

TRATAMENTO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS ASSOCIADO AO SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM UMA PROPRIEDADE RURAL: EXPERIÊNCIAS NO SETOR DE BOVINOCULTURA DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA, ITAPETINGA – BA

Adriana Araujo Santos¹, Crislene Viana da Silva²

RESUMO

O solo é um recurso natural essencial à vida, à produção agropecuária e à manutenção dos ecossistemas, sendo diretamente impactado pelas ações antrópicas. O crescimento populacional e a intensificação das atividades agropecuárias têm elevado a geração de resíduos e os impactos ambientais. Na bovinocultura, a geração de dejetos exige estratégias sustentáveis de manejo, entre as quais se destacam os biodigestores, capazes de transformar resíduos em biogás e biofertilizante. Associado a essa tecnologia, o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) representa uma alternativa eficiente para conciliar produtividade e conservação ambiental.

A pesquisa foi conduzida no setor de bovinocultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), campus Itapetinga-BA, e estruturada em três etapas: (i) diagnóstico do solo da área experimental; (ii) dimensionamento de um biodigestor indiano; (iii) proposta de implantação do ILPF. As análises do solo revelaram textura argilosa, baixa retenção hídrica e acidez potencial. O dimensionamento do biodigestor será simplificado por meio de uma planilha adaptada da metodologia de Lucas Júnior *et al.* (2009), que demonstra viabilidade técnica para o tratamento dos dejetos bovinos, com potencial de atender parte das necessidades energéticas da propriedade e produzir biofertilizante para aplicação agrícola. A implantação do ILPF com biodigestor integra produtividade e sustentabilidade, gerando benefícios ambientais, sociais e econômicos, e possibilitando a validação prática dos resultados como modelo para outras propriedades.

PALAVRA-CHAVE: Biodigestor, Biogás, Bovinocultura, Solos, Resíduos, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

ABSTRACT

Soil is a natural resource essential to life, agricultural production, and the maintenance of ecosystems, and is directly impacted by human activities. Population growth and the intensification of agricultural activities have increased waste generation and environmental impacts. In cattle farming, waste generation requires sustainable management strategies, including biodigesters, capable of transforming waste into biogas and biofertilizer. Combined with this technology, the Integrated Crop-Livestock-Forestry (ICLF) system represents an efficient alternative for reconciling productivity and environmental conservation.

The research was conducted in the cattle breeding sector of the Southwest Bahia State University (UESB), Itapetinga-BA campus, and was structured in three stages: (i) soil diagnosis of the experimental area; (ii) sizing of an Indian biodigester; (iii) proposal for implementing the ICLF. Soil analyses revealed a clayey texture, low water retention, and potential acidity. The biodigester's sizing will be simplified using a spreadsheet adapted from the methodology of Lucas Júnior *et al.* (2009), which demonstrates the technical feasibility of treating cattle waste, with the potential to meet part of the farm's energy needs and produce biofertilizer for agricultural use. The implementation of the ILPF with a biodigester integrates productivity and sustainability, generating environmental, social, and economic benefits, and enabling practical validation of the results as a model for

other farms.

Keywords: Biodigester, Biogas, Cattle Farming, Soils, Waste, Crop-Livestock-Forest Integration (CLFI).

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural indispensável à vida que atua na regulação dos ciclos biogeoquímicos, no suporte à produção agrícola e pecuária, além de agir como um filtro biológico natural. A função protetora do solo, desempenha um papel fundamental na preservação das águas subterrâneas e na manutenção da qualidade ambiental. Contudo, o crescimento populacional e a necessidade de atender às demandas do setor agropecuário, na produção de alimentos, intensificam a geração de resíduos, e conseqüentemente prejuízos ao ecossistema. (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

A agropecuária tem relação direta com o desenvolvimento econômico do país, seja pela produção de alimentos, fornecimento de matérias primas ou pela geração de emprego e renda para as variadas classes sociais. Nesse cenário, a bovinocultura assume papel de destaque no agronegócio brasileiro. (MACHADO *et al.*, 2019). Entretanto, o desenvolvimento das atividades agropecuárias e as questões ambientais têm se tornado cada vez mais relevantes. As transformações na produção agrícola e a necessidade de conciliar desenvolvimento com sustentabilidade, têm estimulado a adoção de tecnologias e práticas de manejos que assegurem a produtividade, e minimizem os impactos gerados por essas atividades. (LIMA *et al.*, 2017).

Entre os impactos decorrentes da pecuária, destacam-se a geração de resíduos orgânicos e a sua destinação inadequada, que podem causar danos ambientais e prejuízos econômicos aos produtores, evidenciando a necessidade da implementação de sistemas biointegrados nas atividades rurais. (BARBOSA; LANGER, 2011).

Segundo LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009, “um manejo integrado dos dejetos de animais poderá ser obtido, fazendo-se a reciclagem dos mesmos por meio da utilização dos biodigestores, que são sistemas de fácil construção e operação.” Nestes ocorrem o processo de degradação anaeróbica dos poluentes orgânicos a partir da ação de microrganismos, produzindo biogás e biofertilizantes que podem ser aplicados em outras etapas da cadeia produtiva (RODRIGUES; BLANS; SCLINDWEIN, 2019).

A adoção de modelos alternativos de organização da produção agropecuária, fundamentados nos pilares do aumento da produtividade e da conservação ambiental, tem ganhado destaque. Nesse contexto, surgem os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que se apresentam como uma alternativa aos métodos convencionais, oferecendo benefícios à propriedade por meio da adequação

ambiental, valorização social e viabilidade econômica em curto, médio e longo prazo. (LIMA; GAMA, 2018; REIS *et al.*, 2020).

O sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) consiste na associação de diferentes sistemas produtivos, como grãos, fibras, carne, leite e energia, utilizando uma mesma área de forma integrada, seja por plantio consorciado, sequencial ou rotacionado, aproveitando as interações entre os componentes (LIMA; GAMA, 2018). Sua implementação é adaptada às particularidades de cada região, e, quando realizada de maneira planejada e racional, promove aumento da produção por unidade de área, além de proporcionar benefícios ambientais (KICHEL *et al.*, 2019).

Considerando que as atividades agropecuárias necessitam da adoção de tecnologias voltadas ao desenvolvimento sustentável, e que a expansão da pecuária deve estar alinhada ao uso eficiente da terra e dos recursos naturais, à diversificação produtiva e à oferta de alimentos de qualidade, sem desconsiderar a conservação ambiental e a preservação da biodiversidade, torna-se evidente a necessidade de estudos que integrem produtividade, desenvolvimento e sustentabilidade.

Com o intuito de assegurar melhor organização e desenvolvimento da pesquisa, esta foi estruturada em três etapas principais: (i) diagnóstico do solo da área experimental; (ii) dimensionamento e implantação de um biodigestor modelo indiano; e (iii) implantação do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

O estudo foi conduzido no setor de Bovinocultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus Itapetinga-BA, com o objetivo de implementar, em uma propriedade rural destinada à criação de bovinos, um sistema de tratamento de resíduos orgânicos por meio de um biodigestor modelo indiano, associado ao sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PRIMEIRA ETAPA

A pesquisa foi desenvolvida no laboratório de Análise de Água e solos, localizado no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Itapetinga-BA. A área experimental destinada à realização das atividades foi o setor de bovinocultura, também situado no mesmo campus, com coordenadas geográficas 15°15'25.2"S e 40°16'24.4"W. A primeira etapa dos estudos consistiu no diagnóstico zootécnico e agrônomo da propriedade, abrangendo a quantificação do rebanho, o sistema de produção adotado e as estruturas disponíveis.

Para o diagnóstico zootécnico, foi registrado um rebanho composto por 14 vacas leiteiras e 3 bezerros. Quanto às estruturas disponíveis, o setor dispõe de área de pastagem, ordenha mecânica, curral, galpão para armazenamento de suplementos e

forragens, além da sede administrativa. O sistema de manejo adotado é o semi-intensivo, no qual os animais têm acesso à pastagem e recebem suplementação com sal, forragem e concentrados. Conforme informações levantadas em campo, o revezamento das áreas de pastagem é realizado a cada dois dias.

Para o diagnóstico agrônômico, foi realizado a amostragem e coleta do solo da propriedade, seguindo a metodologia proposta por (TOMÉ JR., J. B. 1997). A coleta foi efetuada mediante a cobertura da área em padrão de trajetória zig-zag. Com o auxílio de um trado, na profundidade de 0 a 20 cm, foram obtidas 15 amostras simples, originando uma amostra composta. Em seguida, as amostras foram misturadas em um recipiente limpo até a homogeneização, totalizando aproximadamente 500g de solo.

Posteriormente, a amostra de solo foi encaminhada ao Laboratório de Análises de Água e Solo (LAAS), localizado no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Itapetinga-BA, para a realização das análises de umidade, densidade do solo, capacidade de campo e pH.

2.11 DESCRIÇÃO EXPERIMENTAL

2.12 ANÁLISE DE DENSIDADE DO SOLO

A análise da densidade do solo foi realizada conforme o Manual de Métodos de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2017, p. 65-67), utilizando-se o método do anel volumétrico (KOPECKY).

As amostras de solo foram acondicionadas em latas de alumínio de massa previamente conhecida, depois levadas à estufa a 105 °C, por um período de 48 horas. Após a secagem, procedeu-se à pesagem para a determinação da massa do solo seco. A densidade do solo (D_s) foi então calculada conforme a Equação 1.

Densidade do solo (Kg. Dm^{-3})

$$D_s = \frac{a}{b} \quad (\text{Equação 1})$$

a – massa de solo seco (Kg)

b – volume do anel (dm^3)

2.13 ANÁLISE DE UMIDADE

A análise de umidade consiste na quantificação da perda de massa da amostra de solo após secagem em estufa, representando a quantidade de água presente nos poros no momento da coleta. Foram determinadas a umidade volumétrica e a umidade gravimétrica, conforme metodologia descrita pela Embrapa (2017, p. 28-30). Para definição do volume fixo, utilizou-se o anel volumétrico, conforme Embrapa (2017, p. 65-67). As amostras de solo foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,01 g, obtendo-se a massa inicial (solo úmido + lata de alumínio). Em seguida, foram levadas à estufa a 105 °C, permanecendo por 48 horas. Após esse período, procedeu-se a nova

pesagem. A determinação da umidade do solo foi realizada por meio das Equações (2) e (3).

Umidade em base gravimétrica (U_g) ($\text{Kg} \cdot \text{Kg}^{-1}$)

$$U_g = \frac{a-b}{b} \quad (\text{Equação 2})$$

a=massa da amostra úmida (Kg)

b= massa da amostra seca (Kg)

Umidade em base volumétrica (U_v) $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)

$$CVA = \frac{a-b}{c} \quad (\text{Equação 3})$$

a – massa da amostra úmida (Kg)

b – massa da amostra seca (Kg).

c – volume da amostra, em dm^3 (Volume calculado com anel volumétrico)

2.14 ANÁLISE DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

De acordo com (MATOS, 2012), “a determinação do pH consiste na medida da atividade do íons H^+ no meio, sendo expresso em uma escala que varia de 0 a 14”. Valores de pH inferiores a 7,0 correspondem a condições ácidas, nas quais há predominância de íons hidrogênio (H^+) sobre íons hidroxila (OH^-). Em contrapartida, valores de pH superiores a 7,0 caracterizam ambientes básicos ou alcalinos, evidenciando maior concentração de íons hidroxila (OH^-) em relação aos íons hidrogênio (H^+), (MATOS, 2012).

