teoria e prática para o ensino da sustentabilidade. Antes do biodigestor já existia a gestão das sobras orgânicas a saber, com informações em locais determinados do pátio sobre consumo consciente de alimentos e gestão das sobras da coleta ou encaminhamento, práxis adotada pela escola, que antecede a essas notas de aula e que foi fundamental para a implementação do projeto Vamos dar um gás - UFRJ.

A BNCC enfatiza a importância de práticas pedagógicas que desenvolvam competências como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de resolver problemas. A utilização do biodigestor no contexto escolar atende a essas diretrizes ao promover uma aprendizagem ativa, onde os alunos são protagonistas do seu próprio conhecimento. A metodologia ativa aplicada inclui atividades práticas, projetos colaborativos e a integração de conhecimentos multidisciplinares.

Planck et al. (2024) argumentam que a combinação de competências empreendedoras e sustentáveis é essencial para preparar os alunos para enfrentar os desafios contemporâneos de maneira responsável e inovadora. A implementação do biodigestor exemplifica essa integração, fornecendo aos alunos uma oportunidade de aplicar conceitos de sustentabilidade no contexto real. Dodd et al. (2022) destacam a importância de pedagogias que promovam a esperança e a justiça social, alinhando-se com a visão de Paulo Freire de uma educação transformadora. O projeto "Vamos dar um Gás" reflete essa abordagem ao engajar os alunos em atividades que promovem a consciência socioambiental e o pensamento crítico.

Kolb e Kolb (2017) também enfatizam a importância da aprendizagem experiencial, onde os alunos aprendem por meio de experiências concretas, reflexão e aplicação prática. A integração do biodigestor no currículo escolar permite que os alunos

¹ Usamos como referência para fundamentação do Projeto Político Pedagógico de 2023 e 2024/25 o 'quadro europeu de competências em sustentabilidade', que é uma das ações políticas definidas no Pacto Ecológico Europeu como um catalisador para promover a aprendizagem sobre a sustentabilidade ambiental na União Europeia. O GreenComp identifica um conjunto de competências de sustentabilidade para alimentar programas educacionais, ajudando os alunos a desenvolver conhecimentos, habilidades e atitudes que promovam formas de pensar, planejar e agir com empatia, responsabilidade e cuidado com o nosso planeta e com a saúde pública.

participem de um ciclo completo de aprendizagem experiencial, desde a concepção e implementação até a avaliação dos resultados.

Sobre as notas de aula:

Alinhado com as competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e competência e conceito de sustentabilidade da GreenComp (2022). Somando às práticas de ensino-aprendizagem de sustentabilidade no “chão da escola” como a compostagem, horta escolar e coleta diferenciada de orgânicos, o Projeto agrega conhecimentos teóricos e práticos, incentivando a participação ativa dos alunos a partir de uma abordagem crítica e dialógica (FREIRE, 1987) com metodologias ativas.

A fundamentação teórica da BNCC destaca a importância de práticas pedagógicas no Ciep 441, com competências no sentido de desenvolver pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de resolver problemas enquanto a GreenComp trás o conceito base de sustentabilidade, garantido a fluidez do Plano de Curso dos professores juntamente com as ações do Projeto Vamos dar um Gás. O uso do biodigestor no contexto escolar atende a essas diretrizes ao promover uma aprendizagem ativa, onde os alunos, já protagonistas, têm a oportunidade de ampliar o próprio conhecimento com um olhar para o futuro de maneira sustentável e tecnológica.

Vamos ressaltar que o local escolhido para instalação do Biodigestor, onde acontece a aprendizagem vivencial, serve de referência para as mais de 500 unidades de ensino da rede SEEDUC RJ. Ocupando a área externa, atrás da cozinha do refeitório onde os alunos só poderão ter acesso com supervisão e segurança.

Para alunos do currículo formal, as experiências práticas proporcionam uma compreensão aprofundada e concreta sobre a gestão de resíduos orgânicos gerados pela escola e a produção de energia a partir desses materiais. Os alunos participam de um ciclo completo de gestão das sobras dos alimentos, desde a coleta das sobras da merenda escolar e outros de consumo próprio até o manejo do biodigestor e o uso do biogás e biogestato, aprendendo sobre os processos biológicos, químicos, além dos aspectos tecnológicos e de empreendedorismo que proporcionam uma visão de futuro mais sustentável.

Ressalta-se a importância de descrever em notas de aula as experiências vividas no “chão da escola” como sugestão para professores e gestores que venham a utilizar o Biodigestor como prática escolar, passando a ter uma funcionalidade de equipamento didático, na perspectiva dialógica e crítica (FREIRE, 1987, p. 45). As notas aqui propostas buscam divergir e convergir com as práticas de cada escola, respeitando a diversidade e as particularidades de cada território escolar, sob os pontos de vista cultural, social e econômico no Brasil.

8.2 **Notas de Aula:** Coleta e pesagem das sobras de alimentos

Objetivo da Atividade:

Realizar a coleta e a pesagem das sobras de alimentos da merenda escolar, registrando os dados de pesagem para análise posterior, promovendo a compreensão sobre a gestão de resíduos orgânicos e o desenvolvimento de competências matemáticas e científicas.

Recursos necessários:

- Balanças digitais;
- Bombonas de armazenamento das sobras de alimentos;
- Diários de bordo ou computadores/tablets com planilhas eletrônicas;
- Material de limpeza e equipamentos de segurança (luvas, aventais).

Descrição da Atividade:

1º Divisão dos alunos em grupos:

- Dividir a turma em grupos, designando funções específicas para cada grupo e com o rodízio dos grupos a cada aula.
- Alguns alunos serão responsáveis pela coleta das sobras de alimentos nos residuários do refeitório e pela transferência para as bombonas de armazenamento.

