



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Escola Superior  
de Tecnologia

## **Desenvolvimento de um Digestor de Bancada para Avaliação do Potencial Metanogénico de Resíduos de Produção Avícola**

**Marcos Sassa, Nº 20180385**

### **Orientador**

Professor José S. T. Monteiro

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia das Energias Renováveis, realizada sob a orientação científica do Professor José Sarreira Tomás Monteiro, *PhD*, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

**Outubro 2023**



## ***Composição do júri***

Professor António Francisco Canatário Duarte, Presidente.

Professora Maria da Conceição Mesquita dos Santos, Arguente.

Professor José Sarreira Tomás Monteiro, Orientador.



## **Dedicatória**

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio constante e pela crença em meu potencial. Aos meus irmãos e amigos, que sempre me incentivaram a buscar o conhecimento. Também dedico este trabalho aos meus professores, cuja orientação e inspiração foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico. A todos que fazem parte da minha jornada de aprendizado, este trabalho é dedicado com carinho e gratidão.



## Agradecimentos

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço aos meus pais e familiares pelo apoio contínuo, encorajamento e crença em meu potencial. Suas palavras de incentivo foram a força motriz por trás deste esforço.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante esta jornada, compartilhando conhecimento, experiências e momentos memoráveis. Agradeço por tornarem cada desafio mais fácil de enfrentar e cada conquista mais doce.

Ao meu orientador, pela orientação, conhecimento e inspiração que me proporcionou. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço a Deus, que me deu a força, a sabedoria e a determinação para completar este projeto.

A todos vocês, meu profundo agradecimento. Este trabalho é resultado do apoio, amor e colaboração de cada um de vocês.



“Descobri isto, que a felicidade não consiste em quanto dos bens do mundo você possui, mas em quão satisfeito você está com a porção que coube a você”

*William M. Branham*



## **Resumo**

O desenvolvimento de um digestor de bancada para avaliação do potencial metanogénico de resíduos de produção avícola é uma iniciativa voltada para a avaliação da capacidade de produção de metano a partir de resíduos gerados na indústria avícola. Este processo envolve a criação de um sistema de digestão anaeróbia em laboratório que simula as condições naturais de degradação dos resíduos, permitindo a medição da quantidade de metano gerada.

Este tipo de pesquisa é importante para avaliar a viabilidade da produção de biogás a partir dos resíduos de produção avícola, o que pode contribuir para a gestão sustentável desses resíduos e a geração de energia renovável. Além disso, o desenvolvimento de um digestor de bancada visa criar condições para a realização de testes sobre diferentes substratos e condições de operação, fornecendo dados cruciais para a otimização dos processos de digestão anaeróbia. Portanto, este trabalho é relevante tanto do ponto de vista ambiental quanto do ponto de vista económico, contribuindo para a redução de resíduos e o aproveitamento de recursos renováveis na indústria avícola.

### **Palavras-chave**

Biogás, digestão anaeróbia por via sólida, metano, digestor, biorreator.



## **Abstract**

The development of a benchtop digester to evaluate the methanogenic potential of poultry production waste is an initiative aimed at evaluating the methane production capacity from waste generated in the poultry industry. This process involves the creation of an anaerobic digestion system in the laboratory that simulates the natural conditions of waste degradation, allowing the measurement of the amount of methane generated.

This type of research is important to assess the viability of biogas production from poultry production waste, which can contribute to the sustainable management of this waste and the generation of renewable energy. Furthermore, the development of a benchtop digester allows testing different substrates and operating conditions, providing crucial data for optimizing anaerobic digestion processes. Therefore, this work is relevant from both an environmental and economic point of view, contributing to the reduction of waste and the use of renewable resources in the poultry industry.

## **Keywords**

Biogas, dry anaerobic digestion, methane, digester, bioreactor.



