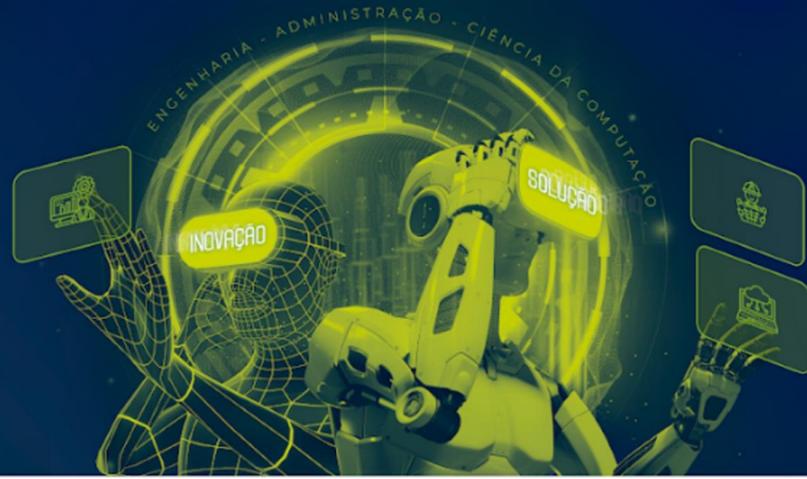


ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

BIODIGESTOR: INTEGRAÇÃO SUSTENTÁVEL ENTRE RESÍDUOS ORGÂNICOS E PRODUÇÃO DE ENERGIA LIMPA

Alunos: Ana Caroline de Oliveiras Ricci, Guilherme Teixeira Molinari, Maria Fernanda de Almeida Lima, Octavio Dias Camillo de Carvalho, Raquel Guimarães Janota.

Orientador: Rodrigo Bernadello Unzueta.



INTRODUÇÃO

O crescente desequilíbrio ambiental, resultado da demanda por recursos naturais devido ao avanço industrial e crescimento populacional, destaca a necessidade urgente de práticas sustentáveis. Reconhecendo a importância da inovação, a busca por fontes de energia renovável e a gestão eficaz dos recursos naturais são fundamentais para enfrentar desafios ambientais. O Brasil se destaca ao adotar práticas sustentáveis energéticas, refletido pelo relatório de 2021 da EPE, indicando que 44,8% da matriz energética brasileira é proveniente de fontes renováveis, impulsionando o setor econômico e criando oportunidades, como no mercado de crédito de carbono. A busca por alternativas energéticas sustentáveis, como biomassa e gás natural, abre oportunidades nas propriedades rurais, com a biodigestão de dejetos animais e resíduos orgânicos contribuindo para a autonomia energética e a redução de custos. Além disso, a utilização de biomassa gera créditos de carbono no mercado voluntário, promovendo a diversificação da matriz energética e mitigando as mudanças climáticas. No âmbito da engenharia mecânica, destaca-se a importância de soluções integradas e sustentáveis, especialmente no estudo dos biodigestores, visando maximizar a eficiência na geração de energia limpa. Propõe-se um projeto para aprimorar a eficiência dos biodigestores, desenvolvendo misturadores em lagoas fechadas, com a pesquisa focada na viabilidade técnica, econômica e nos potenciais benefícios ambientais, econômicos e sociais. O estudo visa contribuir para o avanço da engenharia mecânica, alinhando o Brasil aos objetivos globais de desenvolvimento sustentável.



CONTEXTUALIZAÇÃO

Na atualidade, a pecuária, responsável por cerca de 65% das emissões antropogênicas, destaca-se como uma importante fonte de gases de efeito estufa, especialmente o óxido nitroso. Com o Brasil assumindo papel significativo no comércio global de proteína animal, notadamente carne bovina, a produção agropecuária crescente amplia os desafios ambientais. O país, detentor do maior rebanho bovino do mundo, enfrenta a necessidade urgente de adotar práticas sustentáveis e avançadas tecnologias para mitigar os impactos negativos, especialmente no gerenciamento dos resíduos orgânicos, como o esterco. A gestão adequada dos resíduos provenientes da pecuária, aliada ao reaproveitamento eficiente, surge como uma solução crucial para reduzir as emissões de gases poluentes. A implementação de biodigestores é apresentada como uma abordagem inovadora para aproveitar de maneira sustentável os resíduos orgânicos, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável e a conservação ambiental. Ao considerar práticas ambientais e tecnologias eficientes, o setor agropecuário brasileiro pode equilibrar o crescimento econômico com a preservação ambiental, promovendo uma produção pecuária mais sustentável e resiliente.