2º Coleta das sobras de alimentos:

- Diariamente, de acordo com a rotina escolar, os grupos da escala de serviço devem coletar as sobras de alimentos dos residuários do refeitório com o auxílio de um servidor da escola.
- As sobras coletadas devem ser transferidas para bombonas de armazenamento adequadas.
- Caso seja necessário é importante acrescentar um pouco de água na bombona de armazenamento em uma proporção de $\frac{1}{5}$ ou triturar antes de alimentar o biodigestor com sobras de alimentos de forma pastosa ou pequenos pedaços com um pouco de água.

3º Pesagem das sobras de alimentos:

- Utilizar balanças digitais para medir a quantidade de sobras de alimentos coletadas e registrar na planilha de monitoramento.
- Os alunos devem garantir a precisão da pesagem, verificando e calibrando as balanças digitais conforme necessário.

4º Registro dos dados de pesagem:

- Registrar os dados de pesagem diariamente em um diário de bordo ou em uma planilha eletrônica.

Avaliação:

- Verificar a precisão dos registros de pesagem e a consistência na coleta dos dados;
- Avaliar a capacidade dos alunos de calcular médias, somas e variações a partir dos dados coletados;
- Observar o entendimento dos alunos sobre os tipos de sobras alimentares e as práticas de gestão de sobras orgânicas;

Competências Desenvolvidas:

- Matemática:

Cálculo de Médias: Alinhar os cálculos de médias das massas sobras de alimentos coletadas ao longo de uma semana ou mês com a competência de "pensamento crítico e analítico" da GreenComp e com a competência matemática da BNCC que envolve o tratamento da informação; Somas e variações: Instruir os alunos a somar as massas das sobras de alimentos dias e a calcular as variações diárias e semanais, desenvolvendo a capacidade de resolução de problemas e raciocínio lógico, conforme as competências da GreenComp e da BNCC; Análise de dados (letramento): Promover a habilidade de interpretar dados, elaborar gráficos e identificar tendências, alinhado com a competência de "alfabetização de dados" da GreenComp e a competência de "leitura, interpretação e produção de textos, dados e informações matemáticas" da BNCC.

- Ciências:

Compreensão dos tipos de resíduos orgânicos: Discutir os diferentes tipos de sobras de alimentos gerados na escola, como restos de frutas, vegetais, e alimentos cozidos, fomentando a competência de "consciência ambiental e sustentabilidade" da GreenComp e a competência de "conhecer e valorizar a diversidade de seres vivos e a inter-relação entre eles e o meio ambiente" da BNCC; Observação da geração de resíduos: Analisar como diferentes práticas de consumo e hábitos alimentares influenciam a quantidade e o tipo de sobras geradas, alinhado com a competência de "ação para a sustentabilidade" da GreenComp e a competência de "compreender o impacto das atividades humanas no meio ambiente" da BNCC.

Reflexão Final:

Com os alunos sentados em um círculo; Incentivar os alunos a refletirem sobre a importância da gestão adequada das sobras de alimentos e seu impacto no meio ambiente. Promover discussões sobre como reduzir a geração de sobras alimentares e melhorar as práticas de sustentabilidade na escola.

8.3 **Notas de Aula:** Acumulação das sobras de alimentos em bombonas

Objetivo da Atividade:

Ensinar os alunos a organizar e gerenciar as sobras orgânicas de maneira eficiente, acumulando as sobras de alimentos em bombonas adequadas após a pesagem e registrando os dados de forma sistemática.

Recursos necessários:

- Bombonas de armazenamento;
- Etiquetas adesivas e canetas;
- Balanças digitais;
- Diário de bordo ou dispositivos eletrônicos para registro;
- Equipamentos de segurança (luvas, aventais).

Descrição da Atividade:

1º Introdução à atividade:

- Explicar a importância da correta acumulação e armazenamento das sobras orgânicas para a gestão sustentável de resíduos.
- Discutir os princípios de organização e controle de dados no contexto da gestão de sobras alimentares.

2º Procedimento - Coleta e Pesagem das sobras de alimentos:

- Realizar a coleta das sobras de alimentos conforme descrito na atividade anterior.
- Utilizar a balança digital para pesar as sobras de alimentos coletadas.

2º Procedimento - Acumulação das sobras em bombonas:

- Após a pesagem, transferir cuidadosamente as sobras de alimentos para as bombonas designadas para sobras orgânicas.
- Garantir que as bombonas estejam limpas e adequadas para o acondicionamento das sobras de alimentos.

3º Etiquetagem das bombonas:

- Etiquetar cada bombona com a data e a quantidade das sobras de alimentos adicionados, especificando a massa (em gramas ou quilogramas) e o volume (em litros, se aplicável).
- Utilizar etiquetas adesivas ou fitas de identificação para facilitar a leitura e o controle dos dados.

4º Registro dos dados:

- Registrar todas as informações pertinentes no diário de bordo ou na planilha eletrônica, incluindo a data, a massa e o volume das sobras acumuladas em cada bombona.

- Garantir que os registros sejam feitos de maneira clara e precisa, permitindo o acompanhamento e a análise posterior dos dados.

Procedimentos Detalhados:

1º Preparação:

- Antes de iniciar a atividade, revisar as normas de segurança e higiene ao manusear sobras de alimentos.
- Demonstrar a forma correta de etiquetar e registrar os dados para evitar erros e inconsistências.

2º Coleta e Transferência:

- Após a pesagem das sobras de alimentos, os alunos devem transferir sobras de alimentos para as bombonas designadas.
- Certificar-se de que as bombonas estejam devidamente fechadas. Elas devem ser armazenadas em um local adequado, longe de fontes de calor e em áreas ventiladas.
- Verificar a limpeza da área no entorno das bombonas, de forma a evitar que restos de alimentos fiquem depositados no chão e possam atrair vetores de doenças.