# Índice geral

## Índice de Figuras

..... XXI

## Lista de abreviaturas, siglas e

acrónimos..... XXIII

<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Contexto</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Motivação</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Estrutura do trabalho</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Interesse económico do Biogás</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Políticas energéticas nacionais e europeias</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1 Microbiologia do processo de digestão anaeróbia</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2 Composição química da matéria orgânica</b> .....	<b>5</b>
<b>3.3 Fases da digestão anaeróbia</b> .....	<b>6</b>
<b>3.3.1 - Hidrólise</b> .....	<b>6</b>
<b>3.3.2 - Acidogénese</b> .....	<b>6</b>
<b>3.3.3 - Acetogénese</b> .....	<b>7</b>
<b>3.3.4 - Metanogénese</b> .....	<b>7</b>
<b>3.4 Condições ambientais necessárias ao processo</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4.1 - Temperatura</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4.2 - pH</b> .....	<b>8</b>
<b>3.4.3 - Relação Carbono/Azoto (C/N)</b> .....	<b>9</b>
<b>3.5 Particularidades do processo de digestão anaeróbia</b> .....	<b>9</b>
<b>3.5.1 Tecnologias de digestão anaeróbia</b> .....	<b>9</b>
<b>3.5.1.1 Digestão anaeróbia por via húmida e por via seca</b> .....	<b>10</b>
<b>3.5.2 Qualidade e tratamento do biogás</b> .....	<b>12</b>
<b>3.5.3 Armazenamento do biogás</b> .....	<b>13</b>
<b>3.5.4 Utilização do biogás</b> .....	<b>14</b>
<b>3.5 Substratos utilizados na produção de biogás</b> .....	<b>14</b>
<b>3.5.1 Características genéricas dos substratos</b> .....	<b>15</b>
<b>3.5.2 Resíduos agrícolas enquanto substrato para a produção de biogás</b> .....	<b>16</b>
<b>3.5.3 Biodegradabilidade dos substratos</b> .....	<b>16</b>
<b>3.5.4 Nutrientes mais importantes</b> .....	<b>17</b>

3.5.5 Pré-tratamento dos substratos .....	18
4. Material e métodos .....	20
4.1 Objetivos do digestor de bancada .....	20
4.2 Materiais e equipamentos utilizados .....	21
4.3 Desenvolvimento do protótipo de bioreator de bancada .....	24
5. Análise dos resultados e conclusões .....	26
5.1 Montagem e teste do protótipo .....	26
5.2 Anomalias detetadas e medidas corretivas .....	27
5.3 Conclusões .....	29
6. Bibliografia .....	Erro! Marcador não definido.
7. Anexos .....	Erro! Marcador não definido.
7.1 - Caracterização química do resíduo “cama de galinhas poedeiras” .....	Erro! Marcador não definido.
7.2 - Caracterização química do inóculo .....	Erro! Marcador não definido.

## Índice de Figuras

Figura 1 - Consumo de energia primária e final segundo a fonte. -----	4
Figura 2 - Caixa isotérmica de uso alimentar. -----	21
Figura 3 - Resistência de 75 W / 220 V.-----	21
Figura 4 - Garrafas de polietileno de alta densidade.-----	22
Figura 5 - Placa de poliestireno expandido. -----	22
Figura 6 - Termostato digital Full Gauge MT-512E 2HP/13. -----	22
Figura 7 - Bomba de aquário com filtro, marca Trixie, modelo AQUA Pro M-200. -----	22
Figura 8 - Caixa de rede de polipropileno, de malha de 5 mm. -----	23
Figura 9 - Termómetro digital de sensor tubular. -----	23
Figura 10 - Rampa de pulverização produzida com microtubo de rega (4 mm) e acessórios. -----	23
Figura 11 - Tubo metálico.-----	24
Figura 12 - Bomba (à esquerda) e rampa de distribuição do inóculo (direita) montadas no digestor protótipo.-----	26
Figura 13 - Adaptação de uma parede na base da caixa do digestor protótipo. Erro! Marcador não definido.	



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

C/N – Relação Carbono / Azoto

ESA – Escola Superior Agrária

IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco

pH – Potencial Hidrogeniónico

RU – Resíduos Urbanos

UE – União Europeia

CFB – Consumo Final Bruto

DGEC – Direção-Geral de Energia e Geologia

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

DA – Digestão Anaeróbia

CH<sub>4</sub> – Metano