	Peso total dos bovinos abatidos	Quantidade gerada				Água consumida (mil. L) – abate ²
		Esterco (kg) ¹	Material não comestível para graxaria (kg) ²	Conteúdo estomacal e intestinal (kg) ¹	Sangue (L) ¹	
Brasil	12.037.241.550	216.670.348	4.574.151.789	962.979.324 a 1.203.724.155	722.234.493 a 962.979.324	16.837.613 a 22.450.150
Norte	2.391.618.750	43.049.138	908.815.125	191.329.500 a 239.161.875	143.497.125 a 191.329.500	3.253.852 a 4.338.470
Nordeste	1.211.335.350	21.804.036	460.307.433	96.906.828 a 121.133.535	72.680.121 a 96.906.828	1.870.573 a 2.463.431
Sudeste	2.746.715.505	49.440.879	1.043.751.892	219.737.240 a 274.671.551	164.802.930 a 219.737.240	3.910.622 a 5.214.163
Sul	1.177.219.050	21.189.943	447.343.239	94.177.524 a 117.721.905	70.633.143 a 94.177.524	1.875.456 a 2.500.608
Centro-Oeste	4.190.223.150	75.424.017	1.592.284.797	335.217.852 a 419.022.315	251.413.389 a 335.217.852	5.950.109 a 7.933.478

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2012).

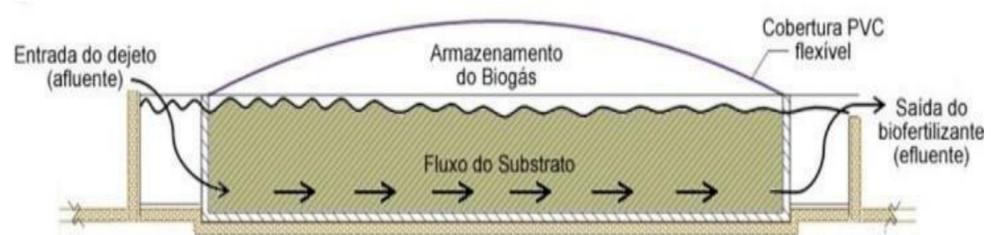
OBJETIVOS

O projeto propõe a análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental da implementação de misturadores de três hélices em biodigestores tipo lagoa fechada, direcionados a propriedades rurais com confinamento bovino. Com o objetivo de maximizar a produção de adubo orgânico e biogás a partir dos resíduos do esterco dos animais, o estudo abrange análises detalhadas do processo de biodigestão, incluindo caracterização de resíduos, determinação de potencial energético e avaliação de parâmetros operacionais. A pesquisa visa fornecer informações relevantes para embasar decisões sobre a implementação eficiente desses biodigestores, contribuindo para práticas sustentáveis na produção agropecuária e promovendo avanços na engenharia mecânica em energias renováveis, com a redução dos impactos ambientais negativos.

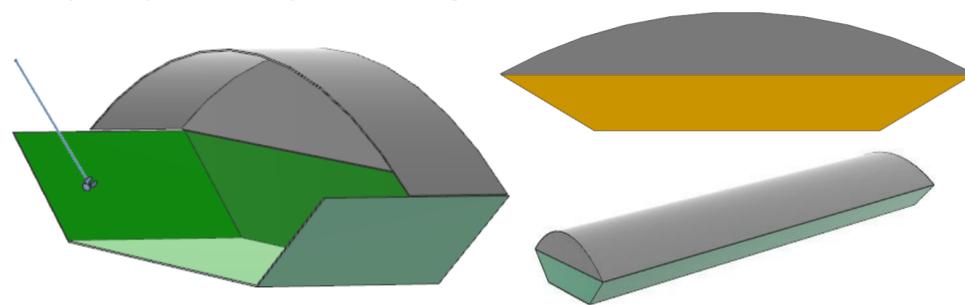
METODOLOGIA



No âmbito dos Materiais e Métodos, a pesquisa concentra-se na implementação de biodigestores em propriedades rurais de confinamento bovino. Inicialmente, são levantados dados essenciais sobre a propriedade, incluindo o tipo de confinamento, informações climáticas, tamanho da área e manejo dos animais. O biodigestor escolhido é do modelo Canadense, destacando-se sua adaptação ao ambiente da propriedade e suas características. A análise climática e as dimensões específicas são consideradas para garantir a eficiência do sistema.