3º Etiquetagem:

- Demonstrar como etiquetar corretamente as bombonas, incluindo a informação necessária sobre a data e a quantidade das sobras de alimentos.
- Explicar a importância de manter as etiquetas legíveis e protegidas contra a umidade e outras condições que possam deteriorá-las.

4º Registro:

- Cada grupo de alunos deve registrar os dados da pesagem e acumulação no diário de bordo ou planilha eletrônica.
- Realizar uma verificação cruzada para garantir que todos os dados foram registrados corretamente.

Avaliação:

- Verificar a precisão e a consistência dos registros de dados realizados pelos alunos;
- Avaliar a habilidade dos alunos em organizar e gerenciar os resíduos de maneira eficiente;
- Observar a compreensão dos alunos sobre a importância do acondicionamento adequado das sobras de alimentos;
- Observar o cuidado com o ambiente e a limpeza do espaço.

Competências desenvolvidas:

- Organização e gerenciamento das sobras de alimentos:

Desenvolver habilidades de organização ao acumular e armazenar sobras de alimentos de maneira sistemática e eficiente: Alinhar essa competência com a "gestão eficiente de recursos" da GreenComp e a competência da BNCC de "autonomia e responsabilidade", que envolve a organização e o planejamento; Promover o entendimento sobre a importância do acondicionamento adequado de sobras de alimentos para evitar contaminações e maus odores: Relacionar essa competência com a "consciência ambiental e práticas sustentáveis" da GreenComp e a competência da BNCC de "responsabilidade e cidadania", que inclui a compreensão das consequências das ações individuais no meio ambiente.

- *Registro e controle de dados:*

Ensinar a registrar dados de forma precisa e sistemática, utilizando etiquetas e planilhas: Conectar essa competência com a "alfabetização de dados" da GreenComp e a competência da BNCC de "tratamento da informação", que envolve a habilidade de registrar e organizar dados de forma sistemática; Desenvolver competências em controle de qualidade, garantindo que os dados registrados sejam confiáveis e úteis para análises futuras: Relacionar essa competência com a "precisão e confiabilidade" da GreenComp e a competência da BNCC de "análise crítica de dados", que inclui a verificação e validação da precisão dos dados coletados para garantir a qualidade e a utilidade nas análises subsequentes.

Reflexão final:

Com os alunos sentados em um círculo; Incentivar os alunos a refletirem sobre a importância da correta gestão de sobras alimentares e seu impacto positivo no meio ambiente. Discutir maneiras de melhorar as práticas de armazenamento e registro de dados, promovendo uma cultura de sustentabilidade, responsabilidade ambiental e limpeza do espaço da escola.

8.4 Notas de Aula: Manejo do Biodigestor

Objetivo da Atividade:

Ensinar os alunos a operar e monitorar um biodigestor, incluindo o abastecimento com sobras de alimentos, controle de produtos gerados (biofertilizante e biogás), e a realização de análises qualitativas e quantitativas.

Recursos necessários:

- Sobras de alimentos acumulados;
- Termômetro analógico ou digital;
- Suco de repolho roxo (indicador de pH);
- Recipientes para coleta de amostras;
- Equipamentos de segurança (luvas, aventais);
- Diário de bordo ou planilha eletrônica para registro dos dados.

Descrição da atividade:

1º Introdução à atividade:

- Explicar a importância do manejo adequado do biodigestor na gestão das sobras de alimentos e na produção sustentável de biofertilizante e biogás.
- Discutir os princípios de funcionamento do biodigestor e os benefícios ambientais e econômicos de sua utilização.

2º Procedimentos - Abastecimento do Biodigestor:

- Semanalmente, os alunos devem adicionar as sobras de alimentos acumulados no biodigestor.
- Garantir que as sobras sejam preparadas de maneira adequada (triturados ou picados) para facilitar a digestão anaeróbia.

3º Monitoramento do Biodigestor - Biofertilizante:

- Coletar uma amostra do biofertilizante produzido e encaminhá-la para um laboratório químico especializado para a realização de análises.
- Medir a temperatura do biofertilizante utilizando um termômetro analógico ou digital.
- Realizar a análise do pH utilizando suco de repolho roxo como indicador:
- Adicionar uma pequena quantidade de suco de repolho roxo à amostra de biofertilizante.
- Observar a mudança de cor para determinar se a solução é ácida ou básica.

4º Monitoramento do Biodigestor - Biogás:

- Monitorar a produção de biogás em função do seu consumo na cozinha (tempo de queima do biogás no fogareiro).
- Registrar o tempo de uso diário do biogás e correlacionar com a quantidade de sobras de alimentos adicionados ao biodigestor.



Indicador de pH - Repolho Roxo

pH	2	4	6	8	10	12	14
Cor	Red	Pink	Purple	Blue	Green	Yellow	Orange

Fonte: Manual da Química

Comentário da Professora Vanessa Pires (Química) - Ciep 441 Mané Garrincha:

“Para analisar o pH do biofertilizante, utilizei suco de repolho roxo como indicador. A cor resultante do teste mostrou se a solução era ácida ou básica. Realizei a análise tanto no biofertilizante puro (concentrado) quanto na solução diluída (preparada para uso na horta).”

Procedimentos detalhados:

1º Preparação:

- Revisar as normas de segurança e higiene ao manusear sobras de alimentos e produtos do biodigestor.
- Demonstrar o uso correto dos equipamentos de monitoramento (termômetro, suco de repolho roxo).

2º Abastecimento do Biodigestor:

- Coletar as sobras de alimentos acumulados e prepará-los conforme necessário.
- Adicionar as sobras de alimentos ao biodigestor, seguindo as instruções específicas de operação.