Na análise de pH foram utilizadas soluções de água destilada e de cloreto de cálcio (CaCl_2). Inicialmente, foi pesado 5 g de solo, os quais foram transferidos para Erlenmeyer 100 mL, contendo 25 mL de água destilada, em triplicata, repetindo o procedimento para a solução de CaCl_2 . As amostras foram agitadas por um minuto para garantir a homogeneização e, em seguida, permaneceram em repouso por 30 minutos. Após esse período, as amostras foram rapidamente agitadas com bastão de vidro procedendo então à leitura do pH, em conformidade a metodologia descrita pela (EMBRAPA, 2017, p.199-201).

2.15 ANÁLISE DE CAPACIDADE DE CAMPO (CC)

Para a análise da Capacidade de Campo (CC), foram preparados quatro funis, cada um equipado com sua respectiva proveta e filtro de papel. Em seguida, foi adicionado uma quantidade de solo em cada funil e posteriormente foi acrescentado 100 mL de água destilada. Após um período de descanso de 30 minutos, procedeu-se à leitura do volume de água nas provetas. Os valores de (CC) foram obtidos através da (Equação 4):

CC = capacidade de campo do solo, em % de volume de solo utilizado;

$CC = \text{Água retida no solo (mL)} \times 100\% / \text{Volume de solo (mL)}$ Equação (4)

Água retida no solo = volume de 100 mL - volume de água coletado na proveta (mL);

Volume de solo no funil = 100 mL.

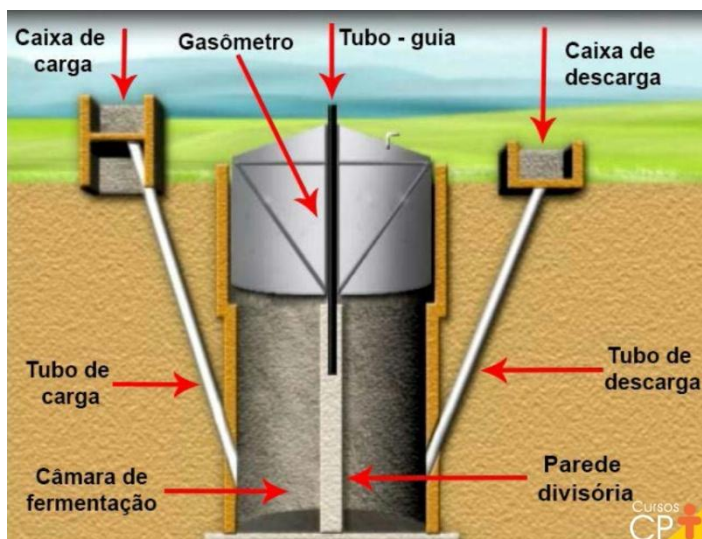
2.2 SEGUNDA ETAPA

Após o diagnóstico da propriedade foi realizado o dimensionamento do biodigestor para o tratamento dos resíduos orgânicos produzidos no setor de bovinocultura da (UESB), campus Itapetinga-BA. O biodigestor escolhido para a condução da pesquisa foi do tipo indiano. O modelo supracitado opera em regime de abastecimento contínuo, sendo comumente empregado em pequenas propriedades que dispõem de fornecimento regular de dejetos, como nas criações de bovinos, suínos e caprinos. Sua estrutura é composta por uma caixa de entrada, um tanque biodigestor e uma caixa de saída. (EMBRAPA, 2021)

A caixa de entrada, também denominada caixa de carga, é o compartimento onde os dejetos, previamente diluídos em água, são introduzidos no sistema. Em seguida, o material é conduzido por gravidade, por meio do tubo de carga, até o interior do biodigestor. Adiante, encontra-se a câmara de biodigestão cilíndrica, local em que ocorre a fermentação anaeróbica e, conseqüentemente, a liberação do biogás. O gasômetro, responsável por armazenar o biogás produzido, é orientado pelo tubo-guia, que assegura sua estabilidade durante os movimentos. A saída do biogás está posicionada na parte superior do gasômetro, permitindo o direcionamento do fluido ao ponto de consumo do combustível, conforme ilustrado na Figura 1. Por fim, o biofertilizante resultante é conduzido à caixa de saída, de onde é retirado após a degradação anaeróbica para posterior utilização (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

É possível também observar, na Figura 1, que o biodigestor indiano apresenta, em sua estrutura interna, uma parede divisória cuja finalidade é promover a circulação uniforme da matéria orgânica na câmara de fermentação, contribuindo para a manutenção da homogeneidade do meio e, por conseguinte, para a otimização da eficiência do processo de biodigestão.

FIGURA 1: Componentes de um biodigestor modelo Indiano



Fonte: (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009) – Centro de Produção Técnica

A digestão anaeróbica é um processo biológico que ocorre no interior do biodigestor sem a presença de oxigênio, no qual diversos microrganismos atuam de forma conjunta na decomposição da matéria orgânica complexa, resultando principalmente na formação de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

É importante salientar que a segunda etapa desta pesquisa, dedica-se ao dimensionamento do biodigestor indiano aplicado a realidade do setor de bovinocultura, não abrangendo, contudo, as fases de construção e implementação do referido sistema.