O projeto envolve a construção de uma piscina coberta destinada ao armazenamento de 2610 metros cúbicos de matéria orgânica, com uma estrutura impermeabilizada e revestida de concreto. Mangueiras de silicone ao redor da piscina fornecerão água aquecida no inverno para manter o biodigestor aquecido, crucial para a atividade bacteriana. A lona de PVC cobrirá a piscina, enquanto a área escavada para o decantador será menor, comportando 34,5 mil litros e seguindo o mesmo processo de escavação, impermeabilização e concretagem.



ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

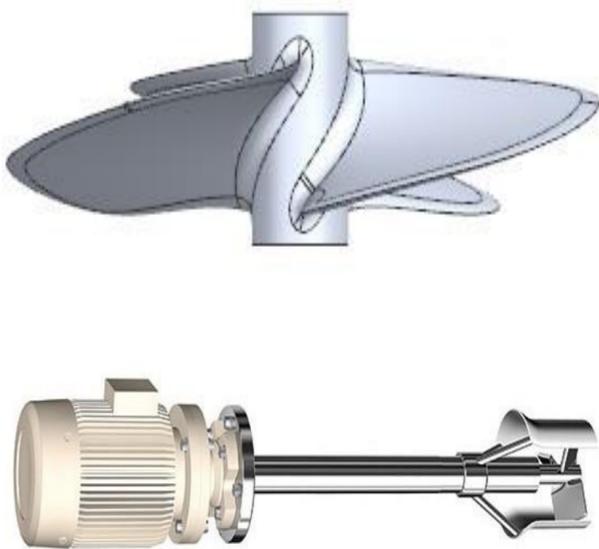
BIODIGESTOR: INTEGRAÇÃO SUSTENTAVÉL ENTRE RESÍDUOS ORGÂNICOS E PRODUÇÃO DE ENERGIA LIMPA

Alunos: Ana Caroline de Oliveiras Ricci, Guilherme Teixeira Molinari, Maria Fernanda de Almeida Lima, Octavio Dias Camillo de Carvalho, Raquel Guimarães Janota.

Orientador: Rodrigo Bernadello Unzueta.

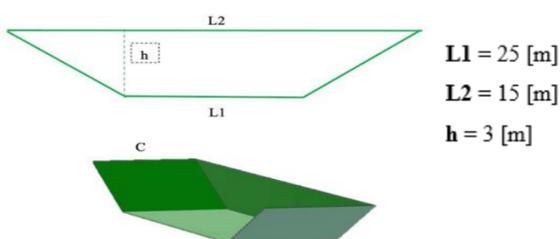


O estudo compara dois modelos com três hélices, determinando que um diâmetro de 50mm para o impulsor garante a homogeneidade desejada em um metro. Devido à geometria não convencional do tanque, a instalação de impulsores no topo da lona é inviável, levando à colocação lateral de impulsores de 780mm de diâmetro, operando a 335 rpm, com uma potência de 18,5 kW e peso de 360 kg. A configuração de dois modelos de agitadores, ambas com três pás e com diâmetro de 780mm, é analisada, de forma que, o modelo Jet-Stream, com uma haste ligeiramente maior, permite uma posição inclinada no tanque, possibilitando a aplicação de apenas 13 agitadores ao longo da piscina. Este modelo opera a 1500 rpm, com uma potência nominal entre 0,5 e 55 kW e um peso de 360 kg. A seleção cuidadosa desses parâmetros visa garantir a eficiência do processo, a segurança na instalação e a adequação à geometria específica do tanque. Assim, a escolha mais apropriada para o modelo de biodigestor é o agitador de hélice, operando a velocidades entre 400 e 1500 rpm e podendo ser configurado com 1 a 4 hélices.