3º Monitoramento - Biofertilizante:

- Coletar uma amostra e medir a temperatura com um termômetro.
- Realizar a análise de pH com suco de repolho roxo:
- Adicionar suco de repolho roxo à amostra e observar a mudança
- Registrar a cor resultante e comparar com a escala de pH.

3º Monitoramento - Biogás:

- Monitorar o tempo de queima do biogás no fogareiro.
- Registrar o consumo diário de biogás em uma planilha.

4º Registro e Análise de Dados:

- Registrar todas as medições e observações no diário de bordo ou planilha eletrônica.
- Analisar os dados coletados para avaliar a eficiência do biodigestor e identificar possíveis melhorias.

Avaliação:

- Verificar a precisão e consistência dos registros de dados realizados pelos alunos.

- Avaliar a habilidade dos alunos em operar e monitorar o biodigestor de maneira eficaz.
- Observar a compreensão dos alunos sobre os processos envolvidos na digestão anaeróbia e a produção de biogás e biofertilizante.

Competências desenvolvidas:

- Ciências:

Compreender os processos de digestão anaeróbia e a produção de biogás e biofertilizante: Alinhar essa competência com a "compreensão dos sistemas naturais e dos ciclos de vida" da GreenComp e a competência da BNCC de "analisar fenômenos naturais e suas interações" no contexto da sustentabilidade.

Analisar as propriedades químicas do biofertilizante, incluindo pH e temperatura: Relacionar essa competência com a "compreensão dos impactos químicos e físicos no meio ambiente" da GreenComp e a competência da BNCC de "realizar investigações científicas" para compreender as propriedades e impactos de substâncias químicas.

- Tecnologia:

Utilizar ferramentas e equipamentos para monitorar os parâmetros do biodigestor: Alinhar essa competência com a "aplicação de tecnologias sustentáveis" da GreenComp e a competência da BNCC de "utilização de tecnologias e ferramentas digitais" para monitoramento e controle de processos; Aplicar métodos práticos de análise, como o uso de suco de repolho roxo como indicador de pH: Conectar essa competência com a "inovação e experimentação prática" da GreenComp e a competência da BNCC de "realizar experimentações e investigações" utilizando métodos e ferramentas acessíveis.

- Gestão de dados:

Registrar e interpretar dados de monitoramento, como temperatura, pH e volume de produtos gerados: Relacionar essa competência com a "alfabetização de dados" da GreenComp e a competência da BNCC de "coletar, organizar e interpretar dados" de forma sistemática e precisa; Analisar a eficiência do biodigestor com base nos dados coletados: Alinhar essa competência com a "avaliação e otimização de processos sustentáveis" da GreenComp e a competência da BNCC de "analisar criticamente dados e resultados" para melhorar processos e soluções sustentáveis.

Reflexão Final:

Com os alunos sentados em um círculo; Incentivar os alunos a refletirem sobre a importância do manejo adequado de biodigestores na gestão sustentável das sobras de alimentos. Discutir os resultados das análises realizadas e explorar maneiras de otimizar o funcionamento do biodigestor como tarefa para o futuro, promovendo a sustentabilidade e a inovação na escola.

8.5 Notas de Aula: Produção do biofertilizante

Objetivo da Atividade:

Ensinar os alunos a retirar, armazenar e utilizar o biogestato produzido pelo biodigestor como biofertilizante, promovendo a compreensão dos processos de produção de soluções e diluições, além de planejar o uso sustentável do biofertilizante nas hortas escolares.

Recursos necessários:

- Recipientes para coleta e armazenamento do biogestato;
- Água;
- Recipientes para mistura;
- Equipamentos de medição (copos medidores, baldes, etc.);
- Diário de bordo ou planilha eletrônica para registro dos dados.

Descrição da atividade:

1º Introdução à atividade:

- Explicar a importância do biofertilizante na agricultura sustentável e na melhoria da qualidade do solo.
- Discutir os benefícios ambientais e econômicos do uso de biofertilizante produzido localmente.

2º Procedimentos - Retirada do Biogestato:

- Duas vezes por semana, os alunos retiram o biogestato produzido pelo biodigestor.
- O biogestato é transferido para recipientes adequados para armazenamento.

2º Procedimentos - Estabilização do Biogestato:

- Armazenar o biogestato em um local adequado até que ele estabilize e esteja pronto para ser utilizado como biofertilizante.

3º Medição e registro do volume:

- Medir o volume de biogestato retirado e registrar os dados no diário de bordo ou planilha eletrônica.
- As medições devem ser precisas para garantir a consistência na produção do biofertilizante.

4º Produção do Biofertilizante:

- Realizar a mistura do biogestato com água na proporção de 10:1 (dez partes de biogestato para uma parte de água).
- Garantir que a mistura seja homogênea e adequada para uso.

5º Planejamento e Aplicação:

- Discutir e planejar com os alunos o uso do biofertilizante nas hortas escolares ou em outros projetos de jardinagem.
- Aplicar o biofertilizante nas plantas, seguindo as práticas recomendadas para otimizar o crescimento e a saúde das plantas.

Procedimentos detalhados:

1º Preparação:

- Revisar as normas de segurança e higiene ao manusear o biogestato e produzir o biofertilizante.
- Demonstrar o uso correto dos equipamentos de medição e mistura.

2º Retirada e armazenamento:

- Coletar o biogestato do biodigestor e armazená-lo em recipientes apropriados.
- Explicar a necessidade de estabilização do biogestato antes do uso.

3º Medição e registro:

- Ensinar os alunos a medir o volume de biogestato com precisão.
- Registrar os dados de volume de forma clara e sistemática no diário de bordo ou planilha eletrônica.