2.3 TERCEIRA ETAPA

Nesta etapa, será realizada a implantação do sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) na propriedade, permitindo o desenvolvimento das atividades agropecuárias de forma sustentável, ao mesmo tempo em que se garante a produtividade. A configuração do sistema será definida considerando as particularidades da propriedade, de modo a planejar racionalmente a implantação, promovendo aumento da produção e benefícios socioambientais.

Serão avaliados fatores relacionados às características físicas, químicas e biológicas do solo, ao clima, relevo, disponibilidade hídrica, condições de degradação, mão de obra disponível e custos de implantação. Esses elementos determinarão as culturas a serem implementadas e o manejo adequado na propriedade. Após a implantação do sistema, será realizado o monitoramento e a avaliação de seu desempenho.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE FÍSICA: DENSIDADE E UMIDADE

A avaliação da densidade e o teor de umidade do solo, são parâmetros

indispensáveis para a caracterização das propriedades físicas do ambiente edáfico, exercendo papel determinante em processos como a infiltração de água, a difusão de gases, a capacidade de retenção hídrica e o desenvolvimento radicular.

Segundo (COOPER MAZZA, 2010) à medida que a densidade do solo aumenta, a compactação e a degradação de sua estrutura se tornam mais pronunciadas, resultando em uma redução da porosidade total. Isso, por sua vez, implica em maiores restrições para o crescimento do sistema radicular e o desenvolvimento das plantas. Acrescenta ainda, (TIMM *et al.* 2006), que a umidade volumétrica interfere na mobilidade da água ao longo do perfil do solo, impactando o metabolismo radicular e a absorção de nutrientes.

Complementarmente, a umidade gravimétrica, definida como a razão entre a massa de água presente e a massa de solo seco, constitui um parâmetro amplamente empregado em análises laboratoriais para a quantificação precisa do teor de água no solo. Os resultados obtidos nesta análise estão resumidos na (Tabela 1).

TABELA 1: Parâmetros físicos do solo: Densidade e Umidade do Solo

Nº	Peso do Recipiente (g)	Peso Úmido (g)	Peso Seco (g)	Densidade do Solo ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	Umidade Volumétrica ($\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$)	Umidade Gravimétrica ($\text{Kg}\cdot\text{Kg}^{-1}$)
1	25,4142	69,9261	69,2668	1,088929	0,010364723	0,009518268
2	24,2680	69,2025	68,6979	1,079986	0,007932715	0,007345203
3	22,8407	68,5464	67,8088	1,066008	0,011595661	0,010877644
4	25,4126	68,0107	67,2991	1,057996	0,01118692	0,010573693

Fonte: ARAUJO (2025)

Na profundidade de 0 a 20 cm, os valores de densidade do solo variaram entre $1,057996 \text{ g/cm}^3$ e $1,088929 \text{ g/cm}^3$. De acordo com (MARCOLIN, 2006), a densidade dos solos arenosos geralmente varia de 1,3 a $1,8 \text{ g/cm}^3$, enquanto nos solos argilosos essa faixa situa-se entre 0,9 e $1,6 \text{ g/cm}^3$. Já os solos orgânicos apresentam densidades mais baixas, variando de 0,2 a $0,6 \text{ g/cm}^3$. Dessa forma, solos arenosos tendem a apresentar densidade superior à dos argilosos, enquanto os siltosos apresentam valores intermediários. Considerando essa classificação, a amostra analisada enquadra-se como solo argiloso.

Segundo (WHITE, 2009), “ a umidade do solo é definida como a quantidade de água contida numa determinada massa ou volume de solo.” A umidade volumétrica por sua vez, é a relação entre o volume de água numa amostra do solo e o volume total da amostra. Ela representa a taxa de microporos no solo, ou seja a taxa de disponibilidade de água no solo (FAVRETTO, 2022). Em relação à umidade volumétrica, os valores apresentaram baixa variabilidade, oscilando entre $0,007 \text{ cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$ a $0,011 \text{ cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$. Esses índices evidenciam uma capacidade moderada de retenção de água,

característica de solos com estrutura porosa e textura intermediária.

Os valores da umidade gravimétrica variaram $0,007345203 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a $0,010877644 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$. As maiores proporções de água em massa, verificadas nas amostras 3 e 4, podem estar relacionadas a menor capacidade de drenagem, uma vez que, a umidade gravimétrica representa a relação da quantidade de água contida num solo ou substrato em relação à sua massa de sólidos secos expresso em kg/kg (FAVRETTO, 2022).

4.2 CAPACIDADE DE CAMPO (CC)

Capacidade de campo (Cc), é a máxima quantidade de água que o solo pode reter sem causar danos ao sistema. (ALENCAR *et al.*, 2009). Nesse processo, a água livre nos poros maiores se desloca para baixo por gravidade, enquanto a água remanescente permanece retida por forças capilares. O equilíbrio entre essas forças resulta na interrupção da percolação, estabelecendo o teor de umidade característico da capacidade de campo (SANTOS *et al.*, 2013).

Tomando como base os valores obtidos na Tabela 2, observa-se que a capacidade de campo (CC) do solo varia entre 29% e 36%, com uma média aproximada de 31,25%.

TABELA 2: Análise de Capacidade de Campo (CC)

Proveta	Volume de água infiltrado (mL)	Água retida no solo - CC (%)
1	64	36
2	70	30
3	71	29
4	70	30
Média	68,25	31,25

Fonte: ARAUJO (2025)

Esses valores indicam que o solo possui uma baixa capacidade de armazenamento de água, sugerindo que grande parte da água aplicada infiltra rapidamente, enquanto apenas uma fração é retida para uso, pelas plantas. Essa característica é típica de solos com alta proporção de partículas arenosas e macroporos, que permitem a rápida movimentação da água para camadas mais profundas, reduzindo sua disponibilidade para as raízes. Em suma, as características mencionadas estão diretamente relacionadas à textura do solo, apresentando menor capacidade de retenção de nutrientes e maior suscetibilidade à lixiviação.

