

Tutorial Teste BMP segundo a Norma VDI 4630 utilizando o equipamento AMPTS II

- Dr. Heleno Quevedo de Lima
- Dr. Fábio Rubens Soares

1. Introdução ao Teste BMP

O **Potencial Bioquímico de Metano (BMP)** é um ensaio laboratorial que determina a quantidade máxima de metano (CH_4) que pode ser produzido a partir da digestão anaeróbia de um determinado substrato. O teste segue a norma **VDI 4630**, garantindo padronização e reprodutibilidade dos resultados.

O equipamento **AMPTS II (Automatic Methane Potential Test System II)**, da **BPC Instruments**, automatiza a medição da produção de biogás, registrando volume e composição do gás em tempo real.

Este tutorial aborda a execução do teste BMP para **duas amostras de substrato e uma amostra de inóculo**, seguindo um planejamento experimental padronizado.

2. Planejamento Experimental

Os ensaios devem ser realizados em **triplicata** e incluir os seguintes grupos experimentais:

- **Controle Negativo (Branco):** Apenas **inóculo** (sem substrato), para medir a produção basal de metano.
- **Controle Positivo: Inóculo + substrato de referência** (ex.: celulose microcristalina), para verificar a atividade do inóculo.
- **Substrato 1: Inóculo + amostra do primeiro substrato de estudo.**
- **Substrato 2: Inóculo + amostra do segundo substrato de estudo.**

Totalizando **12 reatores**:

- 3 para branco
- 3 para controle positivo
- 3 para substrato 1
- 3 para substrato 2

A validação dos resultados exige que a **variação relativa entre as triplicatas seja menor que 10-15%** e que o controle positivo apresente valores esperados (~350-400 mL CH₄/g SV adicionado).

3. Determinação de Sólidos Totais e Sólidos Voláteis

Antes de iniciar os ensaios BMP, é necessário determinar os **sólidos totais (ST)** e **sólidos voláteis (SV)** do inóculo e substratos.

3.1. Materiais

- Balança analítica
- Estufa (105°C)
- Forno mufla (550°C)
- Cadinho de porcelana
- Dessecador

3.2. Procedimento

1. **Sólidos Totais (ST):** Pesquisar 5 g da amostra em um cadinho previamente pesado.
2. Colocar na estufa a 105°C por **24h** (período necessário para remoção total da umidade).
3. Resfriar no dessecador e pesar novamente.
4. Calcular os **ST (%)** pela fórmula: $ST (\%) = \frac{[(M \text{ seco} - M \text{ cadinho}) / (M \text{ umido} - M \text{ cadinho})] \times 100}$
5. **Sólidos Voláteis (SV):** Levar a amostra seca ao forno mufla a 550°C por **2h**.
6. Resfriar no dessecador e pesar novamente.
7. Calcular os **SV (%)** pela fórmula: $SV (\%) = \frac{[(M \text{ seco} - M \text{ cinzas}) / (M \text{ seco})] \times 100}$

4. Determinação da Relação Substrato/Inóculo

A relação substrato/inóculo (S/I) é definida em termos de massa de **sólidos voláteis (SV)**.

A norma **VDI 4630** recomenda uma razão **S/I entre 0,5 e 1,0 (g SV substrato/g SV inóculo)**.

4.1. Cálculo da Proporção

Se tivermos:

- Inóculo com **SV = 20 g/L**
- Substrato com **SV = 100 g/L**
- Volume total do reator = **500 mL**

Para $S/I = 0,5$, a quantidade de SV de substrato será:

- $M_{\text{substrato}} = 0,5 \times M_{\text{inóculo}}$

Se adicionarmos 300 mL de inóculo:

- $M_{\text{SV inóculo}} = 300 \times 20 = 6\text{g}$
- $M_{\text{SV substrato}} = 0,5 \times 6 = 3\text{g}$

Sabendo que o substrato tem **100 g SV/L**, a massa necessária de substrato é:

- $M_{\text{SV substrato}} = 3/100 = 30\text{mL}$

Totalizando **330 mL de volume** no reator (300 mL de inóculo + 30 mL de substrato), completado com **170 mL de tampão** (solução de bicarbonato 2 g/L).

5. Montagem e Início do Experimento no AMPTS II

5.1. Materiais

- Equipamento **AMPTS II**
- Frascos reatores (500 mL)
- Solução tampão (bicarbonato 2 g/L)
- Banho termostático (37°C)
- Tubos de conexão
- Medidor de pressão e temperatura

5.2. Procedimento

1. Conectar os reatores ao **banho termostático** (ajustado para 37°C).
2. Adicionar os volumes de inóculo, substrato e solução tampão conforme os cálculos.
3. Ajustar os sensores de pressão e temperatura.
4. Iniciar o registro de dados no software AMPTS II.

5. Monitorar diariamente a produção de metano.
6. Finalizar o teste quando a taxa de produção de metano for **<1% do total acumulado por 3 dias consecutivos**.
7. Após encerramento do ensaio no AMPTS II (21 dias de ensaio), repetir procedimento para determinação dos teores de sólidos totais (ST) e sólidos voláteis (SV) do digestato final de cada frasco reator (amostra conjunta de inóculo e substratos).
8. Comparar a redução de carda orgânica [sólidos voláteis (SV)] de cada reator, antes e após os **21 dias** de ensaio BMP no AMPTS.
9. **Relacionar o resultado de massa de SV reduzida como o volume de metano produzido** para identificar a proporção de volume de metano produzido para cada unidade de massa de sólidos voláteis reduzido.

6. Cálculo e Validação dos Resultados

1. **Verificar triplicatas** (CV menor que **10-15%**).
2. **Calcular a média** do BMP (mL CH₄/g SV).
3. **Validar o controle positivo** (deve ser **350-400 mL CH₄/g SV**).
4. Expressar os resultados em **CNTP (0°C e 1 atm)**.

Se houver valores anormais, repetir os ensaios para garantir precisão.

7. Conclusão

Este protocolo garante a padronização e confiabilidade do ensaio BMP usando o AMPTS II. Ao seguir todas as etapas, os dados obtidos serão representativos do potencial de metanização dos substratos estudados, permitindo a avaliação precisa do desempenho de diferentes materiais na digestão anaeróbia.

A realização de ensaios BMP é essencial para a indústria de biogás, pois possibilita a escolha dos substratos mais eficientes e otimiza a operação de biodigestores. Com resultados confiáveis, é possível prever a produção de biogás e desenvolver estratégias para aumentar a eficiência energética de plantas de biogás.

Além disso, é fundamental seguir rigorosamente os protocolos de segurança durante os ensaios laboratoriais. Trabalhar em laboratórios com amostras orgânicas e gases inflamáveis requer atenção a medidas como o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), ventilação adequada e monitoramento contínuo de possíveis vazamentos. Dessa

forma, assegura-se não apenas a qualidade dos resultados, mas também a segurança dos operadores e do ambiente laboratorial.