4º Produção do biofertilizante:

- Demonstrar a mistura do biogestato com água, garantindo que a proporção 5:1 seja seguida corretamente.
- Permitir que os alunos realizem a mistura, supervisionando para assegurar a homogeneidade.

5º Planejamento e aplicação:

- Discutir com os alunos como e onde aplicar o biofertilizante nas hortas escolares.
- Supervisionar a aplicação do biofertilizante nas plantas, observando as técnicas adequadas.

Avaliação:

- Verificar a precisão dos registros de volume realizados pelos alunos.
- Avaliar a habilidade dos alunos em seguir as proporções corretas para a produção do biofertilizante.
- Observar a compreensão dos alunos sobre a importância e os benefícios do uso de biofertilizantes.

Competências desenvolvidas:

- Ciências

Compreender os benefícios do uso de biofertilizante na agricultura e jardinagem: alinhar essa competência com a “promoção de práticas agrícolas sustentáveis” da

GreenComp e a competência da BNCC de "compreender e aplicar conhecimentos sobre a sustentabilidade ambiental" na prática agrícola; Explorar os processos biológicos envolvidos na decomposição e estabilização de resíduos orgânicos: Relacionar essa competência com a "entendimento dos ciclos de vida naturais e processos biológicos" da GreenComp e a competência da BNCC de "analisar e compreender processos biológicos e ecológicos".

- Química:

Aprender a produzir soluções e realizar diluições, entendendo a importância das proporções corretas: Alinhar essa competência com a "compreensão dos princípios químicos aplicados à sustentabilidade" da GreenComp e a competência da BNCC de "realizar operações químicas básicas e compreender a importância da precisão"; Aplicar conhecimentos químicos na preparação e uso de biofertilizantes: Relacionar essa competência com a "aplicação prática de conhecimentos químicos para soluções sustentáveis" da GreenComp e a competência da BNCC de "aplicar conceitos químicos em contextos reais e sustentáveis".

- Matemática:

Medir e registrar volumes com precisão, desenvolvendo habilidades em quantificação e registro de dados: Conectar essa competência com a "alfabetização de dados e precisão na medição" da GreenComp e a competência da BNCC de "coletar, organizar e interpretar dados quantitativos"; Utilizar cálculos matemáticos para ajustar proporções e realizar diluições adequadas: Alinhar essa competência com a "aplicação de habilidades matemáticas para resolver problemas práticos" da GreenComp e a competência da BNCC de "resolver problemas matemáticos utilizando proporções e diluições de forma precisa".



**Comentário da Professora Franscine Romero (Bióloga)
- Ciep 441 Mané Garrincha:**

“Durante a aula de educação ambiental e sustentabilidade, os alunos das turmas 1001 e 1002 coletaram o biofertilizante produzido pelo biodigestor. Realizaram a diluição seguindo as devidas proporções, após o processo de diluição, os estudantes aplicaram o produto por todas as plantas do jardim da escola. A prática permitiu que as turmas compreendessem a integração das práticas sustentáveis realizadas na escola.” - 20 de maio de 2024.

Reflexão Final:

Com os alunos sentados em um círculo; Incentivar os alunos a refletirem sobre a importância da produção e utilização de biofertilizantes na agricultura sustentável. Discutir os resultados das aplicações e explorar maneiras de otimizar o uso de biofertilizantes, promovendo práticas sustentáveis e ecológicas na escola e na comunidade.

8.6 Notas de Aula: Produção do biogás

Objetivo da Atividade:

Ensinar os alunos a monitorar e registrar o uso do biogás para o preparo dos alimentos na merenda escolar, promovendo a compreensão do biogás como fonte de energia e a otimização do uso de recursos.

Recursos necessários:

- Fogareiro alimentado por biogás;
- Planilha ou diário de bordo para registro;
- Relógio ou cronômetro para medir o tempo de uso;
- Equipamentos de segurança (luvas, aventais).

Descrição da atividade:

1º Introdução à atividade:

- Explicar o processo de produção de biogás a partir das sobras de alimentos e seu uso como fonte de energia sustentável.
- Discutir a importância da gestão eficiente de recursos energéticos na escola.

2º Procedimentos – Monitoramento do Uso do Biogás:

- Diariamente, os alunos monitoram o uso do biogás no fogareiro com o auxílio das merendeiras.
- Registrar o tempo de uso do biogás para o preparo de cada tipo de alimento na planilha.

2º Procedimentos – Registro e Análise dos Dados:

- Calcular o tempo de esgotamento do volume de biogás armazenado no compartimento do biodigestor.
- Relacionar o tempo de consumo do biogás com a quantidade e tipo de alimento preparado.

2º Procedimentos – Monitoramento do reabastecimento de Biogás:

- Observar e registrar o tempo necessário para que o compartimento de armazenamento de biogás do biodigestor volte a ficar completamente cheio, a partir da quantidade de sobras que recebe.

Procedimentos detalhados:

1º Preparação:

- Revisar as normas de segurança ao manusear o fogareiro e o biogás.
- Demonstrar o uso correto dos equipamentos de medição de tempo e registro de dados.

2º Monitoramento e Registro:

- Explicar aos alunos como monitorar o uso do biogás durante o preparo dos alimentos.
- Registrar o tempo de uso do biogás para cada tipo de alimento preparado na planilha.

3º Análise dos Dados:

- Ensinar os alunos a calcular o tempo de esgotamento do biogás armazenado.
- Relacionar os dados coletados com a quantidade e tipo de alimento preparado, discutindo possíveis variações e otimizações.

4º Reabastecimento de Biogás:

- Monitorar e registrar o tempo necessário para que o biodigestor volte a produzir a quantidade completa de biogás.
- Analisar a eficiência do biodigestor em relação à quantidade de sobras recebidas e transformadas em biogás.