4.3 ANÁLISE QUÍMICA: POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH) DO SOLO

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo foi avaliado em duas soluções distintas: primeiro em água destilada (H_2O) e depois em solução de cloreto de cálcio (CaCl_2). A

determinação do pH pode ser realizada em suspensões preparadas com água, CaCl_2 ou cloreto de potássio (KCl), sendo o método em água considerado, por muito tempo, o padrão. Entretanto, o método em água apresentava limitações por não detectar ácidos fracos e pela interferência da umidade das amostras, que elevava a concentração de sais. Para contornar essas dificuldades, passou-se a determinar o pH em solução de CaCl_2 , o que proporciona resultados mais confiáveis (TOMÉ JR., J. B. 1997).

Os valores de potencial hidrogeniônico (pH) apresentados na (Tabela 3) foram determinados em água, apresentando média de 5,83, enquanto na solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) a média foi de 3,29, indicando a presença de acidez potencial no solo.

TABELA 3: Análise de Potencial de Hidrogeniônico (pH)

Repetição	CaCl_2	H_2O
1	3.25	5.90
2	3.29	5.73
3	3.33	5.85
Média	3.29	5.83

Fonte: ARAUJO (2025)

4.4 DIMENSIONAMENTO DO BIODIGESTOR INDIANO

Na bovinocultura, os dejetos apresentam uma composição rica em macro e micronutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, em proporções distintas. O volume esterco fresco (fezes + urina), podem variar devido os fatores externos como: temperatura ambiente, a qualidade e a quantidade da dieta consumida, além das particularidades de cada animal. Segundo Matos (2005), vacas leiteiras com peso médio de 400 kg apresentam uma produção diária de fezes entre 28 e 32 kg, enquanto a produção total de dejetos, considerando fezes e urina, varia de 38 a 50 kg por dia, (MATOS, 2005)

Em conformidade com Lucas Júnior *et al.* (2009), o tempo de retenção em um biodigestor indiano, corresponde ao período necessário para que todo o material presente em seu interior seja renovado, variando conforme o tipo de dejetos utilizado. Para a obtenção de biogás e biofertilizante, esse tempo é de aproximadamente 30 dias (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

Para o abastecimento do biodigestor, os dejetos devem ser diluídos em água. Considerando que uma vaca leiteira de 400 kg produz, em média, 44 kg de dejetos por dia, é possível calcular a quantidade de água necessária para a diluição utilizando a (Equação 5). Para um rebanho composto por 14 vacas leiteiras e 3 bois, a produção média diária de dejetos é de 748 kg/dia.

$$x = \frac{5 \text{ Partes de água} \times 748 \text{ kg de dejetos}}{4 \text{ partes de dejetos}} = \frac{3.740 \text{ partes de água}}{4 \text{ partes de dejetos}} = 935 \text{ litros de água} \quad (\text{Equação 5})$$

Portanto, o biodigestor será abastecido com uma carga diária de 1.683 Kg de material, sendo (748 kg de dejetos + 935 L de água).

Considerando o abastecimento diário de 1.683 kg de diluição e um tempo de retenção de 30 dias para a produção de biogás e biofertilizante, é possível calcular, por meio da (Equação 6), o volume útil do biodigestor e por conseguinte, o volume bruto do biodigestor.

$$\text{Volume Útil do Biodigestor} = \frac{\text{Carga Diária} \times \text{Tempo de Retenção do Biodigestor}}{1000} \quad (\text{Equação 6})$$

$$\frac{1683 \text{ kg} \times 30 \text{ dias}}{1000} = \text{Volume útil do Biodigestor} = 50,49 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume Bruto} = 50,49 \text{ m}^3 \times 1,10 = 55,6 \text{ m}^3$$

Com o biodigestor totalmente cheio, no primeiro dia será introduzida a primeira carga de 1.683 L de dejetos diluídos em água, por meio da caixa de carga. Esse material descerá pelo tubo e se depositará na câmara de biodigestão. A entrada dessa nova carga deslocará uma quantidade equivalente de material já fermentado, que será conduzida pelo tubo de descarga até a caixa de descarga, onde permanecerá até ser retirada do sistema. Este processo se repetirá até o trigésimo dia, quando será introduzida a última carga de 1.683 L de dejetos diluídos em água, deslocando a quantidade equivalente de material fermentado da carga inicial. Dessa forma, ao final do trigésimo dia, todo o material inicialmente presente no biodigestor terá sido completamente substituído (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

Após o processo de biodigestão, ocorre a produção de biogás e biofertilizante. O biogás gerado poderá ser utilizado como fonte de energia no setor de bovinocultura da UESB, enquanto o biofertilizante servirá como adubo natural no campus e poderá ser aplicado no sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).

De acordo com Lucas Júnior *et al.* (2009), 1 m³ de biogás produzido equivale a: 910 mL de álcool, ou 610 mL de gasolina, ou 1,8 kg de lenha seca, ou 550 mL de óleo diesel ou 0,45 Kg de gás GLP. Além disso, o consumo médio de biogás é detalhado da seguinte forma: um fogão utiliza 0,42 m³/dia por pessoa; para o funcionamento de uma geladeira são necessários 2,1 m³/dia; a iluminação consome 0,08 m³ por lâmpada por hora de uso; o aquecimento de água para banho requer 0,20 m³ por banho; e motores consomem 0,45 m³ de biogás por HP de potência por hora de funcionamento. (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

Ainda em concordância com Lucas Júnior *et al.* (2009), para produzir 1 m³ de biogás, são necessários 28,60 kg de dejetos de bovinos. Dessa forma, é possível

XXIX Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica 2025

calcular a produção de biogás do presente projeto em m³ utilizando a (Equação 7).

$$1 \text{ m}^3 \text{-----} 28,60 \text{kg} \quad X = \frac{748}{28,60} = 26,15 \text{ m}^3 \text{ de biogás} \quad (\text{Equação 7})$$

$$X \text{-----} 748 \text{kg}$$

A partir da produção de 26,15 m³ de biogás para cada 748 kg de dejetos, é possível calcular a demanda de biogás necessária para abastecer o setor, considerando o consumo alguns equipamentos (Equação 8,9,10,11 e 12).