DESENVOLVIMENTO

Para determinar as dimensões do tanque, é crucial calcular a quantidade de mistura, a proporção de dejetos e água a ser adicionada no período de trinta dias. Estudos indicam que, em confinamentos, cada bovino, com peso médio, produz em média 30 quilogramas de esterco por dia. Considerando cerca de 900 animais na fazenda em questão e a proporção de 650 quilogramas de dejetos de bovinos equivalente a 1m^3 , é possível estimar o volume mensal de dejetos a ser adicionado ao tanque. Assim, após calcular o volume do tanque para atender à demanda de recebimento da mistura de esterco e água retirada do confinamento, define-se o perfil do tanque como trapezoidal. Este formato é amplamente utilizado em biodigestores do tipo lagoa fechada, pois facilita a manutenção devido à inclinação das paredes. Adicionando os valores já determinados e o volume necessário para atender a demanda de trinta dias, temos que o comprimento necessário para atender a demanda total do tanque é de 43 metros



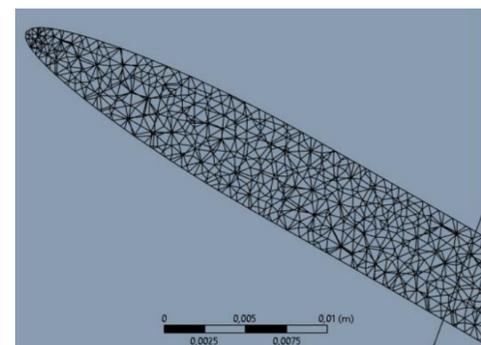
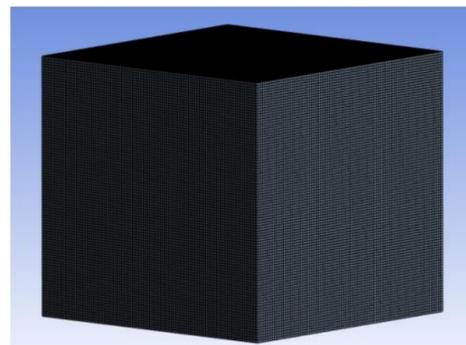
De acordo com estudos no desenvolvimento pelo Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás-ER), para se estimar a produção de biogás, com base na quantidade de animais e dejetos gerado, a metodologia e parâmetros descritos no IPCC de 2006, a determinação da produção total de biogás a partir de dejetos bovinos a partir do método Chenz.

Desse modo, aplicou-se a fórmula de Produção Diária de Biogás (PDB), chegando a uma estimativa de produção teórica de 275 metros cúbicos de biogás por dia. Para fornecer uma perspectiva prática, isso equivale a aproximadamente 53 botijões de gás, uma quantidade comumente utilizada em residências para suprir as necessidades diárias de gás.

Essa análise quantitativa fornece uma visão clara do potencial significativo do sistema em termos de produção de biogás, destacando sua relevância não apenas no contexto agrícola, mas também como uma fonte viável e sustentável de energia para uso doméstico. O estudo adota uma metodologia com base na análise de D.W. Hamilton, onde se investigou o acúmulo de lodo em dois biodigestores, nominados por OK1 e OK2, destinados ao tratamento de resíduos, construídos de acordo com o Padrão ASABE D384.2. A coleta de dados foi realizada por amostragem experimental, destacando-se a utilização de gráficos para compreender a acumulação de sólidos ao longo do tempo. A análise dos dados coletados resultou em uma tabela demonstrando a porcentagem média de volume ocupado por lodo nos biodigestores ao longo dos anos. Com base nessas médias, foi elaborado um gráfico com uma linha de tendência, gerando uma equação linear ($y = 0,0568x - 0,0918$), representativa do comportamento observado.

SIMULAÇÃO

Para a simulação, a modelagem tem o princípio do estudo sobre a hélice ideal destinada à agitação de uma mistura em um biodigestor, enfatizando a necessidade de calcular a relação entre o diâmetro da hélice, as dimensões do tanque e a viscosidade da mistura em questão. Contudo, dada a não conformidade da dimensão do biodigestor para a aplicação dos cálculos e os desafios inerentes à simulação computacional, optou-se pela adoção de um tanque de geometria quadrada, buscando conciliar os princípios do biodigestor com as convenções de um tanque convencional. A razão pela qual a geometria quadrada foi selecionada para a simulação foi de viabilizar a determinação do número adequado de misturadores para o projeto em análise e permitir que a malha gerada para os cálculos no software seja mais precisa, tanto no tanque, quanto na hélice.