Avaliação:

- Verificar a precisão dos registros de tempo realizados pelos alunos.
- Avaliar a habilidade dos alunos em relacionar o tempo de consumo do biogás com a quantidade e tipo de alimento preparado.
- Observar a compreensão dos alunos sobre a gestão eficiente do biogás como recurso energético.

Competências Desenvolvidas:

- Física:

Compreender o uso do biogás como uma fonte de energia renovável: Alinhar essa competência com a "promoção de energias renováveis e práticas sustentáveis" da GreenComp e a competência da BNCC de "compreender e aplicar conceitos de fontes de energia e suas implicações ambientais"; Explorar os princípios físicos envolvidos na combustão do biogás e na geração de calor para o preparo dos alimentos: Relacionar essa competência com a "compreensão dos princípios físicos em sistemas de energia sustentáveis" da GreenComp e a competência da BNCC de "analisar os processos físicos e químicos que envolvem a produção e uso de energia".

- Gestão:

Desenvolver habilidades de controle e otimização do uso de recursos energéticos: Conectar essa competência com a "gestão eficiente de recursos naturais e energéticos" da GreenComp e a competência da BNCC de "planejar e gerir o uso responsável e sustentável dos recursos naturais". Aprender a planejar e gerenciar o uso eficiente do biogás na cozinha escolar: Alinhar essa competência com a "planejamento e implementação de práticas sustentáveis" da GreenComp e

a competência da BNCC de "desenvolver projetos e ações que promovam a sustentabilidade no uso de energia e recursos".



Comentário da Professora Vanessa Pires (Química) - Ciep 441 Mané Garrincha:

“Durante a aula, os alunos aprenderam sobre a importância da eficiência energética e como o biogás pode ser utilizado de forma sustentável. Eles foram responsáveis por monitorar e registrar o uso do biogás na preparação dos alimentos e discutiram maneiras de otimizar o consumo energético, compreendendo melhor os processos físicos e de gestão envolvidos.”

Reflexão final:

Incentivar os alunos a refletirem sobre a importância do uso eficiente de recursos energéticos e o impacto ambiental positivo do uso de biogás. Discutir os resultados de monitoramento e explorar maneiras de otimizar o uso do biogás na escola, promovendo práticas sustentáveis e ecológicas e enfatizar a importância de práticas seguras ao lidar com biogás e equipamentos de cozinha.

8.6 Resultados Esperados

O Projeto Vamos dar um Gás, utilizando o biodigestor como instrumento didático na práxis pedagógica do CIEP 441 Mané Garrincha pretende garantir uma série de competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para os alunos do ensino médio abordados por essa vivência ao longo dos 3 anos. A seguir, são descritos os resultados esperados do Projeto, alinhados com os códigos de habilidades da BNCC que de alguma maneira podem contribuir com a reflexão e definição de outras propostas de escolas do Rio de Janeiro e/ou Brasil.

Ciências da Natureza e suas Tecnologias:

1. Competência Geral: Compreender as interações entre sistemas naturais e sociais para a sustentabilidade.

- Habilidade (EM13CNT101): Analisar os resultados de monitoramento do biodigestor, por meio da compilação de dados e representação gráfica da variação das características qual-quantitativas do digestato e ao longo do tempo.
- Habilidade (EM13CNT202): Desenvolver propostas de intervenção para a gestão sustentável das sobras de alimentos gerados na escola, utilizando tecnologias sociais como o biodigestor.

Matemática e suas Tecnologias:

2. Competência Geral: Utilizar conceitos e procedimentos matemáticos para resolver problemas cotidianos.

- Habilidade (EM13MAT301): Utilizar medidas de massa e volume para calcular o desempenho operacional do biodigestor (capacidade de recebimento e processamento das sobras de alimentos).
- Habilidade (EM13MAT102): Analisar e interpretar gráficos e tabelas sobre a produção de biogás e biofertilizante, comparando dados semanais e mensais para otimizar o processo.

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas:

3. Competência Geral: Avaliar criticamente as práticas de consumo e descarte, propondo alternativas sustentáveis.

- Habilidade (EM13CHS101): Investigar e analisar a geração das sobras de alimentos nas comunidades no entorno da escola, de forma a correlacionar com processos históricos e geográficos locais.
- Habilidade (EM13CHS202): Elaborar projetos de conscientização ambiental dentro e fora da escola, destacando os benefícios do biodigestor para a redução das sobras de alimentos e a produção de energia limpa.

Linguagens e suas Tecnologias:

4. Competência Geral: Expressar-se de forma crítica e reflexiva sobre temas de relevância social e ambiental das atividades desenvolvidas.

- Habilidade (EM13LP101): Produzir textos argumentativos e informativos sobre o funcionamento e os benefícios do biodigestor, utilizando dados coletados durante o projeto.
- Habilidade (EM13LP301): Utilizar diferentes mídias para divulgar os resultados do projeto, sensibilizando a comunidade escolar e local sobre a importância da gestão sustentável de resíduos.

Educação Profissional e Tecnológica:

5. Competência Geral: Desenvolver projetos tecnológicos inovadores com aplicação prática na comunidade.

- Habilidade (EM13EPR101): Projetar e implementar melhorias no sistema de biodigestão, baseando-se em princípios de engenharia e sustentabilidade.
- Habilidade (EM13EPR202): Realizar a manutenção e operação do biodigestor, documentando procedimentos e resultados para fins educativos e replicação do projeto.