FOGÃO

$$1 \text{ Pessoa -----} 0,42 \text{ m}^3 \text{ de biogás/dia} \quad (\text{Equação 8})$$

$$8 \text{ Pessoas -----} X$$

$$X = 3,36 \text{ m}^3 \text{ de biogás /dia para cozinhar}$$

CHUVEIRO

(Equação 9)

$$1 \text{ Banho/dia -----} 0,20 \text{ m}^3$$

$$8 \text{ Banhos/dia -----} X$$

$$X = 1,60 \text{ m}^3 \text{ de biogás /dia para ser utilizado no aquecimento da água.}$$

LAMPIÃO

(Equação 10)

$$1 \text{ Lampião o/dia -----} 0,08 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$8 \text{ Lampião/dia -----} X$$

$$X = 0,64 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Logo

$$1 \text{ hora -----} 0,64 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

$$4 \text{ horas -----} X$$

$$X = 2,56 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

CONJUNTO MOTORBOMBA DE 2,5 HP

(Equação 11)

$$1 \text{ HP -----} 0,45 \text{ m}^3 \text{ de biogás/hora}$$

$$2,5 \text{ HP -----} X$$

$$X = 1,125 \text{ m}^3 \text{ de biogás/hora}$$

Assim,

$$1 \text{ Hora -----} 1,125 \text{ m}^3 \text{ de biogás /hora}$$

$$8 \text{ Horas -----} X$$

$$X = 9 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

GELADEIRA

(Equação 12)

1 Hora ----- 2,1 m³ de biogás/dia

4 Horas ----- X

X = 8,4 m³ de biogás

A demanda diária de biogás será de 24,52 m³/dia (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009, adaptado por ARAUJO, 2025)

Com base na produção de 26,15 m³ de biogás proveniente de uma carga diária de 1683kg de diluição, comparando a equivalência energética, isso equivale a 11,76 Kg de GLP (26,15 m³ x 0,45 kg de GLP), que é o gás de cozinha comercial. Portanto 26,15 m³ de biogás equivale a 90,5 % (11,76 kg / 13 kg x 100%) de um botijão de GLP de 13Kg. Esse é o possível potencial de geração de biogás.

4.41 DIMENSÕES DO BIODIGESTOR

Para produzir 26,15 m³ de biogás, com um volume bruto de 55,6 m³, serão necessários dimensionar 2 biodigestores indianos com um volume de 28m³ cada, para uma melhor eficiência do equipamento, seguindo as dimensões definidas conforme a metodologia de (LUCAS JÚNIOR *et al.* 2009), apresentadas a seguir:

Altura da câmara de biodigestão = 4,3 m;

Diâmetro da câmara de biodigestão = 2,9 m;

Altura do gasômetro = 1,98 m;

Diâmetro do gasômetro = 3,0 m.

A altura de 1,98 m do gasômetro permitirá o armazenamento de 50% do biogás produzido, correspondendo a 13,075 m³. As extremidades inferiores dos tubos de carga e descarga devem ser conectadas à câmara de biodigestão a 30 cm acima do fundo do biodigestor, de modo a reter areia e pedras no fundo, sem comprometer o funcionamento do sistema (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

Recomenda-se que a coluna que servirá de apoio para o gasômetro tenha 25cm de lados, altura igual a partir da qual o diâmetro da câmara de fermentação aumenta (2,9 m). No centro dessa coluna seja fixado um tubo galvanizado de 2,5 polegadas de diâmetro e comprimento de 2,178m , altura do gasômetro (1,98 x 1,10). A parede do centro do biodigestor deverá ter espessura de 20cm. As caixas de carga e descarga deverá ter capacidade de 15% maior que a carga diária do biodigestor, como melhor exemplifica a (Equação 13):

$$Volume\ das\ Caixas = \frac{Volume\ bruto\ do\ biodigestor}{Tempo\ de\ retenção} = \frac{28\ m^3}{30\ dias} \times 1,15 = 1,074\ m^3/dia$$

O fundo interno da caixa de carga deve ser construído a 60 cm acima do solo, enquanto a altura externa deve ser de 60 cm, totalizando 1,20 m. A caixa de descarga

deve ter altura interna também de 60 cm com o fundo no mesmo nível do solo. As dimensões laterais das caixas são determinadas em função do volume, conforme indicado na (Equação 14), (LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2009).