A aplicação do Jet-Stream Mixer, independe da posição inicial, sua trajetória permanece constante, sendo a estratégia de aplicar uma rotação mais elevada na parte superior e direcionar o fluxo para uma parede angulada adotada para maximizar a eficiência na obtenção da mistura. Essa abordagem visa otimizar o processo, garantindo que o Jet-Stream, siga um trajeto uniforme. A rotação mais elevada na parte superior busca intensificar o fluxo de entrada, promovendo uma interação máxima entre os componentes a serem misturados. Ao ser direcionado para uma parede angulada, o fluxo resultante cria um padrão de dispersão que facilita a homogeneização do fluido, proporcionando uma distribuição mais uniforme dos componentes no ambiente de mistura. Essa estratégia contribui significativamente para uma eficiência aprimorada na obtenção da mistura desejada, garantindo um processo mais consistente, controlado e replicável no contexto do sistema analisado.



ENGENHARIA MECÂNICA PLENA

BIODIGESTOR: INTEGRAÇÃO SUSTENTAVÉL ENTRE RESÍDUOS ORGÂNICOS E PRODUÇÃO DE ENERGIA LIMPA

Alunos: Ana Caroline de Oliveiras Ricci, Guilherme Teixeira Molinari, Maria Fernanda de Almeida Lima, Octavio Dias Camillo de Carvalho, Raquel Guimarães Janota.

Orientador: Rodrigo Bernadello Unzueta.

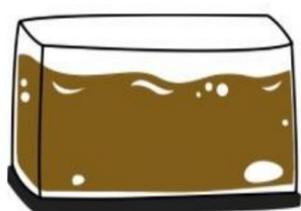


ANÁLISE DE RESULTADOS

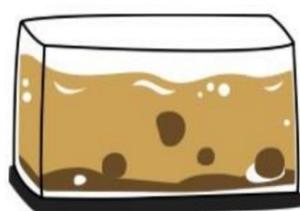
O estudo proposto adota duas condições para avaliar a eficiência do misturador, considerando hélice naval ou Jet-Stream, e destaca variações nos parâmetros-chave. Na Condição 1, sem a aplicação do misturador, com concentração inicial de sólidos (S0) de 0,65 kg/L, a massa total inicial (MT) é de 2700 kg. A lenta degradação (KDQO) é de 0,025, resultando em uma concentração final (S) de 0,603 kg/L e uma massa final (MF) de 1058,32 kg. Já na Condição 2, com a aplicação do misturador, utilizando S0 de 0,4 kg/L, MT de 54000 kg e KDQO de 0,0131, a concentração final (S) é de 0,27 kg/L, com MF atingindo 5832,25 kg. Esses resultados destacam a aplicação do misturador como crucial para otimizar o desempenho do sistema, promovendo uma maior eficiência na degradação dos sólidos e resultando em uma concentração final inferior.

Concentração Sólido (S0)	0,65 kg/L	0,377 kg/L
Massa Total 1 (MT)	2700 kg	51300 kg
KDQO Total	0,025 (lento)	0,0131 (rápido)
Concentração Final (S)	0,603 kg/L	0,254 kg/L
Massa Final (MF)	1058,32 kg	4921,8 kg

Concentração sólidos (S0)	0,4 kg/L
Massa Total 1 (MT)	54000 kg
KDQO Total	0,0131
Concentração Final (S)	0,27 kg/L
Massa Final (MF)	5832,25 kg



CONDIÇÃO COM APLICAÇÃO DO MISTURADOR.

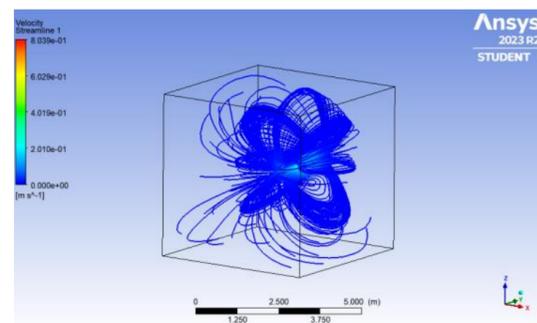


CONDIÇÃO SEM APLICAÇÃO DO MISTURADOR.

Os resultados obtidos revelam uma notável eficiência no processo, com um aumento significativo de **4,32%** na massa processada em comparação com a condição sem a aplicação do misturador. Esse ganho expressivo destaca os benefícios substanciais proporcionados pela presença do misturador no sistema de tratamento de resíduos. A eficiência aprimorada não apenas implica em uma maior degradação dos sólidos, com uma concentração final inferior alcançada, mas também sugere uma otimização global do processo, promovendo uma operação mais sustentável e econômica. Esses resultados positivos reforçam a importância do misturador na maximização da eficiência do tratamento de resíduos, indicando ganhos tangíveis que podem se traduzir em benefícios ambientais, econômicos e operacionais para sistemas similares.