8.7 Considerações Finais

A implementação do projeto "Vamos dar um Gás" no CIEP 441 Mané Garrincha demonstra o potencial das metodologias ativas para promover uma educação ambiental integrada e interdisciplinar, alinhada com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (Ministério da Educação [MEC], 2017). Ao utilizar o biodigestor como ferramenta pedagógica, o projeto conseguiu envolver os alunos de forma prática e significativa, incentivando o desenvolvimento de competências essenciais como pensamento crítico, resolução de problemas, colaboração e responsabilidade socioambiental. Esta abordagem se alinha com o pensamento de Paulo Freire, que enfatiza a importância de uma educação que não apenas transmite conhecimento, mas também fomenta a participação ativa e crítica dos alunos no processo de aprendizagem (Siqueira et al., 2023).

O uso do biodigestor como recurso didático permite aos alunos não apenas aprender sobre conceitos científicos e matemáticos, mas também experimentar diretamente o processo de construção e aplicação do conhecimento científico. A metodologia ativa aplicada, incluindo o desenvolvimento de projetos e a realização de investigações, reflete a ideia freiriana de que o aprendizado deve ser construído através da prática e da reflexão crítica, com os alunos assumindo um papel ativo na criação e exploração do saber (Kolb & Kolb, 2017).

Os resultados observados até o momento, como o aumento do engajamento dos alunos, a melhoria no desempenho acadêmico e o fortalecimento dos laços entre a escola e a comunidade, evidenciam a eficiência da abordagem adotada. Este sucesso é compatível com os conceitos de pedagogias sustentáveis discutidos por Dodd et al. (2022), que destacam a importância de práticas educacionais que promovam a justiça social e a esperança, alinhando-se com a visão de Freire para uma educação transformadora.

Além disso, o projeto "Vamos dar um Gás" contribui para a construção de uma escola mais sustentável e consciente, preparando os alunos para se tornarem agentes de mudança em suas comunidades. O exemplo do CIEP 441 Mané Garrincha ilustra como a integração de tecnologias sustentáveis e metodologias ativas pode ser uma estratégia eficaz para promover a educação ambiental e tecnológica, inspirando outras instituições de ensino a inovar suas práticas pedagógicas e a contribuir para um futuro mais sustentável.

Bibliografia

- Anderson, K.; Sallis, P.; Uyanik, S. Anaerobic treatment processes. In: MARA, D.; HORAN, N. (Eds.) *Nativa*, Sinop, v.5, esp., p.522-528, dez. 2017 527 *The handbook of water and wastewater microbiology*. Academic Press, p. 391-396, 2003.
- Cartilha de orientações: estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos / Fundação Estadual do Meio Ambiente. --- Belo Horizonte Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2019
- Cavaleiro, A. J., Alves, M. M.(2020) Digestão anaeróbia, *Rev. Ciência Elem.*, V8(01):009. doi.org/10.24927/rce2020.009
- Cibiogás. Panorama do Biogás no Brasil 2021. 2022. Disponível em: <https://cibiogas.org/wp-content/uploads/2022/04/NT-PANORAMA-DO-BIOGAS-NO-BRASIL-2021.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2024.
- Díaz EE, Stams AJ, Amils R, Sanz JL. Phenotypic properties and microbial diversity of methanogenic granules from a full-scale upflow anaerobic sludge bed reactor treating brewery wastewater. *Appl Environ Microbiol*. 2006 Jul;72(7):4942-9. doi: 10.1128/AEM.02985-05. PMID: 16820491; PMCID: PMC1489364.
- Karlsson, Tommy; Konrad, Odorico, et al. Manual básico de biogás, Univates, RS, Brasil, 2014.
- Kunz, A.; Steinmetz, R. L. R.; Amaral, A. C. do (Ed.). Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato. Concórdia: Sbera: Embrapa Suínos e Aves, 2019. p. 13-26. DOI: DOI - https://dx.doi.org/10.21452/978-85-93823-01-5.2019.01_1.
- MILANEZ, Artur Yabe et al. Biogás: evolução recente e potencial de uma nova fronteira de energia renovável para o Brasil. 2021.
- O BIOGÁS NA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. *CiBiogás Energias Renováveis*. 2023. Disponível em: <https://cibiogas.org/blog/o-biogas-na-producao-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 20 de janeiro de 2024.
- O estado da arte da tecnologia de metanização seca / Probiogás ; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) ; autor, Luis Felipe de Dornfeld Braga Colturato. – Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015. 97 p. : il. – (Aproveitamento energético de biogás de resíduos sólidos urbanos. ISBN 978-85-7958-040-6.
- Renovabio: Biocombustíveis 2030. Associação de Biogás e Metano. 2016. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/renovabio-1/legislacao-e-documentos/documentos-da-consulta-publica-do-renovabio-2017/abbm_contribuicoes-ao-renovabio-2030.pdf. Acesso em: 10 de fevereiro de 2024.

Bibliografia

- TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes et al. A hora do biometano no Brasil. 2024.
- Vögeli Y., Lohri C. R., Gallardo A., Diener S., Zurbrügg C. (2014). Anaerobic Digestion of Biowaste in = Developing Countries: Practical Information and Case Studies. Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), Dübendorf, Switzerland.
- Zank, João Carlos Christmann et al. As características do biogás e avaliação de substituição de combustíveis. *Exacta*, v. 18, n. 3, p. 502-516, 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº. 482, de 17 de Abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências, 2012.. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>.
- AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Resolução nº.8, de 30 de janeiro de 2015, 2015. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br/?path=legislacao-anp/resol-anp/2015/janeiro&item=ranp-8--2015>
- Lei nº. 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm.
- Decreto 7.343, de 26 de outubro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.114, de 9 de dezembro de 2009, que cria o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima - FNMC, Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7343.htm.
- Lei nº. 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. 2017. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13576.htm.
- FRANQUETO, Rafaela; DA SILVA, Joel Dias. USO DO BIOGÁS E BIOMETANO: UMA REVISÃO SOBRE O AMBIENTE REGULATÓRIO NO BRASIL. *REVISTA DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA*, v. 15, n. 1, 2023.
- Kolb, A. Y., & Kolb, D. A. (2017). Experiential learning theory as a guide for experiential educators in higher education. *Experiential Learning & Teaching in Higher Education*: Vol. 1: No. 1, Article 7. Available at: <https://nsuworks.nova.edu/elthe/vol1/iss1/7>
- Siqueira, A. C. O., Honig, B., Mariano, S., Moraes, J., & Cunha, R. M. (2023). Creating economic, social, and environmental change through entrepreneurship: An entrepreneurial autonomy perspective informed by Paulo Freire. *Journal of Business Venturing Insights*, 19, e00386. <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2023.e00386>