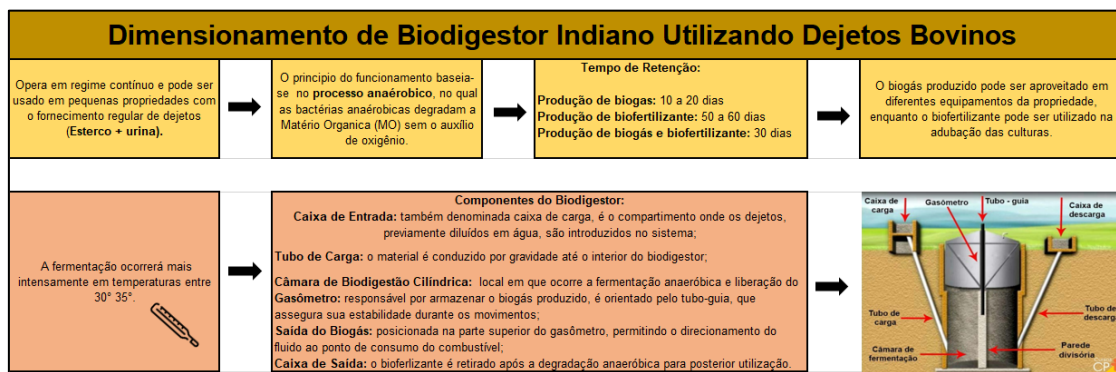
$$\text{Medidas das laterais das caixas} = \frac{\sqrt{\text{Volume das caixas}}}{\text{Altura das caixas}}$$

$$\frac{\sqrt{1,074\text{m}^3}}{0,6\text{ m}} = 1,34\text{ m}$$

4.42 PLANILHA DE DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTOR INDIANO

Durante o processo de construção do presente trabalho, foi possível identificar alguns desafios relacionados ao dimensionamento do biodigestor indiano, especialmente no que se refere à sua metodologia. O processo exige diversas informações prévias antes de realizar os cálculos e determinar as dimensões do projeto. Considerando a necessidade de acesso a esses dados e visando proporcionar maior praticidade ao pequeno pecuarista, surgiu a proposta de desenvolver uma planilha que organize as informações da metodologia de Lucas Júnior *et al.* (2009), de forma simplificada e acessível. A princípio será apresentado um (Quadro 1) esquemático, explicando o princípio de funcionamento, tempo de retenção e componentes do biodigestor indiano.

QUADRO 1: Esquema de funcionamento, tempo de retenção e componentes do biodigestor indiano



Fonte: Metodologia de Lucas Júnior *et al.* (2009), adaptada por ARAUJO (2025).

A planilha permitirá a alteração de parâmetros, como a quantidade de cabeças de gado, e fornecerá como resultado a estimativa da produção de dejetos, a diluição em água, a geração de biogás, o volume útil do biodigestor, bem como o volumes bruto e a dimensão das caixas de carga e descarga, todos ajustados conforme as necessidades específicas da propriedade em função do número de animais, (Figura 2 e 3).

FIGURA 2: Planilha simplificada de dimensionamento de biodigestor indiano

Média de dejetos para vaca de 400kg	Média de Excretas (Esterco) para vaca de 400kg	Diluição (Quantidade de água (L))	Volume Útil do Biodigestor (m ³)
44kg	30 kg	935	50,49
Insira a Quantidade	Peso (kg) de dejetos	Carga diária do Biodigestor (Peso + Diluição) Kg	Volume Bruto (m ³)
17	748	1683	55,539
Tempo de Retenção	A fim de uma melhor eficiência do equipamento, serão dimensionados mais de 1 biodigestor indiano, pois o mesmo, teve um volume bruto superior a 42 m ³ .	Geração de Biogás (m ³)	Volume das caixas de carga e descarga
Produção de biofertilizante: 50 a 60 dias		26,15384615	2,128995
Produção de biogás: 10 a 20 dias			
Produção de biogás e biofertilizante: 30 dias			

Fonte: Metodologia de Lucas Júnior *et al.* (2009), adaptada por ARAUJO (2025).

FIGURA 3: Planilha simplificada de dimensionamento de biodigestor indiano (Continuação)

Volume Bruto (m ³)	Câmara de Biodigestão		Gasômetro	
	Altura Total (m)	Diâmetro Interno Inferior (m)	Altura (m)	Diâmetro
3,5	2	1,5	0,87	1,6
7	2,8	1,8	1,23	1,9
10,5	3,1	2,1	1,38	2,2
14	3,4	2,3	1,55	2,4
17,5	3,6	2,5	1,65	2,6
21	4	2,6	1,83	2,7
24,5	4,3	2,7	1,99	2,8
28	4,3	2,9	1,98	3
31,5	4,5	3	2,09	3,1
35	4,7	3,1	2,18	3,2
38,5	4,8	3,2	2,25	3,3
42	5	3,3	2,31	3,4

Novo dimensionamento da Caixas de Carga e Descarga para cada biodigestor indiano	
Como 55,6 (m ³) dividido por dois, esta mais próximo de (28 m ³) essas serão as dimensões do biodigestor. OBS: Adapte o cálculo a seguir, conforme sua necessidade.	
Volume das caixas de carga e descarga	Medidas Laterais das caixas
1,073333333	1,33749351
Por vim o produtor terá as dimensões exatas de acordo com a necessidade da propriedade	

Fonte: Metodologia de Lucas Júnior *et al.* (2009), adaptada por ARAUJO (2025).

A adoção de ferramentas de apoio, como a planilha de dimensionamento, mostrou-se estratégica para a obtenção dos parâmetros, tornando o processo mais acessível e adaptável à realidade do pequeno produtor. Nesse contexto, a planilha de dimensionamento do biodigestor indiano assume ainda maior relevância, pois, ao simplificar o acesso às informações necessárias, alia praticidade e clareza, tornando-se útil tanto para produtores rurais interessados quanto para profissionais que atuam na área.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada no setor de bovinocultura da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, possibilitou a caracterização física e química do solo da área experimental, bem como o dimensionamento de um biodigestor indiano adaptado à realidade da propriedade. Os parâmetros avaliados de densidade, umidade, capacidade de campo e pH, revelaram um solo com características compatíveis com solos argilosos, com densidade e umidade favoráveis ao desenvolvimento das atividades agrícolas, embora apresentando capacidade de campo moderada e acidez potencial, aspectos que devem ser considerados no manejo agrícola e na implementação de sistemas integrados.