A simulação realizada no software Ansys CFX, apontaram resultados notáveis que oferecem insights valiosos sobre o comportamento fluidodinâmico do sistema em estudo. As análises revelaram padrões de fluxo intrincados e informações detalhadas sobre variáveis críticas, como velocidade e distribuição do fluido no tanque. A precisão e a consistência dos resultados destacam a eficácia do Ansys CFX em modelar com sucesso fenômenos complexos, proporcionando uma compreensão aprofundada do desempenho do sistema. Esses resultados não apenas validam a teoria sobre o comportamento do fluido em um tanque.

Já de acordo com a fundamentação subjacente ao Jet-Stream Mixer, a agitação resultante mantém-se uniforme na faixa de rotação de 1500 a 3000 rpm, sem comprometer as atividades bacterianas, mesmo em níveis mais elevados de rotação. Este aspecto é crucial para garantir a eficiência do processo de mistura, preservando os elementos biológicos no tanque. Além disso, destaca-se que esse modelo evita a formação de bolhas indesejadas e mantém a temperatura da mistura, sendo essencial para processos sensíveis nos quais a presença de ar pode impactar negativamente a qualidade da mistura. A manutenção da temperatura contribui para a estabilidade do ambiente, assegurando condições ideais para as atividades bacterianas.



CONCLUSÃO

A pesquisa dedicada à otimização da eficiência na produção de biogás a partir de resíduos de bovinos revelou resultados impressionantes, destacando a superioridade dos misturadores Jet-Stream em comparação com as hélices navais. A análise comparativa evidenciou um aumento significativo de 4,32% na eficiência do processo quando os misturadores Jet-Stream foram empregados, não apenas eliminando eficazmente o lodo, mas também melhorando a produção de biogás. Além disso, essa escolha demonstrou ser sustentável e economicamente viável a longo prazo, apesar do investimento inicial considerável.

A implementação dos misturadores Jet-Stream não apenas impulsionou a eficiência do biodigestor, mas também representou uma estratégia estruturada para enfrentar desafios ambientais. Ao alinhar a produção de biogás com princípios de sustentabilidade, o projeto não só atendeu às necessidades presentes, mas sinalizou um futuro mais equitativo e resiliente. Esses avanços não são apenas marcos na engenharia moderna, mas também contribuem significativamente para a transição global para uma matriz energética mais limpa e sustentável, com benefícios tangíveis para o meio ambiente e as comunidades locais.



A análise comparativa entre os misturadores de hélice naval e o Jet-Stream Mixer durante a pesquisa revelou resultados surpreendentes, destacando a influência significativa desses componentes na eficácia do processo, especialmente no modelo de biodigestor lagoa fechada. Os misturadores Jet-Stream demonstraram desempenho notável ao manter a solução mais concentrada, evitando eficazmente a formação de lodo. Essas descobertas ressaltam a importância crucial da escolha criteriosa de tecnologias na produção de biogás a partir de resíduos de bovinos, não apenas para melhorar a eficiência do processo, mas também para promover uma utilização mais eficaz de recursos.

No foco do estudo para aumentar o potencial de produção de gás metano, a estratégia de aplicar misturadores eficazes desempenha um papel essencial. A sedimentação resultante da aplicação desses misturadores influencia significativamente a eficiência do sistema de biodigestão, promovendo uma mistura mais eficiente no tanque e evitando a formação de camadas sedimentadas. O aumento percentual na produção de biogás dependerá de diversos fatores, mas espera-se que a aplicação eficaz dos misturadores resulte em ganhos consideráveis, tornando o sistema mais sustentável e economicamente viável.

Em resumo, apesar do investimento inicial substancial, o projeto demonstrou viabilidade a longo prazo, respaldado por ganhos em sustentabilidade, eficiência energética e autonomia da propriedade rural. Além de seu impacto na engenharia, essa pesquisa contribui para a transição global para fontes de energia mais limpas e sustentáveis, abordando desafios interconectados em escala global e promovendo um futuro mais promissor e equitativo para o planeta.