Bibliografia

- IEA Bioenergy Task 37 – A perspective on the state of the biogas industry from selected member countries. 1ª ed. IEA Bioenergy, 2022.
- IN-BEOM, Y. Global demand will be 205 Mtoe by 2040... Expected to increase more than 60 times. Gas Newspaper. Seoul, Coreia do Sul. 18 de outubro de 2022. Disponível em: <http://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=107225>. Acesso em: 01 jun. 2024.
- WIKIPÉDIA. List of environmental laws by country. In: Wikipedia: the free encyclopedia. https://en.m.wikipedia.org/wiki/List_of_environmental_laws_by_country. Acesso em: 01 jun. 2024.
- BARROS, T. Chinês. _Embrapa_, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biodigestores/chines>. Acesso em: 19 jun. 2024.
- BARROS, T. Indiano. _Embrapa_, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biodigestores/indiano#:~:text=O%20biodigestor%20modelo%20indiano%20é,biodigestor%20e%20caixa%20de%20saída>. Acesso em: 20 jan. 2024.
- CARVALHO, J. Biodigestores veja como funcionam, suas aplicações e todos os benefícios que essas maravilhas nos proporcionam. _Oak Energia_, 2021. Disponível em: <https://oakenergia.com.br/biodigestores/#:~:text=A%20história%20dos%20biodigestores%20começou,os%20gases%20inflamáveis%20eram%20produzidos>. Acesso em: 20 jan. 2024.
- ALEMANHA. MINISTÉRIO DA JUSTIÇA ALEMÃO. Legislação sobre economia de energia e uso de energias renováveis para aquecimento e refrigeração de prédios: lei. Colônia: Bundesanzeiger Verlag, 2020. Disponível em: https://climate-laws.org/documents/buildings-energy-act-geg-2020-version-f573?q=Biogas&c=Legislation&id=buildings-energy-act-geg_ec47. Acesso em: 20 mai. 2024.
- SOARES, R. C.; DA SILVA, S. R. C. M. Evolução Histórica do Uso de Biogás como Combustível. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFT: Cuiabá, 2010.
- Grando, Rafaela Lora. Mapeamento tecnológico da cadeia produtiva do biogás. 2017. 227f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2017.

Bibliografia

- Franca, Luíza Santana. Avaliação da Recuperação de Produtos a partir da Digestão Anaeróbia em Estado Sólido da Fração Orgânica de Resíduos Sólidos Urbanos. 2023. XX, 291 p.: il.; 29,7 cm. Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química, Rio de Janeiro, 2023.
- PROBIOGÁS. Conceitos para o licenciamento ambiental usinas de biogás. 2016. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/probiogas/licenciamento-usinas-biogas.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2024.
- União Europeia. Diretiva 2018/851. Que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos. 2018. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0851>. Acesso em: 09 fev. 2024.
- Gustafsson, M., Anderberg, S. Biogas policies and production development in Europe: a comparative analysis of eight countries. *Biofuels*, Linköping, Sweden, v.13 n. 8, p. 931–944, 2022. <https://doi.org/10.1080/17597269.2022.2034380>. Acesso em: 09 fev. 2024.
- Szigethy, L; Antenor, S. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. IPEA, Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em: 09 fev. 2024.
- CIBiogás. Produção de biogás: o que são biodigestores e como gerar biogás. Disponível em: <https://cibiogas.org/blog/producao-de-biogas-o-que-sao-biodigestores-e-como-gerar-biogas/>. Acesso em: 19 jun. 2024.
- EMBRAPA. Curso Biogás - 03 - Os modelos de biodigestores e bases para seu dimensionamento. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Curso+Biog%C3%A1s+-+03+-+Os+modelos+de+biodigestores+e+bases+para+seu+dimensionamento.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2024.
- BIANCHI, G., Pisiotis, U. and Cabrera Giraldez, M., GreenComp The European sustainability competence framework, Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-53201-9, [doi:10.2760/821058](https://doi.org/10.2760/821058), JRC128040.
- Dodd, S., Lage-Arias, S., Berglund, K., Jack, S., Hytti, U., & Verduijn, K. (2022). Transforming enterprise education: sustainable pedagogies of hope and social justice. *Entrepreneurship & Regional Development*, 34(7–8), 686–700. <https://doi.org/10.1080/08985626.2022.2071999>
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

Bibliografia

- Ministério da Educação (MEC). (2017). Base Nacional Comum Curricular. Ministério da Educação. Available at: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/bncc>
- Planck, S., Wilhelm, S., Kobilke, J., & Sailer, K. (2024). Greater than the sum of its parts: Combining entrepreneurial and sustainable competencies in entrepreneurship education. *Sustainability*, 16(9), 3725. <https://doi.org/10.3390/su16093725>

transformando resíduo...



em energia!

siga essa ideia:



VAMOS DAR UM GÁS

Apostila teórica introdutória
à produção de biogás



luppaufrj



vamosdarumgas@poli.ufrj.br