O dimensionamento do biodigestor indiano permitiu estimar a produção diária de biogás e biofertilizante, demonstrando viabilidade energética e agrônômica do sistema para atender às necessidades da propriedade. A adoção de ferramentas de apoio, como a planilha de dimensionamento, mostrou-se estratégica, pois simplifica o cálculo de parâmetros essenciais, como a quantidade de dejetos, diluição em água, volume útil e bruto do biodigestor, bem como os volumes das caixas de carga e descarga, tornando o processo acessível e adaptável à realidade do pequeno produtor.

A futura implantação do sistema ILPF, associada ao uso do biofertilizante gerado pela biodigestão anaeróbica, promoverá diversificação produtiva, eficiência no uso da terra e benefícios ambientais, sociais, econômicos a médio e longo prazo. Assim, demonstrando a compatibilidade entre produtividade e sustentabilidade, ao utilizar o biofertilizante para melhorar o solo e o biogás para atender demandas energéticas. Evidenciando dessa forma, o potencial das tecnologias de manejo de resíduos para o desenvolvimento rural sustentável.

Assim, a implementação de tecnologias integradas, como o biodigestor e o sistema ILPF, revela-se uma estratégia essencial para conciliar produtividade e conservação ambiental, reforçando a importância da pesquisa para o desenvolvimento sustentável da agropecuária regional. Ademais, a continuidade do projeto, com a construção e operação do biodigestor, possibilitará a validação prática dos resultados de dimensionamento e o monitoramento do desempenho do sistema, contribuindo para o aprimoramento das técnicas de manejo de dejetos na bovinocultura e servindo como referência para outras propriedades da região.

6.0 CONCLUSÃO

Por fim, a pesquisa demonstra que a integração do biodigestor com o sistema ILPF constitui uma estratégia promissora, capaz de melhorar a produtividade, promover o uso sustentável dos recursos naturais e gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, Carlos Augusto *et al.* **Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo.** *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 1, p. 98–108, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300012>. Acesso em: 11 set. 2025.

BARBOSA, G.; LANGER, M. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental.** *Unoesc & Ciência – ACSA*, v. 2, n. 1, p. 87–95, 2011.

BARROS, Talita Delgrossi. **Indiano.** Embrapa Agroenergia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao->

tecnologica/tematicas/agroenergia/residuos/biogas/biodigestores/indiano. Acesso em: 11 set. 2025.

COOPER, M.; MAZZA, J. A. **Densidade do solo e densidade de partículas.**

Disponível

em:<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/300387/mod_resource/content/0/Aula%20Te%C3%B3rica%20%20Densidade%20do%20Solo%20e%20Densidade%20de%20Part%C3%ADcula.pdf. Acesso em: 10 set. 2025.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573 p.

FAVRETTO, Luiz G.; PANIS, Gabriel E.; CAYE, Vinícius A. **Análises físicas do solo de área de pastagem comparado com uma área de plantio direto e análise da composição mineral do solo em áreas de plantio direto e pastagem.** *Anuário Pesquisa e Extensão UNOESC São Miguel do Oeste*, São Miguel do Oeste, 2022.

KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ZIMMER, A. H.; SOARES, C. O.; ALMEIDA, R. G. de. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e o progresso do setor agropecuário brasileiro. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta.** Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 49–58.

LIMA, M. C. D. de; GAMA, D. C. O Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil: **conceitos, desafios e novas perspectivas.** *Agroforestalis News*, v. 3, n. 1, p. 31–51, 2018.

LUCAS JÚNIOR, Jorge de; SOUZA, Cecília de Fátima; LOPES, José Dermeval Saraiva. **Construção e operação de biodigestores.** Viçosa, MG: CPT, 2009. 164 p. ISBN 85-7601-031-3.

MACHADO, G. C.; BACHA, C. J. C.; JOHNSTON, F. L. **Revisão sistemática dos trabalhos que calculam a PTF da agropecuária brasileira.** *Revista de Política Agrícola*, v. 29, n. 1, p. 82–93, 2020.

MARCOLIN, Clovis Dalri. **Propriedades físicas de Nitossolo e Latossolos argilosos sob plantio direto.** 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Produção Vegetal) – Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 2006.

MATOS, A. T. Qualidade do meio físico ambiental: **práticas de laboratório.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012. 150 p.

MATOS, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais.** Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental / UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005.

MATOS, C. F.; PINHEIRO, É. F. M.; PAES, J. L.; LIMA, E.; DE CAMPOS, D. V. B. **Evaluation of the potential of use of bovine manure biofertilizer resulting from the management system of organic and conventional milk production.** *Revista Virtual de Química*, v. 9, n. 5, p. 1957–1969, 2017.

RODRIGUES, N. S.; BLANS, N. B.; SCLINDWEIN, D. M. M. **Use of biodigestors to impulse environmental sustainability.** *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 1, p. 462–487, 2019.

SANTOS, C. S., *et al.* **Estimativa da umidade na capacidade de campo em vasos e em laboratório.** *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 8, n. 2, p. 151–160, abr./jun., 2013.

TIMM, L. C. *et al.* **Field spatial and temporal patterns of soil water content and bulk density changes.** *Scientia Agricola*, v. 63, n. 1, p. 55–64, 2006.

TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Cuiabá: Agropecuária, 1997. 247 p.

WHITE, Robert E. Princípios e práticas da ciência do solo: **o solo como um recurso natural.** 4. ed. Tradução de Iara Fino Silva; Durval Dourado Neto. São Paulo: Organização Andrei Editora, 2009.